

RODRIGO CLAUDINO BARBOSA

**MODELO DE PREVISÃO E
OTIMIZAÇÃO DAS VENDAS DE
PRODUTOS BANCÁRIOS**

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

**SÃO PAULO
2006**

1611559

RODRIGO CLAUDINO BARBOSA

**MODELO DE PREVISÃO E
OTIMIZAÇÃO DAS VENDAS DE
PRODUTOS BANCÁRIOS**

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

**Orientador:
Prof. Antonio Rafael Namur Muscat**

**SÃO PAULO
2006**

*16-2006
B.232m*

Agradecimentos

Ao professor Muscat pela orientação e ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais que me deram todo o apoio e suporte para que eu pudesse atingir os meus objetivos.

Ao meu avô pela sua fundamental participação no meu grupo de PCC II e de Projeto do Produto.

Aos meus amigos e a minha família pela ajuda e compreensão nos momentos de dificuldades e também pelos finais de semanas que fiquei estudando ou fazendo trabalho e não pude sair com eles.

A minha namorada pelo apoio e compreensão durante todo o curso e também pela sua ajuda na revisão deste trabalho.

Aos meus colegas do trabalho, em especial para o Alberto, Bruno, Daniela e Ricardo, pelo apoio oferecido na busca do tema e posteriormente no desenvolvimento e obtenção das informações.

A todos meus amigos da POLI, em especial para a Dani, Fernanda, Fefa, Luiz, Paulete, Renan e Toledo pela ajuda no trabalho e pelos necessários momentos de descontração.

Resumo

O trabalho teve como objetivo a otimização das vendas de produtos para os clientes do banco Itaú através da escolha dos melhores produtos e dos melhores meses para o foco na sua comercialização.

As escolhas de quais produtos seriam priorizadas em cada mês foi realizada com auxílio da programação linear que utilizou os dados de previsão de vendas para os próximos 12 meses, obtidos através da utilização de técnicas de previsão de demanda, o valor financeiro que cada produto traz de retorno para o banco, a proporção que a priorização nas vendas aumenta a produção normal dos produtos e também eventuais características que surgiram no desenvolvimento do trabalho e que foram abordadas como restrições no modelo desenvolvido.

Os resultados obtidos e a modelagem utilizada são apresentados durante o desenvolvimento do trabalho e mostram um aumento na produção e conseqüentemente um maior retorno financeiro para a empresa caso o modelo venha a ser adotado.

Palavras-Chave: Otimização. Previsão de Demanda. Método de Holt-Winter. Pesquisa Operacional.

Abstract

The aim of this work is to optimize the products sales to the Itaú bank customers through the choice of the best products and the best months to prioritize its sales.

The choices of products to be prioritized in each month was made with the help of linear program where we used some inputs like forecast sales data for the next 12 months (it was got through forecast methods), the financial value each product brings the bank, the increasing proportion that prioritizes rise the normal production and other characteristics that happened during the development and were used as restrictions in the model.

The results obtained and the modeling process are presented during the development of the work and show an increase in production and consequently a bigger financial return for the company with the model.

Keyword: Optimize. Forecasting. Holt-Winter Method. Operations Research.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Grade de Composição do programa de Remuneração Variável	09
Tabela 2.2: Grade de Campanha	11
Tabela 2.3: Exemplo de desempenho de ICM numa campanha	12
Tabela 4.1: Produção mensal do Produto D	43
Tabela 4.2: Produção mensal do Produto E	44
Tabela 4.3: Produção dos Produtos D e E corrigidas pelo calendário	45
Tabela 4.4: Delta de Campanha Médio - 2004	47
Tabela 4.5: Produção diária do Produto D corrigida do efeito da campanha	48
Tabela 4.6: Produção diária do Produto E corrigida do efeito da campanha	48
Tabela 4.7: Previsão da Produção do Produto D por dia útil (DU)	49
Tabela 4.8: Erro de Previsão do Produto D	50
Tabela 4.9: Previsão da Produção do Produto E por dia útil (DU)	51
Tabela 4.10: Erro de Previsão do Produto E	52
Tabela 4.11: Previsão da produção por dia útil de todos os produtos	52
Tabela 4.12: Previsão da produção mensal de todos os produtos	53
Tabela 4.13: Produção do Produto M – Campanhas Passadas	54
Tabela 4.14: ICMs das Campanhas agrupados pelo período de carência	56
Tabela 4.15: ICM médio em cada grupo	56
Tabela 4.16: Teste diferença de médias entre o grupo 0 e Grupo 2 meses	57
Tabela 4.17: Margem Financeira dos Produtos	59
Tabela 4.18: Delta Campanha dos Produtos	60
Tabela 4.19: Variável referente à produção no mês sem campanha	63
Tabela 4.20: Variável referente à produção com campanha	63
Tabela 4.19: Conteúdo da equação principal	64
Tabela 4.20: Restrição 1 – Produção Normal ou Produção com campanha	64
Tabela 4.21: Restrição 2 – Número máximo de campanhas por mês	65
Tabela 4.22: Restrição 3 – Período mínimo de 2 meses entre as campanhas	65
Tabela 5.1: Resultado Final fornecido pelo modelo	67
Tabela 5.2: Ganho obtido com a realização da campanha	68
Tabela 5.3: Previsão Realizada x Previsão Prevista	69
Tabela 5.4: Previsão para o período de teste	70
Tabela 5.5: Campanhas Realizadas no período	71

Tabela 5.6: Retorno financeiro realizado	71
Tabela 5.7: Retorno financeiro previsto pelo	72
Tabela 5.8: Retorno financeiro corrigido previsto pelo modelo	72

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Presença do Itaú no mundo	03
Figura 1.2: Segmentação do Banco Itaú	05
Figura 3.1: Divisão das Técnicas de Previsão de Demanda	16
Figura 3.2: Classificação Tendência x Sazonalidade	26
Figura 3.3: Passos para a Formulação de um PPL	35
Figura 3.4: Funcionamento do método de Branch and Bound	36
Figura 3.5: Desdobramento do método de Branch and Bound	36
Figura 4.1: Fluxo de Informações necessárias para o modelo	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Produção diária do Produto E	46
Gráfico 4.2: Comparação Previsão x Produção Real do Produto D	50
Gráfico 4.3: Comparação Previsão x Produção Real do Produto E	51
Gráfico 4.4 : ICMs das Campanhas – Outliers Geral	55
Gráfico 4.5: ICMs das Campanhas – Outliers Grupos	55
Gráfico 4.6: Desempenho das Campanhas X Priorização	58
Gráfico 4.7: Comparação dos Retornos Financeiros	73

NOTA: Todos os gráficos, tabelas e figuras que não apresentarem identificação destacada, devem ser assumidos como tendo sido elaborados pelo autor.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR: Autoregressive

ARIMA: Autoregressive Integrated Moving Average

ARMA: Autoregressive Moving Average

DU: Dias Úteis

EAM: Erro Absoluto Médio

EM: Erro Médio

EPAM: Erro Percentual Absoluto Médio

EPRM: Erro Percentual Médio

EQM: Erro Quadrático Médio

ICM: Índice de Cumprimento de Meta

MA: Moving Average

MAPE: Mean Absolute Percentual Error

PL: Programação Linear

SUMÁRIO

1. Introdução	1
1.1 Histórico da Empresa	2
1.2 A Empresa	4
1.3 Segmento Itaú Agências	5
1.4 Área do Trabalho	6
2. Apresentação do Problema	8
2.1 Programa de Remuneração Variável Agências	8
2.2 Item “Campanhas”	10
2.3 Definição do Problema	12
3. Revisão Bibliográfica	14
3.1 Previsão de Demanda.....	15
3.1.1 Métodos Qualitativos	17
3.1.2 Métodos Quantitativos	18
3.1.3 Principais Métodos Quantitativos.....	19
3.1.3.1 Técnicas “Averaging”	20
3.1.3.2 Métodos de Suavização Exponencial	21
3.1.3.3 Métodos de Decomposição.....	26
3.1.3.4 Métodos de Regressão (Métodos de Explicação).....	27
3.1.3.5 Método Autoregressivo (Arima)	29
3.2 Erros de Previsão	31
3.3 Programação Linear (PL)	33
3.4 Utilização no Modelo	37
4. Desenvolvimento do Modelo	40
4.1 Metodologia Utilizada	41
4.2 Previsão de Demanda dos Produtos.....	43
4.2.1 Coleta e Análise dos Dados.....	43
4.2.2 Previsão	48
4.2.3 Produção Adotada no Produto M.....	53
4.3 Estudo das Restrições	54
4.4 Especificação das Constantes Utilizadas.....	58
4.5 Construção do Modelo	60
5. Resultados do Modelo.....	66
5.1 Validação dos Resultados.....	69
5.2 Futuras Melhorias	73
6. Conclusão.....	75
Referências Bibliográficas.....	78
Anexos	81

Anexo 1 – Produção Mensal	82
Anexo 2 – Produção por Dia Útil Corrigida	86
Anexo 3 – Previsão da Produção	90
Anexo 4 – Restrição – Período de Carência.....	97
Anexo 5 – Resultados do Modelo.....	100

1.INTRODUÇÃO

1. Introdução

Este capítulo introdutório apresenta sucintamente o histórico da empresa, a área e o segmento no qual o trabalho será realizado e apresenta a descrição do estágio realizado pelo autor.

1.1 Histórico da Empresa

Fundado em 1945, o Banco Itaú Holding Financeira S.A, teve como origem o Banco Central de Crédito. Após um período de 20 anos de crescimento interno, o Banco Itaú iniciou um período de fusões, sendo a primeira delas entre o Banco Federal de Crédito e o Banco Itaú. Outro fator determinante para a sua expansão foram as diversas aquisições realizadas na sua história. Durante esses 61 anos, foram adquiridos bancos como o Aliança, Português do Brasil, Francês e Brasileiro, Banerj, Bemge, Banestado, BEG e atualmente o Boston Brasil.

A partir da década de 70, o Itaú começou também a sua atuação internacional com a abertura de agências em New York e Buenos Aires. Na década de 70 reforçou a sua atuação com a fundação do Banco Itaú Europa, Itaú Argentina e Itaú Bank Cayman. No Mercosul vale o destaque da aquisição do Banco Del Buen Ayre. Hoje conta com escritórios em diversos países e uma rede de aproximadamente 80 agências na Argentina.



Figura 1.1: Presença do Itaú no mundo

Fonte: Site www.itaú.com.br (05/06/2006)

O Banco Itaú tem presença marcante na sociedade brasileira. Com mais de 16 milhões de clientes, 51 mil colaboradores diretos e 10 mil terceirizados, o Itaú conta atualmente com estruturas, produtos e serviços desenvolvidos para atender às necessidades de diversos públicos. Com uma ampla rede de mais de 4.500 unidades, entre agências, postos de atendimento bancário, postos de atendimento eletrônico em empresas, financeiras (Taií) e também mais de 22 mil caixas eletrônicos, consolidando assim a sua presença em todos os estados brasileiros.

Com um lucro em 2005 de mais de R\$ 5 bilhões, reconhecido como a marca mais valiosa do país e como o melhor banco brasileiro por diversas instituições financeiras, o Itaú se encontra hoje entre um dos maiores bancos da América Latina.

1.2 A Empresa

O Banco Itaú é um banco múltiplo com supervisão do Banco Central e exerce fundamentalmente a função de "Holding Financeira", centralizando as áreas de controle de riscos, auditoria e tesouraria do conglomerado financeiro.

Nas últimas décadas o banco criou um sistema de concentração nos diversos segmentos que ele atua, visando uma estratégia que permita focar em cada segmento de clientes, o que é fundamental para oferecer um serviço diferenciado e obter uma maior satisfação dos clientes. Essa abordagem permite desenvolver serviços e produtos bancários específicos atendendo assim as necessidades particulares dos diversos segmentos no qual atua.

Dentro das operações bancárias, foram criadas seis áreas separadas, cada qual especializada em um tipo diferente de cliente. Essas áreas são:

- Itaú Agências (pessoas físicas),
- Itaú Personnalité (pessoas físicas de alta renda),
- Itaú Private Bank (pessoas físicas de alto patrimônio),
- Unidade de Pessoa Jurídica - UPJ (pequenas empresas)
- Itaú Empresas (empresas de médio porte)
- Banco Itaú BBA S.A. (empresas de grande porte)

Além dessas áreas, o Itaú participa também do segmento de Financeiras, com a marca Taíí, presente em lojas próprias e em parcerias com empresas como o Grupo Pão de Açúcar e as Lojas Americanas.

A divisão que o banco adotou, contribuiu para o Itaú fornecer um atendimento personalizado, aumentando a qualidade e a eficiência no atendimento, proporcionando um melhor desempenho junto aos seus clientes.

A figura ^{1.2} a seguir mostra a composição do banco, suas áreas de atuação e subdivisões.

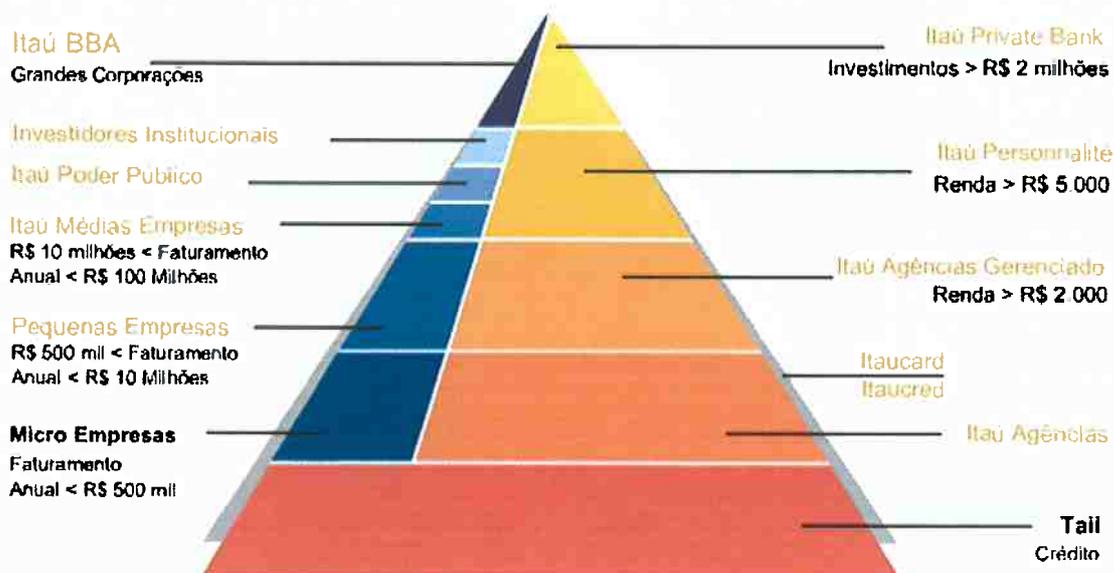


Figura 1.2: Segmentação do Banco Itaú
 Fonte: Site www.itaubank.com.br (05/06/2006)

1.3 Segmento Itaú Agências

O negócio de varejo, composto pelos segmentos Itaú Agências e Itaú Agências Gerenciado (vide figura 1.2) é uma fonte significativa de recursos e um relevante gerador de receitas financeiras e de tarifas para a empresa. Por meio da ampla rede de distribuição, estes dois segmentos fornecem serviços para milhões de clientes pessoas físicas.

Constantemente, atividades promocionais são desenvolvidas para melhor atender e beneficiar este público específico. Assim, produtos como cartões de crédito, seguro de residência, seguro de vida e acidentes, financiamento de automóveis, planos de previdência privada, administração de ativos e planos de capitalização são oferecidos nas agências por meio dos mesmos funcionários que atendem às necessidades bancárias tradicionais dos clientes como conta corrente e de

poupança e produtos de crédito como cheques especiais e empréstimos pessoais e ao consumidor.

Este segmento atualmente representa cerca de um terço do lucro líquido do banco.

1.4 Área do Trabalho

Durante os anos de 2005 e 2006, o aluno fez estágio na área de Planejamento Comercial do Banco, dentro do grupo responsável pelo programa de metas e remuneração variável. Esta área é a responsável por transmitir a estratégia de venda de produtos para as agências através do programa de remuneração variável, que consiste na variação do salário do funcionário conforme o seu desempenho. Esse programa funciona como uma forma de sinalizar quais produtos devem ser priorizados e será explicado mais adiante.

A área onde o autor estagiou, atende a alguns dos segmentos citados anteriormente, sendo que o trabalho foi realizado no segmento Itaú Agências e Itaú Agências Gerenciado. Conforme descrito no item 1.3, esse setor tem uma grande importância para o banco, pois além da sua significativa contribuição para a composição do lucro da empresa, o setor concentra o maior número de clientes, contribuindo assim para a composição e manutenção da marca Itaú.

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

2. Apresentação do Problema

Por motivos de preservação de dados confidenciais do banco, os dados e nomes dos produtos serão modificados, garantindo assim a sua segurança.

O trabalho a ser desenvolvido terá como foco o uso do programa de remuneração variável ligado ao segmento de agências (descrito no item 1.3), como ferramenta para maximizar os resultados na comercialização de produtos. O programa de remuneração variável é baseado no sistema de Balanced Scorecard, onde através de uma série de indicadores, a estratégia do banco é transmitida para a rede de agências.

Durante o período de estágio na empresa, o autor atuou no setor de Campanhas, que é o responsável pela elaboração de uma parte do programa de remuneração variável da empresa. Para um melhor entendimento do problema e da sua importância para a empresa, será descrito o mecanismo desse programa e como ele funciona atualmente.

2.1 Programa de Remuneração Variável Agências

Todos os anos é desenvolvido pela área de planejamento comercial da empresa o Programa de Remuneração Variável. Este programa, baseado numa série de indicadores, abrange diversas áreas do banco, mas especificamente no trabalho desenvolvido será utilizado o segmento agências.

O programa é baseado em 20 itens, entre produtos e indicadores de qualidade, que são avaliados em aproximadamente 1.500 agências de todo o país. Cada item possui uma determinada porcentagem do total de pontos que varia conforme o foco que o banco deseja transmitir, sendo que a soma final desta pontuação deve totalizar 100%.

A Tabela 2.1 mostra os pesos atribuídos a cada item.

Grade Básica	Pontos
1 A	4%
2 B	5%
3 C	5%
4 D	2%
5 E	6%
6 F	9%
7 G	5%
8 H	3%
9 I	4%
10 J	2%
11 L	4%
12 M	4%
13 N	6%
14 Campanhas	10%
15 O	6%
16 P	4%
17 Q	4%
18 R	2%
19 S	2%
20 T	3%
Sub Total	90%
Defasagem de Mercado	5%
Compromisso Equipes	5%
Total	100%

Tabela 2.1: Grade de Composição do programa de Remuneração Variável

Cada um dos itens da tabela 2.1 apresentam características específicas, compostas por critérios que determinam como a pontuação mostrada na tabela 2.1 será avaliada. Por exemplo, suponha que o produto B tenha como critério de avaliação a quantidade de produtos vendidos, assim, cada agência receberá como meta uma determinada quantidade de produtos e o seu desempenho nessas vendas será medido através de um indicador chamado de Índice de Cumprimento de Meta (ICM). No caso citado, se a agência receber uma meta de venda de 10 produtos e ao final do mês realizar a venda de 6, o seu ICM neste item, será de 60%.

Após o cálculo do ICM, devemos calcular a quantidade de pontos que ele irá gerar para a agência, por exemplo, o produto B vale 5% dos pontos, portanto se a

agência tiver um ICM de 100%, ela receberá os 5% dos pontos, caso ela consiga 60% de ICM ela receberá 3% pontos e caso consiga 120% ela receberá 6% dos pontos ($120\% \times 5\% = 6\%$). Todos os produtos possuem um limite superior e inferior de ICM, que visa limitar a pontuação máxima em cada item e também diminuir a variação na pontuação. O ICM do Produto B, por exemplo, pode variar de 0% a 140%, assim a pontuação obtida pela agência nesse item pode variar de 0% a 7% dos pontos.

Todos os itens são avaliados mensalmente e o desempenho neles impacta diretamente nos salários dos funcionários. Esse impacto ocorre através da soma total dos pontos obtidos em cada item. Na tabela 2.1 observamos que o total de pontos, caso todas as metas sejam cumpridas, é de 100%. No entanto essa pontuação pode variar para mais, no caso da agência superar as metas ou para menos no caso dela não conseguir atingi-las.

Os salários pagos aos funcionários possuem uma parte que depende exclusivamente desse resultado obtido com o programa. Por exemplo, se a remuneração variável de um funcionário corresponde a R\$ 1.000, e no final do mês a soma de pontos obtida com todos os itens (vide tabela 2.1) seja de 50% do total, esse funcionário receberá o valor de R\$ 500, caso ele consiga uma pontuação de 120%, ele receberá R\$ 1.200. Além desse impacto na remuneração variável, ao final de um ano, as agências que apresentaram melhor desempenho, recebem uma premiação especial.

2.2 Item “Campanhas”

O item de Campanhas, que corresponde a 10 % da pontuação total do programa de remuneração variável (vide tabela 2.1), é o responsável pela priorização de venda mensal dos produtos do banco. Portanto, quando o banco deseja focar a venda de algum produto, essa pontuação é utilizada para transmitir para as agências que a venda de determinado produto é mais importante e deve ser priorizada.

