

ALEX REIS OSOEGAWA

**REPOSIÇÃO DE ESTOQUES EM UMA REDE DE
COMÉRCIO VAREJISTA DE ARTIGOS
DE RELOJOARIA E JOALHERIA**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção**

**Orientador:
Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita**

São Paulo

2005

Aos meus pais e irmão

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus. Aos meus pais por todos os motivos incontestáveis e inumeráveis. Por sempre me apoiarem e estarem do meu lado, por todo amor e carinho. E ao meu irmão por todo companheirismo e amizade.

Agradeço ao meu orientador professor Marco Aurélio de Mesquita por todo apoio, paciência, dedicação e conhecimentos transmitidos na orientação deste trabalho.

Ao professor Miguel Santoro pela colaboração e cordialidade. Ao professor Reinaldo Pacheco pela amizade construída ao longo desses anos.

Ao pessoal da H.Stern por proporcionar uma excelente experiência profissional e um ótimo ambiente de trabalho. Agradeço especialmente à Denise Menconi por todo conhecimento transmitido sobre o mundo dos relógios. Também à Patrícia Penteado não só por ter viabilizado este trabalho, mas também por ser uma diretora única.

Agradeço profundamente aos meus amigos da Poli, aos do curso de Engenharia de Produção (Giu, Tuca, Salomão e Elver) pelos vários trabalhos e momentos que passamos juntos. E aos amigos que embora fizessem outros cursos os considero parte da família hoje (Elcio, Buff, Felipe, Mazza, Nunes, Gigio e Rodrigo).

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma colaboraram.

Alex Reis Osoegawa

RESUMO

O trabalho apresentado foi desenvolvido no setor de planejamento de relógios de uma empresa que comercializa artigos de joalheria e relojoaria. O trabalho teve como foco estabelecer uma política de reposição de estoques para relógios no país, de forma a garantir o abastecimento das lojas com produtos que fazem parte do estoque base das mesmas, e concentrar no estoque central da empresa os itens para reposição de venda. Estudou-se o comportamento da demanda e foi estabelecido que a melhor solução baseia-se em estimar a demanda agregada por marca e em seguida, através de um método heurístico, estabelecer a demanda individual de cada item. O método consiste basicamente em três etapas, a previsão de demanda agregada por marca de relógios, a previsão de cada item individualmente baseada na previsão agregada e a geração de um plano de encomendas aos fornecedores internacionais.

ABSTRACT

The paper presented was developed in the watches planning area in a company that sells articles of jewelry and watches. The paper has its focus on establishing a reposition stock policy for watches in the country, in order to guarantee stores supply with products which belong to their own base stock, and concentrate into the central warehouse items for sales replacement. Demand behavior was studied and it was established that the best solution is based on the determination of aggregated demand per watch brand, and afterwards, through a heuristic method, establish an individual sales forecast per item. The method consists basically in three parts: a forecast of aggregated demand per watch brand, a forecast of each of the items individually based on aggregated forecast and the production of an order plan to international suppliers.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	A Empresa	2
1.2	Setor de Planejamento de Relógios	3
1.3	Formulação do Problema	6
1.4	Objetivo do Trabalho	8
1.5	Relevância do Trabalho para a Empresa	8
1.6	Estrutura do Trabalho	9
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1	Previsão de Demanda	12
2.1.1	Métodos de Previsão de Demanda	15
2.2	Estôques	25
2.2.1	Modelos de reposição	28
2.3	Distribuição de Poisson.....	37
2.4	Testes de Aderência	38
3.	PROPOSTA DE SOLUÇÃO	40
3.1	Situação Atual	41
3.2	Solução Proposta	44
3.3	Sistema de Informação	54
4.	APLICAÇÃO DOS MODELOS.....	57
4.1	Previsão de demanda mensal agregada por marca	58
4.2	Estoque de segurança e nível de serviço	62
4.3	Sistema de Reposição de Estoques	63
4.4	Testes de Validação	66
4.5	Resultados	70
4.6	Implantação dos modelos	72

5. CONCLUSÃO	74
5.1 Síntese do trabalho	75
5.2 Análise crítica.....	76
5.3 Desdobramentos	77
5.4 Considerações finais.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO 1: HISTOGRAMAS E TESTES DE ADERÊNCIA DA DEMANDA	82
ANEXO 2: TESTES DOS MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA	92
ANEXO 3: APLICAÇÃO DOS MODELOS	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Organograma da H.Stern.	3
Figura 1.2: Localização das cidades que comercializam relógios e dos estoques centrais.	5
Figura 2.1: Curva ABC (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).	11
Figura 2.2: Componentes da Demanda.	13
Figura 2.3: Previsão de demanda e PCP (Mesquita, 2003).....	14
Figura 2.4: Métodos de Previsão.....	16
Figura 2.5: Estoque intermediário entre duas operações.....	25
Figura 2.6: Modelo genérico de curva de nível de estoques (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).....	28
Figura 2.7: Modelo de “ponto de reposição” (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).....	29
Figura 2.8: Modelagem para determinação dos parâmetros do sistema de ponto de reposição (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).....	30
Figura 2.9: Custos totais (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).....	31
Figura 2.10: Modelo de revisão periódica (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).	35
Figura 3.1: Estrutura hierárquica em relógios.....	41
Figura 3.2: Estoque e fluxo de relógios na cadeia.....	42
Figura 3.3: Etapas da proposta de solução.	45
Figura 3.4: Comportamento de vendas da marca M1 em toda cadeia de lojas... ..	46
Figura 3.5: Vendas e previsão mensal da marca M1.....	49
Figura 3.6: Vendas e previsão mensal da marca M1 (MiniTab®).....	50
Figura 4.1: Dados de venda da marca M1 mostrando anos atípicos.	58
Figura 4.2: Frequência mensal e <i>lead time</i> de entrega de 2 meses	60
Figura 4.3: Frequência bimestral e <i>lead time</i> de entrega de 2 meses.....	60
Figura 4.4: Tela inicial com os módulos do simulador.	63
Figura 4.5: Tela do módulo de estoque de segurança.	64
Figura 4.6: Entradas de mercadorias na empresa.	66

Figura 4.7: Nível de estoque médio para diferentes níveis de serviço.	67
Figura 4.8: Evolução do nível de estoque.	69
Figura 4.9: Grau de cobertura das lojas.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Planejamento e Previsão (Adaptado de Magge, 2003).	15
Tabela 3.1: Resultado dos testes de aderência da demanda.	47
Tabela 3.2: Resultado dos testes dos diversos métodos de previsão de demanda para a marca M1.....	48
Tabela 3.3: Levantamento de dados de alguns itens típicos da marca M1.	55
Tabela 4.1: Cálculo dos índices de sazonalidade.	59
Tabela 4.2: Valores que minimizam os erros de previsão.....	60
Tabela 4.3: Previsões agregadas mensais da marca M1.....	61
Tabela 4.4: Quantidade encomendada para diferentes níveis de serviço.....	62
Tabela 4.5: Comparação dos valores simulados com o real, da quantidade de relógios da marca M1 que entraram na empresa.....	69
Tabela 4.6: Validação das simulações.....	70

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado na H.Stern, sendo o Setor de Planejamento de Relógios de São Paulo a área de atuação do projeto. O trabalho tem como objetivo melhorar o abastecimento dos pontos de venda no Brasil. Os relógios são bens de consumo duráveis, com demanda baixa e irregular ao longo do ano e possuem alto valor agregado.

A empresa está inserida no mercado de luxo, apresentando uma rede de lojas espalhadas pelo país, que comercializam produtos de joalheria e relojoaria. Os relógios são todos importados, o que aumenta o tempo de recebimento da mercadoria, e estão em diferentes fases de seus ciclos de vida, alguns apresentando demandas estáveis, outros crescentes e outros decrescentes. A sazonalidade é encontrada nos seus consumos, com picos de vendas no natal, dia dos pais (para marcas com perfis masculinos), dia das mães (para marcas com perfis femininos) e no mês de junho, dia dos namorados.

O presente trabalho apresenta um método de reposição de estoques que é composto por um modelo de previsão de demanda agregada por marca de relógios, um método heurístico para determinar a previsão de demanda de cada item que pertence à marca com base na previsão agregada e, finalmente, um plano de encomendas aos fornecedores internacionais.

1.1 A Empresa

A H.Stern celebrou 60 anos em 2005. É uma empresa brasileira que foi fundada no Rio de Janeiro por Hans Stern em 1945. Hoje está localizada em 12 países com lojas próprias, possui um total de 160 pontos de venda, dos quais 82 estão localizados no Brasil. São fabricadas em média 20.000 peças por mês (jóias e acessórios) e conta com aproximadamente 3.000 funcionários, dos quais 2.300 trabalham no Brasil, e destes, 600 são artesãos, formados por designers, lapidadores, ourives, cravadores e polidores.

A H.Stern comercializa jóias, relógios e acessórios, representam aproximadamente 75%, 20% e 5% do faturamento. A empresa encontra-se inserida no mercado de luxo. Os clientes deste mercado são exigentes, buscam novidades, variedades e qualidade de produtos e serviços. Dessa forma, a estratégia da empresa segundo a classificação das estratégias competitivas genéricas de PORTER (1986), enquadra-se em liderança por diferenciação.

A Figura 1 apresenta um organograma da estrutura, destacando a diretoria de produto, que é responsável pelos setores de planejamento, tanto de jóias quanto de relógios.

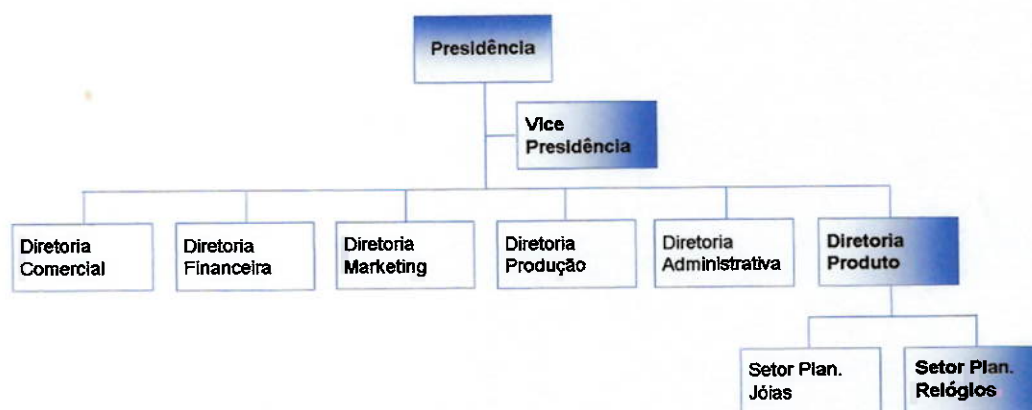


Figura 1.1: Organograma da H.Stern.

1.2 Setor de Planejamento de Relógios

O SPR - Setor de Planejamento de Relógios tem como principal função o gerenciamento das marcas de relógios importados e comercializados pela empresa no mercado brasileiro, atendendo às necessidades dos clientes quanto à variedade, quantidade e valor destes produtos. O Setor de Planejamento de Relógios, onde o autor realiza seu estágio supervisionado, está subordinado à Diretoria de Produto.

A estrutura do SPR é simples, possui um gerente, 2 analistas e um estagiário. O trabalho é dividido pela gestão das marcas de relógios entre os analistas e a gerente.

Durante o estágio o autor participou da implantação de algumas mudanças operacionais ligadas à logística de distribuição dos relógios, descritos sucintamente a seguir.

A empresa possui basicamente 3 canais de distribuição. O abastecimento é feito por cidade, as frequências de abastecimento variam de cidade para cidade conforme o giro de vendas. Em uma mesma cidade podem estar localizadas mais de uma loja, os estoques centrais abastecem uma loja principal na cidade e desta os relógios são distribuídos para as demais. A maioria das lojas é abastecida com frequências que variam entre 7, 10 e 15 dias. Até o meio deste ano, o principal canal de distribuição utilizado para os relógios era o mesmo utilizado para distribuir jóias. Este canal possui alguns limitantes quanto à quantidade que pode ser enviada em cada remessa. A política da empresa é enviar primeiramente pedidos de clientes, em segundo lugar as jóias e por último os relógios. Muitas vezes, mesmo que haja relógios no estoque central, alguns itens podem não ser enviados para os pontos de venda, devido à capacidade de transporte.

Com o estudo do autor, agora, o abastecimento dos relógios é feito através da combinação dos 3 canais de distribuição disponíveis na empresa atualmente. Não foram mensurados os benefícios que tal mudança proporcionou devido ao pequeno intervalo de tempo que foi implementada. Todavia, a quantidade de produtos que deveriam estar nas lojas e permaneciam no EC diminuiu.

O autor participou também de outra mudança significativa que foi a utilização de um único estoque central para a armazenagem e distribuição de relógios de uma mesma marca.

A empresa possui dois estoques centrais de relógios no país, um localizado no Rio de Janeiro e outro em São Paulo. Até o meio deste ano (2005), os itens de uma mesma marca ficavam armazenados nos dois estoques centrais. O estoque central do RJ abastecia um determinado número de lojas e o estoque de SP as outras.



Figura 1.2: Localização das cidades que comercializam relógios e dos estoques centrais.

Tal divisão dos itens de uma mesma marca nos ECs contribuía para o aumento do número de determinados itens em um dos ECs sem melhoria no nível de atendimento das lojas que eram abastecidas por tal EC, e falta em algumas lojas que fossem abastecidas pelo outro estoque central. As lojas ficavam sem determinados relógios até a próxima entrada de mercadorias na empresa, não havendo um remanejamento eficiente entre os dois estoques centrais.

Com o intuito de minimizar tais problemas as marcas foram divididas entre os estoques centrais, um único EC abastece uma marca para todas as lojas do país.

O autor participou ativamente para tal mudança, estudando os impactos operacionais e melhorias no abastecimento dos pontos de venda. A mudança foi recente e ainda não houve um período de tempo suficiente para dimensionar os benefícios. Todavia o número de reclamações por parte das lojas diminuiu.

1.3 Formulação do Problema

A H.Stern é reconhecida mundialmente pela qualidade e variedade de seus produtos. Tal variedade torna-se necessária para estimular o fluxo de clientes nas lojas, conforme as estratégias de marketing da organização. E embora seja a maior empresa do setor no país, seu sistema de previsão de demanda e de reposição de estoques carece de melhorias.

A empresa trabalha com diversas marcas de relógios que são todas importadas. Uma marca é formada por famílias e estas por itens, estes itens encontram-se nas diversas lojas do país e no estoque central para reposição dos pontos de venda.

Nas lojas, os produtos são expostos em vitrines e balcões internos. As vitrines e balcões são separados por marcas de relógios, a política da empresa determina que cada vitrine ou balcão possua um determinado número mínimo de relógios para garantir a estratégia de marketing e a representatividade das marcas no ponto de venda.

O *mix* de produto varia de loja para loja. Existem contratos entre a H.Stern e os proprietários das marcas que definem os pontos de venda que receberão determinada mercadoria.

Atendendo a essas exigências, o SPR define os itens que irão compor o *mix* de relógios de cada loja. Neste trabalho, não será abordado este aspecto, ou seja, a determinação de quais itens serão comercializados em cada ponto de venda, embora tenha impacto na gestão dos estoques, compete à Diretoria de Produto.

Definido o *mix* de cada loja, o setor está encontrando dificuldades em abastecer os pontos de venda corretamente, existe excesso de estoque para alguns itens e há falta de outros, o que é muito prejudicial para a empresa. Devido ao elevado valor agregado dos relógios, manter um estoque desnecessário é muito prejudicial para o desempenho financeiro da empresa. Por outro lado, a falta de itens que possuem potencial de vendas nas lojas causa perda de receitas e consequentemente diminuem a rentabilidade da companhia. Alguns fatores contribuem para tal dificuldade:

Ausência de ferramentas de previsão de demanda

O setor não conta com ferramentas de previsão de demanda, essa é feita de forma manual e empírica. O atual processo está descrito no capítulo 3.

Elevado número de itens e processo manual

A quantidade de itens é elevada e os produtos estão em diferentes fases dos seus ciclos de vida. Como o processo de planejamento envolve uma grande parcela de trabalho manual, alguns procedimentos tornam-se lentos e suscetíveis a erros.

Deficiências no sistema de informação

O sistema de informação utilizado na empresa apresenta algumas deficiências, por exemplo, quando solicitada uma lista do histórico de vendas, estoque e as lojas que deveriam receber tal produto. O sistema gera apenas dados de vendas, o estoque de cada item e o número de lojas que deveriam receber tais itens, no momento em que as listas foram geradas, dificultando uma análise quantitativa mais detalhada. Para elaboração deste trabalho o autor necessitou desenvolver novas planilhas com dados de estoque para que fossem feitas as análises necessárias.

1.4 Objetivo do Trabalho

O principal objetivo deste trabalho será propor um modelo de apoio à decisão para reposição dos estoques (importação) com base no estoque atual e na previsão de demanda, a fim de melhorar o abastecimento dos pontos de venda, contribuindo assim para maior rentabilidade do negócio.

Este trabalho inicia-se com uma análise da demanda (séries históricas) e propõe um modelo de previsão agregada por marca de relógios, uma vez que a previsão detalhada por item apresentou valores de erros de previsão muito altos, de forma a garantir o abastecimento das lojas e o estoque necessário para cobrir as vendas até a próxima reentrada de mercadoria.

A seguir, propor um modelo heurístico para determinar a previsão de demanda individual dos itens que pertencem a uma marca de acordo com a previsão agregada desta.

E finalmente propor um modelo de cálculo de encomendas aos fornecedores internacionais que deve ser suficiente para completar o estoque base das lojas mais a quantidade necessária para repor as vendas até a próxima reentrada de mercadorias na empresa, considerando o estoque de segurança.

1.5 Relevância do Trabalho para a Empresa

O presente trabalho tem relevância em diferentes níveis para a empresa, em primeiro plano fornece uma ferramenta de previsão de demanda que hoje não existe. Propõe como calcular as quantidades encomendas aos fornecedores internacionais de forma a melhorar o abastecimento das lojas e por consequência aumentar a rentabilidade da empresa e diminuir o excesso de estoque dos itens que possuem um giro menor de venda.

Com o método proposto ocorrerá uma diminuição da carga de trabalho operacional dos analistas e dos gerentes de produto, possibilitando que estes utilizem melhor o tempo em análises e melhorias de gestão de estoques.

O valor dos produtos comercializados pela empresa é alto, são considerados produtos de luxo. Tal característica aumenta a preocupação por parte da empresa em buscar um sistema de planejamento eficiente.

1.6 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 1, foram apresentadas a empresa e suas dificuldades. Delimitou-se o problema e, a seguir, definiu-se o objetivo do trabalho.

O Capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica dos tópicos mais relevantes para a solução dos problemas identificados, servindo de referencial teórico para o desenvolvimento das propostas apresentadas nos capítulos seguintes. Traz basicamente modelos de previsão de demanda e reposição de estoques.

O Capítulo 3 propõe uma solução para o problema, que envolve a previsão de demanda agregada, a desagregação da previsão por itens e o plano de encomendas. Inclui também o levantamento de dados e as limitações do sistema de informação da empresa.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos com a implantação dos modelos para uma marca pré-definida e uma discussão mais geral a cerca da eficácia dos modelos, quantificando as melhorias através de uma simulação comparando o passado real com o modelo proposto.

Por fim, o Capítulo 5 traz a conclusão do trabalho, apresentando uma síntese do que foi realizado, e os próximos passos a serem seguidos pela empresa a partir dos resultados obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos utilizados na solução dos problemas abordados neste trabalho, abordando os conceitos sobre previsão de demanda, estoques, distribuição de Poisson e testes de aderência. O capítulo tem início com a Curva ABC.

Curva ABC

Segundo Corrêa & Corrêa (2004) quando se começa a considerar que determinados itens de estoque possuem custos de manutenção diferentes passa a ser interessante classificar esses itens, para determinar quais são aqueles que merecem mais atenção em sua gestão.

Uma das formas de se classificar os itens por ordem de importância é através da curva ABC também chamada de curva de Pareto. Tal curva nada mais é do que a classificação de todos os itens de estoque de determinado sistema em três grupos, daí o nome ABC, baseados em seu valor total anual de uso.

Dessa forma, podem ser utilizados diferentes níveis de atenção quanto à gestão de estoques para itens mais importantes.

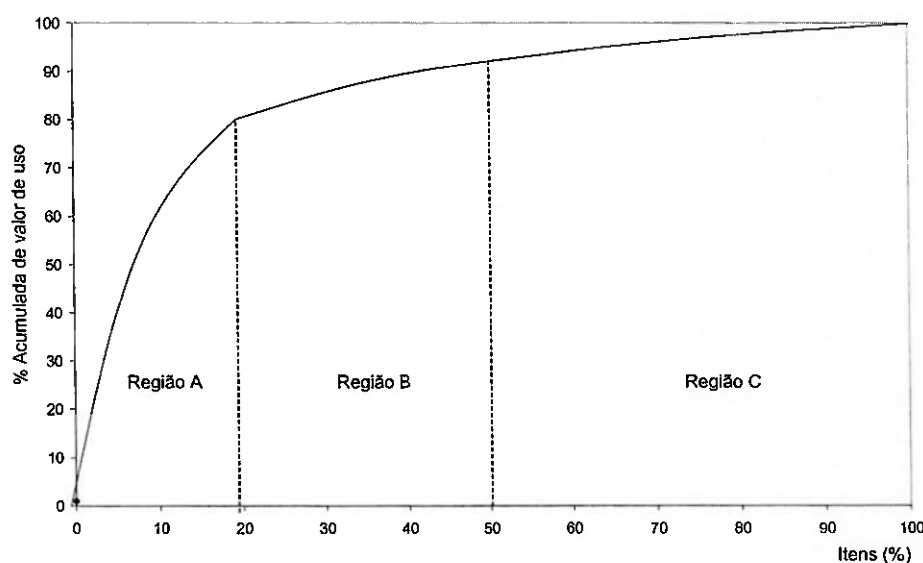


Figura 2.1: Curva ABC (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).

Na região A, poucos itens são responsáveis por grande parte do valor de uso total. Logo estes deveriam receber uma maior atenção gerencial enquanto que a região C é formada por muitos itens pouco importantes. As regiões determinam o tipo de previsão utilizada e a atenção despendida com o controle dos estoques.

2.1 Previsão de Demanda

Entende-se por demanda a disposição do mercado ao consumo. As previsões de demanda são fundamentais para a operação de qualquer empresa. A sobrevivência das empresas depende da habilidade de adaptação das suas operações às exigências do consumidor, de demonstrar ou estimular a necessidade e de servi-la adequadamente.

A previsão de demanda é uma atividade muito importante para auxiliar na determinação dos recursos necessários, uma vez que fornece as entradas básicas para o planejamento de praticamente todas as áreas da empresa, marketing, finanças, produção, etc.

Segundo Mudie (1997), que define previsão de vendas como “a arte de estimar a demanda futura através da antecipação do que compradores provavelmente farão em determinado conjunto de condições”. Demonstra a principal finalidade de um sistema de previsão que é o fornecimento de informações a respeito da demanda futura de modo a antecipar suas variações e implicações no planejamento das operações.

A demanda tradicionalmente é constituída de 4 componentes, os principais componentes são: a base, tendência, sazonalidade e ciclos segundo Corrêa & Corrêa (2004).

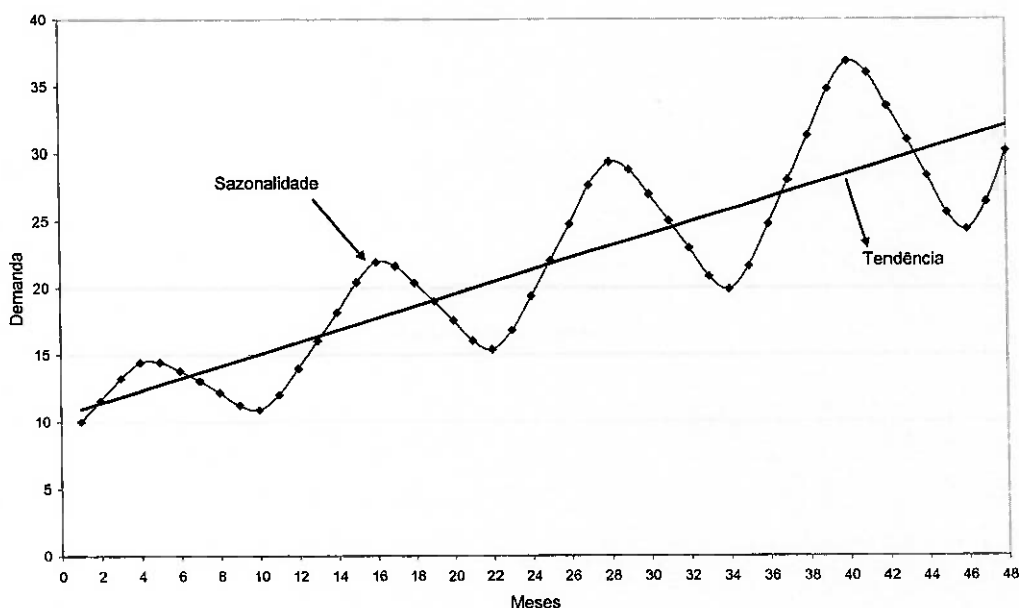


Figura 2.2: Componentes da Demanda.

A base é o patamar da demanda. Para produtos com demanda estável ao longo do tempo (arroz, papel, etc...) a demanda é constituída apenas pela base. O componente da tendência está relacionado à evolução da demanda ao longo do tempo, esta pode ter uma tendência de crescimento, ou decrescimento (linear ou não linear). A sazonalidade refere-se ao aumento de vendas em determinados períodos do ano, o consumo de sorvetes ou de biquínis tem aumento considerável no verão. Alguns produtos ainda podem apresentar ciclos ao longo do tempo, seja por ações de marketing ou por questões de moda.

Mesquita (2003) sugere que existam diferentes utilizações de previsões conforme o horizonte de previsão.

- **Longo Prazo** (5 anos ou +): são previsões que envolvem o estudo da capacidade produtiva, expansão da capacidade, e o estudo de novos produtos e ou serviços. São utilizados principalmente métodos qualitativos de previsão.

- **Médio Prazo** (1 a 2 anos): previsões que envolvem principalmente o planejamento da produção e recursos. É utilizado um misto de métodos quantitativos e de consenso.
- **Curto Prazo** (1 a 6 meses): envolvem as atividades de compra, produção, estoques e gerenciamento de pedidos. São utilizados métodos quantitativos (projeções).

A seguir está representado um esquema que envolve as necessidades das previsões e o planejamento e controle da produção.