Esse item é o foco do trabalho a ser desenvolvido e verificamos por uma pesquisa realizada por uma consultoria contratada pelo banco que o item “campanhas” está entre os quatro fatores principais que os funcionários levam em consideração na hora de oferecer os produtos para os clientes. Ainda segundo essa pesquisa, os funcionários consideram mais importante que o produto oferecido gere pontos no programa de remuneração variável do que forneça comissão de venda para eles próprios.

Mecanismo de Cálculo do ICM do item de Campanhas

O ICM desse item é composto pelo desempenho nos produtos que serão priorizados em cada mês do ano. Portanto, todos os meses são escolhidos determinados produtos que provocarão um maior impacto na remuneração dos funcionários, sinalizando para as agências que elas devem ter prioridade nas vendas destes produtos.

Os produtos escolhidos podem fazer parte dos 20 itens que compõem a grade do programa de remuneração variável (vide tabela 2.1) ou também podem ser produtos específicos que não participam da grade.

A tabela 2.2

A seguir, apresenta-se um exemplo da grade de campanhas, utilizada para transmitir para às agências a importância de cada produto.

Grade de Campanhas do Mês X	
Produto A	50%
Produto B	30%
Produto C	20%

Tabela 2.2: Grade de Campanha

Portanto no mês X, o produto A receberá 50% do total de pontos destinados ao item de campanhas, indicando que dentre os três produtos priorizados nesse mês ele tem o maior peso na composição final do item.

Para exemplificar a situação descrita anteriormente, suponha que o item campanhas corresponda a 10 pontos da grade final, apresentada na tabela 2.1 e que os produtos A, B e C tiveram o desempenho apresentado na tabela 2.3.

Grade de Campanhas do Mês X	
Produto	ICM
Produto A	140%
Produto B	80%
Produto C	105%

Tabela 2.3: Exemplo de desempenho de ICM numa campanha

Neste caso o ICM final será composto pela multiplicação dos ponderadores da tabela 2.2 com o desempenho em seu respectivo item na tabela 2.3, este cálculo é dado por:

$$50\% \times 140\% + 30\% \times 80\% + 20\% \times 105\% = 115\%$$

Obtemos assim um ICM de 115% para o item campanhas, que no nosso exemplo fornecerá 11,5 pontos para a agência.

2.3 Definição do Problema

Atualmente, os fatores utilizados para a escolha dos produtos a serem priorizados mensalmente são o retorno financeiro que cada produto traz para o banco, o aumento na produção que é obtido com a priorização e também a opinião de executivos sobre qual o melhor momento do mercado para a sua comercialização. Por exemplo, se um produto possui um alto retorno financeiro e um grande aumento na produção nos períodos de campanha ele provavelmente será um dos principais produtos candidatos a participar das campanhas. No entanto, mesmo nos casos onde esses indicadores não são tão elevados, um produto pode ser elegível a participar da campanha dependendo da opinião dos executivos.

Outro fator importante é que no momento não existe uma previsão da quantidade de produto a serem vendidos no futuro, sendo considerada apenas as

informações recebidas pelos gestores de cada produto, que podem apresentar algumas imprecisões. Considerando esse cenário e as informações descritas anteriormente as campanhas são projetadas para o próximo ano.

A área na qual o autor trabalha não está certa quanto a eficiência do atual método e buscando implementar melhorias nesse processo está buscando um modelo quantitativo que indique para a empresa quais os produtos devem ser priorizados em cada mês e também qual o melhor mês para a sua priorização, considerando um período de tempo de 12 meses, visando assim otimizar o retorno financeiro obtido com o item campanhas.

Devido a necessidade de projetar quais campanhas serão realizadas, o modelo deverá utilizar um método que permita prever a demanda dos produtos a serem estudados, de forma a dar suporte para que o modelo realize a escolha da melhor grade.

Portanto o modelo a ser construído deve ter como base os fatores que já são utilizados atualmente, como o valor do retorno financeiro oferecido por cada produto e o aumento na produção obtido com a priorização. E também devem ser considerados novos fatores, como por exemplo, a projeção de vendas dos produtos, e demais itens que deverão ser estudados durante o desenvolvimento do trabalho, visando assim obter informações quantitativas que auxiliem o modelo na escolha da melhor alternativa.

3.Revisão Bibliográfica

3. Revisão Bibliográfica

Para a elaboração do modelo será necessário o estudo de determinados tópicos, como as técnicas de previsão de demanda, que serão utilizadas para estimar a produção dos produtos para períodos futuros, os erros de previsão, para avaliar a qualidade das previsões fornecidas pelo modelo escolhido e a programação linear que auxiliará na resolução do problema através da sua otimização.

3.1 Previsão de Demanda

No contexto econômico atual, onde a competição entre as empresas está cada vez mais acirrada, é de fundamental importância obter-se vantagem em relação aos demais. Para aumentar a vantagem competitiva comercial em um ambiente de constantes mudanças, os gestores de uma organização devem tomar a decisão correta no momento certo, com as informações que tiverem em mãos. Por esse motivo compreendendo melhor o comportamento do mercado no qual atua, os gestores podem prever os resultados de suas ações e se possível estar sempre um passo a frente de seus competidores.

Mesmo considerando a importância das previsões para as empresas, sua implementação ainda não é universal, isto é, existe uma lacuna entre o desenvolvimento teórico das técnicas de previsão e sua aplicação prática nas organizações.

Pelos motivos apresentados, o uso das técnicas de previsão pode ser fundamental para as empresas. Mas tão importante quanto o seu uso, está à necessidade de conhecimento e estudo dos métodos de previsão existentes, para se fazer uma adequada escolha das técnicas a utilizar.

As técnicas de previsão de demanda podem ser divididas em dois grandes blocos: os métodos Qualitativos e os métodos Quantitativos. Dentro de cada grupo, existem várias subdivisões que estão apresentadas na figura 3.1

Horizonte de Previsão

Os horizontes de previsão podem ser divididos em longo, médio ou curto prazo. As previsões de longo prazo correspondem a um período de cinco anos ou mais. As previsões de médio prazo são associadas a períodos de um a dois anos e finalmente as de curto prazo correspondem a um período de um a seis meses.

Os métodos qualitativos são mais utilizados para as previsões de longo prazo, já as previsões de médio e curto prazo estão mais associadas a métodos quantitativos.

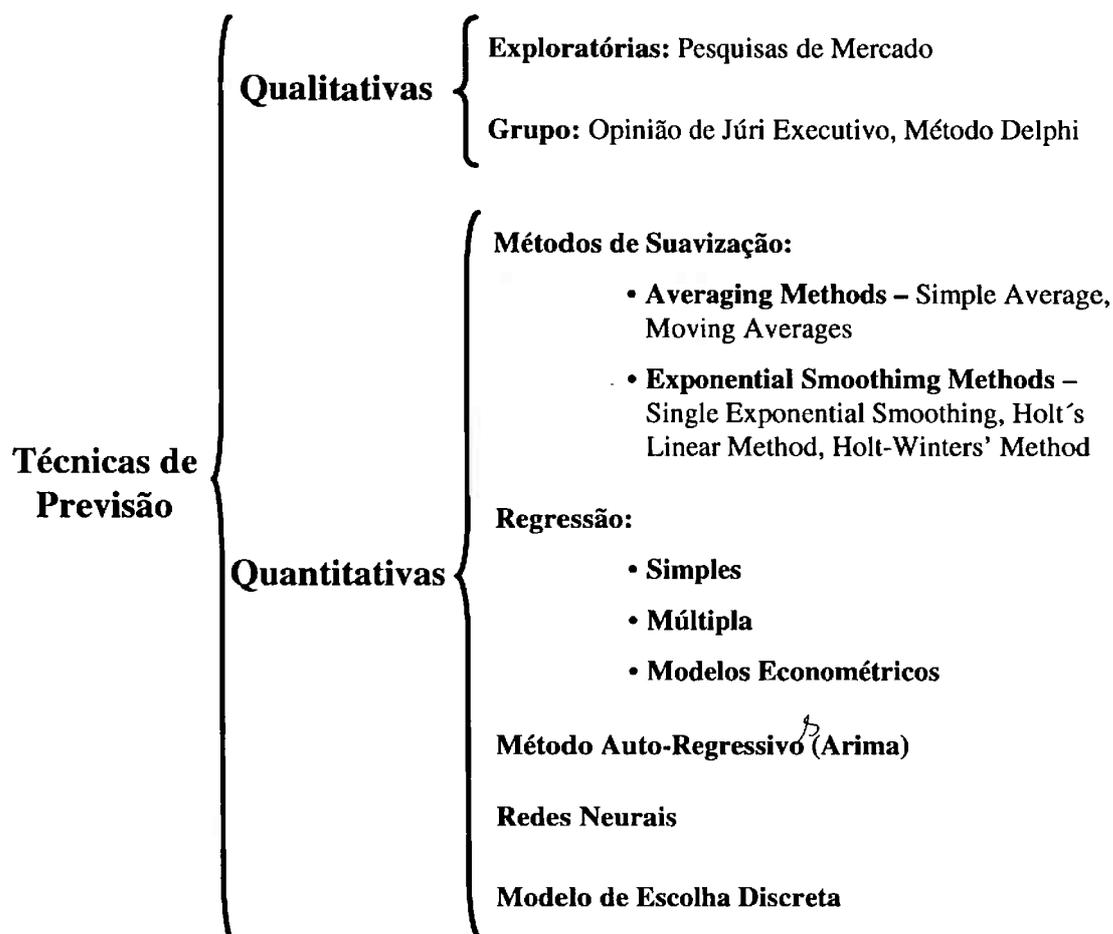


Figura 3.1: Divisão das Técnicas de Previsão de Demanda

3.1.1 Métodos Qualitativos

Os métodos qualitativos são técnicas baseadas em critérios utilizam ou fazem um uso muito pequeno de dados históricos ou quantitativos. As previsões são realizadas com base no conhecimento acumulado e julgamento de pessoas especialistas no assunto em questão ou treinadas para que adquiram a capacidade de opinar e participarem das decisões.

Segundo vários estudos, as empresas parecem estar mais a vontade com esse método do que com os métodos quantitativos, no entanto estudos mostram que os métodos qualitativos oferecem baixa acurácia, gerando grandes erros e conseqüentemente ocasionado distúrbios no planejamento e resultado final das operações (LUXHOJ et al. 1996).

Principais Métodos:

Métodos quantitativos usados em pesquisas de mercado

Pesquisa de Mercado – utilizada geralmente no lançamento de um novo produto ou quando os dados históricos não estiverem disponíveis

Delphi – Consiste no envio de formulário com questões sobre determinado assunto para especialistas, que serão revisados até que se alcance o consenso.

Júri de Executivos: Baseados na pesquisa de opinião junto a esse grupo sobre novas tendências, freqüentemente está aliado ao uso de técnicas quantitativas.

3.1.2 Métodos Quantitativos

Os métodos quantitativos são técnicas que com base na análise de dados históricos, realiza previsões para o futuro. A previsão quantitativa pode ser aplicada quando três condições estão presentes (MAKRIDAKIS et al, 1998):

- Existe informação sobre o passado.
- A informação pode ser quantificada na forma de dados numéricos.
- É possível assumir que alguns aspectos verificados no passado continuarão no futuro. Conhecido como pressuposto da continuidade, é uma premissa presente em todos os métodos quantitativos e em muitos qualitativos.

Na presença das condições enunciadas acima, podemos dividir o processo de previsão de demanda em 5 etapas básicas (MAKRIDAKIS et al, 1998):

- **Definição do problema:** A correta definição do problema é muito importante para a obtenção de sucesso no modelo de previsão. Outro fator importante é entender como o modelo de previsão será utilizado, quem o utilizará e também como ele se adapta com a organização.
- **Coleta de dados:** Obtenção das séries históricas de dados dos produtos a serem analisados.
- **Análise preliminar dos dados:** Realização de uma inspeção visual dos dados, procurando identificar tendências, sazonalidades, presença de *outliers*, entre outras informações que auxiliem na análise da série de dados.
- **Escolha do modelo:** Existem diversos métodos quantitativos de previsão que podem ser utilizados na previsão de demanda, mas cada modelo tem as suas vantagens e desvantagens que devem ser

avaliadas. Os principais métodos de previsão serão apresentados no decorrer deste trabalho.

- **Avaliação, Calibração e Validação do Modelo:** Consiste na avaliação do modelo utilizado, testes e análise dos erros gerados. É importante que o modelo seja testado e validado com as pessoas que passarão a utilizá-lo ou por aquelas que utilizarão os seus resultados e o modelo só poderá ser completamente aprovado quando forem realizadas previsões de períodos futuros e não somente dos dados históricos.

3.1.3 Principais Métodos Quantitativos

Notação utilizada nas fórmulas:

F_i = é o valor previsto para o período i ;

Y_i = é o valor observado no período i ;

t ; i = parâmetros que indicam o período de tempo;

k = número de períodos considerados;

α ; β ; γ = parâmetros utilizados nos modelos de suavização exponencial;

A_t ; M_t ; E_t = são valores auxiliares utilizados nos modelos de suavização exponencial;

s = tamanho do período de sazonalidade;

L_t = valor correspondente à média (nível) da série;

b_t = valor correspondente à tendência da série;

S_t = valor correspondente a sazonalidade da série;

e_t = erro de previsão no período t ;

m = número de meses a serem previstos;

3.1.3.1 Técnicas “Averaging”

Média Simples: esse método consiste em prever o valor do próximo período com base na média simples dos valores observados no período anterior.

$$F_{t+1} = \frac{1}{t} * \sum_{i=1}^t Y_i$$

Produz bons resultados no caso em que a série de dados possui comportamento estável. Não deve ser utilizado na previsão de séries que possuem tendência ou sazonalidade.

Média Móvel

Estima o valor do próximo período com base na média de um determinado número de períodos (k), referente aos períodos mais recentes. A cada nova observação uma nova média é gerada substituindo o valor observado mais antigo e incluindo o valor observado mais recente.

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} * \sum_{i=t-k+1}^t Y_i$$

Tem a capacidade de se adaptar a sazonalidade e a tendência melhor que a média simples, mas mesmo assim não possuem um bom desempenho na previsão de séries com essas características.

Existe uma variação nesse método, denominado de média móvel ponderada, que segue os mesmos princípios da média móvel, com a diferença de os valores observados no passado serem ponderados. Assim pode-se dar um maior peso aos valores mais recentes e conforme esses valores tornam-se obsoletos, esse ponderado vai diminuindo.

3.1.3.2 Métodos de Suavização Exponencial

Suavização Exponencial Simples

Esse método prevê o próximo período realizando um ajuste conforme o erro de previsão obtido entre a previsão do período anterior e o valor real observado. Portanto o erro de previsão do período passado é utilizado para corrigir a próxima previsão, na tentativa de diminuir o erro a ser observado.

Possui um bom desempenho no caso de séries que flutuam em torno de um valor base.

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

ou

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

onde α é uma constante entre 0 e 1.

A inicialização do modelo pode ser realizada considerando que $F_1 = Y_1$ ou através da média dos primeiros valores da série.

O valor de α possui grande influência na previsão nesse modelo, pois caso ele esteja próximo de 1, a nova previsão terá uma maior influência do erro de previsão observado no período anterior, caso contrário, essa influência será

pequena. Por esse motivo existem algumas formas de determinar o melhor valor para α .

Um dos métodos para determinar o parâmetro α é a simulação, através da otimização do erro quadrático médio (EQM), do erro percentual absoluto médio (EPAM) ou de algum outro parâmetro. Além dessa forma de determinar α , existe uma adaptação do método da suavização exponencial simples, onde o parâmetro α é modificado conforme as mudanças na série de dados vão ocorrendo. A fórmula utilizada nessa adaptação é a seguinte:

$$F_{t+1} = \alpha_t * Y_t + (1 - \alpha_t) * F_t$$

onde

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{A_t}{M_t} \right|$$

$$A_t = \beta * E_t + (1 - \beta) * A_{t-1}$$

$$M_t = \beta * |E_t| + (1 - \beta) * M_{t-1}$$

$$E_t = Y_t - F_t$$

onde β é uma constante entre 0 e 1.

Neste caso o valor de α é determinado pelo valor absoluto da divisão do erro suavizado pelo erro suavizado absoluto e como observamos, ele muda a cada nova previsão. O valor de β pode ser obtido por simulação, otimizando o valor dos erros obtidos.

Método de Holt

Esse método permite realizar boas previsões em séries de dados que apresentam tendência. Para o seu cálculo é necessário o uso de duas constantes de suavização (α e β , com valores entre 0 e 1) e três equações que serão apresentadas a seguir:

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

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

$$F_{t+m} = L_t + b_t * m$$

Como no método de suavização exponencial simples, os valos dos parâmetros α e β podem ser obtidos minimizando o valor do EQM ou do EPAM.

O método de Holt poder ser chamado também de suavização exponencial dupla e nos caso onde $\alpha = \beta$ o método é equivalente ao método de suavização exponencial dupla de Brown.

Comparando as medidas de acurácia do método de Holt com as do método de suavização exponencial simples, podemos verificar que a complexidade do método de Holt é justificada (MAKRIDAKIS et al, 1998).

Método de Holt-Winter

Os métodos descritos anteriormente apresentam um bom desempenho com a grande maioria das séries de dados, porém quando a série apresenta sazonalidade, eles não funcionam adequadamente. Nesses casos o método de Holt-Winter poder ser utilizado, com uma ótima performance.

O método de Holt-Winter consiste no uso de três equações, uma para tendência (b_t), outra para a estabilidade (L_t) e uma para a sazonalidade (S_t). Esse método apresenta duas formas, o aditivo e o multiplicativo que são utilizados conforme a sazonalidade é considerada.

Multiplicativo

$$L_t = \alpha * \left(\frac{Y}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha) * (L_{t-1} + b_{t-1})$$

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

$$S_t = \gamma * \left(\frac{Y}{L_t} \right) + (1 - \gamma) * S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t * m) * S_{t-s+m}$$

Como nos demais métodos de suavização é necessário a inicialização do modelo. No entanto o método de Holt-Winter, devido à sazonalidade, exige pelo menos um período completo para a sua utilização ser possível. As fórmulas utilizadas para a inicialização do modelo são:

$$L_s = \frac{1}{s} * (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_s)$$

$$b_s = \frac{1}{s} * \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right)$$

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}; S_2 = \frac{Y_2}{L_s}; \dots S_s = \frac{Y_s}{L_s}$$

Uma das formas de escolher os melhores parâmetros α , β e γ é através da minimização do EQM ou do EPAM, para isso podemos utilizar a otimização não-linear.

Aditivo

Essa forma de utilização do método de Holt-Winter é menos comum que a forma anterior. As equações utilizadas são:

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

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

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

$$F_{t+m} = (L_t + b_t * m) * S_{t-s+m}$$

A inicialização desse modelo procede como a apresentada no modelo multiplicativo, sendo a única diferença a forma de inicialização da equação referente à sazonalidade, que é iniciada da seguinte forma:

$$S_1 = Y_1 - L_s ; S_2 = Y_2 - L_s \dots S_s = Y_s - L_s$$

Modelos de Suavização Exponencial - Classificação de Pegels *ano?*

Uma forma que auxilia na escolha do modelo mais apropriado foi desenvolvida por Pegels. Ela é baseada numa classificação que considera a tendência e a sazonalidade da série e também se o modelo deve ser aditivo ou multiplicativo. Podemos observar essa classificação na figura 3.2:

Componente de Tendência	Componente de Sazonalidade		
	1 (nenhuma)	2 (aditivo)	3 (multiplicativo)
A (nenhuma)	Suavização Exponencial Simples		
B (aditivo)	Método de Holt	Método de Holt-Winter Aditivo	Método de Holt-Winter Multiplicativo

Figura 3.2: Classificação Tendência x Sazonalidade

Fonte: Adaptado de Makridakis et al (1998)

A classificação de Pegels permite alocar até nove modelos de suavização exponencial, todos eles descritos pelas equações de tendência, estabilidade e sazonalidade. A figura 3.2 mostra como os modelos de suavização exponencial, citados nesse trabalho, são classificados.

3.1.3.3 Métodos de Decomposição

Ao contrário das técnicas de suavização, que tentam distinguir entre os padrões e os erros nos dados através de uma medida média de valores anteriores, as técnicas de decomposição consideram o comportamento dos dados reais observados como uma função de determinados componentes. Os principais fatores usados normalmente são:

- **Sazonalidade:** Flutuações periódicas de comprimento constante. Isto é, em determinado período de tempo podem existir algum período onde, por exemplo, a produção é sempre maior.
- **Tendência:** Crescimento ou decaimento em um período longo de tempo. Por exemplo, a inflação de certos países, apesar de suas variações mês a mês, ela podem apresentar uma tendência de alta no decorrer do tempo.

- **Ciclicidade:** Padrões oscilatórios, que não apresentam relação com o componente sazonal. Não são necessariamente regulares, mas seguem certo padrão ao longo do tempo.
- **Componente Irregular:** fatores randômicos, imprevisíveis que afetam o comportamento da série.

A função do modelo de decomposição pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y_t = f(\text{sazonalidade, tendência, ciclicidade, componente irregular})$$

3.1.3.4 Métodos de Regressão (Métodos de Explicação)

Esse modelo apresenta outro conceito, onde a previsão é expressa como uma função de determinados fatores independentes, buscando descrever matematicamente as relações de causa e efeito entre a variável que está sendo medida e seus fatores explicativos. Por exemplo, podemos prever a demanda de computadores em função do crescimento da renda dos trabalhadores. Os três principais modelos de regressão são:

- **Regressão Simples:** Tem como objetivo desenvolver um modelo de regressão entre a variável dependente Y com uma única variável independente X . O modelo sugere que se estabelece uma relação linear entre essas duas variáveis.