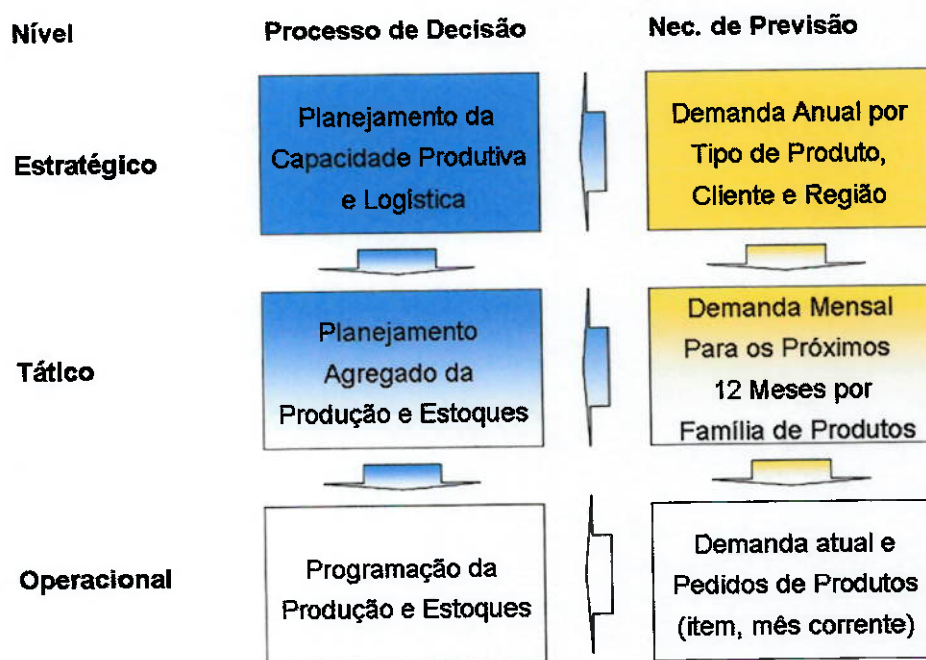


Figura 2.3: Previsão de demanda e PCP (Mesquita, 2003)

Magge (1967) descreve os horizontes de previsão com seus usos, características e técnicas empregadas, reproduzidos na Tabela 2.

Tabela 2.1: Planejamento e Previsão (Adaptado de Magge, 2003).

Uso	Período de Tempo	Características	Técnicas
<i>Planejamento da empresa:</i> Planejamento do produto Programação da pesquisa Planejamento do capital Localização e expansão da Fábrica	Geralmente 5 ou mais anos.	Previsão do esquema global. Muitas vezes só qualitativa.	Estudos técnicos e econômicos; estudos técnicos e de população; estudos de mercado.
<i>Planejamento das operações intermediárias:</i> Orçamentos de capital e caixa Planejamento de vendas Planejamento da produção; especialmente em negócios sazonais Estabelecimento de orçamentos de produção e estoque	Geralmente de seis a dois anos; no mínimo durante um ciclo nos negócios sazonais	Usada para análise de planos operacionais alternativos; numérica; não necessariamente detalhada por item; estimativa da segurança necessária.	Opinião coletiva; análise das tendências; análise do índice sazonal; correlação com índices econômicos; técnicas combinadas.
<i>Controle da produção a curto prazo:</i> Ajuste dos níveis de produção	Uma a seis semanas; período igual ao intervalo entre decisão de ajustar níveis operacionais e o momento em que	Previsões de atividade operacional e não previsão por item.	Extrapolação das tendências estatísticas; decomposição de produtos de custo-prazo ou previsões por classe de produto.
<i>Previsão das necessidades por item:</i> Alocação dos pedidos de compra Programação dos itens em produção Reabastecimento de estoques de filiais: controle de decisões a respeito de quando e quanto reabastecer.	O período é igual ao tempo de espera entre a colocação do pedido ou produção e o recebimento ou conclusão deste.	Projetada para o uso rotineiro em sistemas manuais, ou eletrônicos.	Decomposição da demanda de produto acabado; gráficos; técnicas estatísticas ou numéricas.

2.1.1 Métodos de Previsão de Demanda

Os métodos de previsão de demanda podem ser divididos basicamente em dois grupos os métodos qualitativos e os quantitativos. Os métodos quantitativos de projeção são baseados em métodos estatísticos e dados de histórico de vendas como guia para o comportamento da demanda futura. Enquanto que os métodos qualitativos são utilizados quando os modelos quantitativos podem não abranger toda gama de fatores que influenciam a demanda. São mais utilizados quando não existem dados disponíveis e para projeções de longo prazo. Todavia não são métodos excludentes.

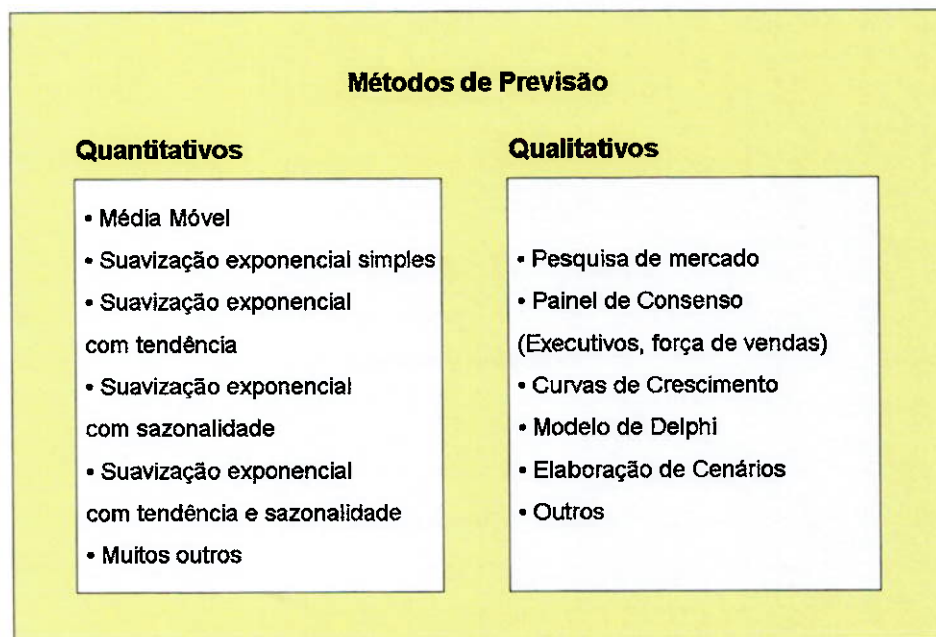


Figura 2.4: Métodos de Previsão.

Nos próximos tópicos serão utilizadas notações específicas, os parâmetros estão representados a seguir:

F_t = Previsão para o período t
 X_i = Valor observado no período t

O embasamento teórico para os próximos tópicos foi obtido de Mesquita (2003) e Makridakis (1998).

Métodos quantitativos

O princípio que rege os métodos quantitativos refere-se à procura por um padrão de comportamento das vendas no passado, uma vez identificado o comportamento, supõe-se que este irá se repetir nas vendas futuras. A seguir estão apresentados alguns métodos de previsão quantitativos.

Média Móvel Simples

Neste método é utilizada a média das observações passadas. A cada nova previsão, a observação mais antiga é descartada e a mais nova é incluída na média. A variável n refere-se ao número de observações utilizadas na previsão.

$$F_{t+1} = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t X_i$$

Suavização Exponencial Simples

Neste modelo a previsão de demanda para o período futuro é feita com base da última previsão e da última observação, conforme fórmula a seguir:

$$F_t = F_{t-1} + \underbrace{\alpha(X_t - F_{t-1})}_{\text{Erro}}$$

Sendo o parâmetro α , a constante de suavização, um número entre 0 e 1. Quanto menor o valor de α menor a correção, ou seja, maior a suavização e quanto maior o valor de α mais peso está sendo considerado para a última observação feita.

Neste modelo, a previsão está sempre tentando se ajustar através das últimas observações reais, como se estivesse “correndo atrás” e o que determina tal corrida é o parâmetro α . Para determinar o valor de α podem ser utilizadas simulações verificando qual valor minimiza os erros de previsão.

Suavização Exponencial (com tendência)– Modelo de Holt

Neste modelo, além da base, tem-se a tendência (linear) de crescimento ou redução da demanda, a tendência é suavizada separadamente, o que possibilita maior flexibilidade, já que utiliza um parâmetro de suavização para a tendência

(β) diferente do da série histórica de dados. São utilizadas equações, a primeira refere-se à base (Bt), a segunda à tendência (Tt) e à previsão propriamente dita.

$$B_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$F_{t+k} = B_t + kT_t$$

O parâmetro β deve ser maior quanto maior a variação da tendência para que a variação seja acompanhada eficazmente, e quanto menor a variação, menor deverá ser o valor de β . O valor da constante k refere-se a previsão do período que se deseja obter a previsão. Os parâmetros α e β podem ser determinados por simulações dos seus valores de forma a minimizarem os erros de previsão.

Suavização Exponencial (com sazonalidade)

Diferentemente dos outros modelos apresentados até o presente momento, este consegue incorporar a sazonalidade, o que pode reduzir o erro das previsões caso o histórico de dados apresente tal comportamento. Neste modelo, a sazonalidade é um fator multiplicativo calculada de forma independente, assim como a tendência foi considerada no caso anterior. Também são utilizadas equações, a primeira refere-se à base (Bt) a segunda ao índice de sazonalidade (It) e a à previsão propriamente dita.

$$B_t = \alpha \left(\frac{X_t}{I_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)B_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \left(\frac{X_t}{B_t} \right) + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

$$F_{t+k} = B_t I_{t-L+k}$$

O parâmetro γ está relacionado ao índice de sazonalidade e deve ser ajustado para que apresente o melhor resultado esperado, também pode ser obtido através de simulações. O índice L é o comprimento da sazonalidade, por exemplo,

número de meses em um ano. Para este modelo é necessário uma maior quantidade de dados para estimar o índice de sazonalidade, é recomendado no mínimo 3 anos.

Suavização Exponencial (com tendência e sazonalidade)– Modelo de Holt-Winters

Este modelo agrega os dois anteriores, considera a tendência e a sazonalidade. Agrega as três fórmulas: base, tendência e de sazonalidade:

$$B_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \left(\frac{X_t}{B_t} \right) + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

$$F_{t+k} = (B_t + kT_t)I_{t-L+k}$$

Os valores mais apropriados para as constantes α , β e γ devem ser determinados por meio de simulações ou através de algoritmos de otimização, o que torna o trabalho um pouco complexo.

Outros métodos

Existem muitos outros métodos quantitativos de previsão que não serão abordados neste trabalho, com por exemplo; ajustes de tendência (método dos mínimos quadrados), métodos de decomposição, Box-Jenkins (ARIMA) dentre outros.

Métodos Qualitativos

Previsões são mais precisas para períodos próximos do que para um futuro distante e para dados agregados. Nas previsões precisam ser considerados os erros, estes são tão importantes quanto às previsões em si. Os indicadores de erros são utilizados para escolher o método mais adequado de previsão, ou seja, aquele que minimiza os erros, e também para a calibração do modelo.

A seguir serão apresentadas as principais medidas de erros de previsão, e quando são mais indicadas suas utilizações.

MFE – Mean Forecast Error

$$MFE = \frac{\sum_{t=1}^n (F_t - X_t)}{n}$$

É o erro médio da previsão. Seu valor tende a zero, já que os erros positivos anulam os negativos. Um valor próximo de zero do MFE significa que a previsão é não tendenciosa.

MAE – Mean Absolute Error

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |F_t - X_t|}{n}$$

O MAE mede o erro absoluto médio (em módulo), os erros positivos e negativos não se anulam como ocorre no indicador de erro MFE. Sua vantagem é que fornece uma medida de erro na mesma unidade que os dados dos históricos de

venda, sendo de fácil explicação e entendimento. Permite definir um intervalo de previsão (mínimo, médio e máximo).

MSE – Mean Squared Error

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (F_t - X_t)^2}{n}$$

O MSE mede o erro quadrático da previsão. Não é de fácil interpretação como o MAE ou o MAPE. Pode ser comparado com a variância.

MPE – Mean Percentage Error

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{F_t - X_t}{X_t} \right)}{n}$$

O MPE é o erro percentual médio, e é calculado dividindo-se os erros de cada período pelo valor real observado, em seguida é tirada a média destes valores percentuais. Assim como no MFE, os erros positivos tendem a anular os negativos.

MAPE – Mean Absolute Percentage Error

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{F_t - X_t}{X_t} \right|}{n}$$

O MAPE, erro percentual absoluto médio, é calculado dividindo-se os erros absolutos de cada período pelo valor real observado, em seguida é tirada a média

destes valores percentuais. É útil quando a magnitude do valor da previsão é relevante para avaliar a precisão da previsão. É o indicador de maior destaque em planejamento. Assim como o MAE, também permite determinar intervalos.

WAPE – Worst Absolute Percentage Error

$$WAPE = \max\left(\frac{|F_t - X_t|}{X_t}\right)$$

O WAPE mede o pior erro percentual absoluto de uma amostra. Deve-se tomar cuidado para não penalizar a amostra inteira devido a apenas um exemplar ruim.

Métodos Qualitativos

Os métodos qualitativos são os métodos mais utilizados. Até o presente momento foram apresentados métodos de previsão quantitativos que utilizam dados históricos para realizar as previsões de demanda. Porém, em certos momentos não existem históricos, por exemplo, quando produtos totalmente inovadores são lançados, ou quando não se conhecem os mercados que uma determinada empresa pretende entrar, os modelos anteriores não são adequados.

Métodos qualitativos de previsão tornam-se necessários para casos como estes. A base para a obtenção de uma previsão é o julgamento pessoal de especialistas.

Entre os principais métodos de previsão qualitativa encontram-se a Pesquisa de Mercado, Painel de Consenso, Curvas de Crescimento, Modelo Delphi e a Elaboração de Cenários.

A descrição dos métodos qualitativos que estão descritos a seguir foram baseados em Gaither & Frazier, (2002).

Pesquisa de Mercado

Nas pesquisas de mercado, questionários por correspondência, entrevistas telefônicas ou entrevistas de campo formam a base para testar hipóteses sobre mercados reais.

A pesquisa de mercado é muito utilizada quando novos produtos poderão ser lançados e a empresa deseja conhecer o potencial de aceitação dos produtos pelo público consumidor. Dessa forma, ou a própria empresa, ou uma empresa terceirizada, realiza uma pesquisa com potenciais futuros consumidores a respeito dos seus desejos e necessidades não atendidas, quanto estariam dispostos a pagar por determinado produto ou serviço e tenta-se dessa maneira dimensionar o tamanho do mercado consumidor.

Painel de Consenso

Também chamado de consenso do comitê executivo, é um dos mais simples e utilizados métodos de previsão de demanda. É formado basicamente pelo consenso de opinião sobre a demanda futura de executivos de diferentes áreas, como marketing, vendas, produção, logística e finanças. De posse de dados históricos e dados da economia os executivos chegam a um acordo (consenso) das previsões futuras de vendas.

Há duas grandes vantagens deste método, a primeira é a rapidez como as previsões são feitas, sem a necessidade de cálculos estatísticos complexos. E a segunda vantagem é a reunião de diversos setores da empresa, o que pode agregar diferentes experiências e informações específicas dos setores que não são conhecidas por todos. A maior desvantagem é o alto grau de subjetividade do julgamento dos executivos.

Curvas de Crescimento

O método de curvas de crescimento está concentrado em variações de longo prazo. Escolhe-se a variável de estudo e a projeta para o futuro. Normalmente o formato de curva utilizado é o exponencial, já que em tal curva os aprimoramentos vão decrescendo ao longo do tempo.

Modelo Delphi

Ao contrário do painel de consenso, para evitar os efeitos das dinâmicas de grupo, os analistas devem fazer suas considerações individualmente, sem a interferência dos outros. Esse método é usado para se obter o consenso dentro de um comitê. Existe um coordenador central que lê as diversas opiniões dos analistas, faz um resumo e repassa para os analistas para que estes possam dar uma segunda opinião, agora com informações e pontos de vistas dos companheiros. Este processo é realizado algumas vezes até que se chegue a um consenso. Esse método pode resultar em previsões com as quais a maioria dos participantes concordou apesar de ter ocorrido uma discordância inicial.

Elaboração de Cenários

Neste método de previsão o comportamento do ambiente, onde a organização está inserida, é levado em consideração. São elaborados diferentes cenários com possibilidades e probabilidades de se tornarem realidade. Após a definição dos diferentes cenários reuniões são realizadas para determinar o comportamento que a organização deve possuir caso algum desses cenários torne-se realidade.

2.2 Estoques

A abordagem utilizada neste trabalho refere-se à problemas de estoque puro (compra e venda) com foco no varejo. Todavia a seguir estão representados conceitos mais abrangentes de estoque, inclusive conceitos utilizados na manufatura.

Segundo Corrêa *et al* (2000) os estoques nada mais são do que acúmulos de recursos entre fases específicas dos processos de transformação, tais acúmulos, proporcionam independência às fases dos processos de transformação entre as quais se encontram. Existem apenas duas possibilidades de suprimento, a primeira é produzir (ou adquirir) imediatamente após a requisição de produtos ou estocar insumos que foram produzidos (ou adquiridos)

anteriormente para atender a demandas futuras. Quanto maiores os estoques entre essas fases, maior será a independência entre elas.



Figura 2.5: Estoque intermediário entre duas operações.

Na grande maioria dos casos é utilizado o estoque intermediário, pois grande parte dos processos produtivos ocorre em função dos lotes de produção, que ocorrem em diferentes períodos de consumo.

Os estoques também proporcionam a diminuição da dependência entre os processos produtivos, pois os recursos estariam disponíveis no momento exato do consumo.

Segundo Corrêa *et al* (2000) há quatro principais razões para o surgimento/manutenção de estoques:

- **Falta de coordenação:** em muitos casos pode ser impossível ou praticamente inviável coordenar com exatidão as fases do processo de transformação de forma a garantir que o suprimento e o consumo sejam iguais, dispensando a necessidade de estoque entre elas.
- **Incerteza:** nem sempre as taxas futuras de consumo e oferta são perfeitamente previsíveis, dessa maneira para garantir o perfeito atendimento das demandas e pedidos entre processos tornam-se necessários estoques intermediários ou estoques de produtos acabados.
- **Especulação:** existem casos que a formação dos estoques não se dá para minimizar o risco de falta de produtos acabados ou de coordenação entre fases do processo produtivo e sim com intenção de criar valor para a organização. Pode se dar por meio de especulação como a compra e venda de materiais, por exemplo, se uma empresa consegue antecipar a ocorrência de escassez de uma determinada matéria-prima no mercado pode se beneficiar da utilização destas durante um tempo maior que a concorrência.
- **Disponibilidade no canal de distribuição:** nem sempre os centros produtores estão próximos aos centros consumidores. Para alguns produtos cuja média do consumo se dá de forma contínua, tem de haver um fluxo contínuo de produtos pelos canais de distribuição, este estoque nos canais de distribuição são chamados *pipeline inventory*.

Também conforme Corrêa *et al* (2000) os estoques podem possuir diversos objetivos, entre os mais importantes:

- **Minimizar faltas de insumos:** entre dois processos consecutivos se não estiverem perfeitamente alinhados a falta de estoques intermediários pode fazer com que o processo adiante pare devido á falta de insumos.
- **Reduzir atrasos ou tempo de atendimento:** muitas vezes as empresas criam insatisfações nos clientes quando não possuem determinado produto para pronta entrega, o que gera atrasos no atendimento. Os estoques de produtos acabados servem justamente para atender os clientes no momento que estes desejarem.
- **Diminuir o custo de aquisição e de seu processo:** muitas vezes o ganho em escala compensa o custo de oportunidade de investir capital em estoque, alguns fornecedores oferecem descontos conforme o tamanho dos pedidos, normalmente quanto maiores os pedidos, maiores os descontos.
- **Suavizar a produção ou abastecimento:** para produtos com demanda sazonal, muitas vezes a capacidade produtiva não consegue atender as encomendas nos períodos de pico, torna-se necessário estocar os produtos durante os meses que a demanda está em período de baixa para suprir os outros meses.
- **Garantir a economia em função do tamanho dos lotes de produção:** determinados processos de produção para se tornarem financeiramente viáveis necessitam de um lote mínimo. Tal procedimento pode gerar um estoque momentâneo.

Tersine (1994) considera que existam quatro principais custos que envolvem os estoques:

- **Custo de armazenagem:** inclui os custos com infra-estrutura (equipamentos de armazenagem e movimentação, pessoal, espaço, seguro, extravios e outros).
-

- **Custo de capital:** refere-se ao montante investido em estoque (custo de oportunidade do capital).
- **Custo de pedido:** envolve principalmente os custos de aquisição e transporte.
- **Custo de falta:** entende-se pelo não atendimento ou atraso dos pedidos, pode acarretar em perda da venda e conseqüentemente perdas nas receitas e nos lucros.

2.2.1 Modelos de reposição

Existem diferentes modelos de reposição. Corrêa *et al* (2000) consideram que as principais definições para a gestão de estoques de determinado item referem-se a quando e quanto encomendar, via compra, para itens comprados ou produção para itens fabricados internamente. É necessário definir o momento da encomenda e a quantidade a ser encomendada, para que o estoque possa atender às necessidades da demanda. A figura a seguir ilustra esta idéia.

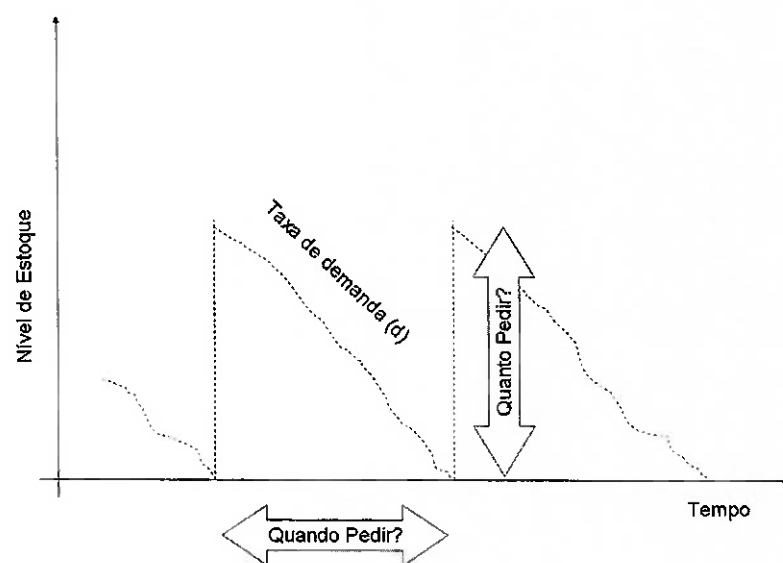


Figura 2.6: Modelo genérico de curva de nível de estoques (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).

O que diferencia os modelos de gestão de estoques é a forma de determinação do momento de se realizar as encomendas e suas quantidades.

Os modelos de estoque descritos a seguir estão baseados em (Corrêa & Corrêa, 2004).

Modelo de Ponto de Reposição

Este modelo é recomendável para situações onde a demanda dá-se de forma praticamente estável. O modelo funciona de forma simples, a cada retirada de produtos do estoque é verificada a quantidade restante e se tal quantidade for menor que uma predetermina, chamada de “ponto de reposição”, compra-se ou produz-se internamente a quantidade em questão, que é chamada de “lote de ressuprimento”. O tempo utilizado pelo fornecedor é chamado de tempo de ressuprimento ou *lead time*. O funcionamento do modelo é ilustrado na Figura 2.7.

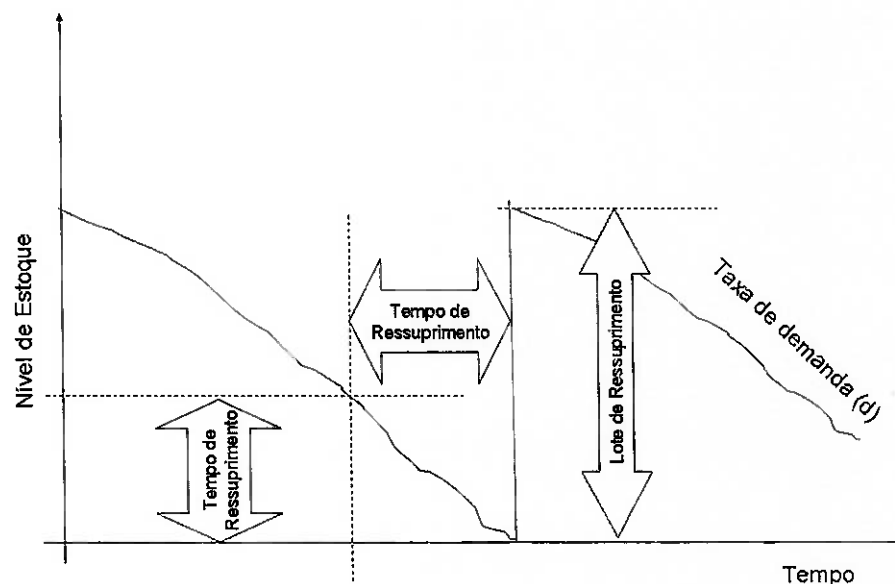


Figura 2.7: Modelo de “ponto de reposição” (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004)

Para utilização deste modelo é necessário que sejam definidos seus parâmetros, que são o ponto de reposição e o tamanho do lote de ressuprimento. E como a demanda se dá de forma mais ou menos estável o modelo representado na Figura 2.7 pode ser aproximado pelo modelo da Figura 2.8.

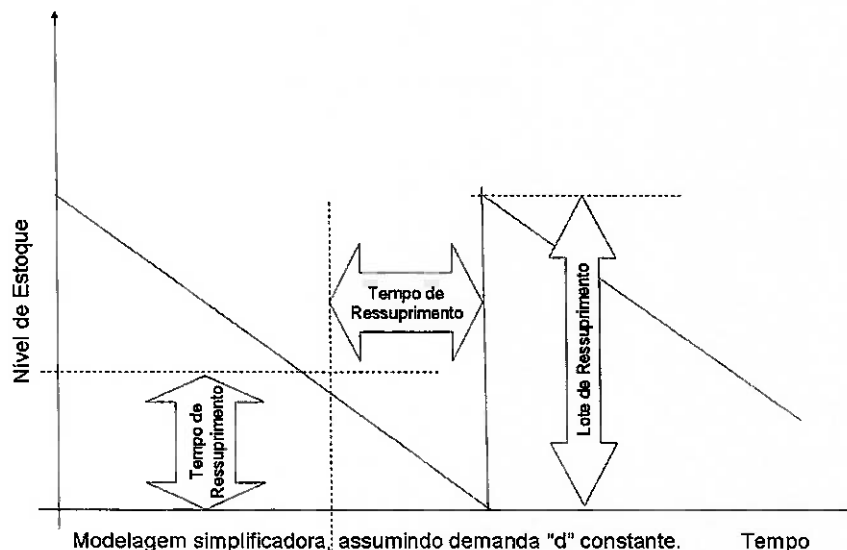


Figura 2.8: Modelagem para determinação dos parâmetros do sistema de ponto de reposição (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).

Para determinar os parâmetros que são utilizados no modelo, pode-se adotar uma abordagem de custos. Os dois principais custos envolvidos são os custos de armazenagem (CA) e os custos de pedido (CP).

Os custos de armazenagem são determinados pela multiplicação do custo anual de estocagem (C_e) pelo estoque médio mantido, como o modelo foi simplificado a um dente de serra, o estoque médio pode ser considerado como metade do tamanho do lote.

$$CA = C_e \times \frac{L}{2}$$

Os custos de pedido são calculados multiplicando-se os custos fixos de um pedido (C_f) pelo número total de pedidos realizados em um ano, que pode ser definido como a divisão entre a demanda anual (DA) dividida pelo tamanho do lote L .

$$CP = C_f \times \frac{DA}{L}$$

A Figura 2.9 a seguir ilustra os principais custos envolvidos.

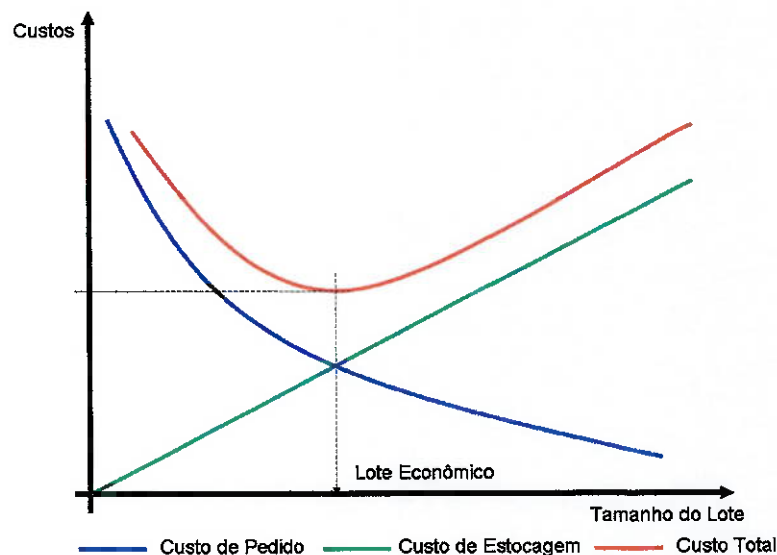


Figura 2.9: Custos totais (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).