Se existir uma associação essas variáveis, diz-se que há covariância positiva (ou negativa). Se não há associação entre as variáveis, a covariância é nula. Mas este valor depende da unidade de medida das variáveis. Para superar esta restrição, foi definida a correlação, que é uma medida pura, independente da escala. O coeficiente de correlação é

definido como a covariância dividida pelo produto dos desvios individuais:

$$\rho = \frac{\text{COV}_{xy}}{S_x * S_y}$$

valor absoluto

cor

0.9 < 0.8

Quanto maior o coeficiente de correlação, tanto negativo quanto positivo, mais forte a associação entre as variáveis.

No modelo de regressão simples, o comportamento da variável Y é descrito por meio da equação:

$$Y = a + b * X + er$$

onde a é a intersecção, b a inclinação e er representa o erro (o desvio entre a observação e a relação linear)

Neste caso os coeficientes a e b são calculados por:

$$\hat{b} = \frac{\text{COV}_{xy}}{S_x^2}$$

$$\hat{a} = \bar{Y} - b * \bar{X}$$

- **Regressão Múltipla:** Nesse modelo existe uma variável para ser prevista e duas ou mais variáveis explicativas. A forma geral do modelo é:

$$Y_1 = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k + er$$

Para que o modelo seja aplicável é necessário determinar os parâmetros $b_0 \dots b_k$. A principal forma de determinar esses valores é através da técnica dos mínimos quadrados.

O modelo de regressão simples é um caso particular desse modelo.

3.1.3.5 Método Autoregressivo (Arima)

O ARIMA (Autoregressive integrated moving average) é um dos possíveis modelos para fazer previsões. Dentro deste modelo encontramos casos particulares como o AR (Autoregressive), MA (Moving average) e o ARMA (Autoregressive moving average), que é uma combinação das duas primeiras e é um ARIMA para séries estacionárias.

- **Autoregressive (AR)**

O modelo auto regressivo é dado por:

$$R_t = \phi_0 + \phi_1 \cdot R_{t-1} + \phi_2 \cdot R_{t-2} + \dots + \phi_i \cdot R_{t-i} + \varepsilon_t, \text{ onde:}$$

R_t é o valor da série no período t

ϕ_i é o parâmetro no período i

ε_t é o erro aleatório do modelo no instante t (média zero e variância σ^2)

- **Moving Average (MA)**

O modelo de médias móveis é dado por:

$$R_t = \varphi_0 + \varphi_1 \cdot \varepsilon_{t-1} + \varphi_2 \cdot \varepsilon_{t-2} + \dots + \varphi_i \cdot \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_0, \text{ onde:}$$

R_t é o valor da série no período t

φ_i é o parâmetro no período i

ε_i é o erro aleatório do modelo no período i (média zero e variância σ^2)

- **Autoregressive Moving Average (ARMA)** *(t, t)*

$$R_t = \phi_0 + \phi_1 \cdot R_{t-1} + \phi_2 \cdot R_{t-2} + \dots + \phi_i \cdot R_{t-i} + \varphi_0 + \varphi_1 \cdot \varepsilon_{t-1} + \varphi_2 \cdot \varepsilon_{t-2} + \dots + \varphi_i \cdot \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_0, \text{ onde:}$$

R_t é o valor da série no período t

ϕ_i é o parâmetro no período i

φ_i é o parâmetro no período i

ε_i é o erro aleatório do modelo no período i (média zero e variância σ^2)

o ARIMA ?

Identificação do modelo

Uma das formas de identificação do modelo mais adequado é feita através das funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), proposto inicialmente por Box e Jenkins em 1972. A partir dos gráficos dos valores obtidos pelas funções de autocorrelação e autocorrelação parciais, podemos encontrar certos padrões que não só indicam se trata-se de um modelo AR, MA ou ARMA, mas também as ordens mais relevantes para o modelo.

M foi apontado

O Arima fornece ótimos resultados, mas também é um modelo complexo, o que pode ocasionar dificuldades em casos onde exista a necessidade de um número elevado de previsões.

3.2 Erros de Previsão

Os erros de previsão estão presentes em todos os modelos, por isso é de fundamental importância medir a acurácia dos modelos, pois muitas vezes ela é determinante na sua escolha, tratada como um critério de decisão. Outro fator importante é que o método de medição do erro possibilita o controle dos desvios entre o que foi previsto e o que realmente foi observado.

Existem diferentes formas de se apurar os erros de previsão e apresentaremos a seguir os métodos mais utilizados na literatura. De início temos que o erro de previsão é calculado da seguinte forma:

$$e_t = Y_t - F_t$$

Erro Médio (EM): Calculado pela média simples dos erros.

$$EM = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n e_t$$

O erro médio não é um método adequado pois os erros positivos e negativos anulam-se, não fornecendo assim um valor real.

Erro Absoluto Médio (EAM): Calculado pela média simples dos valores absolutos dos erros.

$$EAM = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n |e_t|$$

Uma das vantagens deste método é que o erro está expresso na mesma unidade da variável utilizada na previsão.

Erro Quadrático Médio (EQM): Calculado pela média simples do quadrado dos erros observados.

$$EQM = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n e_t^2$$

Uma das desvantagens deste método é a unidade do erro que está expressa na unidade da variável elevada ao quadrado. No entanto, este modelo penaliza fortemente os erros grandes, sendo adequado nos modelos que exigem essa característica.

Erro Percentual Médio (EPRM): Calculado pela média simples dos erros percentuais relativos.

$$EPRM = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{Y_t}$$

Apresenta o mesmo problema do erro médio, com a compensação entre os valores positivos e negativos.

Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM): Calculado pela média simples dos erros percentuais absolutos.

$$EPAM = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t}$$

Do ponto de vista do usuário, esse método de cálculo de erro apresenta um resultado de fácil entendimento pois 10% de EPAM é mais fácil de entender do que 245 de EQM. O ponto fraco deste método é quando se calculam erros de previsão em séries que apresentam valores zeros.

Esse erro também pode ser denominado como MAPE, que é a abreviação do seu nome em inglês "Mean Absolute Percentual Error".

3.3 Programação Linear (PL)

onde vai entrar umk??
OK

A programação linear é uma ferramenta utilizada para a resolução de problemas de otimização. O método mais conhecido, utilizado para a resolução desses problemas, é o Simplex, que foi desenvolvido em 1947 por George Dantzig. Desde que o algoritmo Simplex foi desenvolvido, 85% das empresas que pertencem a Fortune 500, utilizaram a programação linear e/ou técnicas de otimização (WINSTON, 1995).

Trata-se de uma ferramenta para o planejamento de atividades para a obtenção de um resultado ótimo, respeitando as alternativas viáveis. Em um problema de programação linear, geralmente, há algumas soluções viáveis, quando todas as restrições são satisfeitas, no entanto, na maioria dos problemas, existe apenas uma solução ótima.

Os problemas de programação linear são compostos pela função objetivo, onde se deseja maximizá-la, nos casos de lucros por exemplo, ou minimizá-la, nos casos de custos. As restrições também compõem os problemas de programação linear, pois caso elas não existissem, seria possível obter sempre o maior lucro ou o mínimo custo proporcionado pela função objetivo.

Por último temos as variáveis de decisão que compõem os problemas. Essas variáveis devem ser especificadas, informando se elas podem assumir tanto valores negativos como positivos e se somente valores inteiros ou fracionários.

Uma característica importante desses problemas é que pela definição de programação linear, os problemas não aceitam a multiplicação de variáveis de decisão. Portanto as funções e as restrições devem ser compostas por:

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = c_1 * X_1 + c_2 * X_2 + \dots + c_n * X_n$$

caso ocorra o seguinte caso:

$$f(X_1, X_2) = c_1 * X_1 * X_2 + c_2 * X_2, \text{ a função não é linear.}$$

Na figura 3.3, observamos as principais etapas para a construção de um modelo utilizando a programação linear, onde devemos definir as atividades que serão trabalhadas pelo modelo, os recursos que devem ser considerados e as suas respectivas quantidades disponíveis, o cálculo dos valores a serem utilizados como coeficientes, a determinação das condições externas e fatores que possam gerar restrições ao modelo e por último a formalização do modelo e a sua aplicação.



Figura 3.3: Passos para a Formulação de um PPL (adaptado de Goldberg, 2000)

Método Branch and Bound

Em muitos problemas práticos as variáveis de decisão somente fazem sentido quando assumem valores inteiros. Frequentemente é necessário alocar homens, equipamentos a atividades em quantidades inteiras (HILLIER e LIEBERMAN, 1995).

Esses problemas são tratados como Programação Linear Inteira, onde as variáveis de decisão assumirão valores inteiros, ou nos casos de problemas binários assumirão valores 0 ou 1.

Uma das técnicas aplicadas na resolução desse problema é o método de Branch-and-Bound. O termo branch refere-se ao fato de o método efetuar partições no espaço de soluções e o termo bound ressalta que a prova da otimidade da

Paria a fur

solução utiliza-se de limites calculados ao longo da enumeração (GOLDBARG e LUNA, 2000).

Esse método baseia-se na idéia de desenvolver uma enumeração inteligente dos pontos candidatos à solução ótima de um problema, subdividindo as soluções viáveis em diversos subconjuntos, obtendo-se um limite superior (maximização) ou inferior (minimização) para a função objetivo. Os subconjuntos que apresentarem limites superiores menores (no caso da maximização) do que o limite superior corrente no valor da função objetivo serão excluídos de futuras considerações. Novas subdivisões serão realizadas nos subconjuntos remanescentes até que a solução ótima seja encontrada.

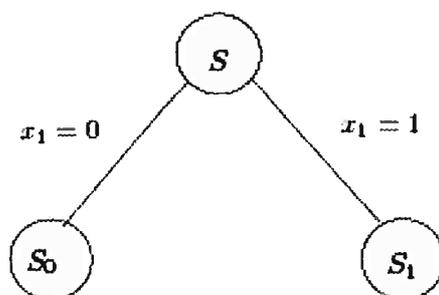


Figura 3.4: Funcionamento do método de Branch and Bound

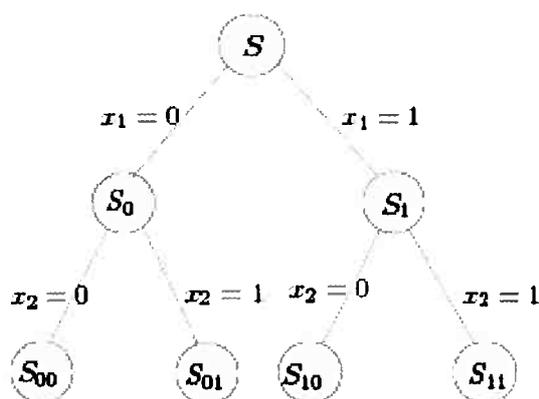


Figura 3.5: Desdobramento do método de Branch and Bound

3.4 Utilização no Modelo

Dentre todo o conteúdo apresentado é preciso selecionar os mais adequados e os que serão utilizados na construção do modelo proposto. Para auxiliar nessa escolha é preciso considerar a definição do problema descrita no item 2.3 e também algumas características iniciais que o modelo deve conter, como:

- Trabalhar com 14 produtos diferentes.
- Realizar a previsão de campanhas para um período de 12 meses.
- Possuir uma estimativa do erro gerado.
- Apresentar um resultado que possa ser quantificado pela empresa.
- Fornecer a melhor alternativa através de um método de programação linear capaz de trabalhar com variáveis binárias.

Método de Previsão

Uma das exigências do modelo é apresentar um resultado que possa ser quantificado, obrigando assim a utilização de um dos métodos quantitativos. Dentre as opções apresentadas, será utilizado o método de Holt-Winter, devido a alguns fatores.

- **Características dos Dados:** Devido a possível presença de sazonalidade nas séries de dados, o método de Holt-Winter é o mais apropriado pois apresenta bons recursos para lidar com essa situação, além de considerar as demais características nas séries de dados, como a tendência e a estabilidade.
- **Acurácia:** O método de Holt-Winter apresenta uma ótima performance, segundo a literatura (MAKRIDAKIS, 1998), o que é de extrema importância para o modelo a ser desenvolvido.
- **Complexidade:** Apesar de ser um método composto por quatro equações e de certa complexidade, o método de Holt-Winter apresenta uma relação de “custo-benefício” melhor que os demais

métodos com uma performance parecida com a sua. É o caso do **ARIMA** que é um método que apresenta uma ótima performance, mas também uma grande complexidade, o que dificultaria a realização da previsão de diversos itens, como a que acontecerá no desenvolvimento do modelo em questão.

para??

Erro de Previsão

Para a elaboração das previsões será utilizada como medida de erro o EPAM. A escolha deve-se a algumas características desse método de mensurar o erro, entre elas, está o fato do fácil entendimento do valor fornecido e o seu cálculo que permite que todos os erros fornecidos pelo modelo de projeção sejam computados.

Método de Otimização

Pelas características do modelo a ser desenvolvido, utilizaremos o método de Branch and Bound para a sua otimização. Esse método adapta-se ao caso em questão, pois atende aos requisitos do nosso problema que é o uso de variáveis inteiras e binárias, solucionando assim problemas de programação linear.

Software Utilizado

Para a resolução do modelo proposto usaremos o software What's Best, que é um programa que trabalha junto ao Excel, permitindo o uso das planilhas e dos seus recursos. Esse programa é capaz de solucionar problemas de programação linear, não linear e inteira, com ótima eficiência até mesmo em problemas de grande extensão.

Devido às características citadas anteriormente e por ter uma interface amigável, de fácil entendimento e utilização, o software What's Best é um dos mais apropriados para ser utilizado no desenvolvimento do trabalho.

4. Desenvolvimento do Modelo

4. Desenvolvimento do Modelo

Conforme descrito anteriormente, devido ao fato de os dados serem confidenciais, os nomes dos produtos serão substituídos pelas letras do alfabeto (A, B...) e os dados apresentados estão codificados.

Para melhorar o entendimento do trabalho e devido ao grande número de produtos, utilizaremos nos itens a seguir, como exemplo, os produtos D e E. Os demais produtos encontram-se em anexo.

4.1 Metodologia Utilizada

Conforme descrito no capítulo 2, o modelo construído deve indicar para a empresa quais os melhores meses do ano para a realização das campanhas de determinados produtos, isto é, em quais meses do ano cada produto deve ser focado de forma a apresentar um melhor desempenho. Para atingir esse objetivo ele deve seguir os seguintes passos:

- Analisar a demanda de cada produto, simulando o aumento de produtividade que ocorre devido a priorização (campanha).
- Incorporar o retorno financeiro de cada produto a sua respectiva demanda prevista mensal.
- Com base nesses dados o modelo criará um ranking com as campanhas que apresentem um melhor retorno financeiro em cada mês.
- Escolherá em cada mês um determinado número de campanhas a serem realizadas.

No final, o modelo fornecerá uma grade com a previsão das campanhas para os próximos 12 meses, que maximize o resultado financeiro gerado pela priorização dos produtos.

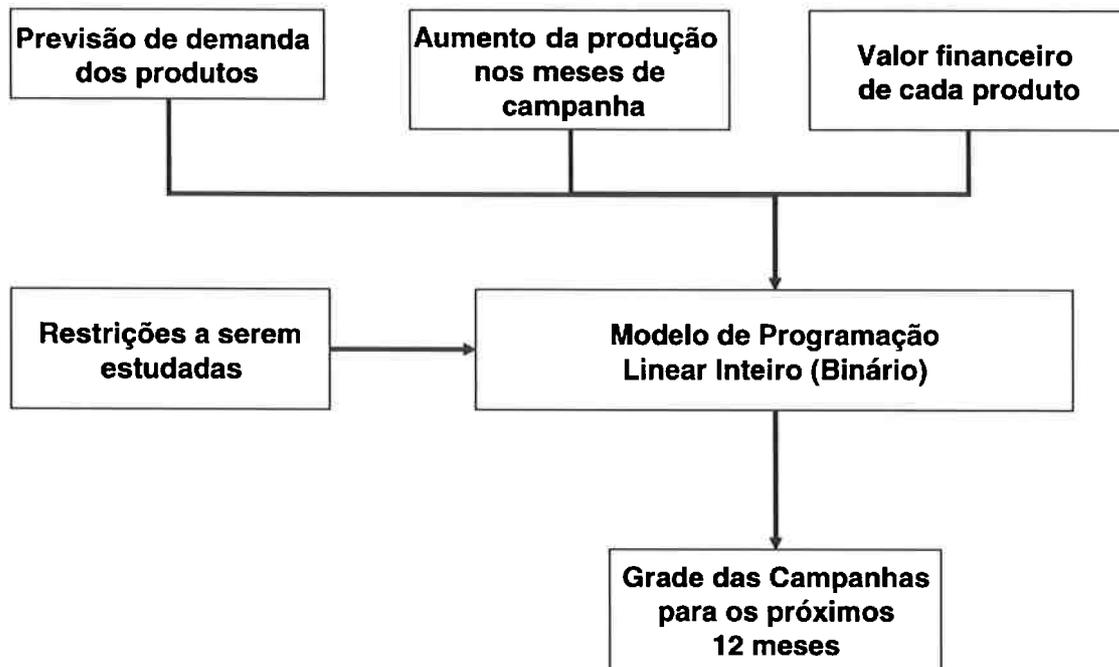


Figura 4.1: Fluxo de Informações necessárias para o modelo

Para obter o resultado desejado, é importante alimentar o modelo com as informações mostradas na figura 4.1:

- **Previsão de Demanda:** É necessário para o modelo ter a previsão da demanda normal, sem o efeito das campanhas, de todos os produtos elegíveis a priorização por um período de 12 meses.
- **Constantes Utilizadas:** No modelo serão consideradas duas constantes que já vinham sendo utilizadas anteriormente, que são o valor de retorno financeiro que cada produto traz para a empresa e o aumento de produção nos meses nos quais os produtos são priorizados em relação a um mês sem priorização.
- **Restrições:** O modelo em questão apresenta algumas restrições, que a própria empresa determina e outras que foram estudadas visando obter um melhor desempenho do modelo como um todo.

Com todas os dados disponíveis, utilizaremos o software What's Best, que utiliza o método de Branch and Bound, baseado na programação linear com inteiros, para obtermos a solução que maximize o retorno para a empresa.

4.2 Previsão de Demanda dos Produtos

O método de Holt-Winter para utilizar todos os dados fazer

Conforme descrito no item 3.4, a previsão de demanda dos produtos será realizada baseada no método de Holt-Winter, portanto todos os produtos devem possuir um histórico de no mínimo 1 ano, pois estamos tratando com a sazonalidade anual. Outro fator importante para que o método escolhido apresente um bom desempenho, é que a série de dados a ser utilizada não apresente problemas, como outliers ou outros fatores que possam distorcer os resultados. Assim é necessário uma análise inicial dos dados coletados para a sua posterior utilização no algoritmo.

4.2.1 Coleta e Análise dos Dados

Foram coletadas as demandas mensais, desde o ano de 2003 ~~e~~ 2004 (dependendo da disponibilidade dos dados), de todos os 14 produtos que serão analisados pelo modelo. Os dados referentes aos produtos D e E encontram-se nas tabelas a seguir:

Produto D					
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/04	48.910	jan/05	56.836	jan/06	46.011
fev/04	21.173	fev/05	35.611	fev/06	25.851
mar/04	28.613	mar/05	36.591	mar/06	26.485
abr/04	42.311	abr/05	50.226	abr/06	34.666
mai/04	28.516	mai/05	30.464	mai/06	26.650
jun/04	27.814	jun/05	35.094	jun/06	26.209
jul/04	28.325	jul/05	29.853		
ago/04	28.254	ago/05	32.844		
set/04	48.303	set/05	50.273		
out/04	30.237	out/05	28.663		
nov/04	30.085	nov/05	27.408		
dez/04	36.259	dez/05	31.337		

 Indica que nesse mês houve campanha

Tabela 4.1: Produção mensal do Produto D

Produto E							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	62.273	jan/04	39.116	jan/05	32.331	jan/06	33.491
fev/03	48.392	fev/04	28.967	fev/05	24.282	fev/06	24.668
mar/03	10.967	mar/04	12.693	mar/05	13.159	mar/06	13.194
abr/03	12.632	abr/04	12.375	abr/05	11.282	abr/06	11.530
mai/03	10.382	mai/04	11.258	mai/05	11.606	mai/06	14.271
jun/03	13.342	jun/04	12.065	jun/05	12.828	jun/06	13.726
jul/03	13.814	jul/04	12.959	jul/05	12.998		
ago/03	14.402	ago/04	42.206	ago/05	13.333		
set/03	69.742	set/04	14.171	set/05	41.311		
out/03	13.888	out/04	14.827	out/05	12.574		
nov/03	13.861	nov/04	15.415	nov/05	12.680		
dez/03	11.919	dez/04	12.360	dez/05	11.094		

Indica que nesse mês houve campanha

Tabela 4.2: Produção mensal do Produto E

Ajuste de Calendário

Observando os dados da tabela 4.1 e 4.2, verificamos que elas contêm a produção mensal dos produtos. Esse fato pode ocasionar distorções no modelo, pois a produção de cada mês está diretamente ligada com o número de dias úteis disponíveis. Assim meses que possuem um maior número de dias úteis provavelmente apresentarão uma produção maior, mas não necessariamente a sua produção diária será maior.

Portanto esse efeito deve ser retirado dos dados, através da divisão da produção mensal pelo número de dias úteis do mês em questão. Assim passaremos a trabalhar com a produção por dia útil (DU) ao invés da produção mensal.

↓
 pouco foi
 resolvido
 muito

Produto D				Produto E			
Meses	Produção Original	Dias Úteis (DU)	Produção por DU	Meses	Produção Original	Dias Úteis (DU)	Produção por DU
jan/04	48.910	20	2.445	jan/03	62.273	20	3.114
fev/04	21.173	18	1.176	fev/03	48.392	18	2.688
mar/04	28.613	20	1.431	mar/03	10.967	20	548
abr/04	42.311	21	2.015	abr/03	12.632	21	602
mai/04	28.516	20	1.426	mai/03	10.382	20	519
jun/04	27.814	22	1.264	jun/03	13.342	22	606
jul/04	28.325	21	1.349	jul/03	13.814	21	658
ago/04	28.254	22	1.284	ago/03	14.402	22	655
set/04	48.303	23	2.100	set/03	69.742	23	3.032
out/04	30.237	20	1.512	out/03	13.888	20	694
nov/04	30.085	21	1.433	nov/03	13.861	21	660
dez/04	36.259	21	1.727	dez/03	11.919	21	568
jan/05	56.836	21	2.706	jan/04	39.116	21	1.863
fev/05	35.611	17	2.095	fev/04	28.967	17	1.704
mar/05	36.591	23	1.591	mar/04	12.693	23	552
abr/05	50.226	20	2.511	abr/04	12.375	20	619
mai/05	30.464	21	1.451	mai/04	11.258	21	536
jun/05	35.094	21	1.671	jun/04	12.065	21	575
jul/05	29.853	22	1.357	jul/04	12.959	22	589
ago/05	32.844	22	1.493	ago/04	42.206	22	1.918
set/05	50.273	21	2.394	set/04	14.171	21	675
out/05	28.663	20	1.433	out/04	14.827	20	741
nov/05	27.408	21	1.305	nov/04	15.415	21	734
dez/05	31.337	22	1.424	dez/04	12.360	22	562
jan/06	46.011	21	2.191	jan/05	32.331	21	1.540
fev/06	25.851	18	1.436	fev/05	24.282	18	1.349
mar/06	26.485	22	1.204	mar/05	13.159	22	598
abr/06	34.666	20	1.733	abr/05	11.282	20	564
mai/06	26.650	21	1.269	mai/05	11.606	21	553
jun/06	26.209	22	1.191	jun/05	12.828	22	583
				jul/05	12.998	21	619
				ago/05	13.333	23	580
				set/05	41.311	21	1.967
				out/05	12.574	20	629
				nov/05	12.680	20	634
				dez/05	11.094	22	504
				jan/06	33.491	22	1.522
				fev/06	24.668	18	1.370
				mar/06	13.194	23	574
				abr/06	11.530	18	641
				mai/06	14.271	22	649
				jun/06	13.726	21	654

Tabela 4.3: Produção dos Produtos D e E corrigidas pelo calendário

Efeito das campanhas

→ estão assim malodas os meses de campanha!!!

Outro fator que influencia os dados coletados são as campanhas. Observando a produção diária apresentada na tabela 4.3 e no gráfico 4.1, percebemos que nos meses de campanha a produção tem um aumento considerável que precisa ser corrigido.

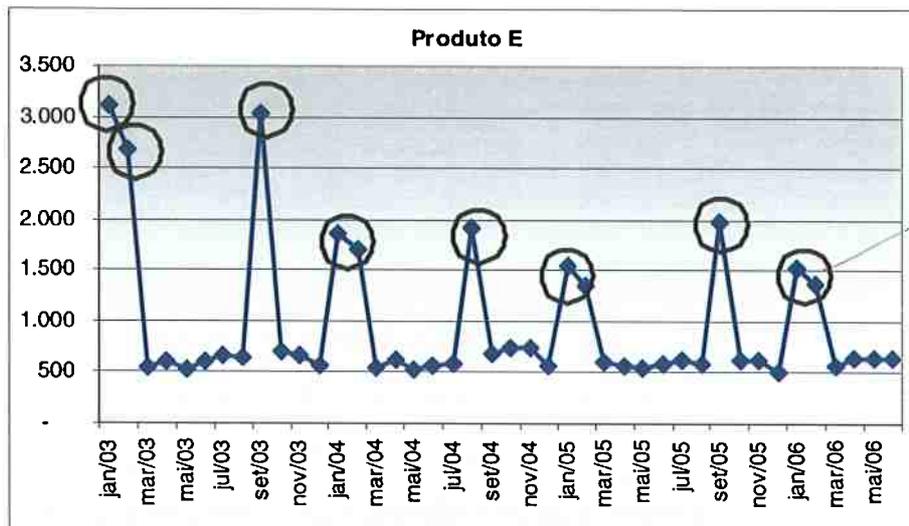


Gráfico 4.1: Produção diária do Produto E

Essa correção será feita através da substituição dos valores da produção nos meses nos quais foram realizadas as campanhas por valores obtidos através da metodologia descrita a seguir.

Metodologia de Substituição dos Dados – Meses de Campanha

A substituição dos dados será realizada baseada no procedimento de retirada do efeito de priorização, que ocasiona um aumento das vendas dos produtos priorizados. Esse efeito será chamado a partir de agora de Delta Campanha.

Portanto, a produção diária dos meses nos quais foram realizadas as campanhas serão substituídas pelo valor da produção obtida naquele mês, dividida pelo delta campanha médio do respectivo ano.

Para obtermos o delta campanha médio anual é necessário primeiramente calcularmos os deltas campanhas mensais, que são obtidos dividindo-se a produção do mês em questão pela média de produção dos meses sem campanha no respectivo ano. Como exemplo, temos os dados na tabela 4.4 referente a produção do produto D no ano de 2004, para obtermos o valor do delta campanha do mês de janeiro/04 realizamos os seguintes cálculos:

$$\text{Delta Campanha Jan/04} = \frac{2.445}{\text{media}(1.176, 1.431, 1.426, 1.264, 1.349, 1.284, 1.512, 1.433, 1.727)} = 1,75$$

Produto D		
Meses	Produção Original	Delta Campanha
jan/04	2.445	1,75
fev/04	1.176	
mar/04	1.431	
abr/04	2.015	1,44
mai/04	1.426	
jun/04	1.264	
jul/04	1.349	
ago/04	1.284	
set/04	2.100	1,50
out/04	1.512	
nov/04	1.433	
dez/04	1.727	
Delta Campanha Médio		1,56

$\sum_{i \in A} P_i$
 número de itens de outra fonte

Tabela 4.4: Delta de Campanha Médio - 2004

Após o cálculo de todos os deltas campanhas mensais, o delta campanha médio será obtido através da média dos deltas campanha de cada mês no período de 1 ano. Como exemplo, temos novamente os dados da tabela 4.4, para obtermos o valor do delta campanha médio do ano de 2004 realizamos os seguintes cálculos:

$$\text{Delta Campanha Médio 2004} = \frac{1,75 + 1,44 + 1,50}{3} = 1,56$$

A produção dos meses nos quais houve campanha deve então ser corrigida baseada no delta campanha médio obtido. Como exemplo, observe o dado referente ao mês de janeiro/04. A produção com o efeito da campanha neste mês foi de 2.445 produtos, com a correção esse valor será substituído por 1.566, resultado da divisão de 2.445 pelo índice de 1,56 ($2.445/1,56 = 1.566$).

Realizando as substituições nos produtos D e E, obtemos:

Produto D					
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/04	1.566	jan/05	1.638	jan/06	1.424
fev/04	1.176	fev/05	2.095	fev/06	1.436
mar/04	1.431	mar/05	1.591	mar/06	1.204
abr/04	1.290	abr/05	1.520	abr/06	1.126
mai/04	1.426	mai/05	1.451	mai/06	1.269
jun/04	1.264	jun/05	1.671	jun/06	1.191
jul/04	1.349	jul/05	1.357		
ago/04	1.284	ago/05	1.493		
set/04	1.345	set/05	1.449		
out/04	1.512	out/05	1.433		
nov/04	1.433	nov/05	1.305		
dez/04	1.727	dez/05	1.424		

Tabela 4.5: Produção diária do Produto D corrigida do efeito da campanha

Produto E							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	647	jan/04	632	jan/05	556	jan/06	662
fev/03	559	fev/04	578	fev/05	487	fev/06	596
mar/03	548	mar/04	552	mar/05	598	mar/06	574
abr/03	602	abr/04	619	abr/05	564	abr/06	641
mai/03	519	mai/04	536	mai/05	553	mai/06	649
jun/03	606	jun/04	575	jun/05	583	jun/06	654
jul/03	658	jul/04	589	jul/05	619		
ago/03	655	ago/04	651	ago/05	580		
set/03	630	set/04	675	set/05	711		
out/03	694	out/04	741	out/05	629		
nov/03	660	nov/04	734	nov/05	634		
dez/03	568	dez/04	562	dez/05	504		

Tabela 4.6: Produção diária do Produto E corrigida do efeito da campanha

Os dados coletados dos demais produtos e as suas respectivas análises encontram-se nos Anexos 1 e 2.

4.2.2 Previsão

Após a análise de dados realizada no item 4.2.1, o método de Holt-Winter pode ser aplicado para a previsão de demanda dos produtos. As previsões serão realizadas a partir do mês de junho/06, com um horizonte de tempo de 12 meses.

O modelo foi construído utilizando-se o software EXCEL, onde foram inseridas as equações do método de Holt-Winter Aditivo e também o método de inicialização do modelo descritos no item 3.1.3.2.

Para a obtenção dos valores de α , β e γ foi utilizado o Solver do Excel, com o objetivo de minimizar o EPAM referente à média dos últimos 10 meses, visando assim obter uma curva que melhor represente o comportamento do produto e conseqüentemente um menor erro fornecido pelo algoritmo. O período de 10 meses foi escolhido visando dar maior importância ao comportamento mais recente da curva.

Os resultados obtidos com a previsão do produto D e E encontram-se a seguir,

*nas tabelas 4.7
e 4.8*

Produto D

Produto D	
Mês	Produção / DU
jan/06	1.424
fev/06	1.436
mar/06	1.204
abr/06	1.126
mai/06	1.269
jun/06	1.191
jul/06	1.254
ago/06	1.239
set/06	1.305
out/06	1.471
nov/06	1.415
dez/06	1.720
jan/07	1.614
fev/07	1.325
mar/07	1.424
abr/07	1.308
mai/07	1.448
jun/07	1.348

Produção Real
 Produção Prevista

Tabela 4.7: Previsão da Produção do Produto D por dia útil (DU)

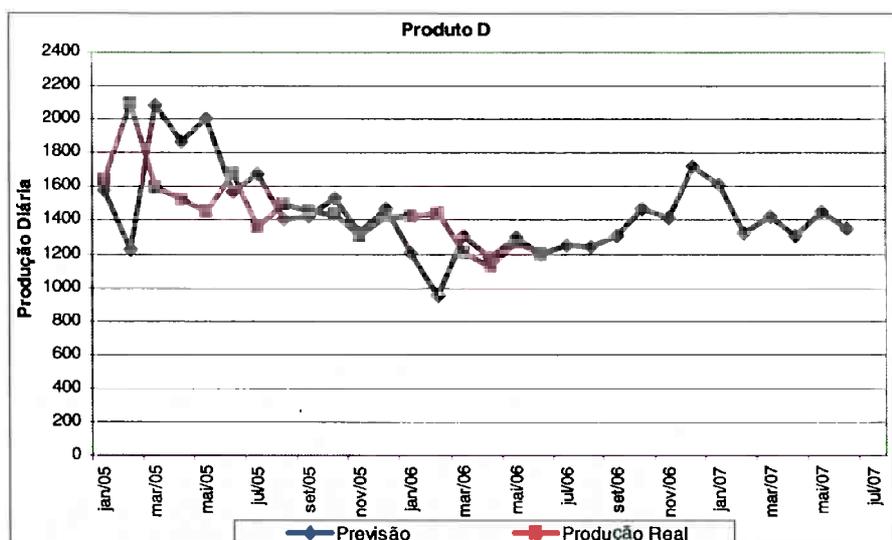


Gráfico 4.2: Comparação Previsão x Produção Real do Produto D

Esses valores foram obtidos utilizando-se as seguintes constantes no método de Holt-Winter:

Alpha	Beta	Gama
0,33	0,66	0,15

O EPAM referente à média dos últimos 10 meses, obtido pelo algoritmo, foi de 7,67% (vide tabela 4.8), considerado pela literatura como um desvio aceitável.

Produto D			
Mês	Produção Original	Produção Prevista	EPAM (%)
set/05	1.449	1.423	1,81
out/05	1.433	1.528	6,64
nov/05	1.305	1.322	1,33
dez/05	1.424	1.467	2,96
jan/06	1.424	1.204	15,41
fev/06	1.436	955	33,47
mar/06	1.204	1.300	7,99
abr/06	1.126	1.181	4,87
mai/06	1.269	1.292	1,81
jun/06	1.191	1.197	0,46
EPAM Médio			7,67

alto

Tabela 4.8: Erro de Previsão do Produto D

Produto E

Produto E	
Mês	Produção / DU
jan/06	662
fev/06	596
mar/06	574
abr/06	641
mai/06	649
jun/06	654
jul/06	694
ago/06	699
set/06	725
out/06	750
nov/06	731
dez/06	604
jan/07	697
fev/07	615
mar/07	621
abr/07	664
mai/07	607
jun/07	656

Produção Real
 Produção Prevista

Tabela 4.9: Previsão da Produção do Produto E por dia útil (DU)

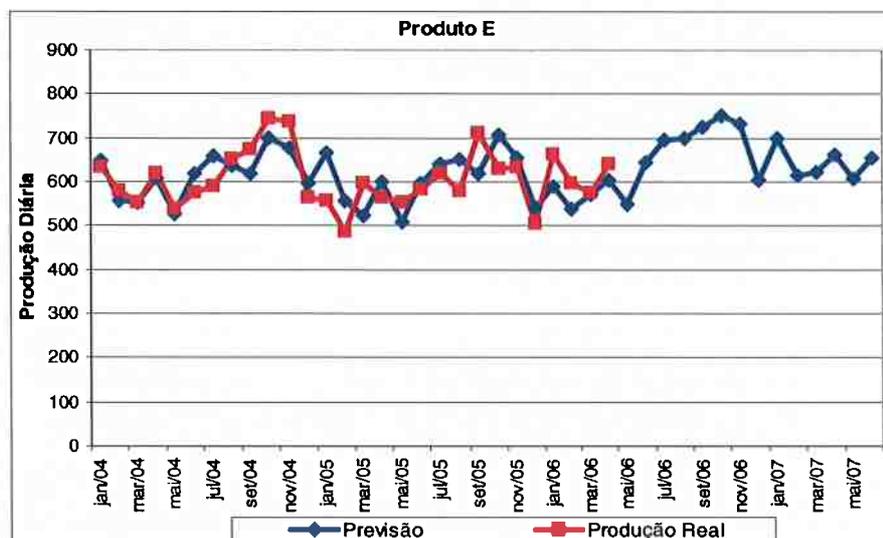


Gráfico 4.3: Comparação Previsão x Produção Real do Produto E

Esses valores foram obtidos utilizando-se as seguintes constantes no método de Holt-Winter:

Alpha	Beta	Gama
0,27	0,00	0,31

O EPAM referente à média dos últimos 10 meses, obtido pelo algoritmo, foi de 7,98%, conforme observado na tabela 4.10.

Produto E			
Mês	Produção Original	Produção Prevista	EPAM (%)
set/05	711	618	13,05
out/05	629	704	12,05
nov/05	634	655	3,24
dez/05	504	541	7,36
jan/06	662	588	11,25
fev/06	596	538	9,76
mar/06	574	572	0,31
abr/06	641	605	5,62
mai/06	649	548	15,59
jun/06	654	643	1,60
EPAM Médio			7,98

Tabela 4.10: Erro de Previsão do Produto E

Os cálculos referentes às previsões apresentadas, bem como as previsões realizadas para os demais produtos encontram-se no anexo 3.

Como as previsões realizadas encontram-se em produção por dia útil, devemos transformá-las novamente para produção mensal, multiplicando pelo respectivo número de dias úteis dos meses previstos. Após essa etapa, os dados estão prontos para serem utilizados no modelo de otimização.

Produto	Produção por Dia Útil											
	jul/06	ago/06	set/06	out/06	nov/06	dez/06	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07
A	2.520	2.622	2.737	2.657	2.648	2.454	2.459	2.721	2.646	2.700	2.752	2.958
B	935	1.046	1.022	1.068	1.103	967	1.001	1.322	933	1.006	852	904
C	1.018	1.139	1.209	1.246	1.175	826	1.071	1.314	1.261	1.378	1.449	1.306
D	1.254	1.239	1.305	1.471	1.415	1.720	1.614	1.325	1.424	1.308	1.448	1.348
E	694	699	725	750	731	604	697	615	621	664	607	656
F	97	97	112	90	127	112	161	118	98	118	132	115
G	826	794	700	824	847	753	825	1.071	964	930	965	1.028
H	303	241	215	198	266	208	191	225	193	213	227	228
I	283	288	228	247	244	248	185	210	168	184	164	185
J	16	21	22	22	20	17	21	20	16	16	15	16
L	48	47	40	38	37	36	29	33	30	35	30	31
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N	856	1.030	896	923	1.039	1.092	1.127	1.059	960	937	944	887
O	578	538	593	645	681	667	703	655	667	589	612	614

Tabela 4.11: Previsão da produção por dia útil de todos os produtos

Produto	Produção Mensal Prevista											
	jul/06	ago/06	set/06	out/06	nov/06	dez/06	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07
A	52.913	60.298	54.745	55.795	52.953	49.082	51.631	48.984	58.214	54.010	60.544	59.157
B	19.626	24.056	20.446	22.428	22.059	19.330	21.012	23.789	20.523	20.115	18.741	18.074
C	21.375	26.200	24.189	26.157	23.509	16.529	22.481	23.646	27.752	27.555	31.879	26.110
D	26.326	28.505	26.109	30.888	28.306	34.407	33.891	23.843	31.321	26.161	31.865	26.965
E	14.581	16.087	14.497	15.756	14.614	12.085	14.643	11.067	13.662	13.279	13.359	13.122
F	2.032	2.239	2.244	1.896	2.540	2.246	3.377	2.126	2.165	2.363	2.911	2.306
G	17.353	18.253	14.009	17.311	16.943	15.052	17.328	19.282	21.213	18.599	21.235	20.565
H	6.367	5.546	4.305	4.167	5.327	4.154	4.002	4.057	4.250	4.253	4.990	4.563
I	5.945	6.633	4.552	5.191	4.871	4.957	3.888	3.773	3.704	3.682	3.612	3.692
J	337	486	447	458	400	336	444	354	344	316	337	325
L	1.013	1.088	794	790	735	729	616	591	652	697	661	625
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N	17.974	23.884	17.928	19.385	20.776	21.835	23.667	19.068	21.129	18.733	20.758	17.733
O	12.144	12.379	11.854	13.536	13.624	13.335	14.764	11.792	14.666	11.787	13.462	12.289

Tabela 4.12: Previsão da produção mensal de todos os produtos

4.2.3 Produção Adotada no Produto M

continua sendo 1
OK

Como é possível observar nas tabelas 4.11 e 4.12 a produção do Produto M aparece com o valor de 1 unidade em todos os meses previsto. Esse fato ocorre pois este produto não apresenta produção no período fora de campanha, trata-se portanto, de um produto cuja venda é realizada exclusivamente no período de campanha.

Para manter a funcionalidade do modelo foi adotado o valor unitário. Isto porque um dos princípios de funcionamento do modelo, que será explicado posteriormente, consiste na multiplicação do delta campanha pela produção mensal do produto e caso fosse implantada a produção de zero unidade, o modelo não funcionaria, impedindo de considerar a produção no período de campanha.

Portanto consideramos o valor de 1 unidade na produção mensal e o valor de sua produção no período de campanha como se fosse o seu delta campanha (que será explicado mais adiante no item 4.4). O valor do delta campanha foi calculado utilizando o valor médio do histórico de produção das últimas três campanhas realizadas, que forneceu o valor de 12.300 unidades.

Produção do Produto M - Últimas Campanhas	
ago/05	11.680
dez/05	12.850
mar/06	12.370
Média	12.300

Tabela 4.13: Produção do Produto M – Campanhas Passadas

O valor de 1 unidade adotado não influencia no resultado final fornecido pelo modelo, já que proporcionalmente esse valor é muito inferior a sua produção média e também o seu valor financeiro que será acrescentado no final não tem significado quando comparado ao volume financeiro total obtido com todos os demais produtos.