A Figura 2.9 mostra que o custo total é mínimo quando o custo de pedido iguala-se ao custo de estocagem, assim:

$$C_f \times \frac{DA}{L} = C_e \times \frac{L}{2}$$

De onde sai o lote econômico que é dado por:

$$Le = \sqrt{\frac{2 \times DA \times C_f}{C_e}}$$

Para calcular o outro parâmetro, o ponto de reposição, é necessário multiplicar a taxa de demanda por unidade de tempo (D) pelo tempo de ressuprimento (TR), que deve estar na mesma unidade de tempo que a demanda.

$$PR = D \times TR$$

Entretanto, em situações reais, nem sempre a demanda se mantém de forma perfeitamente constante. Há uma flutuação aleatória em torno de uma média.

Como a demanda considerada não é totalmente estável, é possível que esta sofra pequenas alterações aleatórias. Se for para um valor maior do que a demanda média esperada para o período de ressuprimento, pode ocorrer a falta de produtos, em outras palavras que o estoque chegará a zero antes que o ressuprimento chegue. Para evitar esse tipo de falta pode ser utilizado o estoque chamado de segurança, para que nos casos onde a demanda aumente não haja falta de produtos. . Dessa forma, o ponto em que se deveria fazer o pedido de ressuprimento é dado por:

$$PR = D \times TR + E_{seg}$$

Para isso, surge a necessidade de quantificar a incerteza, ou seja, definir quais as probabilidades associadas aos diferentes níveis de variações da demanda, após a emissão do pedido de ressuprimento. Utilizando-se uma amostra de dados é obtida a média e o desvio padrão da amostra. Para completar a relação entre o estoque de segurança e o nível de serviço oferecido ao cliente é necessário considerar um fator de segurança, o lead time de ressuprimento e a periodicidade à qual se refere o desvio-padrão.

$$E_{seg} = FS \times \sigma \times \sqrt{\frac{LT}{PP}}$$

Onde,

E_{seg}	=	Estoque de segurança;
FS	=	Fator de segurança, que é uma função do nível de serviço que se pretende manter, pode ser encontrado em tabelas;
σ	=	Desvio-padrão estimado para a demanda futura;
LT	=	<i>Lead Time</i> de ressuprimento;
PP	=	Periodicidade à qual se refere o desvio-padrão.

Sistema de Duas Gavetas

O sistema de “duas gavetas” é um caso simplificado, e funciona de forma muito similar ao uso do modelo de “ponto de ressuprimento”. É utilizado de forma mais visual e para itens mais simples como parafusos, pequenos componentes, entre outros. É definida uma quantidade para ser o ponto de reposição (demanda média durante o *lead time* mais o estoque de segurança). Essa quantidade é o total de uma gaveta. Chama-se gaveta, pois normalmente são utilizadas gavetas mesmo. Assim quando a quantidade de uma gaveta acaba este é o ponto onde se dispara o pedido de ressuprimento.

Time Phased Order Point

Este modelo é utilizado nos casos onde não se pode assumir que a demanda é constante. Numa tradução livre o modelo TPOP pode ser chamado de “ponto de reposição escalonado no tempo”. A mecânica deste modelo é exatamente a mesma do modelo de ponto de pedido, todavia os pontos de reposição não mais se distribuem da mesma forma, devido ao fato de que as taxas de consumo do estoque variam ao longo dos períodos analisados.

Este modelo também pode ser utilizado para o caso da demanda ser considerada constante. Tudo passa a ser uma questão de definir os parâmetros que serão utilizados, o horizonte de planejamento, estoque de segurança e tamanhos de lote.

O cálculo do estoque de segurança para demanda não constante é diferente do cálculo apresentado anteriormente, pois a estimativa de demanda futura não será a média das demandas que ocorreram no passado, assim o erro de previsão não será simplesmente o cálculo do desvio padrão do histórico de vendas. No modelo TPOP, deve ser utilizada a raiz quadrada do desvio-médio quadrático dos erros de previsão com histórico superior a 30 dados.

$$E_{seg} = FS \times \sqrt{\frac{\text{Desvio - padrão - quadrático}}{\text{dos - erros - de - previsão}}} \times \sqrt{\frac{LT}{PP}}$$

Modelo de Revisão Periódica

Este modelo é de fácil operação, é determinado um período de reposição que se deseja manter, periodicamente verifica-se o nível de estoque do item e é determinada a quantidade a ser encomendada de modo que ao recebê-la, seja atingido o nível de estoques predeterminado.

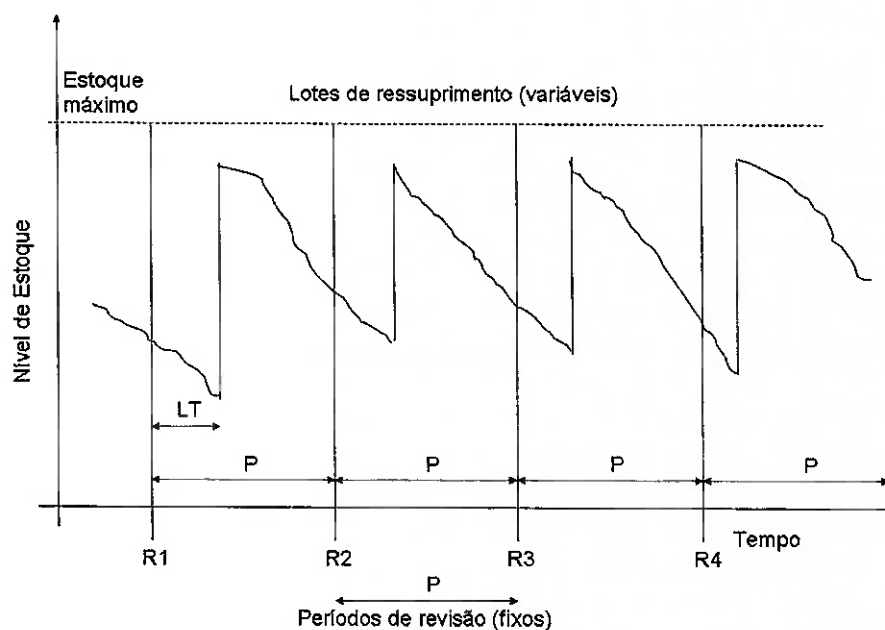


Figura 2.10: Modelo de revisão periódica (Adaptado de Corrêa & Corrêa, 2004).

A definição do parâmetro quantidade a ser encomendada é feita a partir da formulação que está apresentada a seguir:

$$Q = M - (E + Qp)$$

Onde,

Q = Quantidade a ser encomendada

M = Estoque máximo

E = Estoque físico

Qp = Quantidade pendente (pedidos em aberto que ainda não foram recebidos)

Entretanto,

$$M = D \times (P + LT) + ES$$

Onde,

M	=	Nível máximo de estoques (atingido logo que ocorre um recebimento)
D	=	Taxa de demanda
P	=	Período de revisão
LT	=	<i>Lead time</i> ou tempo de ressuprimento
ES	=	Estoque de segurança

Então,

$$Q = D \times (P + LT) + ES - (E + QP)$$

O estoque de segurança para o sistema de revisão periódica é calculado de forma similar ao estoque de segurança de sistemas de ponto de pedido, com algumas diferenças:

$$ES = FS \times \sigma \times \sqrt{\frac{(P + LT)}{PP}}$$

Onde,

FS	=	Fator de segurança, depende do nível de serviço requerido
σ	=	Desvio-padrão dos erros de previsão
P	=	Período de revisão ou frequência
LT	=	<i>Lead Time</i>
PP	=	Período ao que se refere o desvio-padrão dos erros de previsão

Estoque de segurança para demandas que seguem uma distribuição de Poisson

Para uma demanda que segue a distribuição de Poisson o cálculo do estoque de segurança é um pouco diferente dos modelos apresentados anteriormente.

O estoque de segurança é calculado pela diferença entre a demanda máxima esperada, dado um certo nível de serviço, e a demanda média durante o tempo de frequência (ou período de revisão) somado ao *lead time* de recebimento das mercadorias.

$$ES = (D_{\alpha} - D)$$

Onde,

D_{α} = Demanda máxima esperada para um certo nível de serviço

α

D = Demanda média

2.3 Distribuição de Poisson

Normalmente, modelos de estoque assumem distribuição normal (variáveis contínuas). Demandas baixas seriam melhor modeladas por distribuições discretas como a Poisson.

Segundo Costa Neto (2002), basicamente, um processo de Poisson consiste no número de eventos (sucessos) em um intervalo contínuo, que pode ser um intervalo de tempo, comprimento, superfície, etc. A seguir está representada a equação de Poisson:

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

$$\sum p(x) = 1$$

Onde,

λ = Média

$\lambda > 0$

A distribuição de Poisson tem variância igual à média, sendo uma distribuição que fica bem determinada pelo conhecimento de um único parâmetro (λ) que é a média do número de ocorrências observadas por um intervalo contínuo. No caso a Poisson será utilizada para caracterizar vendas.

2.4 Testes de Aderência

Com o intuito de verificar se o comportamento das vendas se comportava conforme a distribuição de Poisson foi utilizado neste trabalho o teste de aderência do χ^2 .

Segundo Freund & Simon (2000) a comparação de uma distribuição de frequências observadas com uma que poderíamos esperar de acordo com a teoria ou com as hipóteses é chamada de teste de aderência.

Costa Neto & Cymbalista (2001) citam que existe mais de uma maneira de se realizar um teste de aderência. Um método bastante utilizado é o teste pelo χ^2 . Este teste consiste basicamente em comparar os dados da amostra com as frequências esperadas segundo o modelo de distribuição de probabilidades para o qual se quer testar a aderência da amostra.

$$\chi_v^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Onde,

χ_v^2 = Teste χ^2 com n graus de liberdade;

O_i = Frequência observada de uma determinada classe ou valor da variável;

E_i = Frequência esperada, segundo o modelo testado, dessa classe ou valor da variável;

k = Número de classes ou valores considerados.

Ao aplicar tal fórmula, calcula-se $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ separadamente para cada classe de distribuição. Em seguida, se o valor de χ^2_v obtido exceder o valor de $\chi^2_{v,\alpha}$, rejeita-se a hipótese nula sobre a qual baseiam as frequências esperadas, ao nível de significância.

Assim, se o modelo testado for verdadeiro e se todas $E_i \geq 5$, a quantidade definida pelo cálculo do χ^2_v terá aproximadamente distribuição χ^2 com $n = k - 1$ – m graus de liberdade, sendo k o número de parcelas somadas e m o número de parâmetros do modelo estimados independentemente a partir da amostra. A subtração de 1 ao valor de k deve-se à existência da restrição $\sum_{i=1}^k O_i = n$ entre frequências observadas.

3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Neste capítulo, é apresentada a atual forma como a empresa realiza as previsões de demanda e as encomendas aos fornecedores internacionais. Em seguida é apresentada a proposta de solução. Também é apresentado o levantamento de dados.

A Figura 3.1 apresenta como os relógios são agrupados, esta nomenclatura será muito utilizada neste capítulo e nos próximos.

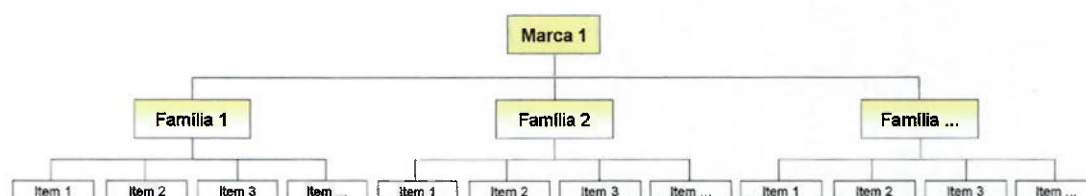


Figura 3.1: Estrutura hierárquica em relógios.

3.1 Situação Atual

A empresa, em conjunto com os proprietários das marcas, define quais serão os pontos de venda que receberão os relógios de determinada marca. Em seguida o Setor de Planejamento de Relógios define quais itens irão compor o *mix* de relógios das lojas em função de contratos, da estratégia de marketing utilizada pela companhia e de estudos da rentabilidade dos itens nos pontos de venda. Uma loja possui vitrines e balcões internos onde os relógios são expostos. Alguns destes itens possuem um giro de vendas muito baixo e se olhados isoladamente não deveriam estar presentes naquela loja. Todavia, a presença destes possibilita a venda dos outros itens, e por isso são mantidos. Existem estudos de rentabilidade (do item no ponto de venda) e de marketing para auxiliar o gerente de produto a definir qual o *mix* de cada loja.

Assim, quando uma nova marca ou um novo item entra na empresa, o SPR define quais os pontos de venda que receberão cada marca ou item e a primeira encomenda feita aos fornecedores deve ser suficiente para compor o *mix* das lojas.

Quando a marca já faz parte do portfólio de produtos da empresa, as encomendas são feitas para repor as lojas e o estoque central (EC). Algumas vezes; o nível de estoque no EC não é suficiente para repor todas as vendas do item na cadeia e algumas lojas ficam descobertas até a próxima entrada de mercadoria na empresa.

A Figura 3.2 representa os relógios (quadrados coloridos) nos pontos de venda e no estoque central. O fluxo de mercadoria está indicado por setas ilustrando a importação e distribuição dos relógios.

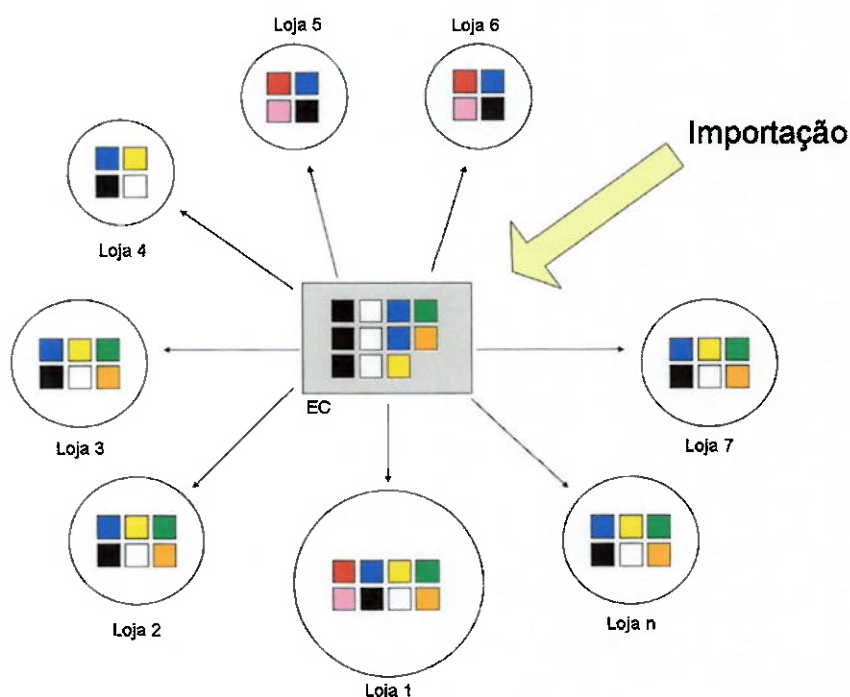


Figura 3.2: Estoque e fluxo de relógios na cadeia.

Nota-se que alguns modelos de relógios (rosa e vermelho) pelo baixo giro só estão alocados nos pontos de venda. No estoque central estão os relógios que possuem um giro de venda maior e serão repostos nas lojas quando estas efetuarem as vendas provavelmente antes da próxima entrada de mercadoria.

Como foi descrito no capítulo 1, a empresa enfrenta problemas de falta de estoque de alguns itens e excesso de estoque de outros ao mesmo tempo. Alguns fatores colaboram para este fato. Torna-se necessário entender o atual processo de previsão de demanda e das encomendas que são feitas aos fornecedores.

Todo final de ano, o SPR - Setor de Planejamento de Relógios necessita apresentar para a direção qual a expectativa de vendas de cada marca para o ano seguinte. É feita uma previsão agregada de demanda anual por marca, que é entregue à direção.

Cabe ao SPR escolher quais itens serão encomendados de cada marca, quantos pedidos serão feitos aos fornecedores internacionais ao longo do ano e a quantidade de relógios encomendada por pedido.

Atualmente o setor não conta com ferramentas de previsão de demanda. O processo atual pode ser dividido em duas etapas, a previsão anual por marca e a previsão de venda dos itens que pertencem à marca. O cálculo de previsão anual de cada marca é realizado olhando as vendas do último ano, ajustado por um fator de aumento ou decréscimo, que é baseado nas expectativas do gerente de produto e da empresa (previsão qualitativa).

Para o cálculo da previsão de demanda dos itens, a empresa utiliza um modelo que mistura uma análise quantitativa em conjunto com um julgamento pessoal dos gerentes de produto. O processo é basicamente feito de forma manual, para cada item. O horizonte de previsão é o tempo entre a previsão e a próxima entrada de mercadoria no estoque central. O período de revisão não é fixo e varia para cada marca, é estabelecido com base no tempo de entrega das mercadorias e também do giro que se pretende manter.

No final de cada período de revisão, para uma determinada marca, busca-se no sistema de informação da empresa dados do histórico de vendas para cada item na cadeia de lojas:

- Vendas nos últimos 12 meses;
- Vendas do último ano em relação ao mesmo período do ano atual;
- Vendas realizadas desde o início do ano em questão até a data presente;
- Vendas desde o início do ano passado em relação ao mesmo período do ano em questão.

De posse destas informações, o setor de planejamento faz um julgamento onde se estima a demanda futura de cada item referente ao tempo decorrente até a próxima entrada destes no estoque. A sazonalidade das vendas é considerada ao se fazer a previsão de demanda para os períodos que envolvem os meses de pico.

As encomendas então são feitas com base na previsão, somadas às necessidades de completar o estoque base das lojas. Todavia tal procedimento não tem se mostrado muito eficiente, não raramente existe excesso de determinados itens em estoque e falta de outros.

3.2 Solução Proposta

A solução proposta é formada por três etapas, a primeira refere-se à previsão de demanda agregada (por marca de relógio). Esta é feita mensalmente para reposição dos estoques. Uma vez por ano, faz-se a previsão anual que é utilizada pela diretoria de produto para realização do planejamento anual (orçamento anual).

A segunda parte é um método heurístico para fazer a previsão de demanda de cada item através da previsão agregada. E a terceira é composta pela realização das encomendas aos fornecedores internacionais ao longo do ano.

É utilizado um modelo de revisão periódica com previsão de demanda, como foi descrito no Capítulo 2.

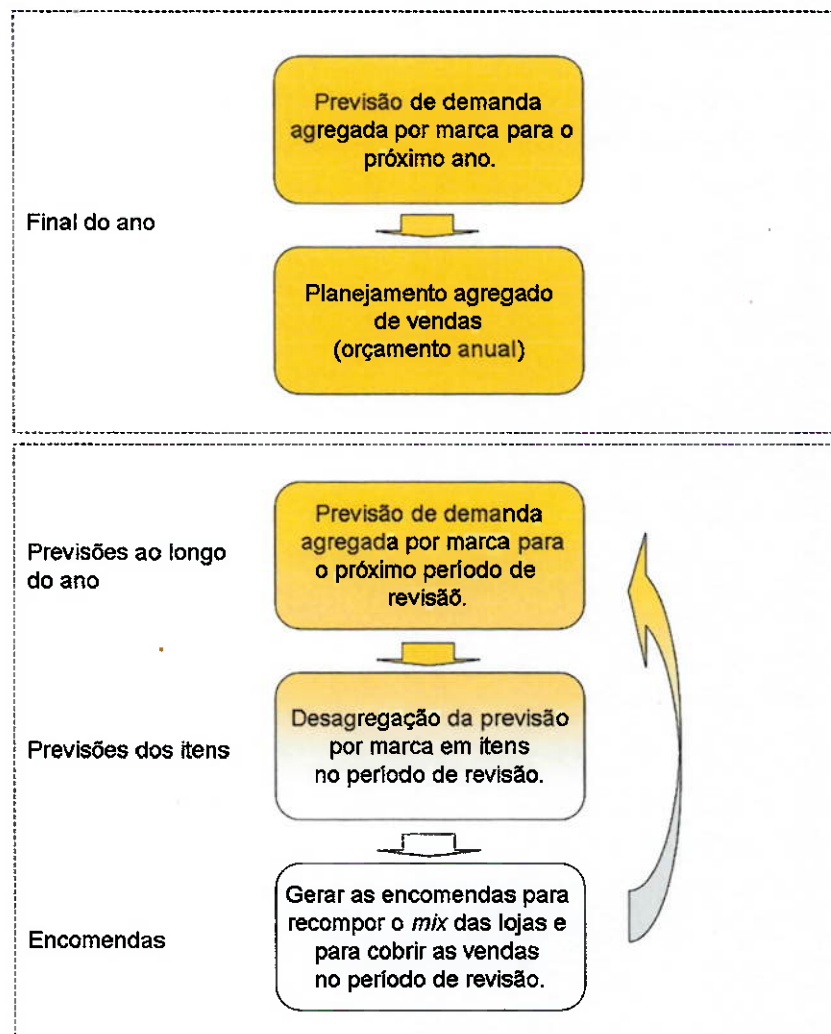


Figura 3.3: Etapas da proposta de solução.

Para realização deste trabalho foi escolhida uma marca (M1) tradicional e que teve entradas constantes e regulares de mercadorias, além de ter grande participação no faturamento do seguimento de relógios da empresa. A seguir, apresenta-se o comportamento de vendas da marca M1 desde 2001.

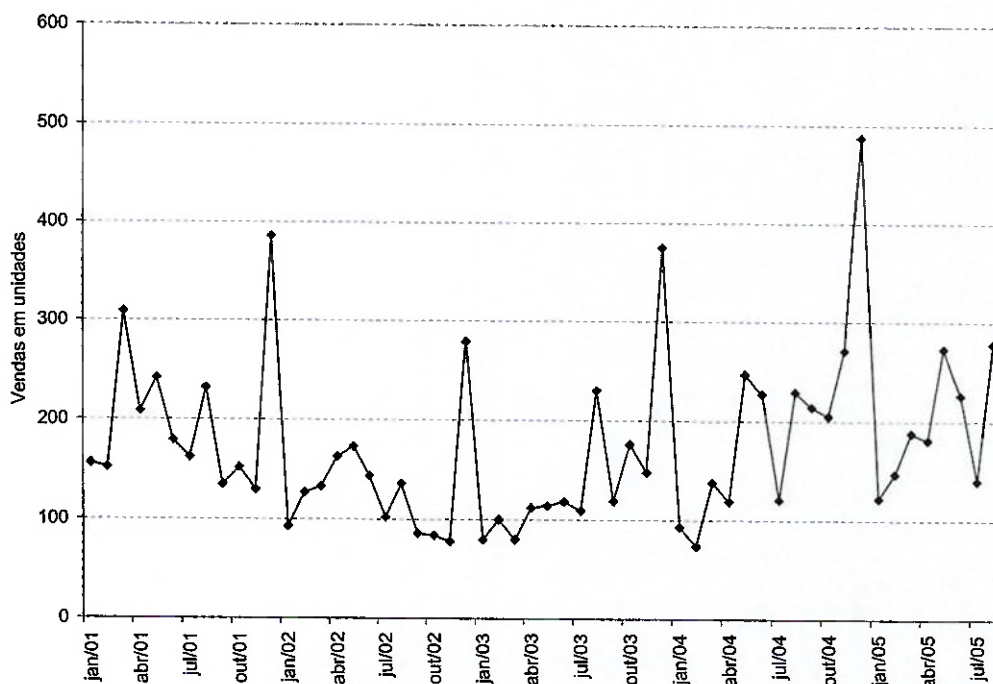


Figura 3.4: Comportamento de vendas da marca M1 em toda cadeia de lojas.

Previsão de demanda agregada

No início do capítulo foi descrito que uma marca é formada por famílias e que as famílias são formadas por itens. Tentou-se realizar a previsão de demanda de cada item individualmente. Logo de início, algumas dificuldades foram encontradas. Com exceção dos itens clássicos das marcas, que perduram por vários anos, muitos possuem um ciclo de vida relativamente curto, menores que 24 meses. Tal fato já causa certa dificuldade em realizar previsões individuais devido ao curto histórico de vendas.

Foram estudados os comportamentos de vendas de alguns itens com histórico superior a 24 meses. Para concluir qual distribuição de probabilidade a demanda de relógios melhor se ajustava, foram feitos histogramas dos dados de vendas passadas do item na cadeia de lojas (Anexo 1).

De posse dos histogramas descartou-se a possibilidade de ajustamento da demanda individualizada a uma curva normal devido ao baixo giro de venda e o comportamento claramente assimétrico da demanda.

Para comprovar que o comportamento da demanda seguia uma distribuição de Poisson foi utilizado o teste do χ^2 . Os cálculos detalhados encontram-se no Anexo 1, junto aos histogramas.

Tabela 3.1: Resultado dos testes de aderência da demanda.

Item	Graus de Liberdade (v)	$\chi^2 v, \alpha$		$\chi^2 v$	Poisson	
		$\alpha = 1\%$	$\alpha = 5\%$		$\alpha = 1\%$	$\alpha = 5\%$
Item A	5	15,09	11,07	11,97	Sim	Sim
Item B	2	9,21	5,99	1,14	Sim	Sim
Item C	6	16,81	12,59	8,32	Sim	Sim
Item D	2	9,21	5,99	0,31	Sim	Sim
Item E	1	6,64	3,84	0,05	Sim	Sim
Item F	2	9,21	5,99	0,45	Sim	Sim
Item G	3	11,34	7,81	1,44	Sim	Sim
Item H	3	11,34	7,81	0,23	Sim	Sim
Item I	5	15,09	11,07	11,75	Sim	Não

De posse da distribuição, foram feitas previsões mensais para um conjunto de itens. Foi utilizada a média móvel de venda de cada item dos últimos 12 meses como sendo a média da distribuição de Poisson.

Foi verificado que o erro de previsão individual era alto, como era esperado, devido ao baixo giro de vendas. Todavia o maior problema encontrado nesse método foi o erro de previsão agregada, soma das previsões dos itens que compõe uma marca. Foram encontrados erros de previsão agregada que chegaram à 175% em um determinado mês.

Dessa forma, ao invés de realizar as previsões por item, foi realizada a previsão de demanda agregada por marca. O volume de vendas das marcas possibilitou que fossem utilizados métodos tradicionais de previsão.

Para que fosse feita a escolha de qual o método de previsão que melhor se ajustava ao comportamento de vendas da marca M1 foram feitos vários testes com o *software* MiniTab® e no Excel®.

Primeiramente, pela facilidade de operação, foi escolhido o MiniTab® para realizar os testes, todavia não estão todos os métodos quantitativos descritos no capítulo 2 (Revisão Bibliográfica) na versão do *software* utilizado (MiniTab® versão 13). E também nem todas as medidas de erros são fornecidas pelo programa.

O MiniTab® fornece três tipos de erros de previsão: MAPE – Mean Absolute Percentage Error, que é o erro percentual absoluto médio. MAD que é o erro absoluto médio e é dado em unidades. E o MSD que mede o erro quadrático da previsão.