Para a fim

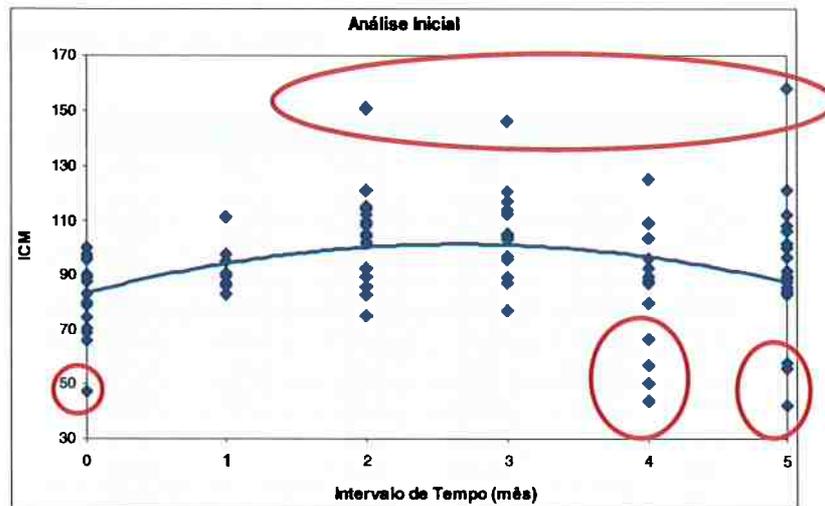
4.3 Estudo das Restrições

Período de Carência entre Campanhas

Um dos fatores citados pela rede de agência e também uma preocupação do setor é identificar qual o melhor intervalo de tempo entre duas campanhas iguais. A repetição na seqüência de uma mesma campanha pode esgotar a base de clientes potenciais, não permitindo o mesmo desempenho que uma campanha que tenha um intervalo de tempo maior.

Para realizar essa análise utilizaremos o ICM, por ser um índice que permite a comparação de desempenho entre todas as campanhas. Para a análise foram reunidos todos os ICMs das campanhas dos produtos em questão desde 2003 até junho de 2006 e esses ICMs foram separados conforme o intervalo de campanha a que eles pertencem. Por exemplo, caso exista campanha do produto A no mês de junho e outra campanha do mesmo produto no mês de agosto, o ICM referente ao mês de agosto será alocado no grupo de ICMs de campanhas com 1 mês de intervalo. Portanto foram criados 6 grupos de intervalo de tempo que varia do 0 (sem intervalo) até o 5, onde se encontram as campanhas com 5 ou mais meses

de intervalo. Antes de utilizar os dados obtidos, devemos analisá-los para verificar a existência de possíveis outliers que possam prejudicar ou distorcer os resultados da análise.



com o me
grupos
de 4

Gráfico 4.4: ICMs das Campanhas – Outliers Geral

Observamos que alguns pontos fogem do comportamento normal de todos os demais e devem ser desconsiderados da análise. Após a retirada desses pontos, devemos analisar se existem pontos, dentro de cada grupo, com comportamento que não se enquadram com os demais pontos do grupo.

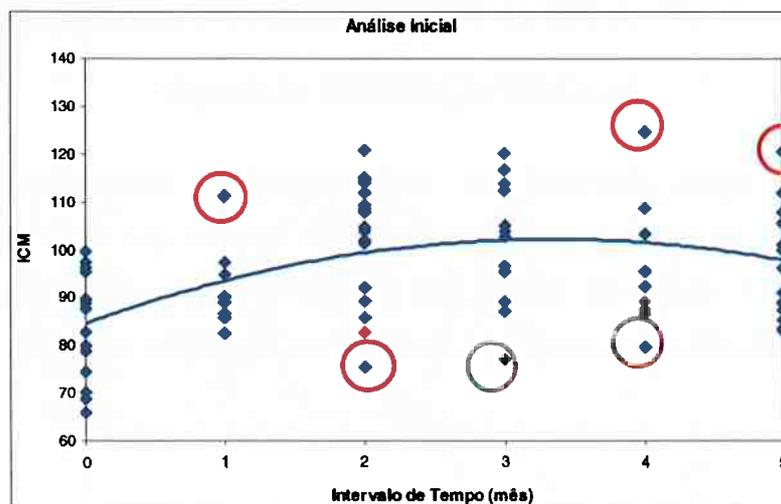


Gráfico 4.5: ICMs das Campanhas – Outliers Grupos

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	2 meses	0 mês
Média	103,98	83,80
Variância	126,67	128,50
Observações	16,00	14,00
Hipótese da diferença de média	13,10	
gl	27,00	
Stat t	1,71	
P(T<=t) uni-caudal	0,05	
t crítico uni-caudal	1,70	
P(T<=t) bi-caudal	0,10	
t crítico bi-caudal	2,05	

Tabela 4.16: Teste diferença de médias entre o grupo 0 e Grupo 2 meses

Observamos na tabela 4.16 que o ICM das campanhas realizadas com intervalo de 2 meses possui uma diferença de 13,1 a mais que as campanhas realizadas sem intervalo. A diferença entre as do grupo de 1 e 2 meses de intervalo é de 8,1 pontos, já a diferença entre as do grupo de 2 e 3 meses não existe, sendo assim, o ICM de uma campanha realizada com 2 meses de intervalo e outra com 3 meses não é considerável. Foram ainda realizados testes entre os grupos de 1 e 3 meses e entre os grupos de 0 e 3 meses. Todas as análises referentes a essas hipóteses encontram-se no anexo 4.

Portanto, concluímos através dessa análise que as campanhas devem possuir no **mínimo 2 meses** de intervalo entre elas, obtendo-se, assim, um melhor desempenho e conseqüentemente uma maior produção.

Número Máximo de Campanhas Mensal

É importante salientar que um número limitado de campanhas é ideal para o funcionamento do incentivo a priorização dos produtos, já que, caso esse número seja elevado, haveria uma dissolução deste efeito, não havendo então a priorização desejada.

Para confirmar esse efeito observamos o gráfico 4.6, que foi construído com base nos resultados de ICM obtidos pelas campanhas no ano de 2005. Neste gráfico o

tamanho das bolhas representa a priorização da campanha. Quanto maior a bolha maior a priorização adotada.

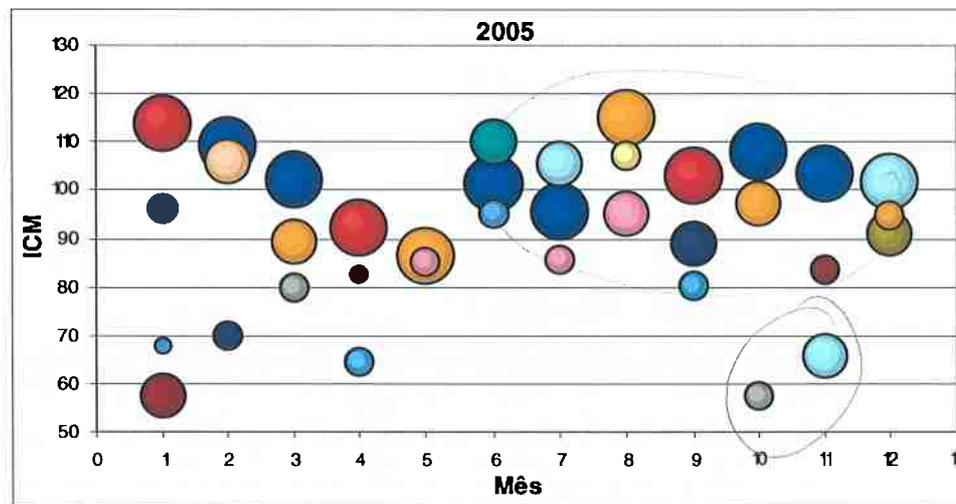


Gráfico 4.6: Desempenho das Campanhas X Priorização

Observamos que, na maioria dos casos, as campanhas que apresentam uma maior priorização são as que possuem um melhor desempenho.

Conforme orientação da empresa o número máximo de campanhas que serão realizadas no mês será fixado em 3. Pelo gráfico 4.6 vemos que esse número máximo de campanhas já vem sendo usado na maioria dos meses (10 de 12) e esse número vem conseguindo com que o efeito de priorização ocorra.

4.4 Especificação das Constantes Utilizadas

Para a elaboração do modelo será necessário o uso de outras constantes, além da demanda que já foi calculada no item 4.2. Nesse item descreveremos as demais constantes faltantes e a forma como foram obtidas.

- **Margem Financeira:** Essa constante que será utilizada no modelo é calculada considerando todas as entradas e saídas financeiras que o produto proporciona. Por exemplo, serão consideradas as receitas obtidas com a venda, taxas, juros e também as saídas que podem incluir custos operacionais, cancelamentos. Portanto, essa variável irá nos informar o quanto cada produto oferece de retorno financeiro líquido para o banco, dentro de um período de 2 anos.

Margem Financeira		
i	Produto	VI (2 anos)
1	A	R\$ 136,2
2	B	R\$ 161,1
3	C	R\$ 71,6
4	D	R\$ 66,8
5	E	R\$ 58,6
6	F	R\$ 16,6
7	G	R\$ 110,6
8	H	R\$ 61,8
9	I	R\$ 81,8
10	J	R\$ 173,2
11	L	R\$ 352,1
12	M	R\$ 273,0
13	N	R\$ 132,7
14	O	R\$ 266,4

Tabela 4.17: Margem Financeira dos Produtos

Fonte: Empresa

É importante ressaltar que essa informação já se encontra disponível para a utilização no modelo e também que o seu uso é justificado pelo fato de a grande maioria dos trabalhos realizados na empresa fazer uso dela, facilitando portanto o entendimento e interpretação dos resultados fornecidos pelo modelo.

- **Delta Campanha:** Conforme já explicado no item 4.2, o delta campanha representa o aumento de produção ocorrido devido ao efeito das campanhas. Para a sua utilização no modelo, adotaremos o delta de campanha médio referente aos últimos 3 meses nos quais houve campanhas. Essa quantidade de meses foi adotada pois

proporciona uma atualização rápida, caso ocorra alguma alteração significativa. A tabela 4.18 apresenta os deltas médios dos 14 produtos que serão utilizados no modelo.

i	Produto	Delta
1	A	1,16
2	B	1,48
3	C	1,16
4	D	1,55
5	E	2,65
6	F	6,67
7	G	2,05
8	H	3,14
9	I	1,37
10	J	2,98
11	L	1,39
12	M	12.300,00
13	N	1,34
14	O	1,42

Tabela 4.18: Delta Campanha dos Produtos

Conforme descrito no item 4.2.3 o delta campanha adotado no Produto M corresponde ao valor de sua produção média em campanha.

4.5 Construção do Modelo

A construção do modelo pode ser dividida em duas partes:

- A modelagem matemática, onde serão apresentadas as equações utilizadas.
- A solução prática, consiste na montagem do modelo no software What's Best.

Modelagem Matemática

O modelo de otimização é representado pela função objetivo abaixo, que visa maximizar o retorno financeiro.

$$\max Z = \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^{14} V_i * P_{ij} * X_{ij} + \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^{14} V_i * P_{ij} * D_i * Y_{ij}$$

Onde,

X_{ij} : i = tipo de Produto; j = mês do ano. Indica se o produto terá produção normal (sem campanha) ou terá a produção priorizada (com campanha).

Variável Binária, onde: $X_{ij} = 1$ Produção normal

$X_{ij} = 0$ Produção Priorizada

Y_{ij} : i = tipo de Produto; j = mês do ano. Indica se o produto terá produção normal (sem campanha) ou terá a produção priorizada (com campanha).

Variável Binária, onde: $Y_{ij} = 0$ Produção normal

$Y_{ij} = 1$ Produção Priorizada

V_i : i = tipo de Produto. Indica a margem financeira do Produto

P_{ij} : i = tipo de Produto; j = mês do ano. Indica a demanda do produto i no mês j .

D_i : i = tipo de Produto. Delta Campanha, que indica a proporção do aumento da produção no período de campanha dos produtos.

Após a construção da função objetivo, devemos inserir no modelo as restrições ligadas ao seu funcionamento e também aquelas que foram estudadas no item 4.3.

Restrições

1) $X_{11} + Y_{11} = 1, X_{12} + Y_{12} = 1, \dots, X_{1412} + Y_{1412} = 1$, como as variáveis são binárias, essa restrição obriga o modelo a escolher entre realizar a produção normal ou realizar a produção com priorização.

2) $\sum_{i=1}^{14} Y_{i1} \leq 3, \dots, \sum_{i=1}^{14} Y_{i12} \leq 3$, restringe o número máximo de campanhas que podem ser realizadas em um mês.

$$\sum_{i=1}^{14} Y_{i1} \leq 3$$

3) $Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} \leq 1, Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} \leq 1, Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} \leq 1, \dots, Y_{1410} + Y_{1411} + Y_{1412} \leq 1$, essa restrição não permite que uma campanha do mesmo produto seja realizada com menos de 2 meses de intervalo entre elas. Pela sua equação observamos que o seu funcionamento é baseado na soma do intervalo de três meses consecutivos de um mesmo produto, restringindo o número máximo de campanhas nesse intervalo a 1 campanha e após essa etapa somamos novamente o intervalo de tempo de três meses, mas agora sem o primeiro mês colocado na fórmula anterior, criando outra restrição. Assim vamos sempre eliminando o mês mais antigo e incluindo um novo até que o último mês, no caso dezembro (12) seja inserido nas restrições.

Modelo Prático

O modelo prático, como já citado anteriormente, foi construído utilizando o software What's Best. A seguir será detalhada a montagem do modelo.

Primeiramente declaramos as variáveis que deverão ser decididas pelo modelo, que são responsáveis por decidir se haverá ou não campanha. Essas variáveis são declaradas no modelo como binárias (0 ou 1) e estão divididas em duas partes, apresentadas a seguir.

Produto	Produção Mês - Sem Campanha (Xij)											
	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 4.19: Variável referente à produção no mês sem campanha

Produto	Produção Mês - Campanha (Yij)											
	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.20: Variável referente à produção com campanha

Essas duas partes se complementam através da restrição, que limita o modelo a escolher entre a produção normal e a produção priorizada com a campanha.

A próxima etapa de construção do modelo é a elaboração da equação principal, onde na tabela 4.21, referente à equação principal – variável produção normal, será calculado o retorno financeiro dos meses sem campanha e na mesma tabela, referente à equação principal – variável campanha, será calculado o retorno financeiro dos meses nos quais houve campanhas. O campo referente à equação principal final será a somatória dos retornos financeiro das duas tabelas e esta célula conterà a equação principal do modelo que será maximizada.

Equação Principal - Variável Produção Mensal

Produto	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	1.918.384	2.017.895	1.548.709	1.913.738	1.873.040	1.664.057	1.915.675	2.131.664	2.345.115	2.056.165	2.347.566	2.273.465
H	393.157	342.475	265.874	257.347	328.977	256.513	247.166	250.533	262.457	262.658	308.172	281.804
I	486.333	542.687	372.407	424.695	398.481	405.509	318.090	308.642	303.028	301.201	295.499	302.050
J	58.431	84.109	77.411	79.355	69.193	56.152	76.926	81.284	59.574	54.763	58.365	56.248
L	356.562	382.931	279.711	278.029	258.884	256.770	216.747	207.930	229.619	245.523	232.548	219.929
M	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273
N	2.385.872	3.143.763	2.379.772	2.573.199	2.757.826	2.898.386	3.141.507	2.530.995	2.804.641	2.486.546	2.755.348	2.353.808
O	3.235.475	3.298.164	3.158.384	3.608.345	3.629.062	3.552.863	3.933.616	3.141.690	3.907.452	3.140.414	3.586.697	3.274.219

Equação Principal - Variável Produção Mensal Campanha

Produto	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A	8.340.699	9.504.677	8.629.479	8.795.023	8.346.898	7.736.725	8.138.617	7.721.330	9.176.180	8.513.552	9.543.582	9.324.830
B	4.691.204	5.750.093	4.887.028	5.360.809	5.272.637	4.620.393	5.022.502	5.686.292	4.905.631	4.807.977	4.479.596	4.320.275
C	1.771.227	2.171.094	2.004.462	2.167.507	1.948.069	1.369.696	1.862.927	1.959.462	2.299.718	2.283.955	2.641.679	2.163.651
D	2.718.897	2.943.948	2.698.498	3.190.005	2.923.409	3.553.504	3.500.226	2.462.480	3.234.780	2.701.879	3.290.910	2.794.884
E	2.265.731	2.499.770	2.252.694	2.448.218	2.270.900	1.877.814	2.275.382	1.719.607	2.122.849	2.063.418	2.075.764	2.039.039
F	224.395	247.321	247.808	209.423	260.536	248.048	373.022	234.827	239.153	281.020	321.483	254.674
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Equação Principal Final 362.833.672

Tabela 4.21: Conteúdo da equação principal

Para finalizar a construção do modelo, resta apenas acrescentar as restrições. A primeira restrição é a que não permite que seja alocada produção dobrada, isto é, produção no período normal e produção no período com campanha.

Restrição - Escolhe entre Campanha ou Produção Normal

Produto	jul/06	ago/06	set/06	out/06	nov/06	dez/06	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07
A	2 Not = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
B	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
C	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
D	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
E	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
F	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
G	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
H	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
I	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
J	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
L	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
M	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
N	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1
O	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1	1 = 1

Tabela 4.22: Restrição 1 – Produção Normal ou Produção com campanha

Observamos que pelo fato de as variáveis serem binárias, a soma de $X_{ij} + Y_{ij}$ tem de ser igual a 1. Observamos que quando essa situação não é atendida o modelo indica, como podemos observar na tabela 4.22 no produto A no mês de jul/06, através da mensagem exibida “Not =”.

A segunda restrição inserida no modelo é o número máximo de campanhas permitidas num mesmo mês, que é obtida através da tabela 4.23.

Limite Máximo de Campanhas por Mês			
jul-06	4	Not <=	3
ago-06	3	=<=	3
set-06	3	=<=	3
out-06	3	=<=	3
nov-06	3	=<=	3
dez-06	3	=<=	3
jan-07	3	=<=	3
fev-07	3	=<=	3
mar-07	3	=<=	3
abr-07	3	=<=	3
mai-07	3	=<=	3
jun-07	3	=<=	3

Tabela 4.23: Restrição 2 – Número máximo de campanhas por mês

Novamente observamos que caso a restrição não seja atendida, devido a alguma alteração efetuada após o modelo ter sido executado, essa alteração será acusada conforme observamos no mês de jul/06.

A terceira restrição não permite que a mesma campanha seja realizada com menos de 2 meses de intervalo entre elas. Observamos na tabela abaixo como que essa restrição é inserida no modelo, onde para cada produto temos a soma de três meses consecutivos da variável Y_{ij} .

Produto	Período de Carência											
	Jul / Ago / Set	Ago / Set / Out	Set / Out / Nov	Out / Nov / Dez	Nov / Dez / Jan	Dez / Jan / Fev	Jan / Fev / Mar	Fev / Mar / Abr	Mar / Abr / Mai	Abr / Mai / Jun		
A	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
B	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
C	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	
D	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
E	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
F	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	
G	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
H	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
I	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	
J	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	
L	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	0 <= 1	
M	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
N	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	
O	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	1 <= 1	

Tabela 4.24: Restrição 3 – Período mínimo de 2 meses entre as campanhas

5. Resultados do Modelo

5. Resultados do Modelo

Com o modelo prático construído, executamos o modelo maximizando a equação principal e obtendo o seguinte resultado, onde “X” representa o mês no qual haverá campanha do produto:

Produto	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A			X			X			X			X
B		X			X			X			X	
C												
D			X			X			X			X
E	X			X			X			X		
F												
G		X			X			X			X	
H	X			X			X			X		
I												
J												
L												
M			X			X			X			X
N		X			X			X			X	
O	X			X			X			X		

Tabela 5.1: Resultado Final fornecido pelo modelo

Essa programação ótima dos meses nos quais devem ser realizadas as campanhas, proporcionará um retorno financeiro (conforme descrito no item 4.4) estimado de R\$ 350.358.293. Os demais resultados fornecidos pelo modelo encontram-se no anexo 5.

Observamos que pelo resultado obtido alguns produtos deixariam de ser priorizados, que é o caso dos produtos C, F, I, J e L. isto ocorre devido à combinação de três fatores:

- Baixo retorno financeiro do produto
- Pequeno delta campanha
- Baixa demanda comparada com os demais produtos

Esses três fatores não precisam estar presentes ao mesmo tempo para inviabilizar um produto de ser priorizado, como é o caso do Produto F. Este produto possui um elevado delta campanha (6,67), mas em compensação possui

um baixo retorno financeiro (R\$16,6) e um baixo volume de vendas comparado com outros produtos (na ordem de 2.000 a 3.000 unidades).

Já o Produto C possui um bom volume de vendas e um médio retorno financeiro (R\$71,6), no entanto não apresenta um delta campanha elevado.

Caso exista a necessidade de incluir algum desses produtos devemos inserir uma restrição no modelo ou analisar os resultados obtidos pelo modelo que mostram o quanto a inclusão ou retirada de um produto impacta na solução final do modelo.

Por exemplo a inclusão da produção do Produto F teria o seguinte impacto no resultado final, como mostra a tabela 5.2.

Produto F	Ganho Período Campanha
jul-06	190.768
ago-06	210.258
set-06	210.672
out-06	178.038
nov-06	238.496
dez-06	210.876
jan-07	317.122
fev-07	199.636
mar-07	203.314
abr-07	221.904
mai-07	273.306
jun-07	216.508

Tabela 5.2: Ganho obtido com a realização da campanha

Mas para a inclusão do Produto F é necessário retirar algum dos produtos que estão em campanha, devido à restrição do número máximo de campanhas por mês. Para isso é necessário analisar os produtos que serão retirados para que a escolha minimize o impacto no resultado final.

Por esse motivo, caso ocorra essa necessidade, é importante a análise dos resultados fornecidos pelo modelo, que se encontram no anexo 5.

5.1 Validação dos Resultados

Previsão e Delta Campanha

O primeiro passo para a validação do modelo é verificar se os seus inputs correspondem a realidade e se eles estão dentro de uma margem de erro aceitável. Os dois principais inputs do modelo que estão sujeitos a variação são as previsões de produção de cada produto e as estimativas dos deltas campanha. Portanto a tabela a seguir apresenta a produção realizada nos meses de julho, agosto e setembro de 2006 e suas respectivas campanhas. Para efeito de comparação o modelo foi induzido a alocar as campanhas nos mesmos meses nos quais estas foram realizadas, permitindo assim a avaliação do delta campanha estimado.

Produto	Produção Realizada			Produção Prevista Simulada			EPAM		
	jul-06	ago-06	set-06	jul-06	ago-06	set-06	jul-06	ago-06	set-06
A	59.909	56.628	56.501	61.387	60.306	54.740	2,5%	6,5%	3,1%
B	19.966	23.164	21.783	19.635	24.058	20.440	1,7%	3,9%	6,2%
C	21.399	23.888	23.364	21.378	26.197	24.180	0,1%	9,7%	3,5%
D	28.149	52.482	27.557	26.334	44.170	26.100	6,4%	15,8%	5,3%
E	14.503	15.550	39.012	14.574	16.077	38.425	0,5%	3,4%	1,5%
F	2.308	2.550	2.508	2.037	2.231	2.240	11,8%	12,5%	10,7%
G	20.405	19.928	34.431	17.346	18.262	28.700	15,0%	8,4%	16,6%
H	6.777	19.943	4.701	6.363	17.405	4.300	6,1%	12,7%	8,5%
I	5.532	8.005	4.972	5.943	9.075	4.560	7,4%	13,4%	8,3%
J	340	431	405	336	483	440	1,3%	12,0%	8,7%
L	1.075	1.136	1.241	1.008	1.081	1.112	6,2%	4,8%	10,4%
M	13.078	0	0	12.300	1	1	5,9%	-	-
N	23.663	22.583	19.444	24.088	23.690	17.920	1,8%	4,9%	7,8%
O	11.093	13.891	10.662	12.138	12.374	11.860	9,4%	10,9%	11,2%

Indica que nesse mês houve campanha

Tabela 5.3: Previsão Realizada x Previsão Prevista

Observamos que os erros estão dentro do valor esperado, conforme o cálculo realizado do EPAM de cada produto (vide anexo Anexo 3). Nos produtos que tiveram campanha houve uma boa precisão dos resultados encontrados, apesar do erro de 16,6% que ocorreu no Produto G no mês setembro. Essa magnitude de erro pode ter ocorrido devido a interação do erro da previsão de produção do produto junto com a estimativa do delta campanha. No entanto esse valor pode ser considerado como aceitável pelo modelo, pois essa magnitude de erro não

ocorre com frequência e o valor foi considerado, nesta situação, como aceitável pela empresa.

Verificamos portanto que os inputs do modelo estão correspondendo a expectativa e que não comprometem o seu resultado final.

Campanhas Previstas x Campanhas Realizadas

Com a validação dos dados de entrada do modelo, passamos para o segundo passo, que consiste em verificar a eficiência do modelo proposto. Portanto é necessário testar se os resultados obtidos com o modelo proporcionam um retorno financeiro maior do que o obtido com o método anterior. Para isso será analisado o cenário referente aos meses de julho, agosto e setembro de 2006, comparando as campanhas realizadas atualmente, que foram escolhidas baseadas no método que vem sendo utilizado até agora, com as campanhas propostas pelo modelo e os seus possíveis resultados.

Segundo os resultados propostos pelo modelo, as campanhas que devem ser realizadas nesses três meses são as seguintes:

Produto	Previsão - Modelo		
	jul-06	ago-06	set-06
A			X
B		X	
C			
D			X
E	X		
F			
G		X	
H	X		
I			
J			
L			
M			X
N		X	
O	X		

colocar as 2 juntas

Tabela 5.4: Previsão para o período de teste

As campanhas que foram efetivamente realizadas nesses três meses (segundo a proposta do método adotado atualmente) são as seguintes:

Produto	Realizado		
	jul-06	ago-06	set-06
A	X		
B			
C			
D		X	
E			X
F			
G			X
H		X	
I		X	
J			
L			X
M	X		
N	X		
O			

Tabela 5.5: Campanhas Realizadas no período

Verificamos que os métodos apresentam resultados distintos dos fornecidos pelo modelo. Compararemos então o resultado financeiro obtido nesses três meses com o provável resultado que seria obtido caso as campanhas previstas tivessem sido adotadas.

Produto	Valor Financeiro Realizado		
	jul-06	ago-06	set-06
A	R\$ 8.161.960	R\$ 7.714.950	R\$ 7.697.719
B	R\$ 3.215.926	R\$ 3.731.060	R\$ 3.508.551
C	R\$ 1.532.659	R\$ 1.710.906	R\$ 1.673.357
D	R\$ 1.881.655	R\$ 3.617.373	R\$ 1.842.082
E	R\$ 849.459	R\$ 910.752	R\$ 2.284.934
F	R\$ 38.210	R\$ 42.208	R\$ 41.519
G	R\$ 2.255.781	R\$ 2.203.055	R\$ 4.031.882
H	R\$ 418.511	R\$ 1.231.522	R\$ 290.320
I	R\$ 452.587	R\$ 654.866	R\$ 406.761
J	R\$ 58.922	R\$ 74.676	R\$ 70.084
L	R\$ 378.482	R\$ 399.884	R\$ 436.942
M	R\$ 3.569.650	R\$ 0	R\$ 0
N	R\$ 3.140.985	R\$ 2.997.580	R\$ 2.581.013
O	R\$ 2.955.588	R\$ 3.700.953	R\$ 2.840.582
Valor Financeiro Mensal	R\$ 28.910.373	R\$ 28.989.784	R\$ 27.705.747
Valor Financeiro Total	R\$ 85.605.904		

colocar fonte!

Indica que nesse mês houve campanha

Tabela 5.6: Retorno financeiro realizado

Segundo o modelo, para esse mesmo período de tempo, o valor estimado de retorno financeiro foi o seguinte:

Produto	Valor Financeiro Previsto		
	jul-06	ago-06	set-06
A	R\$ 7.209.818	R\$ 8.216.087	R\$ 8.651.019
B	R\$ 3.162.585	R\$ 5.734.988	R\$ 3.292.245
C	R\$ 1.531.124	R\$ 1.876.268	R\$ 1.731.807
D	R\$ 1.760.341	R\$ 1.904.931	R\$ 2.704.284
E	R\$ 2.262.055	R\$ 941.637	R\$ 849.271
F	R\$ 33.717	R\$ 36.929	R\$ 37.078
G	R\$ 1.917.630	R\$ 4.138.736	R\$ 1.547.724
H	R\$ 1.233.826	R\$ 342.300	R\$ 265.541
I	R\$ 486.183	R\$ 541.894	R\$ 373.043
J	R\$ 58.183	R\$ 83.639	R\$ 76.193
L	R\$ 354.876	R\$ 380.576	R\$ 281.647
M	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3.357.376
N	R\$ 2.386.107	R\$ 4.213.729	R\$ 2.378.673
O	R\$ 4.592.209	R\$ 3.296.828	R\$ 3.159.882
Valor Financeiro Mensal	R\$ 26.988.655	R\$ 31.708.540	R\$ 28.705.783
Valor Financeiro Total	R\$ 87.402.978		

Indica que nesse mês houve campanha

Tabela 5.7: Retorno financeiro previsto pelo modelo

Observamos que o modelo forneceu um resultado melhor, no entanto para refinar a análise vamos considerar na tabela 5.7 os resultados realmente obtidos nos produtos que não estão em campanhas, o que gera o resultado obtido na tabela 5.8.

Produto	Valor Financeiro Previsto Corrigido		
	jul-06	ago-06	set-06
A	R\$ 7.209.818	R\$ 7.714.950	R\$ 8.651.019
B	R\$ 3.215.926	R\$ 5.734.988	R\$ 3.508.551
C	R\$ 1.532.659	R\$ 1.710.906	R\$ 1.673.357
D	R\$ 1.881.655	R\$ 1.904.931	R\$ 2.704.284
E	R\$ 2.262.055	R\$ 910.752	R\$ 849.271
F	R\$ 38.210	R\$ 42.208	R\$ 41.519
G	R\$ 2.255.781	R\$ 4.138.736	R\$ 1.547.724
H	R\$ 1.233.826	R\$ 342.300	R\$ 290.320
I	R\$ 452.587	R\$ 541.894	R\$ 406.761
J	R\$ 58.922	R\$ 74.676	R\$ 70.084
L	R\$ 378.482	R\$ 399.884	R\$ 281.647
M	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3.357.376
N	R\$ 2.386.107	R\$ 4.213.729	R\$ 2.581.013
O	R\$ 4.592.209	R\$ 3.700.953	R\$ 2.840.582
Valor Financeiro Mensal	R\$ 27.498.236	R\$ 31.430.907	R\$ 28.803.510
Valor Financeiro Total	R\$ 87.732.653		

Indica que nesse mês houve campanha
Valor substituído pelo realizado

Tabela 5.8: Retorno financeiro corrigido previsto pelo modelo

Com esses resultados concluímos que o modelo fornece um resultado financeiro melhor. Pelo gráfico abaixo observamos que o **ganho fornecido pelo modelo é de 2,5% em relação ao valor realizado, o que significa um ganho real (sem os efeitos da codificação dos dados) de R\$ 5.212.759**, comprovando assim que o uso do modelo trará benefícios para a empresa.

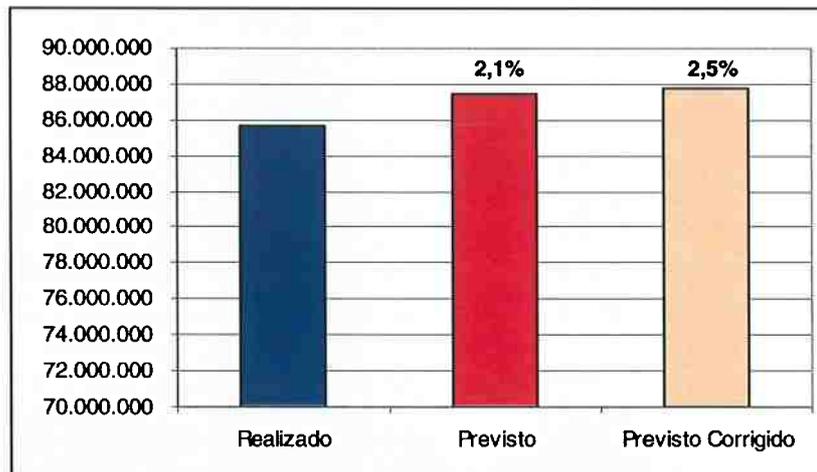


Gráfico 5.1: Comparação dos Retornos Financeiros

5.2 Futuras Melhorias

Existem algumas mudanças que podem ser implementadas no modelo conforme o interesse da empresa. Essas implementações são possíveis devido a facilidade de operação do software de otimização escolhido, que permite que alterações nas restrições do modelo e também dos dados iniciais a serem utilizados seja realizada sem dificuldades, tornando o modelo bastante flexível.

A seguir temos algumas funções que podem ser incorporadas futuramente no modelo dependendo da necessidade.

Tempo Máximo de Venda

O tempo utilizado para a venda de produtos não foi considerado como uma restrição do modelo, mas caso seja necessário essa restrição pode ser incorporada.

Todos os produtos citados no trabalho possuem um tempo unitário de venda cronometrado e caso a empresa deseje limitar uma porcentagem máxima de tempo da área comercial a ser usado na venda de produtos, podemos criar uma restrição no modelo onde multiplicaríamos a quantidade de cada produto vendido pelo seu respectivo tempo de venda e a soma de todos os tempos deveria ser igual ou menor ao limite especificado.

Orçamento de Venda dos Produtos

O modelo proposto procurou priorizar o retorno financeiro das vendas, mas caso a empresa decida que, devido a motivos de estratégias no mercado, determinado número mínimo ou máximo de cada produto deva ser comercializado, podemos inserir essas restrições no modelo.

Essa restrição funcionaria através da previsão de venda dos produtos onde a somatória de produtos vendidos fora e dentro do período de campanha deverá ser maior ou igual a um número pré-estabelecido. Um exemplo da importância de o modelo permitir com facilidade a inclusão dessa restrição, é a situação onde a empresa, devido a motivos estratégicos, tenha interesse em aumentar a sua participação no mercado de determinado produto, precisando portanto, aumentar o número de vendas para o próximo ano.

Pode ser inserida também uma restrição que não permita que as vendas de um produto excedam uma determinada quantidade. Essa situação poderia ocorrer caso algum produto apresente atualmente um bom retorno financeiro, mas a longo prazo a sua venda em excesso pode implicar em riscos e problemas para a empresa.

6. Conclusão

6. Conclusão

Durante a realização do trabalho foram encontradas algumas dificuldades, como por exemplo, a necessidade de uma série histórica de dados limpa, isto é, sem os efeitos proporcionados pelas campanhas. Outra dificuldade encontrada foi o fato de a empresa não dispor de um banco de dados que possibilitasse utilizar uma série de dados mais antigos, o que poderia trazer benefícios na previsão de demanda dos produtos. Apesar dessas ocorrências, os problemas foram contornados e foi possível desenvolver na empresa um trabalho de grande importância e que há algum tempo estava sendo requisitado para a área onde o autor trabalha.

Foi possível ainda identificar alguns fatores que afetam a venda dos produtos e que não estavam sendo considerados, como é o caso do período de carência necessário entre as campanhas, o qual foi identificado através do uso de técnicas estatísticas. O uso desse intervalo de tempo mínimo entre campanhas do mesmo produto trará benefícios na otimização das vendas.

O uso de um método de previsão de demanda também foi de grande importância para a empresa, devido a uma melhor estimativa nas vendas dos produtos para o próximo ano, possibilitando que o orçamento de vendas dos mesmos possa ser estimado e manipulado conforme interesses estratégicos.

Portanto, analisando os resultados finais obtidos verificamos que o modelo desenvolvido gera resultados viáveis e atende plenamente aos objetivos iniciais propostos pela empresa, proporcionando um melhor desempenho na venda dos produtos quando comparado ao método aplicado até então. Comprovamos esse melhor desempenho na simulação realizada no item 5.2, onde a utilização do modelo geraria um ganho de R\$ 5.212.759 no período de 3 meses, ou cerca de R\$ 1.737.586 mensais. Além disso o modelo apresenta características bem flexíveis, que conforme o interesse da empresa pode sofrer adaptações, agregando assim maior valor aos resultados.

Vale ressaltar que o modelo proposto já foi implementado na empresa, com pequenas modificações, como a utilização do orçamento dos produtos como uma restrição que permite a empresa atuar estrategicamente em alguns itens. Portanto as atuais discussões sobre as campanhas que serão realizadas em 2007 estão tendo como base os resultados obtidos pelo modelo

Como podemos observar, este trabalho proporcionou ao autor vivenciar uma situação real, aplicando conceitos aprendidos durante o seu curso de graduação em Engenharia de Produção, como métodos de previsão e otimização e técnicas estatísticas, que muitas vezes, durante o decorrer dos estudos, pareciam distantes da aplicação prática. Também foi possível perceber, durante o desenvolvimento do trabalho, a importância dos conceitos aprendidos e o grande espaço existente nas empresas para a sua aplicação.

Todos esses fatores comprovam a importância do trabalho final de graduação para o curso de Engenharia de Produção e também para a formação pessoal, acadêmica e profissional do autor.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- ARNOLD, J. R. TONY. **Administração de Materiais: Uma Introdução**. São Paulo, Atlas, 1999.
- BRASILEIRO, TIAGO V.. **Minimização de Custos em Operação de Transporte Internacional**. São Paulo, Trabalho de Graduação PRO, 2005.
- GOLDBARG, MARCO CESAR; LUNA, HENRIQUE PACCA L.. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro, Campus, 2000.
- HILLIER, FREDERICK S.; LIEBERMAN, GERALD J.. **Introduction to operations research**. New York, McGraw-Hill, 1995.
- LUXHOJ, J. T.; RIIS, J. O.; STENSBALLE, B.. **A hibrid econometric-neural network modeling approach for sales forecasting**. Amsterdam International Journal of Production Economics, 1996. — pag 4
- MAKRIDAKIS, SPYROS; WHEELWRIGHT, STEVEN C.; HYNDMAN, ROB J.. **Forecasting: Methods and Applications**. John Wiley, 1998.
- MONTEIRO, ANDRÉ MALDONATO. **Proposição de um Modelo de Previsão das Exportações Brasileiras**. São Paulo, Trabalho de Graduação PRO, 2005.
- MORETTIN, P.A.; BUSSAB, W.O. **Estatística básica**. São Paulo, Saraiva, 2003.
- PIFFER, THALES R. O.. **Desenvolvimento de um Sistema de Previsão de Demanda numa Empresa de Linha Branca**. São Paulo, Trabalho de Graduação PRO, 2004.
- RAMOS, ALBERTO W. **Estatística II PRO2711**. São Paulo, Notas de Aula, 2004.
- WINSTON, WAYNE L.. **Introduction to Mathematical Programming**. Duxbury, 1995.
- WINSTON, WAYNE L.. **Operations Research**. Duxbury, 2004.

Referências Disponíveis em Meio Eletrônico

Banco Itaú

<www.itaú.com.br>. Acesso em 05 de junho de 2006.

Software Lindo

<www.lindo.com>. Acesso em 24 de agosto de 2006.

Anexos

Anexo 1 – Produção Mensal

 Indica que nesse mês houve campanha

Produto A

Produto A							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	35.756	jan/04	33.903	jan/05	52.014	jan/06	48.033
fev/03	37.641	fev/04	38.393	fev/05	55.920	fev/06	52.917
mar/03	31.113	mar/04	53.424	mar/05	59.395	mar/06	57.138
abr/03	34.046	abr/04	43.166	abr/05	48.306	abr/06	42.840
mai/03	32.325	mai/04	43.259	mai/05	48.864	mai/06	53.680
jun/03	31.474	jun/04	51.451	jun/05	63.270	jun/06	55.486
jul/03	36.399	jul/04	51.574	jul/05	55.366		
ago/03	37.994	ago/04	57.124	ago/05	58.119		
set/03	45.288	set/04	47.698	set/05	55.483		
out/03	50.275	out/04	50.349	out/05	60.262		
nov/03	39.407	nov/04	51.575	nov/05	60.229		
dez/03	30.848	dez/04	44.127	dez/05	52.577		

Produto B

Produto B							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	14.925	jan/04	9.943	jan/05	15.936	jan/06	18.940
fev/03	30.359	fev/04	23.785	fev/05	20.485	fev/06	20.507
mar/03	13.758	mar/04	26.689	mar/05	15.677	mar/06	18.529
abr/03	11.452	abr/04	11.287	abr/05	15.522	abr/06	15.661
mai/03	10.369	mai/04	13.359	mai/05	15.272	mai/06	16.241
jun/03	8.238	jun/04	20.707	jun/05	15.705	jun/06	16.475
jul/03	8.614	jul/04	14.694	jul/05	18.134		
ago/03	10.886	ago/04	15.038	ago/05	22.276		
set/03	9.254	set/04	14.280	set/05	19.921		
out/03	10.662	out/04	14.662	out/05	19.862		
nov/03	9.598	nov/04	21.829	nov/05	20.553		
dez/03	11.904	dez/04	16.636	dez/05	19.851		

Produto C

Produto C							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	18.812	jan/04	18.995	jan/05	28.364	jan/06	21.792
fev/03	20.395	fev/04	19.202	fev/05	28.398	fev/06	21.591
mar/03	16.798	mar/04	23.663	mar/05	32.197	mar/06	26.145
abr/03	14.784	abr/04	22.927	abr/05	28.927	abr/06	22.151
mai/03	16.961	mai/04	22.763	mai/05	29.138	mai/06	28.451
jun/03	14.480	jun/04	20.931	jun/05	33.467	jun/06	24.494
jul/03	15.559	jul/04	21.029	jul/05	23.822		
ago/03	14.897	ago/04	22.739	ago/05	28.184		
set/03	17.053	set/04	22.115	set/05	30.875		
out/03	17.816	out/04	23.687	out/05	25.745		
nov/03	15.542	nov/04	22.920	nov/05	24.178		
dez/03	15.803	dez/04	21.802	dez/05	18.520		

Produto F

Produto F					
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/04	3.709	jan/05	3.050	jan/06	3.234
fev/04	2.218	fev/05	2.063	fev/06	2.036
mar/04	719	mar/05	1.836	mar/06	2.074
abr/04	752	abr/05	2.113	abr/06	2.264
mai/04	19.132	mai/05	14.744	mai/06	17.756
jun/04	2.700	jun/05	2.556	jun/06	16.213
jul/04	1.998	jul/05	2.006		
ago/04	3.680	ago/05	2.049		
set/04	1.522	set/05	8.081		
out/04	2.222	out/05	1.728		
nov/04	3.088	nov/05	2.553		
dez/04	15.710	dez/05	15.784		

Produto G

Produto G							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	6.649	jan/04	11.997	jan/05	12.731	jan/06	15.258
fev/03	5.265	fev/04	12.020	fev/05	13.553	fev/06	16.289
mar/03	28.081	mar/04	13.701	mar/05	30.520	mar/06	33.542
abr/03	9.246	abr/04	22.179	abr/05	12.859	abr/06	14.189
mai/03	25.503	mai/04	28.921	mai/05	28.279	mai/06	33.639
jun/03	10.065	jun/04	16.334	jun/05	15.947	jun/06	18.324
jul/03	9.355	jul/04	18.340	jul/05	14.312		
ago/03	41.785	ago/04	14.854	ago/05	31.444		
set/03	9.830	set/04	33.895	set/05	12.566		
out/03	40.726	out/04	30.452	out/05	28.597		
nov/03	9.379	nov/04	18.759	nov/05	14.340		
dez/03	13.422	dez/04	16.180	dez/05	26.888		