Assim, os testes também foram feitos no Excel®, com a formulação que está descrita no capítulo 2. Foram utilizadas as medidas de erro também descritas no segundo capítulo.

A seguir, encontra-se um resumo dos resultados encontrados dos testes dos diversos métodos de previsão de demanda para a marca M1. Tais resultados são provenientes dos testes que foram realizados no Excel®, uma vez que a versão 13 do Minitab® não fornecia todos os modelos de previsão que se desejou testar.

Tabela 3.2: Resultado dos testes dos diversos métodos de previsão de demanda para a marca M1.

Tipo de previsão	Erros					
	MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
Média Simples	2	67	7.508	-19%	42%	119%
Média Móvel Simples (2 meses)	2	72	10.067	-18%	46%	216%
Média Móvel Simples (3 meses)	0	68	8.641	-18%	43%	177%
Média Móvel Simples (6 meses)	0	62	7.290	-17%	38%	157%
Média Móvel Simples (12 meses)	2	59	6.557	-17%	38%	119%
Suavização Exponencial Simples	4	62	7.153	-15%	38%	131%
Suavização Exponencial (com tendência)	1	72	10.453	-18%	43%	238%
Suavização Exponencial (com sazonalidade)	43	62	10.743	17%	35%	100%
Suavização Exponencial (tendência e sazonalidade)	-1	32	1.517	-4%	21%	71%

O método escolhido foi o de suavização exponencial com tendência e sazonalidade, também chamado de método de Holt-Winters, por apresentar os menores erros de previsão. Os cálculos detalhados de cada método estão no anexo 2.

As Figuras 3.5 e 3.6 apresentam dois gráficos com as vendas e as previsões utilizando o método escolhido. O primeiro foi feito no Excel® e o segundo no MiniTab®.

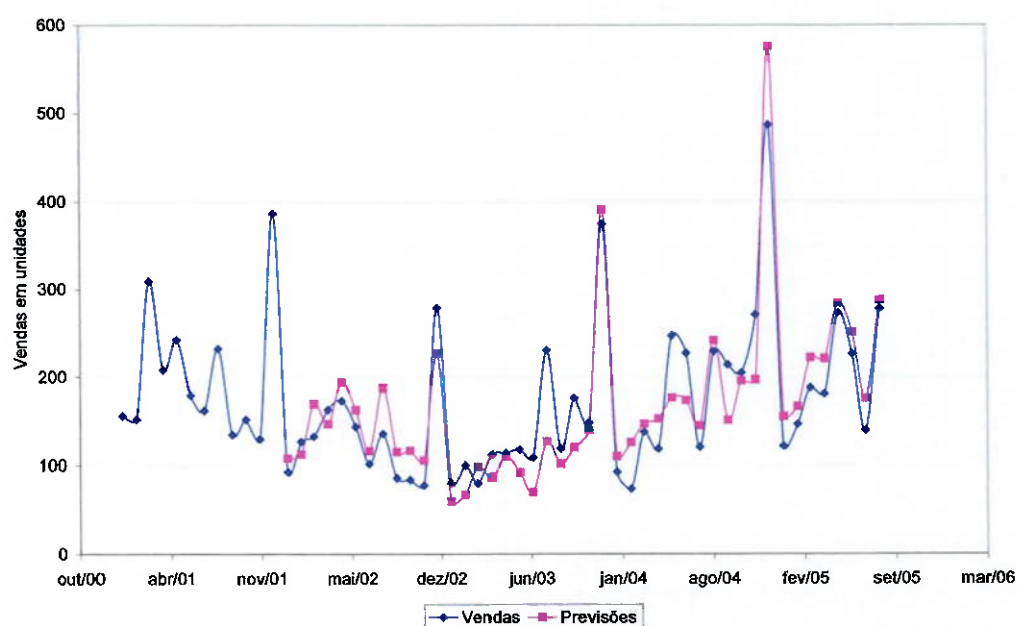


Figura 3.5: Vendas e previsão mensal da marca M1.

Os erros de previsão estão descritos na Tabela 3.2. Foram utilizados constantes de suavização α , β e γ com valores iguais a 0,2.

Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters)

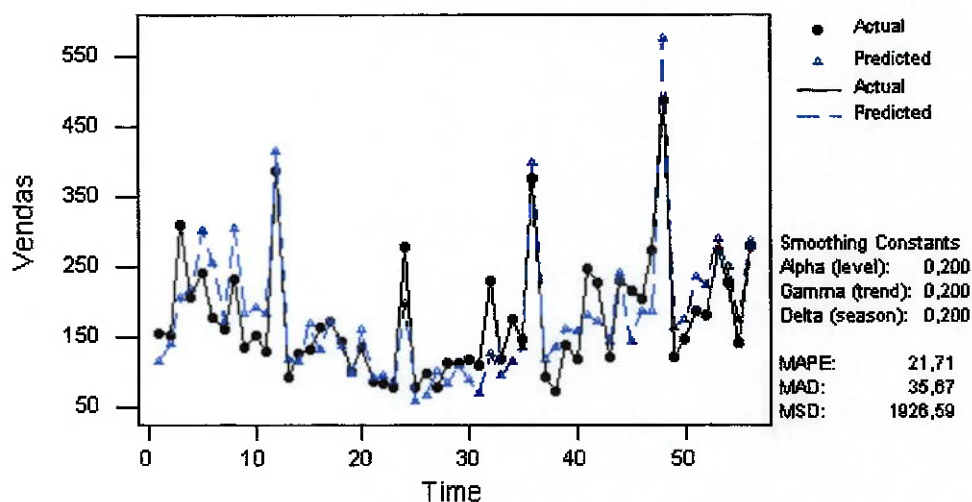


Figura 3.6: Vendas e previsão mensal da marca M1 (MiniTab®)

No MiniTab®, as constantes de suavização são representadas por α (para a base), γ para tendência e δ para a sazonalidade. Também foi utilizado o valor de 0,2 para estes parâmetros, foi utilizado este valor pela dificuldade de calibração (0,2 é *default*). As vendas estão representadas pela cor preta e as previsões pela cor azul. No gráfico também estão indicados os três tipos de erro que o programa fornece e que já foram explicados anteriormente.

Previsão de demanda dos itens

Feita a previsão de demanda agregada da marca é necessário fazer a previsão individual dos itens. Para tanto será utilizada a heurística simples que considera a participação de cada item nas vendas totais da marca e gera números inteiros.

São somadas as vendas individuais dos itens nos últimos 3 meses e é calculada qual a participação de cada item nas vendas da marca. Em seguida a previsão de demanda de cada item para os próximos meses é a previsão de demanda agregada da marca distribuída pela participação de cada item.

Considerou-se na previsão de demanda individual a participação de cada item nas vendas da marca dos últimos 3 meses, pois dessa forma, não é necessário um histórico de vendas longo para calcular a previsão de demanda dos itens novos. E não compromete a sazonalidade que já foi considerada na previsão agregada.

Uma marca é composta por itens ativos e inativos, os itens classificados como inativos não serão mais encomendados pela empresa. Podem existir basicamente dois motivos: os proprietários da marca decidiram parar de fabricação tais itens, ou a H.Stern decidiu parar de encomendar tais itens.

No cálculo da previsão de demanda individual, os inativos devem ser considerados enquanto existir estoque destes itens. Afinal, a venda de tais itens faz parte do montante vendido da marca, ou seja, participam da previsão de demanda agregada. Conforme forem esgotando os saldos de tais produtos suas vendas também diminuirão e também reduzirão suas participações no montante da marca.

A seguir está representada a formulação da previsão de demanda de cada item i que pertence a uma marca M .

$$F_{i,t} = F_{M,t} * P_{i,t}$$

Onde,

$$F_{i,t} = \text{Previsão de demanda do item } i \text{ no mês } t;$$

$$F_{M,t} = \text{Previsão de demanda da marca } M \text{ no mês } t;$$

$$P_{i,t} = \frac{\sum_{t=t-3}^t \text{Vendas}_{i,t}}{\sum_{t=t-3}^t \text{Vendas}_M} = \text{Fator de Participação do item } i \text{ no mês } t;$$

Estoque de Segurança

Neste capítulo, verificou-se que o comportamento da demanda dos relógios segue uma distribuição de Poisson. Assim, o estoque de segurança será determinado utilizando esta distribuição em lugar da normal (mais comum).

$$ES_{i,\alpha} = F_{i,\alpha} - F_i$$

Onde,

$ES_{i,\alpha}$ = Estoque de segurança do item i necessário durante o período de frequência com que os pedidos são feitos, acrescido do lead time de entrega do fornecedor;

$F_{i,\alpha}$ = Previsão de demanda máxima do item i durante o período de frequência e lead time dado um nível de serviço α .

F_i = Previsão de demanda média do item i durante o período de frequência e lead time.

Reposição de Estoques

Com o cálculo da previsão de vendas e a definição do nível de serviço, as encomendas podem ser realizadas aos fornecedores. Existem variações entre o tempo de pedido feito aos fornecedores e o recebimento dos relógios conforme a marca. No caso da marca M1, este tempo é de 2 meses. A seguir está apresentada a formulação que define a quantidade que deve ser encomendada de cada item.

$$Q_i = (N_i - E_i) + F_{i,PR} - Q_i^* + ES_i$$

Onde,

Q_i = Encomendas que serão feitas do item i ;

$(N_i - E_i)$ = Reposição do item na rede;

N_i	=	Número de lojas que recebem o item i ;
E_i	=	Estoque do item i na cadeia (estoque nas lojas e no estoque central);
$F_{i,PR}$	=	Previsão de vendas do item i na rede até a próxima revisão;
Q_i^*	=	Pedidos pendentes;
$ES_{i,\alpha}$	=	Estoque de segurança do item i dado um nível de serviço α .

Pela fórmula as encomendas além de cobrirem a previsão de demanda, também devem considerar o estoque de segurança. Outro detalhe refere-se ao número de lojas. A política da empresa é tentar manter o maior número de lojas abastecidas com as mercadorias que foram determinadas pelos gerentes de produto. No caso dos relógios, nenhuma loja na cadeia possui dois itens iguais em seus *mix*, dessa forma, no cálculo das encomendas está sendo considerado o número de lojas que devem permanecer abastecidas. Se existissem mais de um item semelhante em um mesmo ponto de venda, a nomenclatura poderia ser outra, estoque base nas lojas ou estoque necessário em lojas ao invés do número de lojas. Embora para relógios não existam dois modelos iguais em uma mesma loja, como o estudo pode ser expandido e utilizado para jóias, e neste caso existem em algumas lojas mais de uma unidade de um mesmo item, a nomenclatura poderia ser diferente.

Dessa maneira, está sendo empregado o uso de um modelo ativo (utiliza previsão de vendas) de reposição de estoques com revisão periódica, na qual a decisão é tomada no final de períodos mensais.

Existe uma preocupação por parte da empresa em diminuir o período chamado fora de controle, que é representado pela soma da frequência com que os pedidos são realizados aos fornecedores e o *lead time* de entrega por parte destes.

Como a empresa não tem poder para alterar o *lead time*, é uma decisão estratégica fazer os pedidos de forma mensal aos fornecedores internacionais, mesmo porque o custo de transporte é relativamente baixo se comparado com o valor dos produtos.

3.3 Sistema de Informação

No levantamento de dados houve algumas dificuldades relacionadas ao sistema de informação utilizado pela empresa hoje. Neste item, propõem-se melhorias neste SI e fundamentos para efetiva gestão de estoques na H.Stern (*core business*).

A empresa dispõe de um grande banco de dados onde ficam armazenados os dados de vendas, de entradas de mercadorias na empresa e do estoque atual (no dia que a lista é gerada). O sistema permite algumas opções de visualização dos históricos, basicamente por mercadoria (marcas, famílias, itens) e por locais (lojas, país ou cadeia).

Todavia, no sistema aparecem apenas os estoques atuais, ou seja, no dia que a lista é gerada. Os usuários (analistas dos setores de planejamento) não têm disponíveis no sistema o estoque que havia na empresa em um determinado período de tempo. Tal fator dificulta consideravelmente as análises realizadas pelos gerentes de produto.

Assim, para que fosse possível a realização deste trabalho o autor retrocedeu os dados dos níveis de estoques de cada mês dos últimos 24 meses, exportando para o Excel®.

A empresa trabalha atualmente com 9 marcas de relógios no país, todas possuem comportamentos de venda semelhantes, são todas importadas e o tempo de recebimento da mercadoria é elevado. E apresentam forte sazonalidade de vendas em determinados meses do ano.

A seguir estão apresentados os dados de vendas, entradas e estoque de alguns itens que pertencem à marca M1.

Tabela 3.3: Levantamento de dados de alguns itens típicos da marca M1.

Mês	F3 - i 7			F15 - i 123			F18 - i 139			F19 - i 167			F20 - i 175			F23 - i 201			F25 - i 215			F26 - i 216			F32 - i 267		
	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque	Vendas	Entradas	Estoque
set/03	8	0	67				-1	0	27	0	0	22	3	0	37	1	0	6									
out/03	11	0	56				1	0	26	1	0	21	6	0	31	1	0	5									
nov/03	13	0	43				0	0	26	0	0	21	2	0	29	0	0	5									
dez/03	20	0	23				1	0	25	1	0	20	7	0	22	0	0	5									
jan/04	3	20	40				0	0	25	0	0	20	3	0	19	0	0	5				0	20	20			
fev/04	8	20	52				0	0	25	0	0	20	0	20	39	0	0	5				1	0	19			
mar/04	7	0	45				1	0	24	1	0	19	3	0	36	0	0	5				7	0	12			
abr/04	5	20	60	0	3	3	1	0	23	1	0	18	5	20	51	0	2	7				2	0	10			
mai/04	10	0	50	1	0	2	1	0	22	0	0	18	1	0	50	1	2	8				3	0	7	29	40	11
jun/04	8	0	42	0	0	2	1	0	21	1	0	17	4	0	46	0	0	8				2	0	5	9	0	2
jul/04	5	0	37	0	0	2	0	0	21	0	0	17	4	0	42	0	0	8				1	0	4	1	10	11
ago/04	14	15	39	2	6	6	1	0	20	1	0	16	5	10	47	0	2	10	0	10	10	3	15	16	10	45	46
set/04	7	0	31	0	0	6	0	0	20	0	0	16	3	0	44	0	0	10	0	0	10	5	0	11	37	0	9
out/04	5	20	46	1	4	9	0	0	20	0	0	16	6	10	48	0	0	10	1	5	14	3	0	8	13	40	36
nov/04	1	20	65	0	2	11	1	0	19	0	0	16	3	0	45	1	1	10	1	5	18	1	10	17	19	20	37
dez/04	22	0	43	2	0	9	0	0	19	0	0	16	5	0	40	0	0	10	4	0	14	2	0	15	26	0	11
jan/05	8	10	45	1	0	8	1	0	18	0	0	16	3	0	37	0	0	10	-1	0	15	-1	10	26	3	30	38
fev/05	0	0	45	3	0	5	0	0	18	0	0	16	1	0	36	0	0	10	0	0	15	3	0	23	10	0	28
mar/05	10	0	35	0	0	5	0	0	18	0	0	16	0	0	36	1	0	9	2	0	13	1	0	22	11	0	17
abr/05	1	10	44	0	0	5	0	0	18	0	0	16	2	0	34	-1	0	10	0	0	13	3	10	29	7	40	50
mai/05	9	0	35	0	0	5	0	0	18	1	0	15	2	0	32	1	0	9	1	0	12	1	0	28	23	0	27
jun/05	3	0	32	2	0	3	1	0	17	0	0	15	2	0	30	0	0	9	1	0	11	1	0	27	11	0	16
jul/05	4	0	28	0	0	3	0	0	17	0	0	15	1	0	29	0	0	9	0	0	11	1	0	26	4	58	70
ago/05	8	45	65	3	7	7	0	0	17	0	0	15	6	5	28	1	0	8	2	10	19	5	10	31	15	22	77
Nº de Lojas	34			6			18			15			34			7			11			13			26		

Na primeira linha estão descritos o item (i) e a família (F) a qual tal item pertence. Na última linha estão indicados os números de lojas que devem receber tais itens. É importante ressaltar que os dados de venda negativos referem-se às devoluções dos produtos por parte dos clientes.

Os dados de entrada são considerados no início de cada mês, os dados de estoque são do fim do mês e os de venda referem-se às vendas efetuadas ao longo do mês.

Este procedimento foi utilizado para coleta dos dados necessários para aplicação do modelo descrito no Capítulo 4. Sugestões foram feitas para a área de informática para incluir este tipo de “relatório” no sistema de informação geral.

4. APLICAÇÃO DOS MODELOS



Este capítulo tem como principal objetivo implantar os modelos de apoio à decisão propostos no capítulo anterior frente à realidade dos processos de planejamento da empresa.

Inicialmente foram definidas as condições dos testes, os resultados dos testes foram comparados com as decisões tomadas pela empresa para o histórico dos últimos 12 meses de operação, para que dessa forma fosse possível verificar a adequação dos modelos.

4.1 Previsão de demanda mensal agregada por marca

Como mencionado anteriormente, neste trabalho foi utilizada a marca M1. Todavia, o final do ano de 2001 e o ano de 2002 serão excluídos das análises uma vez que foram anos atípicos para a empresa (demanda com declínio). Dessa forma, serão utilizados dados de vendas dos últimos 24 meses para análises dos modelos propostos.

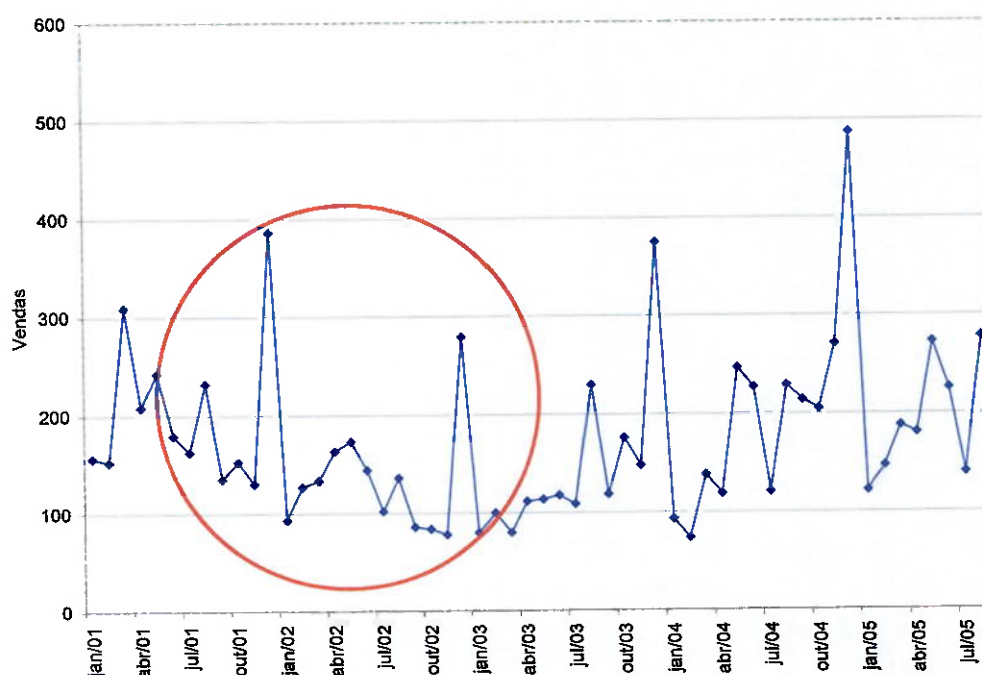


Figura 4.1: Dados de venda da marca M1 mostrando anos atípicos.

No capítulo anterior foi definido que para a previsão agregada, por marca, será utilizado o modelo de suavização exponencial com tendência e sazonalidade. Alguns fatores interferem na qualidade dos resultados fornecidos por este modelo, como os primeiros dados de entrada da base, tendência e sazonalidade.

Embora o efeito dos valores iniciais diminua com as previsões, para acelerar a convergência do modelo e este responder mais rapidamente serão fornecidos dados de entrada mais apropriados com a realidade dos históricos de venda.

Para o primeiro valor da base será utilizada a média de venda desde 2001, o que resultou num valor de 175 unidades. Para os dados de entrada da sazonalidade serão utilizadas as sazonalidades médias que estão representadas na Tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1: Cálculo dos índices de sazonalidade.

Vendas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2004	93	74	138	119	247	227	121	229	214	205	271	487
2003	80	100	80	112	114	118	109	230	119	176	148	375
2002	93	127	133	163	173	144	102	136	86	84	78	279
2001	156	152	309	208	242	179	162	232	135	152	130	386
Sazonalidade	62%	66%	96%	88%	113%	97%	72%	121%	81%	90%	91%	223%

Como não estavam disponíveis os dados de vendas dos últimos meses do ano de 2005, foram utilizados para o cálculo dos índices de sazonalidade os dados de venda de 2001 a 2004. Os valores são calculados dividindo-se a média dos valores de venda do mês para qual se está calculando o fator pela média total de vendas dos 4 anos.

Finalmente, ainda podem ser ajustadas as variáveis α , β e γ para minimizar os erros de previsão. Como foi descrito no capítulo 2 de revisão bibliográfica, estes valores podem ser obtidos através de simulações. Assim, foram feitos 125 testes, para verificar a combinação que minimizava os erros de previsão. Cada uma das variáveis teve seus valores testados entre (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5).

Os 125 testes estão representados no anexo 3 (Aplicação dos modelos). Os valores das variáveis que minimizaram os erros estão representados na Tabela 4.2. Para este tipo de previsão o Minitab® não calibra os valores das constantes automaticamente.

Tabela 4.2: Valores que minimizam os erros de previsão.

Número do teste	Variáveis			Erros de Previsão					
	α	β	γ	MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
78	0,4	0,1	0,3	-0,03	28,36	1.645,81	-2,50%	14,70%	45,06%

Definidas as variáveis α , β e γ e os dados de entrada do modelo, podem ser realizadas as previsões agregadas por marca.

No terceiro capítulo, foi mencionado que os pedidos serão feitos mensalmente e o *lead time* do fornecedor da marca M1 é de dois meses. Para ilustrar como serão as entradas das mercadorias na empresa tem-se a Figura 4.2 a seguir.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Frequência												
Lead Time												

Figura 4.2: Frequência mensal e *lead time* de entrega de 2 meses .

Será considerado que as encomendas serão feitas sempre no primeiro dia do mês. E que os itens serão recebidos também no primeiro dia do mês. A empresa deseja fazer pedidos mensais para diminuir o período chamado “fora de controle”. Todavia poderiam ser utilizados outros valores para frequência, como está representado na Figura 4.3.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Frequência												
Lead Time												

Figura 4.3: Frequência bimestral e *lead time* de entrega de 2 meses.

As células em amarelo formam as entradas de dados, enquanto que as células verdes são as previsões trimestrais.

Realizadas as previsões agregadas, podem ser feitas as previsões dos itens de forma individual. A definição do estoque de segurança para cada item e o cálculo das encomendas.

4.2 Estoque de segurança e nível de serviço

O estoque de segurança será calculado a cada nova encomenda através da função Poisson e da previsão individual dos itens, conforme descrito no Capítulo 3.

A Tabela 4.4 apresenta alguns resultados escolhidos aleatoriamente, com suas previsões trimestrais de demanda (período que envolve o lead time e a frequência dos pedidos). E finalmente, o tamanho dos lotes para os diferentes níveis de serviços.

Tabela 4.4: Quantidade encomendada para diferentes níveis de serviço.

Família	Item	PreDem (Fre+LT)	Nível de Serviço						
			70%	75%	80%	85%	90%	95%	99%
F2	Item 2	10,18	12	12	13	13	14	16	18
F3	item 7	23,61	26	27	28	29	30	32	36
F3	Item 9	0,87	1	1	2	2	2	3	4
F7	Item 48	0,00	1	1	1	1	1	1	1
F8	Item 50	1,75	2	3	3	3	4	4	5
F12	Item 80	2,62	3	4	4	4	5	6	7
F14	Item 107	0,87	1	1	2	2	2	3	4
F14	Item 107	2,00	3	3	3	3	4	5	6
F15	item 123	3,14	4	4	5	5	5	6	8
F15	Item 125	6,12	7	8	8	9	9	10	13
F18	Item 143	1,35	2	2	2	3	3	3	5
F19	Item 167	1,02	1	2	2	2	2	3	4
F20	Item 176	39,03	42	43	44	46	47	50	54
F23	Item 202	1,56	2	2	3	3	3	4	5
F26	Item 216	5,25	6	7	7	8	8	9	11
F27	Item 231	0,59	1	1	1	1	2	2	3
F30	Item 243	13,97	16	16	17	18	19	20	23
F30	Item 252	0,67	1	1	1	1	2	2	3
F32	Item 269	35,93	39	40	41	42	44	46	51
F33	Item 276	1,78	2	3	3	3	4	4	5

Para itens cuja previsão de demanda resultou em um valor igual a zero ou muito próximo à zero será considerada uma unidade para qualquer nível de serviço.

4.3 Sistema de Reposição de Estoques

Para demonstrar a viabilidade de implantação da ferramenta na empresa foi desenvolvido um simulador no programa Excel®. O simulador é composto por vários módulos, que são as partes constituintes da gestão de estoques de relógios na empresa.



Figura 4.4: Tela inicial com os módulos do simulador.

Histórico de Vendas

O módulo do histórico de vendas é uma planilha na qual são inseridos os dados de venda mensais. Estes dados podem ser adquiridos diretamente no sistema de informação existente na empresa hoje. Os usuários (gerentes de produto e analistas) podem desta forma, ao final de cada mês, introduzir no simulador os dados de venda e realizar suas análises.

Previsão agregada

Depois da inserção dos dados dos históricos de venda, pode-se realizar o cálculo da previsão agregada, com a soma das vendas mensais de cada item da marca que foram inseridos no módulo do histórico de vendas.

Previsão Individual

O módulo de previsão individual utiliza a demanda agregada para realizar a previsão individual para os próximos meses (período de frequência acrescido do período de *lead time*).

Estoque de Segurança

Neste módulo, podem ser simulados diferentes valores do nível de serviço que a empresa deseja trabalhar, alterando apenas uma célula no simulador. Este módulo fornece os valores de previsão individuais acrescidos do estoque de segurança para um determinado nível de serviço.

Tela Inicial			É possível simular diferentes níveis de serviço.							
Est Seg	NS	90%	set/04	out/04	nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05
Familia	Item	Situação	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
F1	Item 1	I								
F2	Item 2	A	1	14	21	37	25	25	28	13
F2	Item 3	A								1
F2	Item 4	A	1	1	1	1	1	1	1	1
F3	Item 5	A	9	12	8	7	6	7	8	3
F3	Item 6	A	13	30	28	35	20	20	20	15
F3	Item 7	A	30	53	43	23	22	27	37	35
F3	Item 8	A	14	20	13	8	7	5	8	5
F3	Item 9	I								
F3	Item 10	I								
F3	Item 11	I								
F3	Item 12	A	5	6	5	1	2	3	4	5
F3	Item 13	A	2	3	5	3	3	1	1	1
F3	Item 14	A	2	3	3	3	1	1	4	5
F3	Item 15	I								
F3	Item 16	I								
F3	Item 17	I								

Figura 4.5: Tela do módulo de estoque de segurança.

Encomendas

Neste módulo o simulador sugere os valores a serem encomendados de cada item para o próximo mês, considerando o estoque de segurança que foi calculado conforme o nível de serviço desejado.

Estoques

Este módulo mostra a evolução dos níveis de estoque para cada item e para a marca como um todo. Através de um módulo gráfico são demonstradas as evoluções dos estoques.

Entradas

Nesta planilha estão apresentadas as entradas das mercadorias na empresa, da mesma forma que no módulo de estoque, podem ser verificadas as entradas individuais e o montante por marca.

Encomendas em aberto

Nesta parte ficam armazenadas as encomendas em aberto (encomendas realizadas aos fornecedores que ainda não foram recebidas), é importante para permitir o cálculo de encomendas para os próximos meses.

Falta

É nesta parte que ficam armazenadas as faltas de mercadorias nas lojas, ou seja, quando alguma loja ficou desfalcada de algum item, pois a quantidade armazenada no estoque central não foi suficiente para abastecer todas as lojas adequadamente no período.

Este módulo também fornece um indicador do grau de cobertura nas lojas, para o global da marca. Não se preocupando com um item especificamente, e sim com o número de lojas que ficaram sem algum relógio.

O indicador é uma relação entre o número de produtos que faltaram em uma ou mais lojas sobre o total de itens que fazem parte dos estoques bases das lojas.

4.4 Testes de Validação

Os testes foram realizados com dados reais de venda para 12 meses, entre Setembro de 2004 e Agosto de 2005. Assim, foi possível comparar os resultados obtidos com os reais realizados pela empresa.

As entradas de mercadorias na empresa não seguem uma frequência constante e são recebidas em determinados meses que o gerente de produto achou relevante receber os produtos. A Figura 4.6 ilustra as entradas e os motivos para que fossem realizadas nestes meses.

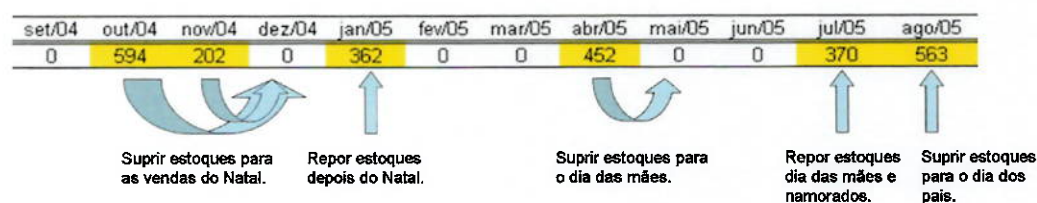


Figura 4.6: Entradas de mercadorias na empresa.

Todavia, tal forma de elaborar as encomendas não se tem sido eficiente, pois muitas lojas ficam desfalcadas em outros meses do ano que não possuam datas comemorativas, indo contra a proposta da empresa de deixar suas lojas abastecidas e com as vitrines e balcões completos.

O modelo proposto sugere que sejam feitas encomendas mensais, foram testados níveis de estoque, entradas de mercadorias e indicadores do grau de cobertura das lojas para vários níveis de serviço.

A Figura 4.7 a seguir mostra o nível de estoque médio para os 12 meses de acordo com os diferentes níveis de serviço.

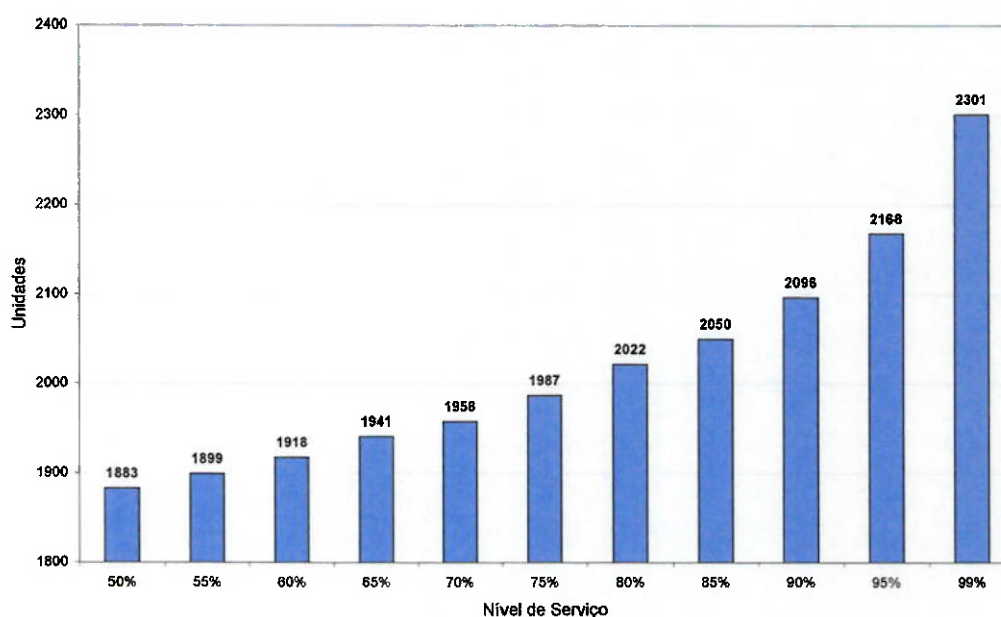
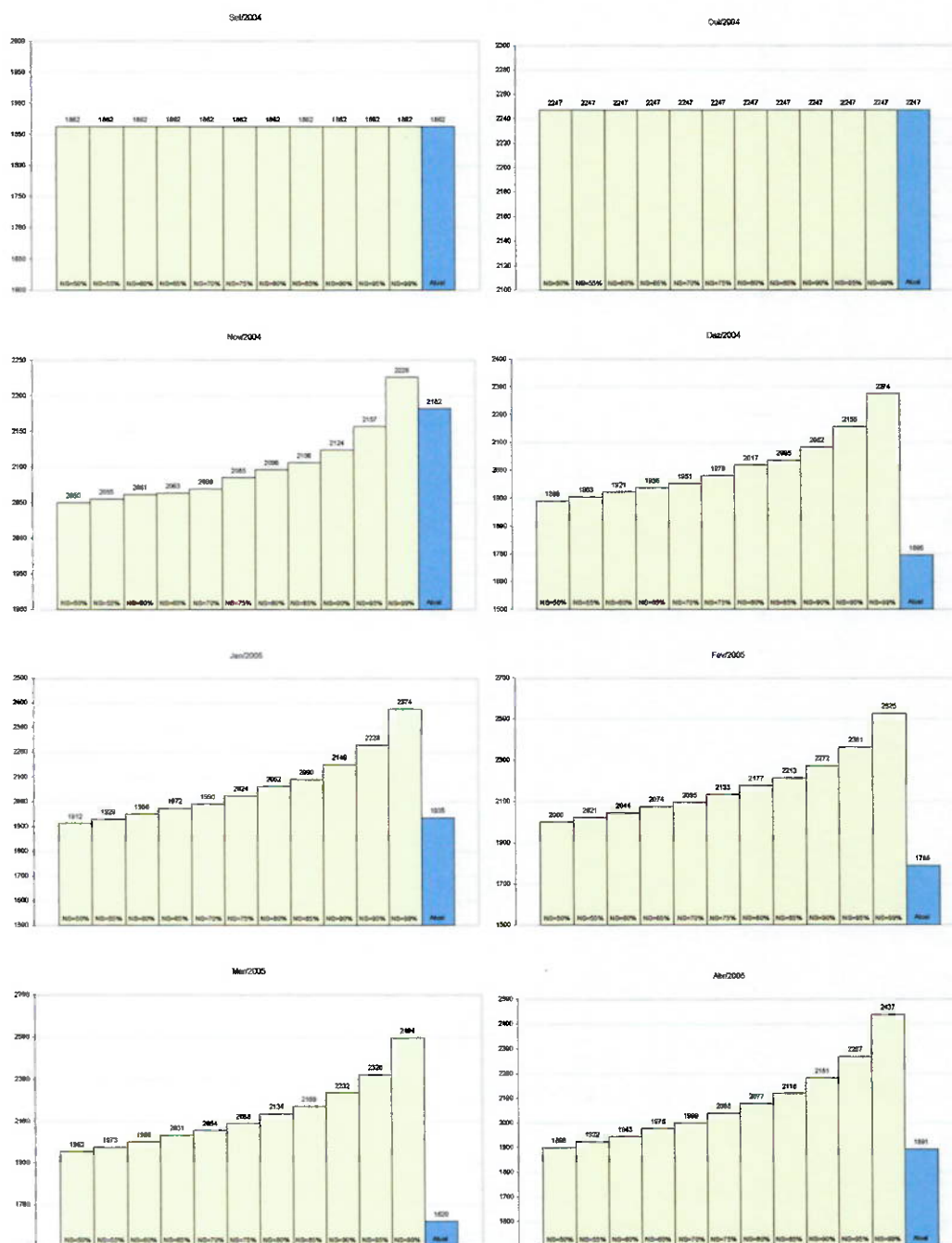


Figura 4.7: Nível de estoque médio para diferentes níveis de serviço.

Evidentemente, o nível de estoque médio aumenta conforme se aumenta o nível de serviço oferecido. Na Figura 4.8 está representada a evolução do nível de estoque para os 12 meses de estudo (Set/2004 a Ago/2005), também está representada a evolução do nível de estoque para os dados reais consolidados.

Durante os dois primeiros meses os níveis de estoque foram os mesmos, pois são os meses chamados “fora de controle”, ou seja, períodos que o modelo ainda não reagiu, por isso o comportamento idêntico aos dados reais consolidados.

Também é possível perceber que para a maioria dos meses observados o nível de estoque real consolidado é menor que os do modelo proposto, até para os níveis de serviço mais baixos. Os valores apresentados os gráficos encontram-se no Anexo 3, em forma de tabela.



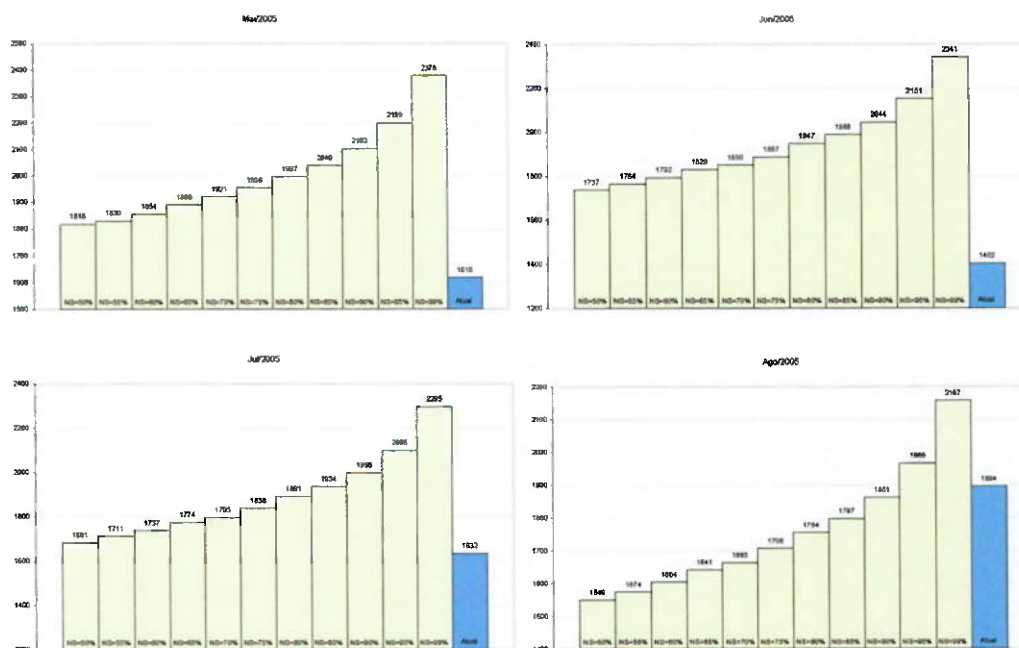


Figura 4.8: Evolução do nível de estoque.

Verificando a evolução dos níveis de estoque, parece que o presente trabalho sugere que seja aumentada a quantidade encomendada de produtos na empresa para melhorar o abastecimento das lojas e o nível de serviço. Assim, uma segunda análise foi realizada para verificar a quantidade de relógios da marca M1 que entrou na companhia durante esses 12 meses. Na Tabela 4.5, estão representados os volumes de entradas da marca M1.

Tabela 4.5: Comparação dos valores simulados com o real, da quantidade de relógios da marca M1 que entraram na empresa.

	set/04	out/04	nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	Total
NS = 50%	0	594	79	317	153	231	132	127	191	143	84	147	2196
NS = 55%	0	594	84	326	156	235	132	130	179	158	87	142	2223
NS = 60%	0	594	90	338	159	237	134	126	182	163	85	145	2253
NS = 65%	0	594	92	351	166	245	137	126	184	165	85	145	2290
NS = 70%	0	594	98	360	169	248	139	126	193	154	85	146	2312
NS = 75%	0	594	114	372	175	252	135	131	189	156	91	146	2355
NS = 80%	0	594	125	399	175	258	137	124	191	175	84	141	2403
NS = 85%	0	594	135	407	185	266	136	130	193	173	86	141	2446
NS = 90%	0	594	153	436	197	266	140	130	193	166	92	143	2510
NS = 95%	0	594	186	476	203	276	139	128	203	177	87	145	2614
NS = 99%	0	594	255	526	230	294	149	124	212	188	94	140	2806
Consolidado	0	594	202	0	362	0	0	452	0	0	370	563	2543

Comparando o real consolidado com as simulações dos diferentes níveis de serviço, nota-se que o volume de entradas do real nestes 12 meses estaria localizado entre o volume dos níveis de serviço N.S. = 90% e N.S. = 95%.

Para verificar a consistência das simulações foi realizado um teste simples, que consiste em comparar o estoque em Agosto de 2004, retidas as vendas e somadas as entradas com o estoque de Agosto de 2005.

Tabela 4.6: Validação das simulações.

	Estoque Ago/2004	Total Vendas	Total Entradas	Estoque Ago/2005
NS = 50%	2083	2732	2198	1549
NS = 55%	2083	2732	2223	1574
NS = 60%	2083	2732	2253	1604
NS = 65%	2083	2732	2290	1641
NS = 70%	2083	2732	2312	1663
NS = 75%	2083	2732	2355	1706
NS = 80%	2083	2732	2403	1754
NS = 85%	2083	2732	2446	1797
NS = 90%	2083	2732	2510	1861
NS = 95%	2083	2732	2614	1965
NS = 99%	2083	2732	2806	2157
Consolidado	2083	2732	2543	1894

O estoque em Agosto de 2004 é o mesmo para todos, assim como a quantidade vendida. O que muda é a quantidade total encomendada e por consequência o estoque no mês de Agosto de 2005. Os resultados do estoque obtidos são os mesmos que os fornecidos pelo simulador, o que demonstra que as simulações estão corretas.

4.5 Resultados

No tópico anterior pode ser comprovada a ineficiência do sistema atual utilizado pela empresa, embora o volume de itens que entrou na empresa tenha sido alto, os níveis de estoque permaneciam baixos nos outros meses que não os de entrada de mercadoria deixando as lojas desabastecidas nestes períodos.

O volume total de itens que entraram na empresa pode ser comparado ao total dos volumes simulados para os níveis de serviço de 90% e 95%. Para comprovar a ineficiência do sistema atual, a Figura 4.8 mostra o grau de cobertura das lojas em porcentagem.

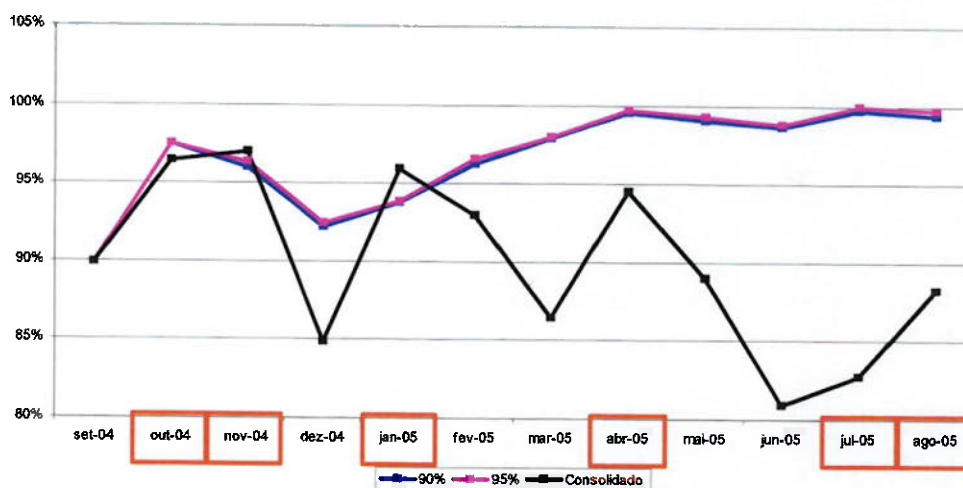


Figura 4.9: Grau de cobertura das lojas.

Nota-se que o grau de cobertura das lojas para o real consolidado foi maior nos meses que tiveram entradas de mercadorias na empresa, tais meses estão destacados com quadrados em vermelho.

Outro fator que colabora para um baixo grau de cobertura das lojas no passado consolidado refere-se aos erros de previsão individuais e por consequência os erros de encomendas que acarretam num dos problemas diagnosticados na empresa hoje: falta de alguns itens e excesso de outros.

Não foram apresentados aqui os graus de cobertura de cada um dos itens devido ao elevado número de relógio nesta marca M1, um total de 276 itens entre ativos e inativos.

Se o volume de itens que entraram na empresa foi próximo ao total dos valores simulados para os níveis de serviço de 90% e 95%. Os principais motivos para que os graus de cobertura das lojas fossem tão diferentes estão listados a seguir.

- Melhor previsão de demanda agregada mensal;
- Melhores previsões individuais;
- Melhor dimensionamento dos estoques de segurança;
- Aumento da frequência dos recebimentos dos relógios.

4.6 Implantação dos modelos

Para viabilizar a implantação deste trabalho na empresa, os modelos propostos foram desenvolvidos no MS Excel®, que por ser uma interface conhecida pela empresa possui maior chance de aceitação pelos usuários.

Foi recomendado no capítulo 3 que a empresa comprasse um software profissional de previsão pela facilidade de operação. Embora, o mesmo também não forneça os valores mais adequados para as variáveis da base, tendência e sazonalidade do modelo adotado para realizar as previsões. Assim, o autor elaborou no simulador uma planilha só para as previsões agregadas.

É importante destacar que os modelos propostos são modelos de apoio à decisão, ou seja, devem sugerir uma primeira solução viável para elaboração dos planos de encomendas. São modelos que “olham” o passado, ou seja, baseiam-se em séries históricas para realizar as previsões e não possuem conhecimento das estratégias, promoções, ações de marketing que possam ser desenvolvidas pela empresa nos próximos meses. As previsões devem ser revistas pelos executivos, combinando métodos quantitativos com qualitativos como visto no segundo capítulo.

O trabalho de gerenciamento das marcas é feito por pessoas diferentes, cada analista ou gerente de produto é responsável por gerenciar uma ou mais marcas de relógios, e o *budget* também é definido por marca. Dessa forma, cada usuário pode utilizar o simulador desenvolvido neste trabalho de forma independente.

5. CONCLUSÃO

5.1 Síntese do trabalho

O trabalho apresentado teve seu foco na revisão do sistema de reposição de estoques em uma rede de comércio varejista de uma empresa do ramo de artigos de joalheria e relojoaria. Ao longo do trabalho foram apresentados os problemas e dificuldades enfrentadas hoje pela empresa em fazer previsões corretas de demanda e gerir seus estoques.

A partir de um estudo do comportamento da demanda de cada item, verificou-se que a mesma segue uma distribuição de Poisson.

Para a reposição dos estoques foi utilizado um sistema de revisão periódica com previsão de demanda. A solução é composta de três partes, a primeira refere-se à previsão de demanda agregada por marca. O método escolhido foi o de suavização exponencial com tendência e sazonalidade, pois apresentou maior aderência (menores erros) na fase de calibração.

A segunda parte da solução consiste em um modelo heurístico para realizar as previsões de demanda dos itens baseada na previsão de demanda agregada por marca, considerada a participação dos itens nas vendas dos últimos 3 meses.

A terceira parte da solução envolve o planejamento de encomendas (compras) que será feito de forma mensal, são considerados os valores das previsões individuais com os estoques de segurança correlatos por item.

Para facilitar a implementação dos modelos foi desenvolvido um simulador no MS Excel®. De fácil utilização e é uma ferramenta conhecida pela empresa. Todavia, foi recomendado que a empresa poderia adquirir *softwares* de previsão de demanda como o Minitab® para realizar a previsão agregada por marca.

Foram utilizados dados reais de venda, estoque e entradas dos itens que compõem a marca M1 durante 12 meses para comprovar a eficiência e eficácia dos modelos de apoio à decisão apresentados neste trabalho.

Em seguida foram feitos testes com vários níveis de serviço e comparados com o real. Embora a quantidade de mercadorias encomendadas neste mesmo período tenha sido muito parecida com o que foi sugerido pelas simulações, o grau de cobertura das lojas foi bastante diferente. Todos os casos simulados mostraram que o novo modelo fornece resultados mais adequados que o real consolidado.

5.2 Análise crítica

Existem estudos na empresa sobre a rentabilidade dos itens nos pontos de venda para auxiliar os gerentes de produto a definirem o *mix* de produtos em cada loja. As estratégias comerciais e de *marketing* também interferem na definição dos itens que devem fazer parte do estoque base de certos pontos de vendas. No caso dos relógios ainda existem acordos com os proprietários das marcas que através de contratos estabelecidos definem quais lojas podem ou não receber tais marcas de relógios.

O presente trabalho estudou a demanda agregada da cadeia de lojas e não o caso específico de cada loja. E o estoque para reposição de vendas que é mantido no estoque central. Uma segunda opção seria deixar o estoque para reposição de vendas, ou seja, o estoque que não faz parte do *mix* das lojas e está localizado no estoque central distribuído entre as lojas que não receberam tais itens uma vez que o transporte entre lojas de uma mesma cidade é rápido e o custo é baixo.

Uma limitação do trabalho refere-se à adoção de um único período de frequência com que são feitos os pedidos (mensal) e não foram simuladas outras frequências.

Embora os modelos não tenham sido efetivamente implantados ainda, os resultados dos testes serviram para promover a discussão sobre as práticas de previsão e gestão de estoques. E a importância em um mercado cujos produtos possuem alto valor agregado em diminuir os períodos chamados “fora de controle” com o aumento das frequências de importação.

5.3 Desdobramentos

O presente estudo foi realizado para uma marca de relógios. As marcas possuem comportamentos semelhantes se comparados os históricos de venda, é quase certo que o método com tendência e sazonalidade seja o mais indicado devido à semelhança de comportamento. Todavia os modelos de previsão devem ser testados para cada marca.

Outro fator importante de desdobramento que foi mencionado no tópico anterior refere-se em alocar nos pontos de venda os relógios que hoje permanecem no estoque central. Dessa forma, lojas que não recebem determinados itens poderiam receber nem que por períodos curtos de tempo. Tal medida poderia aumentar o potencial de vendas da empresa.

Hoje no país existem lojas localizadas em diferentes cidades, a movimentação de peças entre lojas da mesma cidade não é onerosa. A maior dificuldade hoje é convencer um gerente de loja a devolver uma mercadoria, se forem resolvidos estes impasses operacionais, poderiam ser mantidas pelo menos nas lojas das duas grandes capitais SP e RJ, de onde saem a maior parte das receitas da empresa o estoque para reposição de venda. Quando alguma loja fora deste bloco necessitar de mercadorias, estas que fazem parte do seu *mix* de produtos a mercadoria seria retirada de uma das lojas dos grandes centros que não possui em seu estoque base tal item e este seria enviado para o ponto de venda fora do eixo RJ-SP.

5.4 Considerações finais

Este trabalho também pode ser estendido para as jóias, no caso das jóias a agregação correspondente à uma marca seria o que a empresa chama de coleção. Todavia as coleções de jóias possuem muito mais itens que as marcas de relógios; nas marcas falamos em centenas nas coleções os números estão nas casas dos milhares. Talvez seja mais indicado fazer a previsão agregada por linha de jóias que seria um nível inferior à coleção. Porém é necessário testar a aderência dos modelos.

Por fim, é importante registrar que este trabalho proporcionou ao autor um grande aprendizado, já que representou uma excelente oportunidade de aplicação prática dos conceitos da Engenharia de Produção, em particular a gestão da cadeia de suprimentos de uma empresa de grande porte. Em um ambiente pouco explorado na literatura que é o mercado de jóias e relógios, que apresentam produtos com alto valor agregado, baixo giro de vendas e a necessidade de vários produtos para efetuar a venda de um único modelo.

Acredita-se que os principais objetivos deste Trabalho de Formatura foram alcançados, houve uma grande contribuição do autor para a empresa estudada, e a união dos conceitos acadêmicos com a experiência prática foi conseguida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 4ª ed., 2001.

BLAZZI, J. L. **Administração de Estoque para Bens de Varejo não Perecíveis**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 2ª ed., 2002.

CORRÊA, Henrique L. & CORRÊA Carlos A. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Atlas S.S., 2004.

GAITHER, NORMAN & FRAZIER, GREG. **Administração da Produção e Operações**. Thomson, 8ª ed., 2002.

FREUND, John E. & SIMON, Gary A.. **Estatística Aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 9ª ed., 2000.

MAGEE, J. F. **Planejamento da Produção e Controle de Estoques**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora., 1967.

MAKRIDAKIS, S. & WHEELWRIGHT, S. & HINDAMAN. **Forecasting: Methods and Applications**. New York: Wiley, 3ª ed., 1998.

MESQUITA, M. A. **Previsão de demanda e Estoques**. Apostila da disciplina PRO 2415. Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 2003.

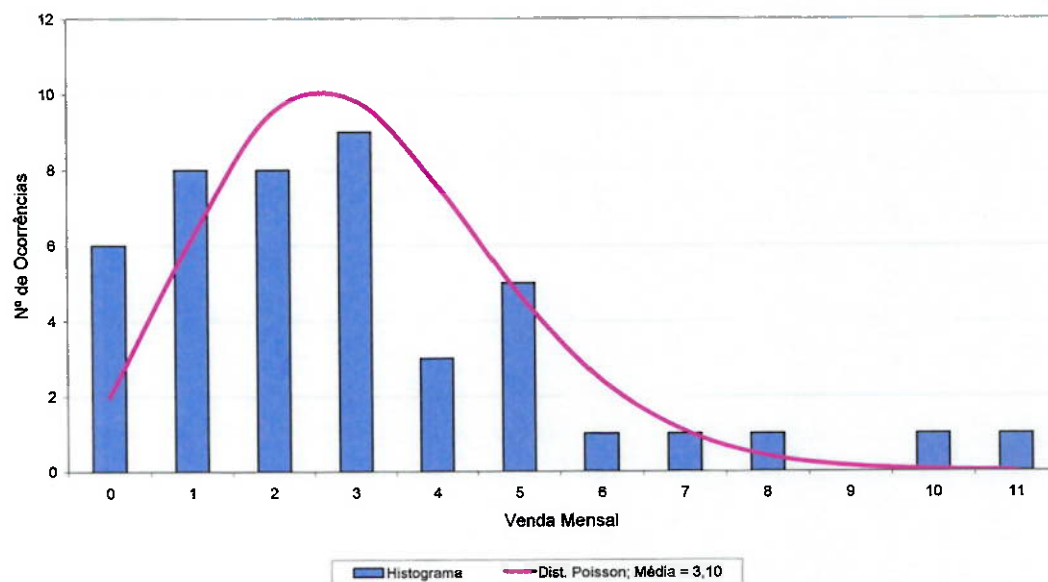
MUDIE, Peter. **Marketing: An Analytical Perspective**. Europe: Prentice Hall, 1997.