Produto H

Produto H							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	4.346	jan/04	8.740	jan/05	21.751	jan/06	5.346
fev/03	4.700	fev/04	7.904	fev/05	9.139	fev/06	5.155
mar/03	17.944	mar/04	33.297	mar/05	8.968	mar/06	5.675
abr/03	4.637	abr/04	7.060	abr/05	19.256	abr/06	20.411
mai/03	17.568	mai/04	14.533	mai/05	7.111	mai/06	7.002
jun/03	5.918	jun/04	9.150	jun/05	9.980	jun/06	6.817
jul/03	35.304	jul/04	9.414	jul/05	8.493		
ago/03	7.808	ago/04	23.286	ago/05	7.486		
set/03	7.176	set/04	6.858	set/05	6.195		
out/03	8.334	out/04	7.945	out/05	5.309		
nov/03	28.401	nov/04	9.528	nov/05	20.310		
dez/03	7.350	dez/04	10.968	dez/05	6.144		

Produto I

Produto I							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	8.103	jan/04	8.106	jan/05	5.773	jan/06	4.787
fev/03	6.876	fev/04	7.143	fev/05	5.108	fev/06	4.616
mar/03	5.059	mar/04	8.133	mar/05	4.226	mar/06	5.058
abr/03	6.880	abr/04	6.488	abr/05	8.540	abr/06	4.370
mai/03	6.611	mai/04	5.984	mai/05	4.294	mai/06	5.767
jun/03	9.062	jun/04	7.538	jun/05	5.449	jun/06	5.246
jul/03	12.528	jul/04	8.343	jul/05	5.219		
ago/03	7.274	ago/04	7.449	ago/05	6.146		
set/03	7.268	set/04	7.017	set/05	4.310		
out/03	7.844	out/04	6.939	out/05	4.432		
nov/03	7.048	nov/04	7.516	nov/05	4.740		
dez/03	10.826	dez/04	5.407	dez/05	5.945		

Produto J

Produto J							
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/03	483	jan/04	605	jan/05	747	jan/06	323
fev/03	480	fev/04	552	fev/05	621	fev/06	278
mar/03	516	mar/04	612	mar/05	605	mar/06	308
abr/03	716	abr/04	598	abr/05	589	abr/06	768
mai/03	1.440	mai/04	1.744	mai/05	1.559	mai/06	324
jun/03	619	jun/04	563	jun/05	650	jun/06	321
jul/03	584	jul/04	567	jul/05	1.606		
ago/03	1.522	ago/04	2.136	ago/05	1.831		
set/03	1.309	set/04	1.483	set/05	536		
out/03	465	out/04	845	out/05	418		
nov/03	616	nov/04	822	nov/05	340		
dez/03	616	dez/04	846	dez/05	255		

Produto L

Produto L					
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/04	982	jan/05	1.094	jan/06	870
fev/04	1.021	fev/05	1.016	fev/06	801
mar/04	1.286	mar/05	1.489	mar/06	955
abr/04	1.830	abr/05	1.058	abr/06	938
mai/04	1.311	mai/05	1.009	mai/06	907
jun/04	1.339	jun/05	1.008	jun/06	988
jul/04	1.584	jul/05	893		
ago/04	1.503	ago/05	987		
set/04	1.251	set/05	759		
out/04	1.518	out/05	871		
nov/04	1.236	nov/05	817		
dez/04	1.291	dez/05	967		

Produto N

Produto N					
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/04	18.866	jan/05	18.866	jan/06	19.836
fev/04	14.357	fev/05	14.357	fev/06	15.473
mar/04	17.242	mar/05	17.242	mar/06	18.289
abr/04	13.995	abr/05	13.995	abr/06	13.953
mai/04	14.990	mai/05	14.990	mai/06	19.908
jun/04	21.163	jun/05	21.163	jun/06	22.583
jul/04	22.005	jul/05	22.005		
ago/04	18.180	ago/05	18.180		
set/04	14.827	set/05	14.827		
out/04	14.675	out/05	14.675		
nov/04	25.782	nov/05	25.782		
dez/04	27.521	dez/05	27.521		

Produto O

Produto O					
Meses	Produção Original	Meses	Produção Original	Meses	Produção Original
jan/04	13.196	jan/05	15.976	jan/06	16.560
fev/04	11.040	fev/05	11.722	fev/06	17.376
mar/04	12.453	mar/05	14.271	mar/06	12.319
abr/04	11.533	abr/05	11.040	abr/06	12.463
mai/04	11.378	mai/05	12.961	mai/06	11.867
jun/04	12.931	jun/05	12.904	jun/06	13.242
jul/04	11.561	jul/05	12.802		
ago/04	11.245	ago/05	15.114		
set/04	12.916	set/05	12.569		
out/04	12.185	out/05	10.143		
nov/04	13.489	nov/05	16.778		
dez/04	13.172	dez/05	10.554		

Anexo 2 – Produção por Dia Útil Corrigida

Produto A

Produto A							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	1.788	jan/04	1.614	jan/05	2.477	jan/06	2.183
fev/03	2.091	fev/04	2.000	fev/05	2.555	fev/06	2.411
mar/03	1.556	mar/04	2.057	mar/05	2.534	mar/06	2.331
abr/03	1.621	abr/04	2.158	abr/05	2.415	abr/06	2.380
mai/03	1.616	mai/04	2.060	mai/05	2.327	mai/06	2.440
jun/03	1.431	jun/04	2.170	jun/05	2.463	jun/06	2.642
jul/03	1.733	jul/04	2.076	jul/05	2.474		
ago/03	1.727	ago/04	2.597	ago/05	2.527		
set/03	1.691	set/04	2.271	set/05	2.642		
out/03	1.691	out/04	2.229	out/05	2.567		
nov/03	1.877	nov/04	2.175	nov/05	2.566		
dez/03	1.469	dez/04	2.006	dez/05	2.390		

Produto B

Produto B							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	746	jan/04	473	jan/05	759	jan/06	861
fev/03	522	fev/04	793	fev/05	854	fev/06	1.139
mar/03	688	mar/04	657	mar/05	713	mar/06	806
abr/03	545	abr/04	564	abr/05	776	abr/06	870
mai/03	518	mai/04	636	mai/05	727	mai/06	738
jun/03	374	jun/04	559	jun/05	714	jun/06	785
jul/03	410	jul/04	668	jul/05	864		
ago/03	495	ago/04	684	ago/05	969		
set/03	402	set/04	680	set/05	949		
out/03	533	out/04	733	out/05	993		
nov/03	457	nov/04	589	nov/05	1.028		
dez/03	567	dez/04	756	dez/05	902		

Produto C

Produto C							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	941	jan/04	905	jan/05	1.351	jan/06	991
fev/03	1.133	fev/04	1.130	fev/05	1.578	fev/06	1.200
mar/03	840	mar/04	1.029	mar/05	1.464	mar/06	1.137
abr/03	704	abr/04	1.146	abr/05	1.446	abr/06	1.231
mai/03	848	mai/04	1.084	mai/05	1.388	mai/06	1.293
jun/03	658	jun/04	997	jun/05	1.314	jun/06	1.166
jul/03	741	jul/04	956	jul/05	1.134		
ago/03	677	ago/04	1.034	ago/05	1.225		
set/03	741	set/04	1.053	set/05	1.270		
out/03	891	out/04	1.184	out/05	1.287		
nov/03	740	nov/04	1.091	nov/05	1.209		
dez/03	753	dez/04	991	dez/05	842		

Produto F

Produto F					
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/04	185	jan/05	145	jan/06	154
fev/04	123	fev/05	121	fev/06	113
mar/04	36	mar/05	80	mar/06	94
abr/04	36	abr/05	106	abr/06	113
mai/04	115	mai/05	106	mai/06	127
jun/04	123	jun/05	122	jun/06	111
jul/04	95	jul/05	91		
ago/04	103	ago/05	93		
set/04	66	set/05	107		
out/04	111	out/05	86		
nov/04	147	nov/05	122		
dez/04	90	dez/05	108		

Produto G

Produto G							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	332	jan/04	571	jan/05	606	jan/06	694
fev/03	292	fev/04	707	fev/05	753	fev/06	905
mar/03	341	mar/04	596	mar/05	690	mar/06	812
abr/03	440	abr/04	569	abr/05	643	abr/06	788
mai/03	341	mai/04	744	mai/05	669	mai/06	818
jun/03	458	jun/04	778	jun/05	725	jun/06	873
jul/03	445	jul/04	834	jul/05	682		
ago/03	507	ago/04	675	ago/05	687		
set/03	427	set/04	745	set/05	598		
out/03	552	out/04	703	out/05	715		
nov/03	447	nov/04	893	nov/05	717		
dez/03	639	dez/04	735	dez/05	614		

Produto H

Produto H							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	217	jan/04	416	jan/05	375	jan/06	243
fev/03	261	fev/04	465	fev/05	508	fev/06	286
mar/03	206	mar/04	569	mar/05	408	mar/06	247
abr/03	221	abr/04	353	abr/05	349	abr/06	284
mai/03	221	mai/04	272	mai/05	339	mai/06	318
jun/03	269	jun/04	436	jun/05	454	jun/06	325
jul/03	385	jul/04	428	jul/05	404		
ago/03	355	ago/04	416	ago/05	325		
set/03	312	set/04	327	set/05	295		
out/03	417	out/04	397	out/05	265		
nov/03	310	nov/04	454	nov/05	368		
dez/03	350	dez/04	499	dez/05	279		

Produto I

Produto I							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	405	jan/04	386	jan/05	275	jan/06	218
fev/03	382	fev/04	420	fev/05	284	fev/06	256
mar/03	253	mar/04	354	mar/05	192	mar/06	220
abr/03	328	abr/04	324	abr/05	241	abr/06	243
mai/03	331	mai/04	285	mai/05	204	mai/06	228
jun/03	412	jun/04	328	jun/05	248	jun/06	250
jul/03	374	jul/04	347	jul/05	249		
ago/03	331	ago/04	339	ago/05	267		
set/03	316	set/04	334	set/05	205		
out/03	392	out/04	347	out/05	222		
nov/03	336	nov/04	328	nov/05	237		
dez/03	323	dez/04	391	dez/05	270		

Produto J

Produto J							
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/03	24	jan/04	29	jan/05	36	jan/06	15
fev/03	27	fev/04	32	fev/05	35	fev/06	15
mar/03	26	mar/04	27	mar/05	27	mar/06	13
abr/03	16	abr/04	30	abr/05	29	abr/06	14
mai/03	33	mai/04	32	mai/05	25	mai/06	15
jun/03	28	jun/04	27	jun/05	30	jun/06	15
jul/03	28	jul/04	26	jul/05	26		
ago/03	32	ago/04	37	ago/05	27		
set/03	26	set/04	27	set/05	26		
out/03	23	out/04	42	out/05	21		
nov/03	29	nov/04	39	nov/05	17		
dez/03	29	dez/04	38	dez/05	12		

Produto L

Produto L					
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/04	47	jan/05	52	jan/06	40
fev/04	60	fev/05	56	fev/06	44
mar/04	56	mar/05	47	mar/06	42
abr/04	67	abr/05	53	abr/06	52
mai/04	62	mai/05	48	mai/06	41
jun/04	64	jun/05	46	jun/06	47
jul/04	72	jul/05	43		
ago/04	68	ago/05	43		
set/04	60	set/05	36		
out/04	55	out/05	42		
nov/04	59	nov/05	41		
dez/04	59	dez/05	44		

Produto N

Produto N					
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/04	898	jan/05	765	jan/06	902
fev/04	845	fev/05	595	fev/06	860
mar/04	750	mar/05	528	mar/06	795
abr/04	700	abr/05	885	abr/06	775
mai/04	714	mai/05	959	mai/06	905
jun/04	693	jun/05	780	jun/06	847
jul/04	688	jul/05	792		
ago/04	826	ago/05	926		
set/04	706	set/05	930		
out/04	734	out/05	941		
nov/04	844	nov/05	817		
dez/04	860	dez/05	875		

Produto O

Produto O					
Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida	Meses	Produção Corrigida
jan/04	660	jan/05	761	jan/06	789
fev/04	613	fev/05	690	fev/06	628
mar/04	623	mar/05	620	mar/06	560
abr/04	549	abr/05	552	abr/06	623
mai/04	569	mai/05	617	mai/06	565
jun/04	588	jun/05	614	jun/06	602
jul/04	551	jul/05	582		
ago/04	511	ago/05	687		
set/04	562	set/05	599		
out/04	609	out/05	507		
nov/04	642	nov/05	610		
dez/04	627	dez/05	480		

Anexo 3 – Previsão da Produção

Para o cálculo das previsões dos produtos foi utilizada a planilha abaixo, onde os dados são inseridos na coluna produção diária. Como exemplo segue a planilha utilizada para o cálculo da previsão do produto G.

Ano	Média do Ano	Mês	Produção Diária	t	Lt	Bt	St	F(t+m)	Et	Erro Absoluto
2003	435,18	Jan	332,5	1			0,76			
		Fev	292,5	2			0,67			
		Mar	341,2	3			0,78			
		Abr	440,3	4			1,01			
		Mai	340,7	5			0,78			
		Jun	457,5	6			1,05			
		Jul	445,5	7			1,02			
		Ago	507,3	8			1,17			
		Set	427,4	9			0,98			
		Out	551,6	10			1,27			
		Nov	446,6	11			1,03			
		Dez	639,2	12		435	23	1,47		
2004	712,53	Jan	571,3	13	504	43	1,09	350	221	38,71
		Fev	707,1	14	626	78	1,08	368	339	48,01
		Mar	595,7	15	713	82	0,83	552	43	7,29
		Abr	568,6	16	758	66	0,78	804	236	41,48
		Mai	744,2	17	844	75	0,87	645	99	13,31
		Jun	777,8	18	891	62	0,89	966	188	24,17
		Jul	833,6	19	931	53	0,91	975	142	16,99
		Ago	675,2	20	920	25	0,78	1.146	471	69,80
		Set	744,9	21	915	12	0,83	928	183	24,55
		Out	703,3	22	869	(14)	0,86	1.175	472	67,09
		Nov	893,3	23	857	(13)	1,04	877	16	1,83
		Dez	735,4	24	790	(37)	0,99	1.240	504	68,58
2005	674,92	Jan	606,2	25	722	(50)	0,87	824	218	35,90
		Fev	753,0	26	676	(49)	1,11	725	28	3,76
		Mar	690,5	27	659	(34)	1,02	520	170	24,63
		Abr	643,0	28	657	(21)	0,96	486	157	24,34
		Mai	668,8	29	657	(11)	1,00	554	115	17,17
		Jun	724,9	30	672	0	1,06	576	149	20,50
		Jul	681,5	31	684	5	0,99	611	71	10,36
		Ago	687,1	32	719	19	0,94	539	149	21,62
		Set	598,4	33	735	17	0,82	614	16	2,63
		Out	714,7	34	765	23	0,93	647	68	9,50
		Nov	717,0	35	772	16	0,94	819	102	14,29
		Dez	614,1	36	762	4	0,83	780	166	26,99
2006	814,84	Jan	693,5	37	771	7	0,90	664	29	4,20
		Fev	905,0	38	784	9	1,15	864	41	4,54
		Mar	811,6	39	793	9	1,02	812	0	0,00
		Abr	788,3	40	806	11	0,98	768	20	2,56
		Mai	818,1	41	816	11	1,00	818	0	0,01
		Jun	872,6	42	827	11	1,06	876	3	0,39
		Jul		43				826		
		Ago		44				794		
		Set		45				700		
		Out		46				824		
		Nov		47				847		
		Dez		48				753		
2007		Jan		49				825		
		Fev		50			1.071			
		Mar		51			964			
		Abr		52			930			
		Mai		53			965			
		Jun		54			1.028			

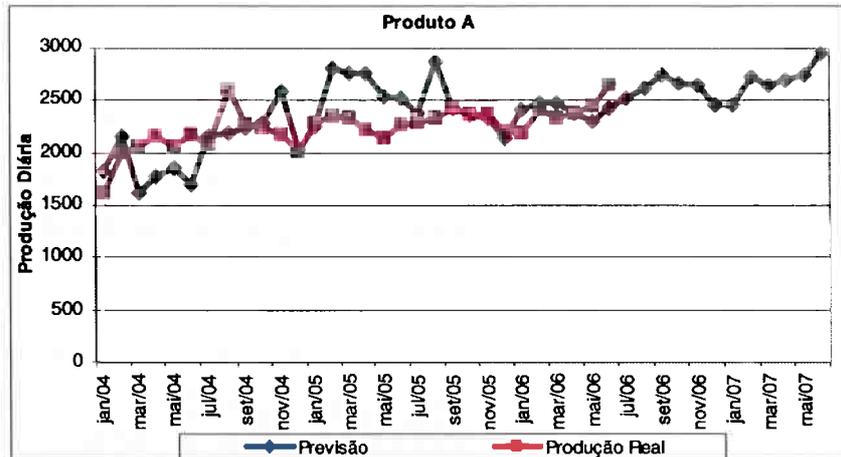
Os resultados das previsões realizadas estão apresentados a seguir:

Produção Real

Produção Prevista

Produto A

Produto A	
Mês	Produção / DU
jan/06	2.183
fev/06	2.411
mar/06	2.331
abr/06	2.380
mai/06	2.440
jun/06	2.642
jul/06	2.520
ago/06	2.622
set/06	2.737
out/06	2.657
nov/06	2.648
dez/06	2.454
jan/07	2.459
fev/07	2.721
mar/07	2.646
abr/07	2.700
mai/07	2.752
jun/07	2.958

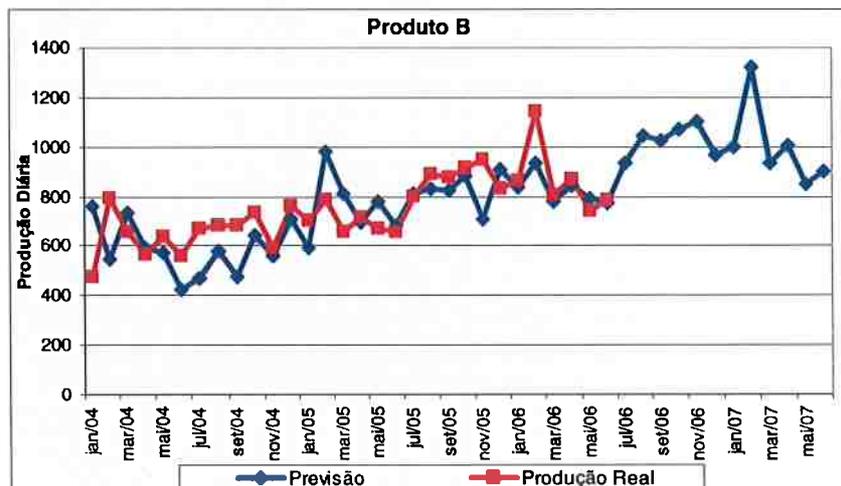


Alpha	Beta	Gama
0,11	0,07	1,00

EPAM(%)	3,80
----------------	-------------

Produto B

Produto B	
Mês	Produção / DU
jan/06	861
fev/06	1.139
mar/06	806
abr/06	870
mai/06	738
jun/06	785
jul/06	935
ago/06	1.046
set/06	1.022
out/06	1.068
nov/06	1.103
dez/06	967
jan/07	1.001
fev/07	1.322
mar/07	933
abr/07	1.006
mai/07	852
jun/07	904

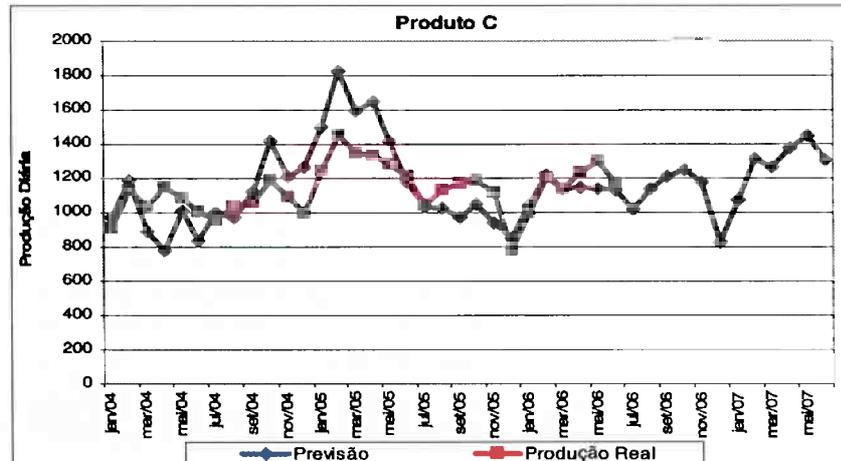


Alpha	Beta	Gama
0,00	0,00	1,00

EPAM(%)	7,93
----------------	-------------

Produto C

Produto C	
Mês	Produção / DU
jan/06	991
fev/06	1.200
mar/06	1.137
abr/06	1.231
mai/06	1.293
jun/06	1.166
jul/06	1.018
ago/06	1.139
set/06	1.209
out/06	1.246
nov/06	1.175
dez/06	826
jan/07	1.071
fev/07	1.314
mar/07	1.261
abr/07	1.378
mai/07	1.449
jun/07	1.306