PORTER, M.E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

TERSINE, R. J. **Principles of inventory and materials management**. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

ANEXO 1: HISTOGRAMAS E TESTES DE ADERÊNCIA DA DEMANDA

Item A



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

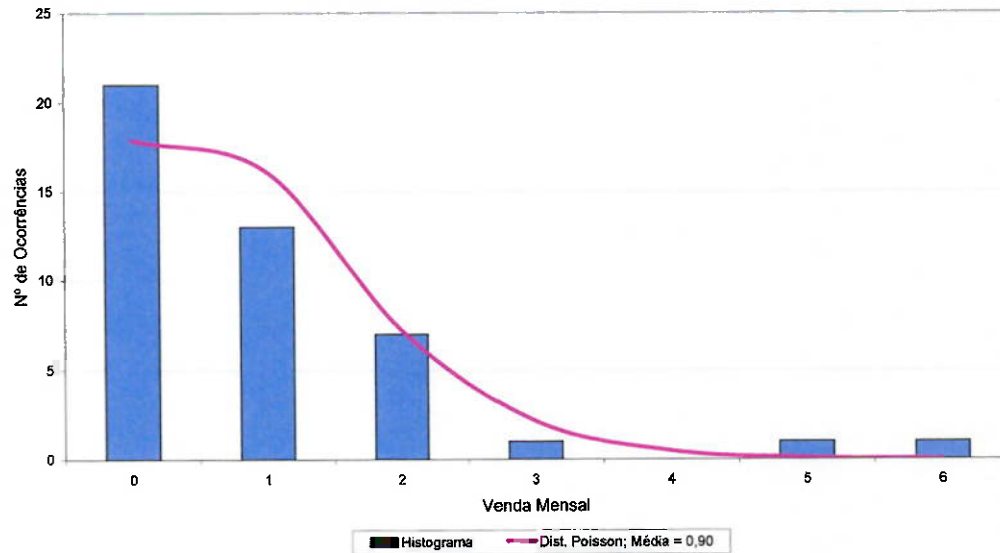
Item A

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi'	Ei'	$(oi' - ei')^2 / ei'$
0	0,05	6	1,98	6	1,98	8,14
1	0,14	8	6,14	8	6,14	0,56
2	0,22	8	9,52	8	9,52	0,24
3	0,22	9	9,84	9	9,84	0,07
4	0,17	3	7,63	3	7,63	2,81
5	0,11	5	4,73	10	8,86	0,15
6	0,06	1	2,44			
7	0,02	1	1,08			
8	0,01	1	0,42			
9	0,00	0	0,14			
10 ou mais	0,00	2	0,04			
$\chi^2 \text{ calc} =$						11,97

Dem. Média = 3,10
 Graus de lib. = 5
 $\chi^2 \text{ calc} = 11,97$

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	15,09	11,07
Poisson	Sim	Sim

Item B



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

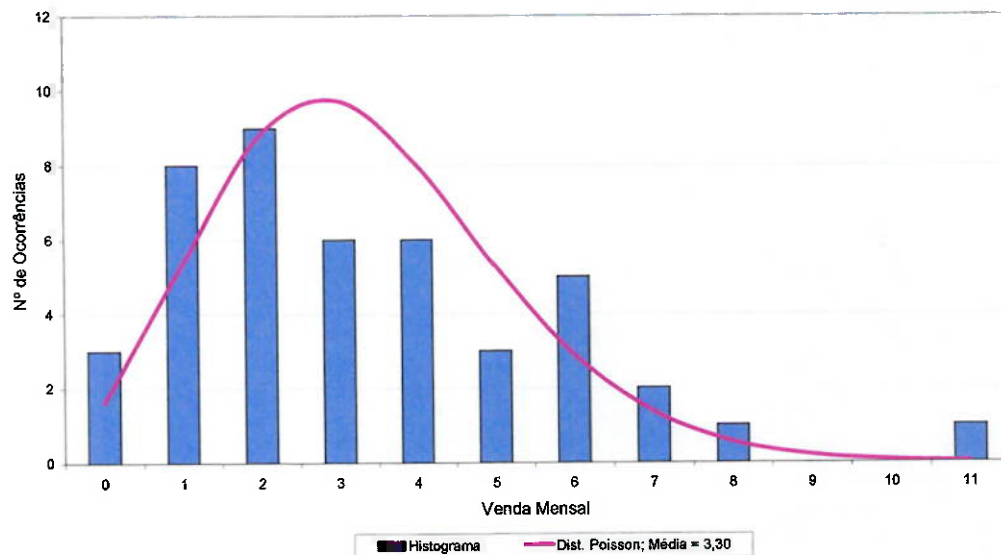
Item B

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi*	Ei*	(oi-ei) ² /ei*
0	0,41	21	17,89	21	17,89	0,54
1	0,37	13	16,10	13	16,10	0,60
2	0,16	7	7,25	10	10,01	0,00
3	0,05	1	2,17			
4	0,01	0	0,49			
5	0,00	1	0,09			
6	0,00	1	0,01			
7	0,00	0	0,00			
8	0,00	0	0,00			
9	0,00	0	0,00			
10 ou mais	0,00	0	0,00			
$\chi^2 \text{ calc} = 1,14$						

Dem. Média = 0,90
 Graus de lib. = 2
 $\chi^2 \text{ calc} = 1,14$

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	9,21	5,99
Poisson	Sim	Sim

Item C



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

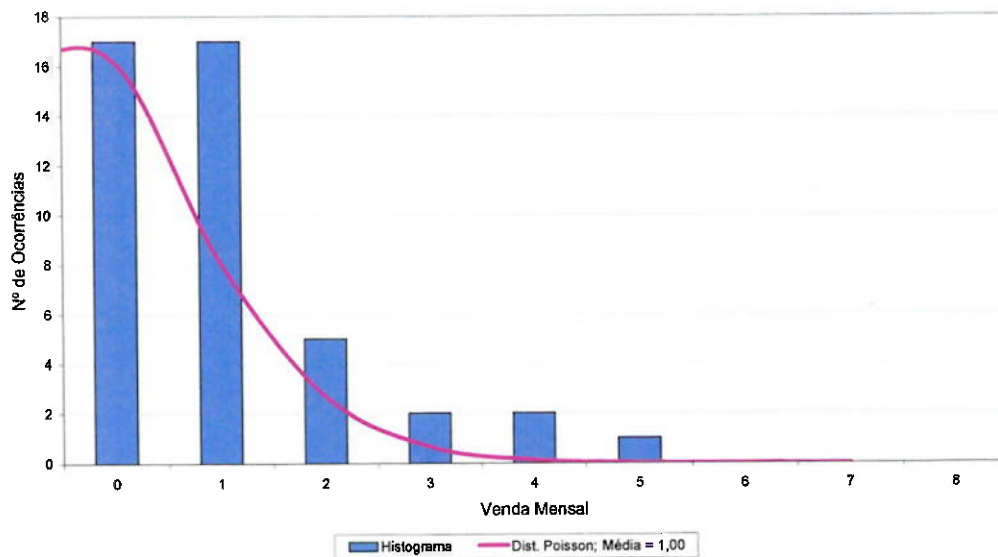
Item C

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi'	Ei'	$(oi' - ei')^2 / ei'$
0	0,04	3	1,62	3	1,62	1,18
1	0,12	8	5,36	8	5,36	1,30
2	0,20	9	8,84	9	8,84	0,00
3	0,22	6	9,72	6	9,72	1,42
4	0,18	6	8,02	6	8,02	0,51
5	0,12	3	5,29	3	5,29	0,99
6	0,07	5	2,91	9	5,13	2,92
7	0,03	2	1,37			
8	0,01	1	0,57			
9	0,00	0	0,21			
10 ou mais	0,00	1	0,07			
						$\chi^2 \text{ calc} = 8,32$

Dem. Média =	3,30
Graus de lib. =	6
$\chi^2 \text{ calc} =$	8,32

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	16,81	12,59
Poisson	Sim	Sim

Item D



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

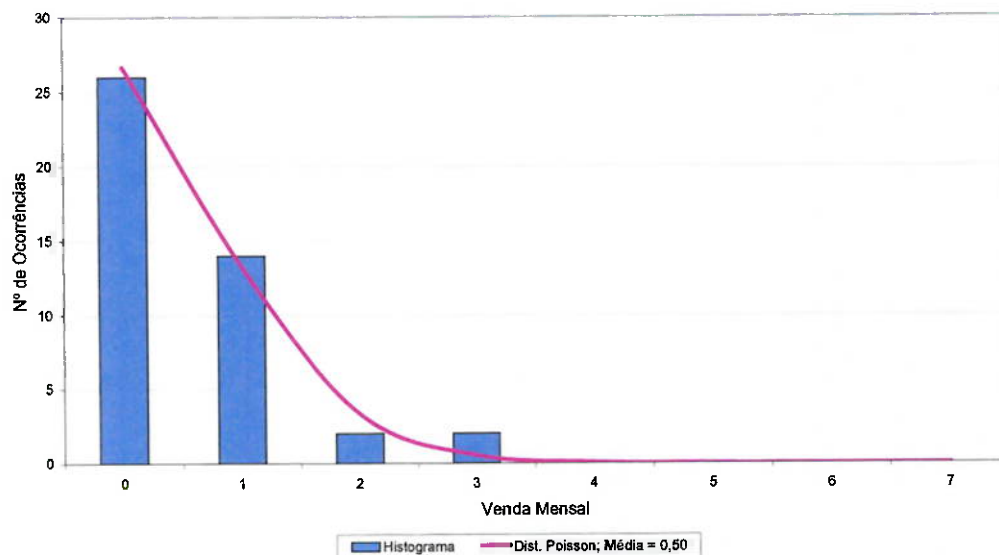
Item D

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi'	Ei'	$(oi' - ei')^2 / ei'$
0	0,37	17	16,19	17	16,19	0,04
1	0,37	17	16,19	17	16,19	0,04
2	0,18	5	8,09	10	11,63	0,23
3	0,06	2	2,70			
4	0,02	2	0,67			
5	0,00	1	0,13			
6	0,00	0	0,02			
7	0,00	0	0,00			
8	0,00	0	0,00			
9	0,00	0	0,00			
10 ou mais	0,00	0	0,00			
$\chi^2 \text{ calc} =$						0,31

Dem. Média =	1,00
Graus de lib. =	2
$\chi^2 \text{ calc} =$	0,31

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	9,21	5,99
Poisson	Sim	Sim

Item E



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

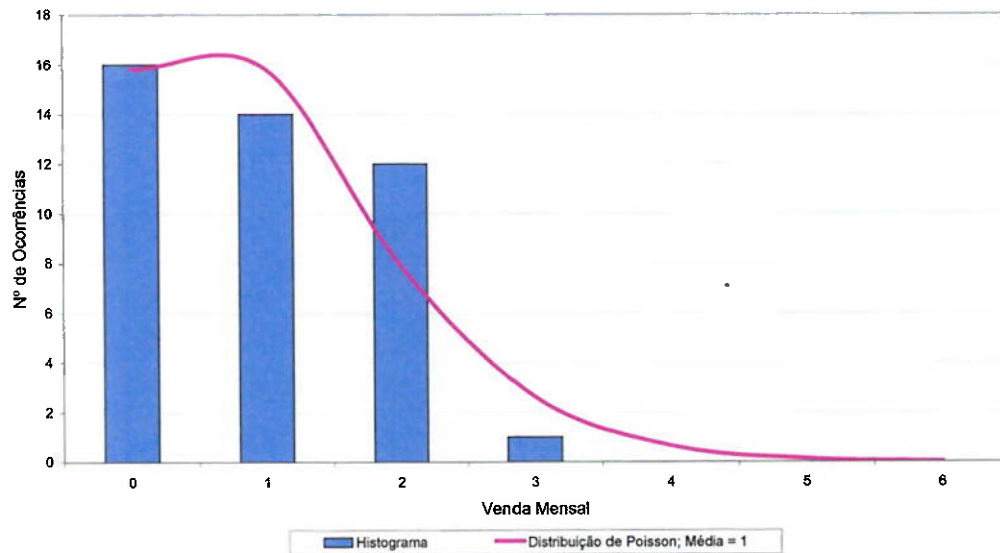
Item E

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (o_i)	Frequência Esperada (e_i)	O_i	E_i	$(o_i - e_i)^2 / e_i$
0	0,61	26	26,69	26	26,69	0,02
1	0,30	14	13,34	18	17,31	0,03
2	0,08	2	3,34			
3	0,01	2	0,56			
4	0,00	0	0,07			
5	0,00	0	0,01			
6	0,00	0	0,00			
7	0,00	0	0,00			
8	0,00	0	0,00			
9	0,00	0	0,00			
10 ou mais	0,00	0	0,00			
$\chi^2 \text{ calc} =$						0,05

Dem. Média =	0,50
Graus de lib. =	1
$\chi^2 \text{ calc} =$	0,05

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	6,64	3,84
Poisson	Sim	Sim

Item F



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

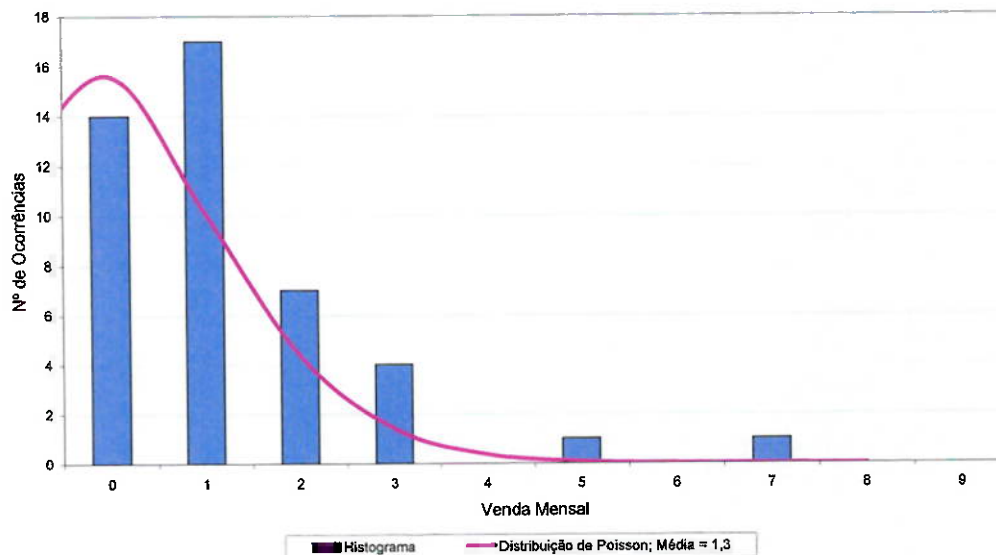
Item F

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi'	Ei'	(oi'-ei') ² /ei'
0	0,37	16	15,82	16	15,82	0,00
1	0,37	14	15,82	14	15,82	0,21
2	0,18	12	7,91	13	11,36	0,24
3	0,06	1	2,64			
4	0,02	0	0,66			
5	0,00	0	0,13			
6	0,00	0	0,02			
7	0,00	0	0,00			
8	0,00	0	0,00			
9	0,00	0	0,00			
10 ou mais	0,00	0	0,00			
$\chi^2 \text{ calc} =$						0,45

Dem. Média =	1,00
Graus de lib. =	2
$\chi^2 \text{ calc} =$	0,45

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	9,21	5,99
Poisson	Sim	Sim

Item G



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

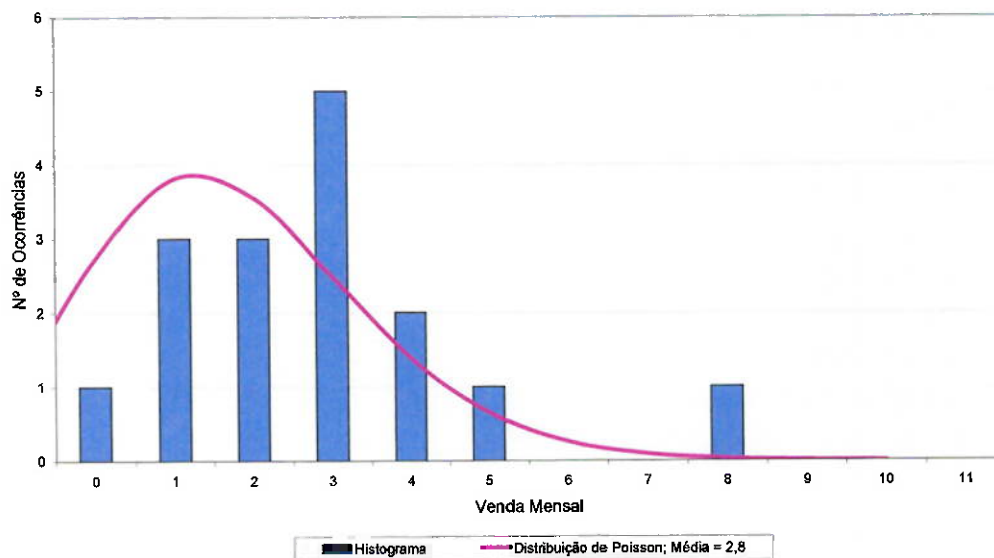
Item G

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi'	Ei'	$(oi' - ei')^2 / ei'$
0	0,27	14	11,99	14	11,99	0,34
1	0,35	17	15,59	17	15,59	0,13
2	0,23	7	10,13	7	10,13	0,97
3	0,10	4	4,39	6	6,29	0,01
4	0,03	0	1,43			
5	0,01	1	0,37			
6	0,00	0	0,08			
7	0,00	1	0,01			
8	0,00	0	0,00			
9	0,00	0	0,00			
10 ou mais	0,00	0	0,00			
$\chi^2 \text{ calc} =$						1,44

Dem. Média =	1,30
Graus de lib. =	3
$\chi^2 \text{ calc} =$	1,44

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	11,34	7,81
Poisson	Sim	Sim

Item H



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

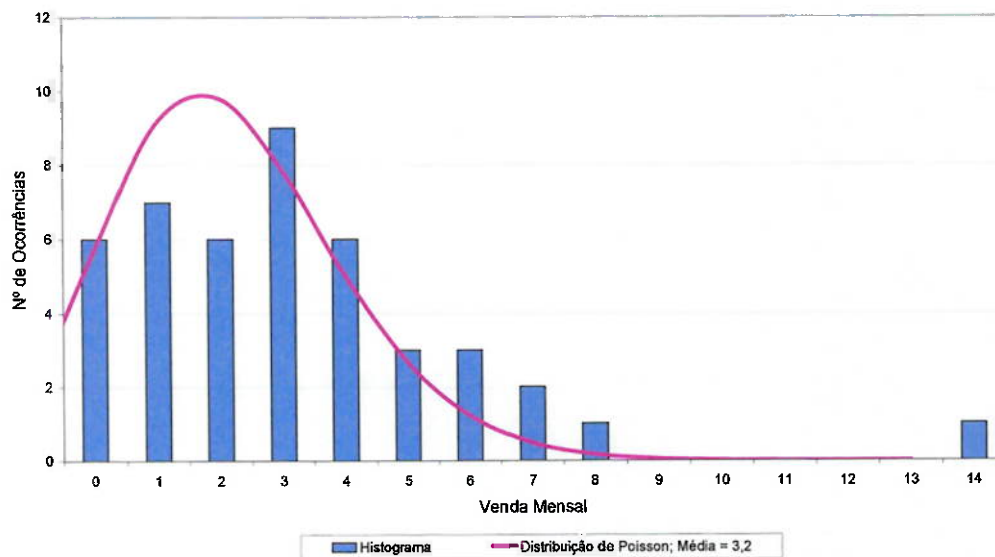
Item H

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (o_i)	Frequência Esperada (e_i)	O_i	E_i	$(o_i - e_i)^2 / e_i$
0	0,06	1	0,97	1	0,97	0,00
1	0,17	3	2,72	3	2,72	0,03
2	0,24	3	3,81	3	3,81	0,17
3	0,22	5	3,56	9	8,49	0,03
4	0,16	2	2,49			
5	0,09	1	1,40			
6	0,04	0	0,65			
7	0,02	0	0,26			
8	0,01	1	0,09			
9	0,00	0	0,03			
10 ou mais	0,00	0	0,01			
$\chi^2_{calc} = 0,23$						

Dem. Média =	2,80
Graus de lib. =	3
χ^2_{calc} =	0,23

α	1%	5%
χ^2_{crit} =	11,34	7,81
Poisson	Sim	Sim

Item I



Teste de Aderência da Demanda pela Distribuição de Poisson

Item I

Demanda	Probabilidade (Poisson)	Frequência Observada (oi)	Frequência Esperada (ei)	Oi'	Ei'	$(oi'-ei')^2/ei'$
0	0,04	6	1,79	6	1,79	9,87
1	0,13	7	5,74	7	5,74	0,28
2	0,21	6	9,18	6	9,18	1,10
3	0,22	9	9,80	9	9,80	0,06
4	0,18	6	7,84	6	7,84	0,43
5	0,11	3	5,02	10	9,63	0,01
6	0,06	3	2,67			
7	0,03	2	1,22			
8	0,01	1	0,49			
9	0,00	0	0,17			
10 ou mais	0,00	1	0,06			
$\chi^2 \text{ calc} =$						11,75

Dem. Média =	3,20
Graus de lib. =	5
$\chi^2 \text{ calc} =$	11,75

α	1%	5%
$\chi^2 \text{ crit} =$	15,09	11,07
Poisson	Sim	Não

ANEXO 2: TESTES DOS MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Média Simples

Não existe diretamente esta opção no MiniTab® versão 13, embora possa ser obtida através da média móvel se considerado todos os períodos na previsão.

Média Simples

Meses	Vendas	Previsão	Erros					
			MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156							
fev/01	152	156	-4	4	16	-3%	3%	3%
mar/01	309	154	155	155	24.025	50%	50%	50%
abr/01	208	206	2	2	5	1%	1%	1%
mai/01	242	206	36	36	1.278	15%	15%	15%
jun/01	179	213	-34	34	1.183	-19%	19%	19%
jul/01	162	208	-46	46	2.085	-28%	28%	28%
ago/01	232	201	31	31	952	13%	13%	13%
set/01	135	205	-70	70	4.900	-52%	52%	52%
out/01	152	197	-45	45	2.045	-30%	30%	30%
nov/01	130	193	-63	63	3.931	-48%	48%	48%
dez/01	386	187	199	199	39.601	52%	52%	52%
jan/02	93	204	-111	111	12.229	-119%	119%	119%
fev/02	127	195	-68	68	4.634	-54%	54%	54%
mar/02	133	190	-57	57	3.273	-43%	43%	43%
abr/02	163	186	-23	23	548	-14%	14%	14%
mai/02	173	185	-12	12	143	-7%	7%	7%
jun/02	144	184	-40	40	1.619	-28%	28%	28%
jul/02	102	182	-80	80	6.400	-78%	78%	78%
ago/02	136	178	-42	42	1.746	-31%	31%	31%
set/02	86	176	-90	90	8.046	-104%	104%	104%
out/02	84	171	-87	87	7.644	-104%	104%	104%
nov/02	78	167	-89	89	8.002	-115%	115%	115%
dez/02	279	164	115	115	13.325	41%	41%	41%
jan/03	80	168	-88	88	7.810	-110%	110%	110%
fev/03	100	165	-65	65	4.204	-65%	65%	65%
mar/03	80	162	-82	82	6.781	-103%	103%	103%
abr/03	112	159	-47	47	2.237	-42%	42%	42%
mai/03	114	158	-44	44	1.902	-38%	38%	38%
jun/03	118	156	-38	38	1.452	-32%	32%	32%
jul/03	109	155	-46	46	2.101	-42%	42%	42%
ago/03	230	153	77	77	5.874	33%	33%	33%
set/03	119	156	-37	37	1.351	-31%	31%	31%
out/03	176	155	21	21	456	12%	12%	12%
nov/03	148	155	-7	7	53	-5%	5%	5%
dez/03	375	155	220	220	48.375	59%	59%	59%
jan/04	93	161	-68	68	4.647	-73%	73%	73%
fev/04	74	159	-85	85	7.280	-115%	115%	115%
mar/04	138	157	-19	19	364	-14%	14%	14%
abr/04	119	157	-38	38	1.413	-32%	32%	32%
mai/04	247	156	91	91	8.345	37%	37%	37%
jun/04	227	158	69	69	4.778	30%	30%	30%
jul/04	121	160	-39	39	1.484	-32%	32%	32%
ago/04	229	159	70	70	4.952	31%	31%	31%
set/04	214	160	54	54	2.892	25%	25%	25%
out/04	205	161	44	44	1.899	21%	21%	21%
nov/04	271	162	109	109	11.801	40%	40%	40%
dez/04	487	165	322	322	103.890	66%	66%	66%
jan/05	122	171	-49	49	2.440	-40%	40%	40%
fev/05	147	170	-23	23	547	-16%	16%	16%
mar/05	188	170	18	18	327	10%	10%	10%
abr/05	181	170	11	11	115	6%	6%	6%
mai/05	273	170	103	103	10.510	38%	38%	38%
jun/05	226	172	54	54	2.871	24%	24%	24%
jul/05	140	173	-33	33	1.116	-24%	24%	24%
ago/05	278	173	105	105	11.067	38%	38%	38%
			2	67	7.508	-19%	42%	119%

Média Móvel (2 meses)

Meses	Vendas	Previsão	Erros					
			MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156							
fev/01	152							
mar/01	309	154	155	155	24.025	50%	50%	50%
abr/01	208	231	-23	23	506	-11%	11%	11%
mai/01	242	259	-17	17	272	-7%	7%	7%
jun/01	179	225	-46	46	2.116	-26%	26%	26%
jul/01	162	211	-49	49	2.352	-30%	30%	30%
ago/01	232	171	62	62	3.782	27%	27%	27%
set/01	135	197	-62	62	3.844	-46%	46%	46%
out/01	152	184	-32	32	992	-21%	21%	21%
nov/01	130	144	-14	14	182	-10%	10%	10%
dez/01	386	141	245	245	60.025	63%	63%	63%
jan/02	93	258	-165	165	27.225	-177%	177%	177%
fev/02	127	240	-113	113	12.656	-89%	89%	89%
mar/02	133	110	23	23	529	17%	17%	17%
abr/02	163	130	33	33	1.089	20%	20%	20%
mai/02	173	148	25	25	625	14%	14%	14%
jun/02	144	168	-24	24	576	-17%	17%	17%
jul/02	102	159	-57	57	3.192	-55%	55%	55%
ago/02	136	123	13	13	169	10%	10%	10%
set/02	86	119	-33	33	1.089	-38%	38%	38%
out/02	84	111	-27	27	729	-32%	32%	32%
nov/02	78	85	-7	7	49	-9%	9%	9%
dez/02	279	81	198	198	39.204	71%	71%	71%
jan/03	80	179	-99	99	9.702	-123%	123%	123%
fev/03	100	180	-80	80	6.320	-80%	80%	80%
mar/03	80	90	-10	10	100	-13%	13%	13%
abr/03	112	90	22	22	484	20%	20%	20%
mai/03	114	96	18	18	324	16%	16%	16%
jun/03	118	113	5	5	25	4%	4%	4%
jul/03	109	116	-7	7	49	-6%	6%	6%
ago/03	230	114	117	117	13.572	51%	51%	51%
set/03	119	170	-51	51	2.550	-42%	42%	42%
out/03	176	175	2	2	2	1%	1%	1%
nov/03	148	148	1	1	0	0%	0%	0%
dez/03	375	162	213	213	45.369	57%	57%	57%
jan/04	93	262	-169	169	28.392	-181%	181%	181%
fev/04	74	234	-160	160	25.600	-216%	216%	216%
mar/04	138	84	55	55	2.970	39%	39%	39%
abr/04	119	106	13	13	169	11%	11%	11%
mai/04	247	129	119	119	14.042	48%	48%	48%
jun/04	227	183	44	44	1.936	19%	19%	19%
jul/04	121	237	-116	116	13.456	-96%	96%	96%
ago/04	229	174	55	55	3.025	24%	24%	24%
set/04	214	175	39	39	1.521	18%	18%	18%
out/04	205	222	-17	17	272	-8%	8%	8%
nov/04	271	210	62	62	3.782	23%	23%	23%
dez/04	487	238	249	249	62.001	51%	51%	51%
jan/05	122	379	-257	257	66.049	-211%	211%	211%
fev/05	147	305	-158	158	24.806	-107%	107%	107%
mar/05	188	135	54	54	2.862	28%	28%	28%
abr/05	181	168	14	14	182	7%	7%	7%
mai/05	273	185	89	89	7.832	32%	32%	32%
jun/05	226	227	-1	1	1	0%	0%	0%
jul/05	140	250	-110	110	11.990	-78%	78%	78%
ago/05	278	183	95	95	9.025	34%	34%	34%
			2	72	10.067	-18%	46%	216%

*Média Móvel (3 meses)***Média Movel Simples (3 meses)**

Meses	Vendas	Previsão	Erros					
			MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156							
fev/01	152							
mar/01	309							
abr/01	208	206	2	2	5	1%	1%	1%
mai/01	242	223	19	19	361	8%	8%	8%
jun/01	179	253	-74	74	5.476	-41%	41%	41%
jul/01	162	210	-48	48	2.272	-29%	29%	29%
ago/01	232	194	38	38	1.419	16%	16%	16%
set/01	135	191	-56	56	3.136	-41%	41%	41%
out/01	152	176	-24	24	592	-16%	16%	16%
nov/01	130	173	-43	43	1.849	-33%	33%	33%
dez/01	386	139	247	247	61.009	64%	64%	64%
jan/02	93	223	-130	130	16.813	-139%	139%	139%
fev/02	127	203	-76	76	5.776	-60%	60%	60%
mar/02	133	202	-69	69	4.761	-52%	52%	52%
abr/02	163	118	45	45	2.055	28%	28%	28%
mai/02	173	141	32	32	1.024	18%	18%	18%
jun/02	144	156	-12	12	152	-9%	9%	9%
jul/02	102	160	-58	58	3.364	-57%	57%	57%
ago/02	136	140	-4	4	13	-3%	3%	3%
set/02	86	127	-41	41	1.708	-48%	48%	48%
out/02	84	108	-24	24	576	-29%	29%	29%
nov/02	78	102	-24	24	576	-31%	31%	31%
dez/02	279	83	196	196	38.547	70%	70%	70%
jan/03	80	147	-67	67	4.489	-84%	84%	84%
fev/03	100	146	-46	46	2.085	-46%	46%	46%
mar/03	80	153	-73	73	5.329	-91%	91%	91%
abr/03	112	87	25	25	642	23%	23%	23%
mai/03	114	97	17	17	278	15%	15%	15%
jun/03	118	102	16	16	256	14%	14%	14%
jul/03	109	115	-6	6	32	-5%	5%	5%
ago/03	230	114	116	116	13.533	51%	51%	51%
set/03	119	152	-33	33	1.111	-28%	28%	28%
out/03	176	153	23	23	544	13%	13%	13%
nov/03	148	175	-27	27	729	-18%	18%	18%
dez/03	375	148	227	227	51.680	61%	61%	61%
jan/04	93	233	-140	140	19.600	-151%	151%	151%
fev/04	74	205	-131	131	17.248	-177%	177%	177%
mar/04	138	181	-43	43	1.820	-31%	31%	31%
abr/04	119	102	17	17	300	15%	15%	15%
mai/04	247	110	137	137	18.678	55%	55%	55%
jun/04	227	168	59	59	3.481	26%	26%	26%
jul/04	121	198	-77	77	5.878	-63%	63%	63%
ago/04	229	198	31	31	940	13%	13%	13%
set/04	214	192	22	22	469	10%	10%	10%
out/04	205	188	17	17	289	8%	8%	8%
nov/04	271	216	55	55	3.025	20%	20%	20%
dez/04	487	230	257	257	66.049	53%	53%	53%
jan/05	122	321	-199	199	39.601	-163%	163%	163%
fev/05	147	293	-146	146	21.413	-100%	100%	100%
mar/05	188	252	-64	64	4.096	-34%	34%	34%
abr/05	181	152	29	29	822	16%	16%	16%
mai/05	273	172	101	101	10.201	37%	37%	37%
jun/05	226	214	12	12	144	5%	5%	5%
jul/05	140	227	-87	87	7.511	-62%	62%	62%
ago/05	278	213	65	65	4.225	23%	23%	23%
			0	68	8.641	-18%	43%	177%

Média Móvel (6 meses)

Média Movel Simples (6 meses)

Meses	Vendas	Previsão	Erros					
			MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156							
fev/01	152							
mar/01	309							
abr/01	208							
mai/01	242							
jun/01	179							
jul/01	162	208	-46	46	2.085	-28%	28%	28%
ago/01	232	209	23	23	544	10%	10%	10%
set/01	135	222	-87	87	7.569	-64%	64%	64%
out/01	152	193	-41	41	1.681	-27%	27%	27%
nov/01	130	184	-54	54	2.880	-41%	41%	41%
dez/01	386	165	221	221	48.841	57%	57%	57%
jan/02	93	200	-107	107	11.342	-115%	115%	115%
fev/02	127	188	-61	61	3.721	-48%	48%	48%
mar/02	133	171	-38	38	1.406	-28%	28%	28%
abr/02	163	170	-7	7	51	-4%	4%	4%
mai/02	173	172	1	1	1	1%	1%	1%
jun/02	144	179	-35	35	1.237	-24%	24%	24%
jul/02	102	139	-37	37	1.357	-36%	36%	36%
ago/02	136	140	-4	4	19	-3%	3%	3%
set/02	86	142	-56	56	3.117	-65%	65%	65%
out/02	84	134	-50	50	2.500	-60%	60%	60%
nov/02	78	121	-43	43	1.835	-55%	55%	55%
dez/02	279	105	174	174	30.276	62%	62%	62%
jan/03	80	128	-48	48	2.256	-59%	59%	59%
fev/03	100	124	-24	24	588	-24%	24%	24%
mar/03	80	118	-38	38	1.431	-47%	47%	47%
abr/03	112	117	-5	5	23	-4%	4%	4%
mai/03	114	122	-8	8	56	-7%	7%	7%
jun/03	118	128	-10	10	90	-8%	8%	8%
jul/03	109	101	8	8	69	8%	8%	8%
ago/03	230	106	125	125	15.500	54%	54%	54%
set/03	119	127	-8	8	67	-7%	7%	7%
out/03	176	134	42	42	1.792	24%	24%	24%
nov/03	148	144	4	4	13	2%	2%	2%
dez/03	375	160	225	225	50.625	60%	60%	60%
jan/04	93	193	-100	100	9.967	-107%	107%	107%
fev/04	74	190	-116	116	13.495	-157%	157%	157%
mar/04	138	164	-26	26	685	-19%	19%	19%
abr/04	119	167	-48	48	2.336	-41%	41%	41%
mai/04	247	158	89	89	7.951	36%	36%	36%
jun/04	227	174	53	53	2.774	23%	23%	23%
jul/04	121	150	-29	29	822	-24%	24%	24%
ago/04	229	154	75	75	5.575	33%	33%	33%
set/04	214	180	34	34	1.145	16%	16%	16%
out/04	205	193	12	12	148	6%	6%	6%
nov/04	271	207	64	64	4.075	24%	24%	24%
dez/04	487	211	276	276	76.084	57%	57%	57%
jan/05	122	255	-133	133	17.556	-109%	109%	109%
fev/05	147	255	-108	108	11.592	-73%	73%	73%
mar/05	188	241	-53	53	2.809	-28%	28%	28%
abr/05	181	237	-56	56	3.099	-31%	31%	31%
mai/05	273	233	40	40	1.627	15%	15%	15%
jun/05	226	233	-7	7	49	-3%	3%	3%
jul/05	140	190	-50	50	2.450	-35%	35%	35%
ago/05	278	193	86	86	7.310	31%	31%	31%
			0	62	7.290	-17%	38%	157%

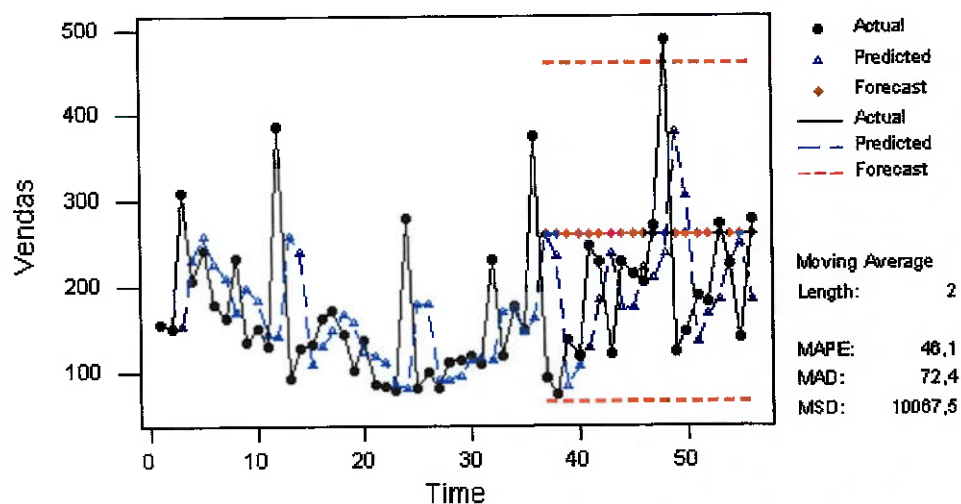
Média Móvel (12 meses)

Média Movel Simples (12 meses)

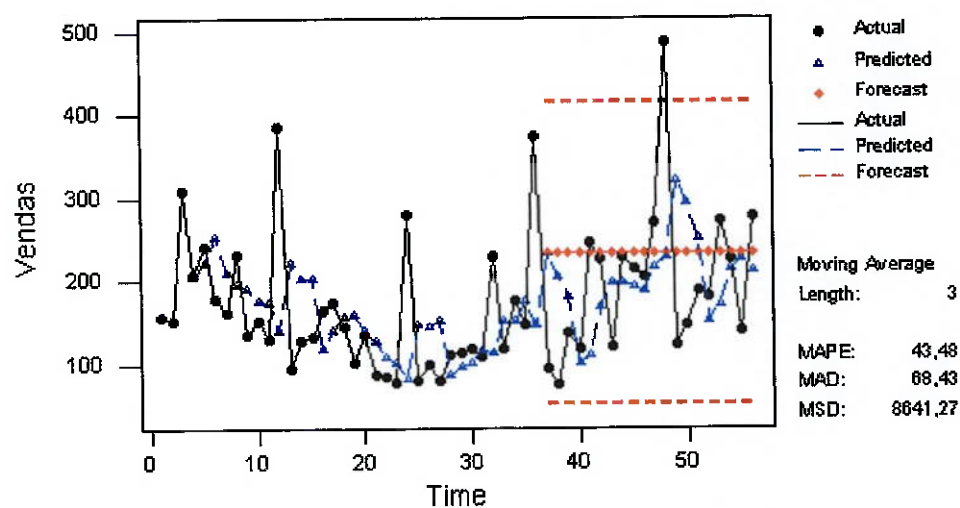
Meses	Vendas	Previsão	Erros					
			MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156							
fev/01	152							
mar/01	309							
abr/01	208							
mai/01	242							
jun/01	179							
jul/01	162							
ago/01	232							
set/01	135							
out/01	152							
nov/01	130							
dez/01	386							
jan/02	93	204	-111	111	12.229	-119%	119%	119%
fev/02	127	198	-71	71	5.088	-56%	56%	56%
mar/02	133	196	-63	63	4.001	-48%	48%	48%
abr/02	163	182	-19	19	345	-11%	11%	11%
mai/02	173	178	-5	5	23	-3%	3%	3%
jun/02	144	172	-28	28	789	-20%	20%	20%
jul/02	102	169	-67	67	4.511	-66%	66%	66%
ago/02	136	164	-28	28	793	-21%	21%	21%
set/02	86	156	-70	70	4.923	-82%	82%	82%
out/02	84	152	-68	68	4.635	-81%	81%	81%
nov/02	78	146	-68	68	4.681	-88%	88%	88%
dez/02	279	142	137	137	18.746	49%	49%	49%
jan/03	80	133	-53	53	2.827	-66%	66%	66%
fev/03	100	132	-32	32	1.029	-32%	32%	32%
mar/03	80	130	-50	50	2.483	-62%	62%	62%
abr/03	112	125	-13	13	180	-12%	12%	12%
mai/03	114	121	-7	7	51	-6%	6%	6%
jun/03	118	116	2	2	3	1%	1%	1%
jul/03	109	114	-5	5	26	-5%	5%	5%
ago/03	230	115	115	115	13.302	50%	50%	50%
set/03	119	123	-4	4	12	-3%	3%	3%
out/03	176	125	51	51	2.576	29%	29%	29%
nov/03	148	133	15	15	228	10%	10%	10%
dez/03	375	139	236	236	55.814	63%	63%	63%
jan/04	93	147	-54	54	2.889	-58%	58%	58%
fev/04	74	148	-74	74	5.451	-100%	100%	100%
mar/04	138	146	-8	8	59	-6%	6%	6%
abr/04	119	151	-32	32	992	-26%	26%	26%
mai/04	247	151	96	96	9.200	39%	39%	39%
jun/04	227	162	65	65	4.203	29%	29%	29%
jul/04	121	171	-50	50	2.525	-42%	42%	42%
ago/04	229	172	57	57	3.221	25%	25%	25%
set/04	214	172	42	42	1.750	20%	20%	20%
out/04	205	180	25	25	621	12%	12%	12%
nov/04	271	183	89	89	7.832	33%	33%	33%
dez/04	487	193	294	294	86.583	60%	60%	60%
jan/05	122	202	-80	80	6.413	-66%	66%	66%
fev/05	147	205	-58	58	3.306	-39%	39%	39%
mar/05	188	211	-23	23	510	-12%	12%	12%
abr/05	181	215	-34	34	1.139	-19%	19%	19%
mai/05	273	220	53	53	2.818	19%	19%	19%
jun/05	226	222	4	4	15	2%	2%	2%
jul/05	140	222	-82	82	6.724	-59%	59%	59%
ago/05	278	224	54	54	2.961	20%	20%	20%
			2	59	6.557	-17%	38%	119%

Média móvel

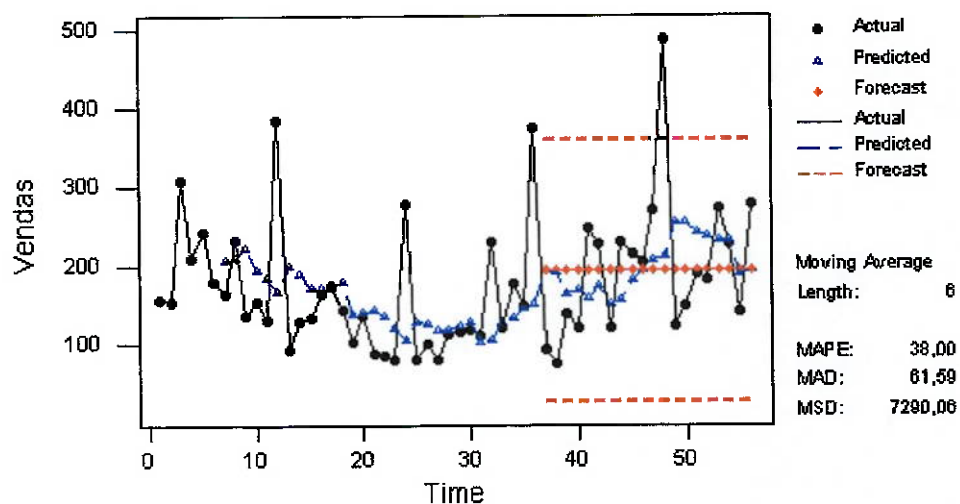
Média Móvel (2 meses)



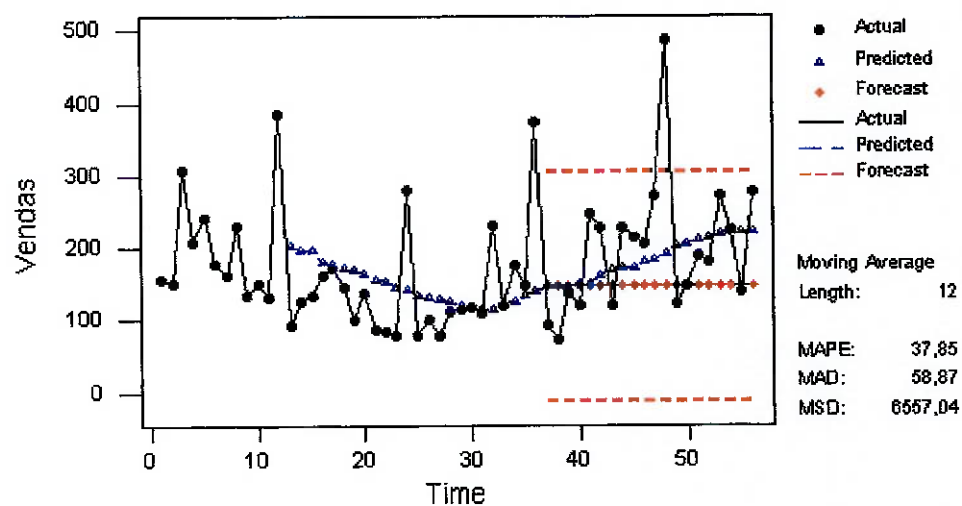
Média Móvel (3 meses)



Média Móvel (6 meses)



Média Móvel (12 meses)



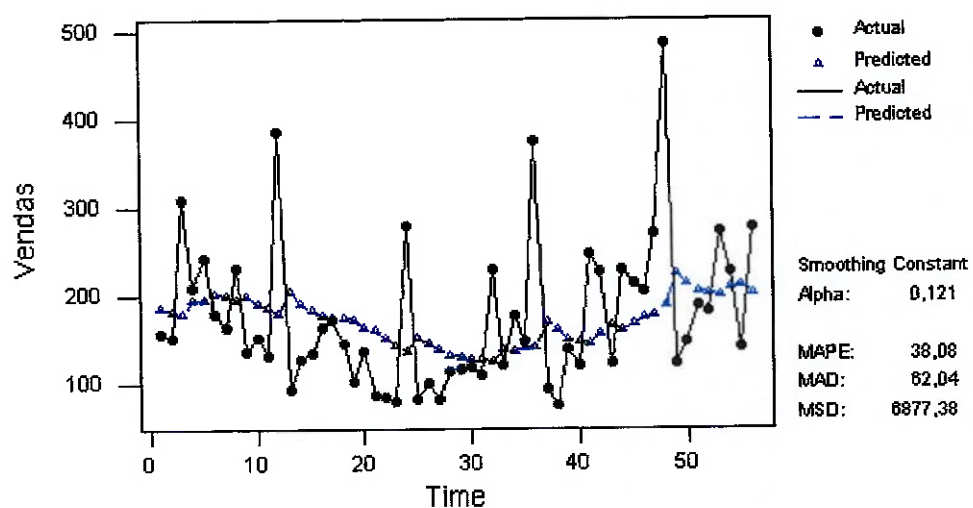
Suavização Exponencial Simples

Suavização Exponencial Simples

α	0,2		Erros						
Meses	Vendas	Previsão	MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE	
jan/01	156	175							
fev/01	152	171	-19	19	359	-12%	12%	12%	
mar/01	309	167	142	142	20.120	46%	46%	46%	
abr/01	208	196	12	12	156	6%	6%	6%	
mai/01	242	198	44	44	1.934	18%	18%	18%	
jun/01	179	207	-28	28	774	-16%	16%	16%	
jul/01	162	201	-39	39	1.541	-24%	24%	24%	
ago/01	232	193	39	39	1.490	17%	17%	17%	
set/01	135	201	-66	66	4.372	-49%	49%	49%	
out/01	152	188	-36	36	1.289	-24%	24%	24%	
nov/01	130	181	-51	51	2.572	-39%	39%	39%	
dez/01	386	171	215	215	46.408	56%	56%	56%	
jan/02	93	214	-121	121	14.559	-130%	130%	130%	
fev/02	127	190	-63	63	3.910	-49%	49%	49%	
mar/02	133	177	-44	44	1.938	-33%	33%	33%	
abr/02	163	168	-5	5	27	-3%	3%	3%	
mai/02	173	167	6	6	34	3%	3%	3%	
jun/02	144	168	-24	24	592	-17%	17%	17%	
jul/02	102	163	-61	61	3.779	-60%	60%	60%	
ago/02	136	151	-15	15	230	-11%	11%	11%	
set/02	86	148	-62	62	3.862	-72%	72%	72%	
out/02	84	136	-52	52	2.674	-62%	62%	62%	
nov/02	78	125	-47	47	2.244	-61%	61%	61%	
dez/02	279	116	163	163	26.603	58%	58%	58%	
jan/03	80	149	-69	69	4.695	-86%	86%	86%	
fev/03	100	135	-35	35	1.212	-35%	35%	35%	
mar/03	80	128	-48	48	2.290	-60%	60%	60%	
abr/03	112	118	-6	6	39	-6%	6%	6%	
mai/03	114	117	-3	3	9	-3%	3%	3%	
jun/03	118	116	2	2	2	1%	1%	1%	
jul/03	109	117	-8	8	60	-7%	7%	7%	
ago/03	230	115	115	115	13.182	50%	50%	50%	
set/03	119	138	-19	19	367	-16%	16%	16%	
out/03	176	134	42	42	1.737	24%	24%	24%	
nov/03	148	143	5	5	29	4%	4%	4%	
dez/03	375	144	231	231	53.488	62%	62%	62%	
jan/04	93	190	-97	97	9.405	-104%	104%	104%	
fev/04	74	171	-97	97	9.329	-131%	131%	131%	
mar/04	138	151	-13	13	176	-10%	10%	10%	
abr/04	119	149	-30	30	877	-25%	25%	25%	
mai/04	247	143	104	104	10.880	42%	42%	42%	
jun/04	227	164	63	63	4.026	28%	28%	28%	
jul/04	121	176	-55	55	3.052	-46%	46%	46%	
ago/04	229	165	64	64	4.071	28%	28%	28%	
set/04	214	178	36	36	1.299	17%	17%	17%	
out/04	205	185	20	20	393	10%	10%	10%	
nov/04	271	189	82	82	6.702	30%	30%	30%	
dez/04	487	206	281	281	79.239	58%	58%	58%	
jan/05	122	262	-140	140	19.545	-115%	115%	115%	
fev/05	147	234	-87	87	7.542	-59%	59%	59%	
mar/05	188	216	-28	28	811	-15%	15%	15%	
abr/05	181	211	-30	30	887	-16%	16%	16%	
mai/05	273	205	68	68	4.648	25%	25%	25%	
jun/05	226	218	8	8	57	3%	3%	3%	
jul/05	140	220	-80	80	6.395	-57%	57%	57%	
ago/05	278	204	74	74	5.480	27%	27%	27%	
			4	62	7.153	-15%	38%	131%	

Suavização Exponencial Simples

Suavização Exponencial Simples



O software MiniTab® calcula qual o melhor valor da constante de suavização α .

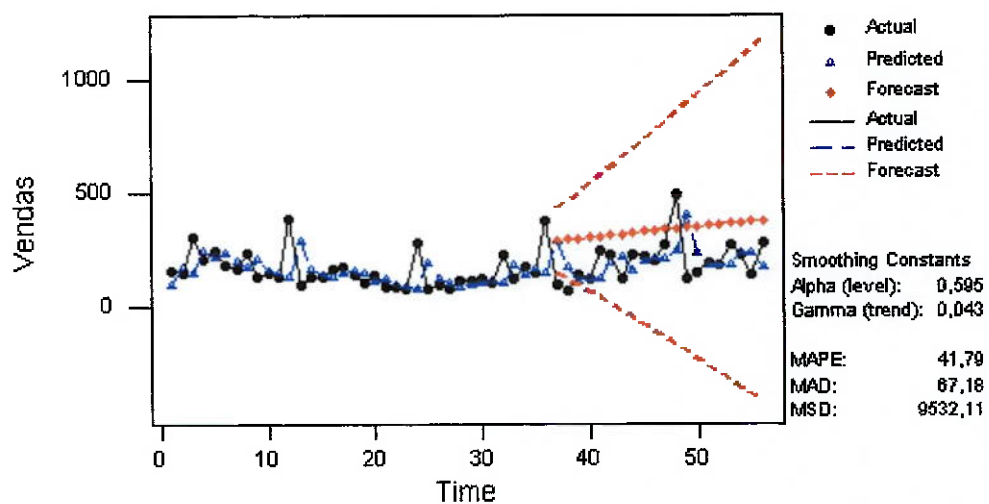
Suavização Exponencial (com tendência) - Modelo de Holt

Suavização Exponencial Dupla - Modelo de Holt (com tendência)

α		β								
0,2		0,2								
				Erros						
Meses	Vendas	Base	Tendência	Previsão	MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156	175	0							
fev/01	152	170	-5							
mar/01	309	194	24	166	143	143	20.506	46%	46%	46%
abr/01	208	216	22	218	-10	10	110	-5%	5%	5%
mai/01	242	239	23	238	4	4	13	2%	2%	2%
jun/01	179	245	6	262	-83	83	6.846	-46%	46%	46%
jul/01	162	233	-12	251	-89	89	7.979	-55%	55%	55%
ago/01	232	224	-10	222	10	10	106	4%	4%	4%
set/01	135	198	-25	214	-79	79	6.257	-59%	59%	59%
out/01	152	169	-30	173	-21	21	432	-14%	14%	14%
nov/01	130	137	-31	139	-9	9	80	-7%	7%	7%
dez/01	386	162	25	106	280	280	78.553	73%	73%	73%
jan/02	93	168	6	186	-93	93	8.721	-100%	100%	100%
fev/02	127	164	-3	174	-47	47	2.175	-37%	37%	37%
mar/02	133	155	-9	161	-28	28	779	-21%	21%	21%
abr/02	163	150	-6	146	17	17	277	10%	10%	10%
mai/02	173	150	0	144	29	29	839	17%	17%	17%
jun/02	144	149	-1	150	-6	6	36	-4%	4%	4%
jul/02	102	139	-10	148	-46	46	2.091	-45%	45%	45%
ago/02	136	130	-9	128	8	8	58	6%	6%	6%
set/02	86	114	-16	121	-35	35	1.242	-41%	41%	41%
out/02	84	96	-19	98	-14	14	209	-17%	17%	17%
nov/02	78	77	-18	77	1	1	1	1%	1%	1%
dez/02	279	103	26	59	220	220	48.503	79%	79%	79%
jan/03	80	119	16	128	-48	48	2.348	-61%	61%	61%
fev/03	100	128	9	135	-35	35	1.205	-35%	35%	35%
mar/03	80	125	-2	137	-57	57	3.224	-71%	71%	71%
abr/03	112	121	-5	123	-11	11	123	-10%	10%	10%
mai/03	114	116	-5	116	-2	2	5	-2%	2%	2%
jun/03	118	112	-4	111	7	7	52	6%	6%	6%
jul/03	109	109	-4	109	0	0	0	0%	0%	0%
ago/03	230	130	21	105	125	125	15.571	54%	54%	54%
set/03	119	145	15	152	-33	33	1.063	-27%	27%	27%
out/03	176	163	18	160	16	16	256	9%	9%	9%
nov/03	148	175	11	181	-33	33	1.110	-23%	23%	23%
dez/03	375	224	49	186	189	189	35.681	50%	50%	50%
jan/04	93	237	13	273	-180	180	32.442	-194%	194%	194%
fev/04	74	215	-22	250	-176	176	31.082	-238%	238%	238%
mar/04	138	182	-33	193	-55	55	3.024	-40%	40%	40%
abr/04	119	143	-39	149	-30	30	896	-25%	25%	25%
mai/04	247	133	-10	104	143	143	20.474	58%	58%	58%
jun/04	227	143	11	122	105	105	11.002	46%	46%	46%
jul/04	121	147	4	154	-33	33	1.066	-27%	27%	27%
ago/04	229	167	20	151	78	78	6.062	34%	34%	34%
set/04	214	192	25	186	28	28	766	13%	13%	13%
out/04	205	215	23	217	-12	12	144	-6%	6%	6%
nov/04	271	244	29	237	34	34	1.134	12%	12%	12%
dez/04	487	316	72	274	213	213	45.567	44%	44%	44%
jan/05	122	335	19	388	-266	266	70.966	-218%	218%	218%
fev/05	147	313	-23	354	-207	207	42.850	-141%	141%	141%
mar/05	188	270	-43	290	-102	102	10.422	-54%	54%	54%
abr/05	181	218	-52	227	-46	46	2.092	-25%	25%	25%
mai/05	273	187	-31	166	107	107	11.554	39%	39%	39%
jun/05	226	170	-17	156	70	70	4.840	31%	31%	31%
jul/05	140	151	-19	154	-14	14	187	-10%	10%	10%
ago/05	278	161	10	132	146	146	21.451	53%	53%	53%
					1	72	10.453	-18%	43%	238%

Suavização Exponencial (com tendência) - Modelo de Holt

Suavização Exponencial Dupla



Suavização Exponencial (com sazonalidade)

Suavização Exponencial Dupla (com sazonalidade)

α	0,2
γ	0,2
L	12

Meses	Vendas	Base	Sazonalidade	Previsão	Erros					
					MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156		0,62							
fev/01	152		0,66							
mar/01	309		0,96		309	309	95.481	100%	100%	100%
abr/01	208		0,88		208	208	43.264	100%	100%	100%
mai/01	242		1,13		242	242	58.564	100%	100%	100%
jun/01	179		0,97		179	179	32.041	100%	100%	100%
jul/01	162		0,72		162	162	26.244	100%	100%	100%
ago/01	232		1,21		232	232	53.624	100%	100%	100%
set/01	135		0,81		135	135	18.225	100%	100%	100%
out/01	152		0,90		152	152	23.104	100%	100%	100%
nov/01	130		0,91		130	130	16.900	100%	100%	100%
dez/01	386	175	2,23		386	386	148.996	100%	100%	100%
jan/02	93	172	0,60		93	93	8.649	100%	100%	100%
fev/02	127	176	0,67	113	14	14	183	11%	11%	11%
mar/02	133	169	0,93	170	-37	37	1.350	-28%	28%	28%
abr/02	163	173	0,89	149	14	14	208	9%	9%	9%
mai/02	173	170	1,11	196	-23	23	533	-13%	13%	13%
jun/02	144	166	0,95	166	-22	22	463	-15%	15%	15%
jul/02	102	162	0,70	120	-18	18	319	-18%	18%	18%
ago/02	136	153	1,14	196	-60	60	3.552	-44%	44%	44%
set/02	86	144	0,77	123	-37	37	1.406	-44%	44%	44%
out/02	84	135	0,84	130	-46	46	2.117	-55%	55%	55%
nov/02	78	126	0,86	123	-45	45	2.055	-58%	58%	58%
dez/02	279	126	2,22	280	-1	1	1	0%	0%	0%
jan/03	80	129	0,60	76	4	4	17	5%	5%	5%
fev/03	100	134	0,69	87	13	13	168	13%	13%	13%
mar/03	80	125	0,87	124	-44	44	1.937	-55%	55%	55%
abr/03	112	126	0,89	111	1	1	1	1%	1%	1%
mai/03	114	122	1,07	139	-25	25	645	-22%	22%	22%
jun/03	118	123	0,95	116	2	2	4	2%	2%	2%
jul/03	109	130	0,73	86	23	23	509	21%	21%	21%
ago/03	230	145	1,23	149	81	81	6.577	35%	35%	35%
set/03	119	148	0,77	111	8	8	63	7%	7%	7%
out/03	176	161	0,89	125	51	51	2.592	29%	29%	29%
nov/03	148	164	0,87	138	10	10	108	7%	7%	7%
dez/03	375	166	2,23	365	10	10	109	3%	3%	3%
jan/04	93	165	0,60	100	-7	7	50	-8%	8%	8%
fev/04	74	154	0,65	113	-39	39	1.559	-53%	53%	53%
mar/04	138	155	0,87	134	4	4	16	3%	3%	3%
abr/04	119	152	0,87	138	-19	19	379	-16%	16%	16%
mai/04	247	168	1,15	163	84	84	7.041	34%	34%	34%
jun/04	227	183	1,01	160	67	67	4.445	29%	29%	29%
jul/04	121	180	0,72	133	-12	12	154	-10%	10%	10%
ago/04	229	182	1,24	222	7	7	47	3%	3%	3%
set/04	214	202	0,83	141	73	73	5.363	34%	34%	34%
out/04	205	208	0,91	181	24	24	590	12%	12%	12%
nov/04	271	230	0,93	180	91	91	8.270	34%	34%	34%
dez/04	487	228	2,21	513	-26	26	680	-5%	5%	5%
jan/05	122	225	0,59	136	-14	14	198	-12%	12%	12%
fev/05	147	226	0,65	146	1	1	2	1%	1%	1%
mar/05	188	225	0,87	198	-10	10	93	-5%	5%	5%
abr/05	181	222	0,86	195	-14	14	202	-8%	8%	8%
mai/05	273	226	1,16	256	17	17	288	6%	6%	6%
jun/05	226	226	1,01	228	-2	2	4	-1%	1%	1%
jul/05	140	221	0,70	162	-22	22	494	-16%	16%	16%
ago/05	278	222	1,24	273	5	5	25	2%	2%	2%
					43	62	10.743	17%	35%	100%

O MiniTab® versão 13 não possui essa opção de previsão.

Suavização Exponencial (com tendência e sazonalidade) – Modelo de Holt-Winters

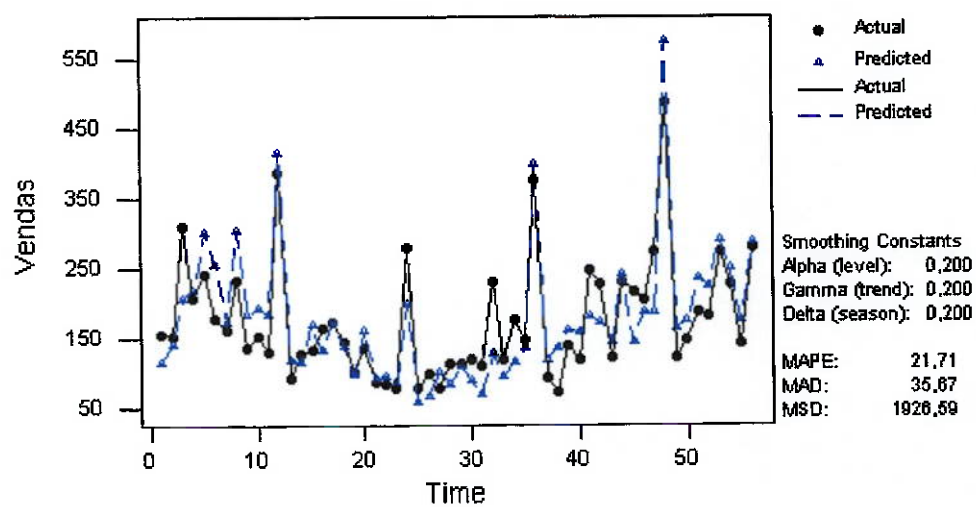
Suavização Exponencial Tripla – Modelo de Holt-Winters (com tendência e sazonalidade)

α	0,2
β	0,2
γ	0,2
L	12

Meses	Vendas	B	T	I	Previsão	Erros					
						MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
jan/01	156			0,82							
fev/01	152			0,86							
mar/01	309			0,96							
abr/01	208			0,88							
mai/01	242			1,13							
jun/01	179			0,97							
jul/01	162			0,72							
ago/01	232			1,21							
set/01	135			0,81							
out/01	152			0,90							
nov/01	130			0,91							
dez/01	386	175	1	2,23							
jan/02	93	171	0	0,60	108	-15	15,13617	229,1037	-16%	16%	16%
fev/02	127	175	1	0,67	113	14	14,15896	200,4762	11%	11%	11%
mar/02	133	168	-1	0,93	169	-36	36,37089	1322,841	-27%	27%	27%
abr/02	163	171	0	0,89	147	16	15,70811	246,7446	10%	10%	10%
mai/02	173	168	-1	1,11	194	-21	21,00243	441,1022	-12%	12%	12%
jun/02	144	163	-1	0,96	163	-19	18,7389	351,1465	-13%	13%	13%
jul/02	102	158	-2	0,71	117	-15	14,54426	211,5354	-14%	14%	14%
ago/02	136	147	-4	1,15	188	-52	51,5325	2655,599	-38%	38%	38%
set/02	86	136	-5	0,77	116	-30	29,53038	872,0433	-34%	34%	34%
out/02	84	123	-7	0,86	117	-33	33,22035	1103,592	-40%	40%	40%
nov/02	78	110	-8	0,87	106	-28	28,0689	787,8629	-36%	36%	36%
dez/02	279	106	-7	2,31	227	52	52,42725	2748,617	19%	19%	19%
jan/03	80	106	-6	0,63	60	20	20,31059	412,5199	25%	25%	25%
fev/03	100	110	-4	0,72	67	33	32,50252	1056,414	33%	33%	33%
mar/03	80	102	-5	0,90	98	-18	18,33098	336,0249	-23%	23%	23%
abr/03	112	103	-4	0,93	87	25	25,12385	631,2079	22%	22%	22%
mai/03	114	100	-3	1,12	110	4	3,501617	12,26132	3%	3%	3%
jun/03	118	102	-2	1,00	92	26	25,67051	658,9752	22%	22%	22%
jul/03	109	111	0	0,76	70	39	38,70676	1498,213	36%	36%	36%
ago/03	230	128	3	1,28	127	103	103,0254	10614,24	45%	45%	45%
set/03	119	136	4	0,79	102	17	17,13908	293,7482	14%	14%	14%
out/03	176	153	7	0,91	120	56	55,65823	3097,839	32%	32%	32%
nov/03	148	162	7	0,88	140	8	7,891878	62,28174	5%	5%	5%
dez/03	375	168	7	2,29	391	-16	15,74981	248,0565	-4%	4%	4%
jan/04	93	169	6	0,62	111	-18	17,64348	311,2924	-19%	19%	19%
fev/04	74	161	3	0,67	126	-52	52,44091	2750,049	-71%	71%	71%
mar/04	138	162	3	0,89	147	-9	9,296688	86,4656	-7%	7%	7%
abr/04	119	157	1	0,90	153	-34	34,06328	1160,307	-29%	29%	29%
mai/04	247	171	4	1,18	177	70	70,39344	4955,236	28%	28%	28%
jun/04	227	185	6	1,04	174	53	53,39631	2851,166	24%	24%	24%
jul/04	121	184	4	0,74	145	-24	24,2992	590,4513	-20%	20%	20%
ago/04	229	187	4	1,27	241	-12	12,4384	154,7138	-5%	5%	5%
set/04	214	207	7	0,84	152	62	62,48687	3904,609	29%	29%	29%
out/04	205	216	8	0,92	196	9	9,281094	86,1387	5%	5%	5%
nov/04	271	240	11	0,93	197	74	73,87446	5457,436	27%	27%	27%
dez/04	487	244	9	2,23	576	-89	88,98352	7918,067	-18%	18%	18%
jan/05	122	242	7	0,59	156	-34	33,7295	1137,679	-28%	28%	28%
fev/05	147	243	6	0,66	167	-20	19,79025	391,6541	-13%	13%	13%
mar/05	188	242	5	0,87	222	-34	34,11024	1163,509	-18%	18%	18%
abr/05	181	237	3	0,87	221	-40	40,02897	1602,318	-22%	22%	22%
mai/05	273	238	2	1,18	284	-11	11,28036	127,2465	-4%	4%	4%
jun/05	226	236	1	1,03	251	-25	24,89425	619,7236	-11%	11%	11%
jul/05	140	228	-1	0,72	176	-36	35,7849	1280,559	-26%	26%	26%
ago/05	278	226	-1	1,26	288	-10	10,00045	100,0091	-4%	4%	4%
						-1	32	1,517	-4%	21%	71%

Suavização Exponencial (com tendência e sazonalidade) – Modelo de Holt-Winters

Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters)



ANEXO 3: APLICAÇÃO DOS MODELOS

Teste das variáveis α , β e γ , que minimizam os erros de previsão.

Número do teste	Variáveis			Erros de Previsão					
	α	β	γ	MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
1	0,1	0,1	0,1	8,70	27,18	1.310,95	-0,14%	15,22%	55,43%
2	0,1	0,1	0,2	8,20	27,21	1.325,88	-0,26%	15,26%	55,43%
3	0,1	0,1	0,3	7,66	27,83	1.360,86	-0,39%	15,52%	55,43%
4	0,1	0,1	0,4	7,07	28,92	1.417,52	-0,55%	15,95%	55,43%
5	0,1	0,1	0,5	6,44	30,05	1.497,75	-0,72%	16,40%	55,43%
6	0,1	0,2	0,1	6,65	28,84	1.423,56	-1,01%	16,03%	54,39%
7	0,1	0,2	0,2	5,92	29,88	1.465,11	-1,22%	16,45%	54,39%
8	0,1	0,2	0,3	5,14	31,14	1.534,26	-1,46%	16,96%	54,39%
9	0,1	0,2	0,4	4,30	32,45	1.633,54	-1,73%	17,50%	54,39%
10	0,1	0,2	0,5	3,39	33,81	1.765,84	-2,02%	18,06%	54,39%
11	0,1	0,3	0,1	3,98	31,25	1.573,78	-2,16%	17,21%	53,40%
12	0,1	0,3	0,2	3,05	32,63	1.649,95	-2,46%	17,78%	53,40%
13	0,1	0,3	0,3	2,06	34,06	1.762,41	-2,79%	18,38%	53,40%
14	0,1	0,3	0,4	1,00	35,57	1.914,61	-3,15%	19,00%	53,40%
15	0,1	0,3	0,5	-0,13	37,13	2.110,54	-3,54%	19,65%	53,40%
16	0,1	0,4	0,1	1,20	33,61	1.750,69	-3,36%	18,56%	52,48%
17	0,1	0,4	0,2	0,12	34,76	1.862,86	-3,72%	18,94%	52,48%
18	0,1	0,4	0,3	-1,04	36,23	2.020,19	-4,13%	19,52%	52,48%
19	0,1	0,4	0,4	-2,28	37,89	2.227,07	-4,56%	20,22%	52,48%
20	0,1	0,4	0,5	-3,61	39,63	2.488,52	-5,04%	20,95%	52,48%
21	0,1	0,5	0,1	-1,34	36,52	1.933,25	-4,43%	19,86%	51,62%
22	0,1	0,5	0,2	-2,54	37,76	2.076,96	-4,85%	20,29%	51,62%
23	0,1	0,5	0,3	-3,83	39,09	2.274,08	-5,31%	20,75%	51,62%
24	0,1	0,5	0,4	-5,22	40,58	2.529,83	-5,81%	21,30%	51,62%
25	0,1	0,5	0,5	-6,69	42,46	2.850,17	-6,35%	22,09%	51,62%
26	0,2	0,1	0,1	3,48	27,06	1.292,63	-1,96%	15,14%	51,03%
27	0,2	0,1	0,2	2,88	27,52	1.314,91	-2,12%	15,29%	51,03%
28	0,2	0,1	0,3	2,22	28,51	1.359,03	-2,31%	15,69%	51,03%
29	0,2	0,1	0,4	1,51	29,56	1.426,85	-2,52%	16,12%	51,03%
30	0,2	0,1	0,5	0,74	30,66	1.519,67	-2,76%	16,56%	51,03%
31	0,2	0,2	0,1	0,53	30,12	1.501,19	-3,15%	16,41%	49,58%
32	0,2	0,2	0,2	-0,20	30,86	1.546,63	-3,36%	16,62%	49,58%
33	0,2	0,2	0,3	-0,99	31,66	1.620,57	-3,61%	16,85%	49,58%
34	0,2	0,2	0,4	-1,86	32,63	1.725,16	-3,89%	17,19%	49,58%
35	0,2	0,2	0,5	-2,78	33,88	1.862,92	-4,19%	17,70%	49,58%
36	0,2	0,3	0,1	-1,71	32,18	1.737,04	-3,99%	17,16%	48,29%
37	0,2	0,3	0,2	-2,49	33,08	1.798,03	-4,22%	17,42%	48,29%
38	0,2	0,3	0,3	-3,34	34,01	1.892,59	-4,49%	17,71%	48,29%
39	0,2	0,3	0,4	-4,26	34,98	2.023,16	-4,79%	18,01%	48,29%
40	0,2	0,3	0,5	-5,27	35,99	2.192,61	-5,13%	18,33%	48,29%
41	0,2	0,4	0,1	-2,87	33,40	1.984,18	-4,32%	17,43%	47,17%
42	0,2	0,4	0,2	-3,63	34,40	2.051,41	-4,54%	17,73%	47,17%
43	0,2	0,4	0,3	-4,47	35,43	2.155,08	-4,81%	18,04%	47,17%
44	0,2	0,4	0,4	-5,39	36,75	2.297,66	-5,10%	18,49%	47,17%
45	0,2	0,4	0,5	-6,40	38,16	2.482,14	-5,44%	19,00%	47,17%
46	0,2	0,5	0,1	-3,05	33,46	2.245,38	-4,19%	17,14%	46,19%
47	0,2	0,5	0,2	-3,74	34,82	2.312,77	-4,38%	17,60%	46,19%
48	0,2	0,5	0,3	-4,51	36,22	2.417,40	-4,61%	18,07%	46,19%
49	0,2	0,5	0,4	-5,38	37,66	2.561,58	-4,88%	18,57%	46,19%
50	0,2	0,5	0,5	-6,34	39,16	2.748,16	-5,20%	19,10%	46,19%
51	0,3	0,1	0,1	1,38	28,10	1.422,82	-2,43%	15,06%	47,73%
52	0,3	0,1	0,2	0,93	27,79	1.438,89	-2,53%	14,87%	47,73%
53	0,3	0,1	0,3	0,43	28,37	1.471,93	-2,66%	15,01%	47,73%
54	0,3	0,1	0,4	-0,11	29,30	1.522,81	-2,80%	15,37%	47,73%
55	0,3	0,1	0,5	-0,71	30,47	1.592,58	-2,97%	15,85%	47,73%
56	0,3	0,2	0,1	-0,64	29,60	1.699,27	-3,12%	15,51%	46,16%
57	0,3	0,2	0,2	-1,10	29,71	1.726,00	-3,22%	15,47%	46,16%
58	0,3	0,2	0,3	-1,62	30,67	1.773,01	-3,35%	15,78%	46,16%
59	0,3	0,2	0,4	-2,19	31,66	1.841,22	-3,51%	16,10%	46,16%
60	0,3	0,2	0,5	-2,82	32,69	1.931,76	-3,69%	16,45%	46,16%
61	0,3	0,3	0,1	-1,43	31,33	1.997,09	-3,23%	16,03%	44,86%
62	0,3	0,3	0,2	-1,83	30,99	2.028,97	-3,31%	15,83%	44,86%
63	0,3	0,3	0,3	-2,29	31,96	2.082,92	-3,41%	16,13%	44,86%

Número do teste	Variáveis			Erros de Previsão					
	α	β	γ	MFE	MAE	MSE	MPE	MAPE	WAPE
64	0,3	0,3	0,4	-2,82	33,03	2.159,67	-3,55%	16,48%	44,86%
65	0,3	0,3	0,5	-3,41	34,13	2.260,25	-3,71%	16,84%	44,86%
66	0,3	0,4	0,1	-1,24	33,71	2.287,15	-2,90%	16,90%	43,79%
67	0,3	0,4	0,2	-1,54	33,50	2.321,10	-2,93%	16,74%	43,79%
68	0,3	0,4	0,3	-1,92	33,35	2.377,77	-3,00%	16,63%	43,79%
69	0,3	0,4	0,4	-2,36	34,57	2.457,62	-3,09%	17,14%	43,79%
70	0,3	0,4	0,5	-2,87	35,78	2.561,40	-3,22%	17,64%	43,79%
71	0,3	0,5	0,1	-0,59	35,42	2.536,12	-2,38%	17,47%	44,15%
72	0,3	0,5	0,2	-0,77	35,54	2.570,46	-2,36%	17,50%	44,15%
73	0,3	0,5	0,3	-1,03	35,96	2.627,83	-2,37%	17,74%	44,15%
74	0,3	0,5	0,4	-1,37	36,34	2.708,25	-2,42%	17,97%	44,15%
75	0,3	0,5	0,5	-1,78	37,51	2.812,16	-2,51%	18,48%	44,15%
76	0,4	0,1	0,1	0,59	28,61	1.606,39	-2,40%	14,90%	45,06%
77	0,4	0,1	0,2	0,30	28,41	1.620,06	-2,44%	14,76%	45,06%
78	0,4	0,1	0,3	-0,03	28,36	1.645,81	-2,50%	14,70%	45,06%
79	0,4	0,1	0,4	-0,40	29,06	1.684,00	-2,58%	14,98%	45,06%
80	0,4	0,1	0,5	-0,81	30,03	1.735,05	-2,68%	15,37%	45,06%
81	0,4	0,2	0,1	-0,64	31,03	1.917,69	-2,70%	15,84%	43,47%
82	0,4	0,2	0,2	-0,89	30,89	1.937,42	-2,72%	15,72%	43,47%
83	0,4	0,2	0,3	-1,19	30,76	1.970,97	-2,76%	15,61%	43,47%
84	0,4	0,2	0,4	-1,52	30,90	2.018,60	-2,83%	15,60%	43,47%
85	0,4	0,2	0,5	-1,90	31,88	2.080,66	-2,91%	15,87%	43,47%
86	0,4	0,3	0,1	-0,81	33,32	2.210,08	-2,53%	16,73%	42,44%
87	0,4	0,3	0,2	-0,98	33,30	2.232,76	-2,51%	16,66%	42,44%
88	0,4	0,3	0,3	-1,19	33,28	2.270,32	-2,52%	16,59%	42,44%
89	0,4	0,3	0,4	-1,46	33,34	2.322,81	-2,55%	16,58%	42,44%
90	0,4	0,3	0,5	-1,77	33,88	2.390,43	-2,60%	16,86%	42,44%
91	0,4	0,4	0,1	-0,48	34,78	2.439,95	-2,16%	17,27%	43,78%
92	0,4	0,4	0,2	-0,55	34,86	2.463,11	-2,10%	17,23%	43,78%
93	0,4	0,4	0,3	-0,67	35,02	2.502,00	-2,07%	17,24%	43,78%
94	0,4	0,4	0,4	-0,84	35,59	2.556,41	-2,06%	17,56%	43,78%
95	0,4	0,4	0,5	-1,07	36,26	2.626,36	-2,07%	17,95%	43,78%
96	0,4	0,5	0,1	-0,09	36,12	2.587,70	-1,82%	17,88%	44,74%
97	0,4	0,5	0,2	-0,06	36,11	2.608,73	-1,72%	17,77%	44,74%
98	0,4	0,5	0,3	-0,09	36,34	2.646,47	-1,84%	17,84%	44,74%
99	0,4	0,5	0,4	-0,18	37,04	2.700,50	-1,80%	18,24%	44,74%
100	0,4	0,5	0,5	-0,32	37,89	2.770,57	-1,58%	18,73%	44,74%
101	0,5	0,1	0,1	0,17	29,87	1.798,65	-2,28%	15,28%	42,73%
102	0,5	0,1	0,2	-0,03	29,84	1.814,62	-2,29%	15,22%	42,73%
103	0,5	0,1	0,3	-0,25	29,97	1.839,10	-2,31%	15,28%	42,73%
104	0,5	0,1	0,4	-0,50	30,10	1.872,20	-2,35%	15,34%	42,73%
105	0,5	0,1	0,5	-0,78	30,24	1.914,11	-2,40%	15,40%	42,73%
106	0,5	0,2	0,1	-0,67	32,27	2.113,97	-2,40%	16,30%	41,16%
107	0,5	0,2	0,2	-0,81	32,31	2.134,32	-2,38%	16,26%	41,16%
108	0,5	0,2	0,3	-0,99	32,39	2.164,29	-2,38%	16,25%	41,16%
109	0,5	0,2	0,4	-1,19	32,61	2.203,92	-2,40%	16,34%	41,16%
110	0,5	0,2	0,5	-1,43	32,84	2.253,33	-2,43%	16,43%	41,16%
111	0,5	0,3	0,1	-0,74	34,09	2.373,68	-2,21%	17,04%	42,55%
112	0,5	0,3	0,2	-0,82	34,11	2.395,86	-2,16%	16,98%	42,55%
113	0,5	0,3	0,3	-0,93	34,29	2.428,53	-2,13%	17,02%	42,55%
114	0,5	0,3	0,4	-1,07	34,60	2.471,65	-2,12%	17,14%	42,55%
115	0,5	0,3	0,5	-1,25	35,07	2.525,23	-2,12%	17,39%	42,55%
116	0,5	0,4	0,1	-0,60	35,60	2.553,77	-1,97%	17,76%	43,41%
117	0,5	0,4	0,2	-0,61	35,84	2.575,41	-1,89%	17,83%	43,41%
118	0,5	0,4	0,3	-0,65	36,10	2.608,47	-1,83%	17,91%	43,41%
119	0,5	0,4	0,4	-0,74	36,36	2.652,77	-1,79%	17,99%	43,41%
120	0,5	0,4	0,5	-0,86	36,98	2.708,25	-1,77%	18,32%	43,41%
121	0,5	0,5	0,1	-0,54	36,74	2.667,02	-1,81%	18,43%	43,85%
122	0,5	0,5	0,2	-0,49	37,04	2.686,20	-1,71%	18,52%	43,85%
123	0,5	0,5	0,3	-0,48	37,35	2.717,84	-1,63%	18,61%	43,85%
124	0,5	0,5	0,4	-0,51	37,67	2.761,68	-1,57%	18,71%	43,85%
125	0,5	0,5	0,5	-0,59	38,33	2.817,57	-1,52%	19,07%	43,85%

Níveis de estoque mensais para os diferentes níveis de serviço e para o real consolidado.

	set/04	out/04	nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05
50%	1862	2247	2050	1889	1912	2000	1952	1898	1818	1737	1681	1549
55%	1862	2247	2055	1903	1929	2021	1973	1922	1830	1764	1711	1574
60%	1862	2247	2061	1921	1950	2044	1998	1943	1854	1792	1737	1604
65%	1862	2247	2063	1936	1972	2074	2031	1976	1889	1829	1774	1641
70%	1862	2247	2069	1951	1990	2095	2054	1999	1921	1850	1795	1663
75%	1862	2247	2085	1979	2024	2133	2088	2038	1956	1887	1838	1706
80%	1862	2247	2096	2017	2062	2177	2134	2077	1997	1947	1891	1754
85%	1862	2247	2106	2035	2090	2213	2169	2118	2040	1988	1934	1797
90%	1862	2247	2124	2082	2149	2272	2232	2181	2103	2044	1996	1861
95%	1862	2247	2157	2155	2228	2361	2320	2267	2199	2151	2098	1965
99%	1862	2247	2226	2274	2374	2525	2494	2437	2378	2341	2295	2157
Consolidado	1862	2247	2182	1895	1935	1788	1620	1891	1618	1402	1632	1894