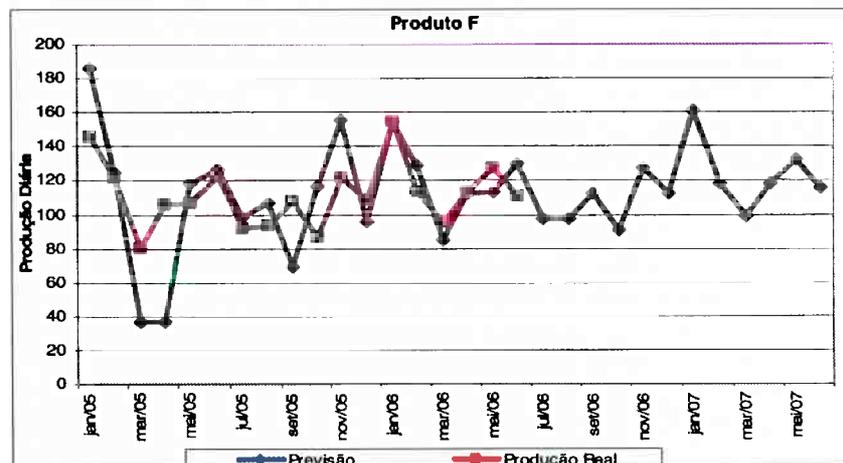


Alpha	Beta	Gama
0,06	1,00	1,00

EPAM(%)	8,26
---------	------

Produto F

Produto F	
Mês	Produção / DU
jan/06	154
fev/06	113
mar/06	94
abr/06	113
mai/06	127
jun/06	111
jul/06	97
ago/06	97
set/06	112
out/06	90
nov/06	127
dez/06	112
jan/07	161
fev/07	118
mar/07	98
abr/07	118
mai/07	132
jun/07	115

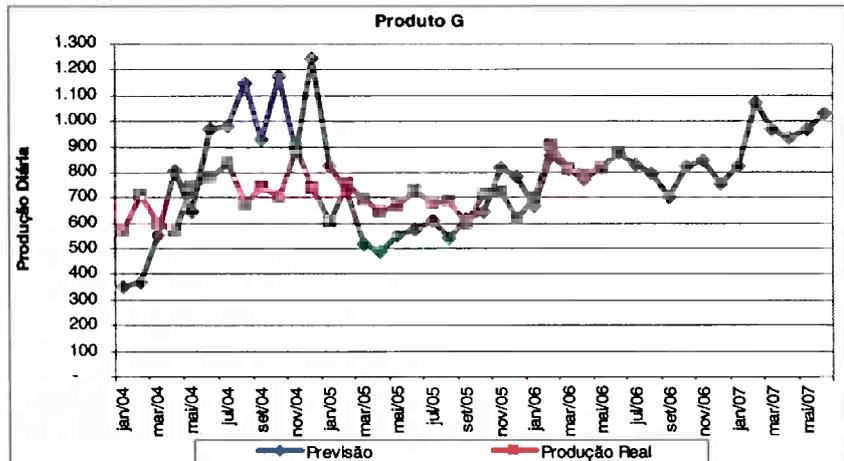


Alpha	Beta	Gama
0,00	1,00	1,00

EPAM(%)	16,23
---------	-------

Produto G

Produto G	
Mês	Produção / DU
jan/06	694
fev/06	905
mar/06	812
abr/06	788
mai/06	818
jun/06	873
jul/06	826
ago/06	794
set/06	700
out/06	824
nov/06	847
dez/06	753
jan/07	825
fev/07	1.071
mar/07	964
abr/07	930
mai/07	965
jun/07	1.028

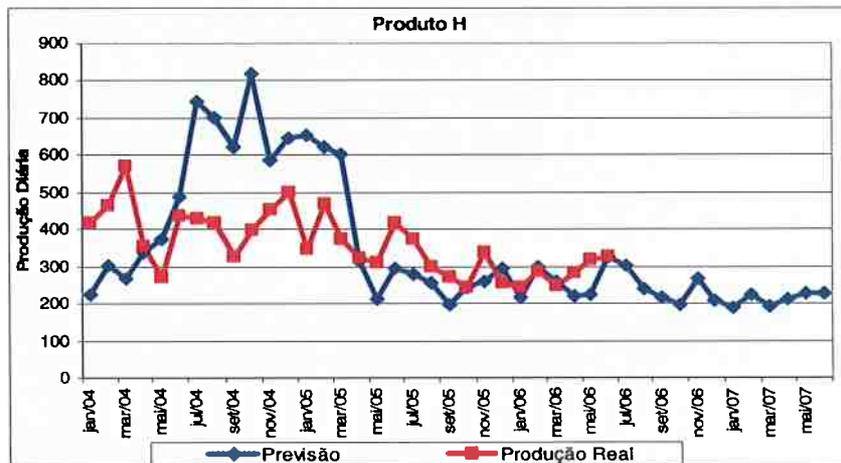


Alpha	Beta	Gama
0,16	0,44	0,89

EPAM(%)	6,51
----------------	-------------

Produto H

Produto H	
Mês	Produção / DU
jan/06	243
fev/06	286
mar/06	247
abr/06	284
mai/06	318
jun/06	325
jul/06	303
ago/06	241
set/06	215
out/06	198
nov/06	266
dez/06	208
jan/07	191
fev/07	225
mar/07	193
abr/07	213
mai/07	227
jun/07	228

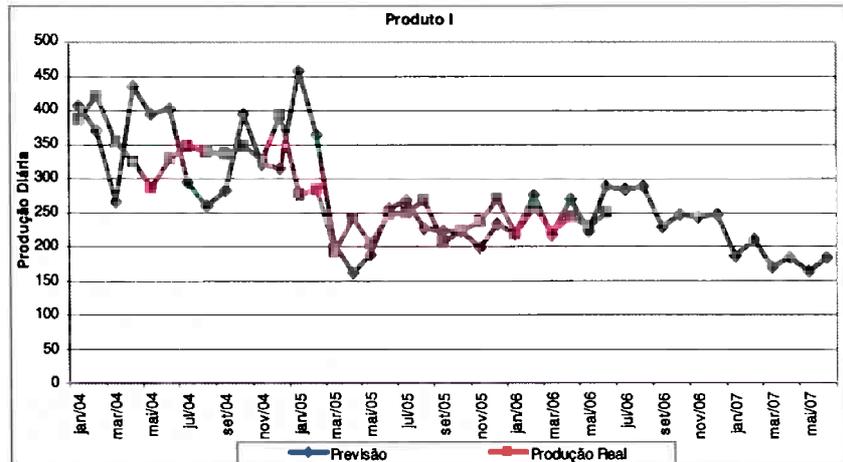


Alpha	Beta	Gama
0,06	0,66	0,92

EPAM(%)	13,50
----------------	--------------

Produto I

Produto I	
Mês	Produção / DU
jan/06	218
fev/06	256
mar/06	220
abr/06	243
mai/06	228
jun/06	250
jul/06	283
ago/06	288
set/06	228
out/06	247
nov/06	244
dez/06	248
jan/07	185
fev/07	210
mar/07	168
abr/07	184
mai/07	164
jun/07	185

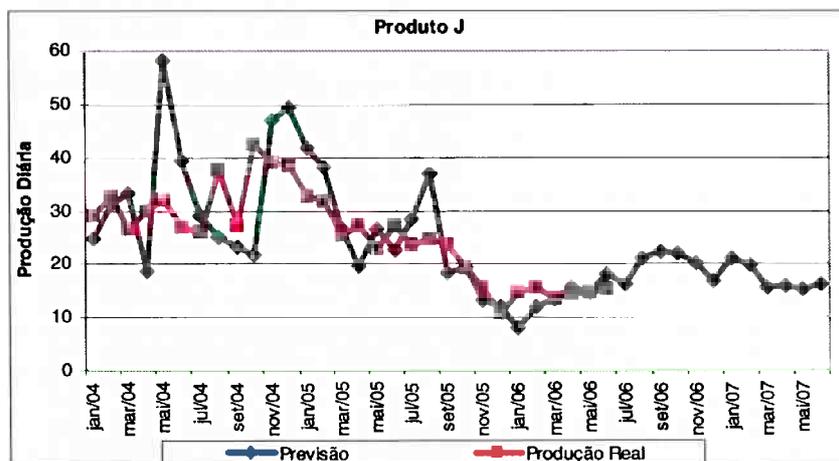


Alpha	Beta	Gama
0,48	0,54	0,97

EPAM(%)	7,59
----------------	-------------

Produto J

Produto J	
Mês	Produção / DU
jan/06	15
fev/06	15
mar/06	13
abr/06	14
mai/06	15
jun/06	15
jul/06	16
ago/06	21
set/06	22
out/06	22
nov/06	20
dez/06	17
jan/07	21
fev/07	20
mar/07	16
abr/07	16
mai/07	15
jun/07	16

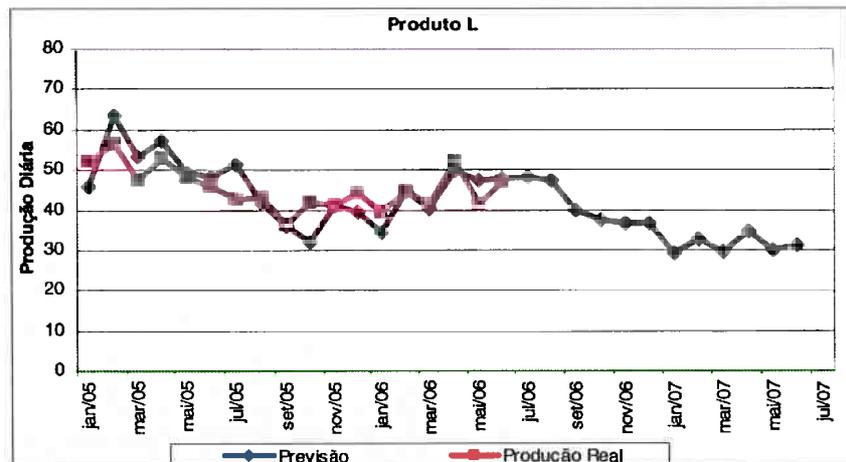


Alpha	Beta	Gama
0,43	0,81	0,94

EPAM(%)	9,39
----------------	-------------

Produto L

Produto L	
Mês	Produção / DU
jan/06	40
fev/06	44
mar/06	42
abr/06	52
mai/06	41
jun/06	47
jul/06	48
ago/06	47
set/06	40
out/06	38
nov/06	37
dez/06	36
jan/07	29
fev/07	33
mar/07	30
abr/07	35
mai/07	30
jun/07	31



Alpha	Beta	Gama
0,70	0,00	0,91

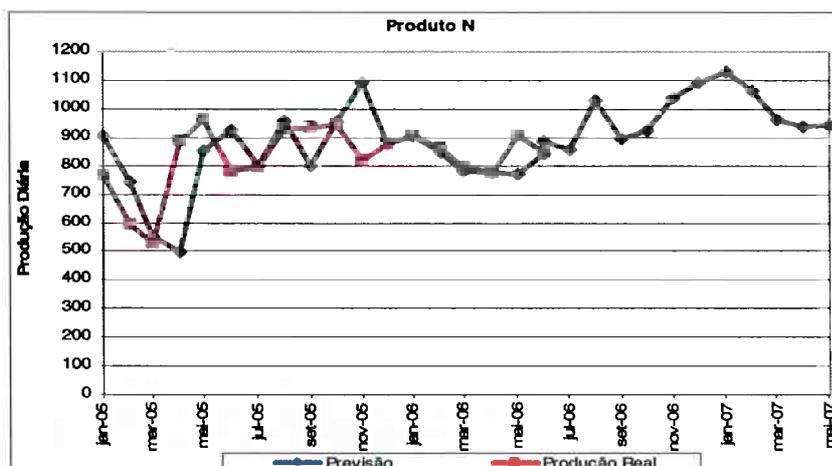
EPAM(%)	7,23
---------	------

Produto M

O produto M não apresenta produção nos períodos fora de campanha, pois esse produto não é oferecido fora dessa época. Para funcionamento do modelo de otimização será adotada a produção de 1 produto por mês.

Produto N

Produto N	
Mês	Produção / DU
jan/06	902
fev/06	860
mar/06	795
abr/06	775
mai/06	905
jun/06	847
jul/06	856
ago/06	1.030
set/06	896
out/06	923
nov/06	1.039
dez/06	1.092
jan/07	1.127
fev/07	1.059
mar/07	960
abr/07	937
mai/07	944
jun/07	887

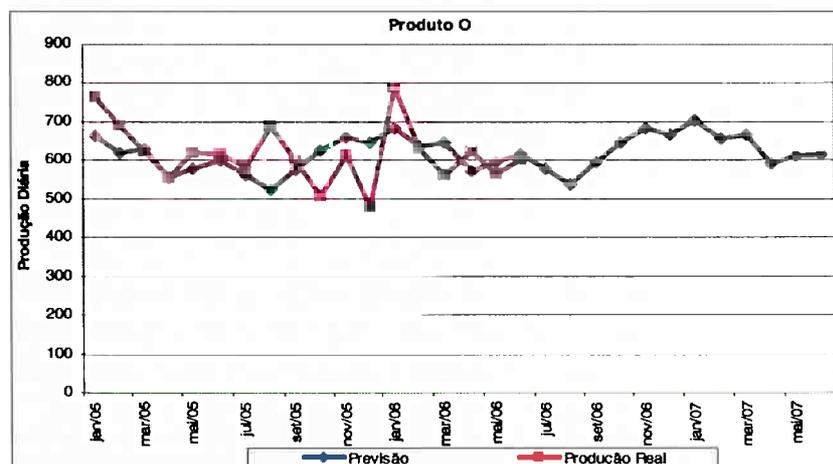


Alpha	Beta	Gama
0,86	0,00	0,61

EPAM(%)	6,76
---------	------

Produto O

Produto O	
Mês	Produção / DU
jan/06	789
fev/06	628
mar/06	560
abr/06	623
mai/06	565
jun/06	602
jul/06	578
ago/06	538
set/06	593
out/06	645
nov/06	681
dez/06	667
jan/07	703
fev/07	655
mar/07	667
abr/07	589
mai/07	612
jun/07	614



Alpha	Beta	Gama
0,00	0,00	0,00

EPAM(%)	11,57
---------	-------

Anexo 4 – Restrição – Período de Carência

Os testes de hipóteses realizados para a análise do período de carência encontram-se a seguir.

Conforme explicado no item 4.3 os dados de ICM foram separadas conforme o intervalo de meses entre as campanhas.

Comparação entre intervalo de 1 mês e sem intervalo (0 mês)

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	<i>1 mês</i>	<i>0 mês</i>
Média	90,11	83,80
Variância	25,39	128,50
Observações	8,00	14,00
Hipótese da diferença de média	0,20	
gl	19,00	
Stat t	1,74	
P(T<=t) uni-caudal	0,05	
t crítico uni-caudal	1,73	
P(T<=t) bi-caudal	0,10	
t crítico bi-caudal	2,09	

Comparação entre intervalo de 2 meses e sem intervalo (0 mês)

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	<i>2 meses</i>	<i>0 mês</i>
Média	103,98	83,80
Variância	126,67	128,50
Observações	16,00	14,00
Hipótese da diferença de média	13,10	
gl	27,00	
Stat t	1,71	
P(T<=t) uni-caudal	0,05	
t crítico uni-caudal	1,70	
P(T<=t) bi-caudal	0,10	
t crítico bi-caudal	2,05	

Comparação entre intervalo de 2 meses e intervalo de 1 mês

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>2 meses</i>	<i>1 mês</i>
Média	103,98	90,11
Variância	126,67	25,39
Observações	16,00	8,00
Hipótese da diferença de média	8,10	
gl	22,00	
Stat t	1,73	
P(T<=t) uni-caudal	0,05	
t crítico uni-caudal	1,72	
P(T<=t) bi-caudal	0,10	
t crítico bi-caudal	2,07	

Comparação entre intervalo de 3 meses e intervalo de 1 mês

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>3 meses</i>	<i>1 mês</i>
Média	103,95	90,11
Variância	122,57	25,39
Observações	11,00	8,00
Hipótese da diferença de média	7,20	
gl	15,00	
Stat t	1,75	
P(T<=t) uni-caudal	0,05	
t crítico uni-caudal	1,75	
P(T<=t) bi-caudal	0,10	
t crítico bi-caudal	2,13	

Comparação entre intervalo de 3 meses e intervalo de 2 meses

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>3 meses</i>	<i>2 meses</i>
Média	103,95	103,98
Variância	122,57	126,67
Observações	11,00	16,00
Hipótese da diferença de média	0,00	
gl	22,00	
Stat t	-0,01	
P(T<=t) uni-caudal	0,50	
t crítico uni-caudal	1,72	
P(T<=t) bi-caudal	0,99	
t crítico bi-caudal	2,07	

Comparação entre intervalo de 3 meses e sem intervalo (0 mês)

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>3 meses</i>	<i>0 mês</i>
Média	103,95	83,80
Variância	122,57	128,50
Observações	11,00	14,00
Hipótese da diferença de média	12,30	
gl	22,00	
Stat t	1,74	
P(T<=t) uni-caudal	0,05	
t crítico uni-caudal	1,72	
P(T<=t) bi-caudal	0,10	
t crítico bi-caudal	2,07	

Anexo 5 – Resultados do Modelo

Os resultados obtidos pelo modelo são dados pelas tabelas a seguir:

What'sBest! 7.0 Status Report
10/7/06 1:13 PM

Solver memory allocated: 24576

Seconds to relative optimality tolerance: 200
Max cut passes: 200

Model Type: LINEAR / INTEGER

The smallest and largest coefficients in the model were:

1.0000000 9543581.6

The smallest coefficient occurred in constraint cell: Modelo!D40
on optimizable cell: Modelo!D40

The largest coefficient occurred in constraint cell: Modelo!N59
on optimizable cell: Modelo!N22

CLASSIFICATION STATISTICS	Current /	Maximum
Numeric	3996 /	10000
Adjustable	336	
Constraints	320	
Integers	336	
Optimizable	1313	
Nonlinear	0	
Coefficients	2894	

Best integer value: 350358304. @ 132 tries. Theoretical limit: 350358304.

Solution Status: GLOBALLY OPTIMAL.

Solution Time: 0 Hours 0 Minutes 2 Seconds

End of report.

What'sBest! Solution Report

10/7/06 11:04 AM

OBJECTIVE CELL:

CELL ADDRESS	VALUE	INITIAL VALUE	TYPE
Modelo1I74	3,50E+08	0	MAX

ADJUSTABLE CELLS:

CELL ADDRESS	VALUE	INITIAL VALUE	TYPE	DUAL VALUE
Período Normal				
Produto A julho/06	1	0	Bin	(7.208.902)
Produto A agosto/06	1	0	Bin	(8.214.933)
Produto A setembro/06	0	0	Bin	(7.458.495)
Produto A outubro/06	1	0	Bin	(7.601.575)
Produto A novembro/06	1	0	Bin	(7.214.249)
Produto A dezembro/06	0	0	Bin	(6.686.884)
Produto A janeiro/07	1	0	Bin	(7.034.241)
Produto A fevereiro/07	1	0	Bin	(6.673.578)
Produto A março/07	0	0	Bin	(7.931.012)
Produto A abril/07	1	0	Bin	(7.358.299)
Produto A maio/07	1	0	Bin	(8.248.558)
Produto A junho/07	0	0	Bin	(8.059.490)
Produto B julho/06	1	0	Bin	(3.161.189)
Produto B agosto/06	0	0	Bin	(3.874.726)
Produto B setembro/06	1	0	Bin	(3.293.145)
Produto B outubro/06	1	0	Bin	(3.612.473)
Produto B novembro/06	0	0	Bin	(3.552.990)
Produto B dezembro/06	1	0	Bin	(3.113.473)
Produto B janeiro/07	1	0	Bin	(3.384.435)
Produto B fevereiro/07	0	0	Bin	(3.831.734)
Produto B março/07	1	0	Bin	(3.305.681)
Produto B abril/07	1	0	Bin	(3.239.877)
Produto B maio/07	0	0	Bin	(3.018.597)
Produto B junho/07	1	0	Bin	(2.911.237)
Produto C julho/06	1	0	Bin	(1.530.879)
Produto C agosto/06	1	0	Bin	(1.876.485)
Produto C setembro/06	1	0	Bin	(1.732.465)
Produto C outubro/06	1	0	Bin	(1.873.385)
Produto C novembro/06	1	0	Bin	(1.683.724)
Produto C dezembro/06	1	0	Bin	(1.183.834)
Produto C janeiro/07	1	0	Bin	(1.610.135)
Produto C fevereiro/07	1	0	Bin	(1.693.571)
Produto C março/07	1	0	Bin	(1.987.656)
Produto C abril/07	1	0	Bin	(1.973.522)
Produto C maio/07	1	0	Bin	(2.283.215)
Produto C junho/07	1	0	Bin	(1.870.053)
Produto D julho/06	1	0	Bin	(1.759.804)
Produto D agosto/06	1	0	Bin	(1.905.468)
Produto D setembro/06	0	0	Bin	(1.745.306)
Produto D outubro/06	1	0	Bin	(2.064.728)
Produto D novembro/06	1	0	Bin	(1.892.174)
Produto D dezembro/06	0	0	Bin	(2.300.003)
Produto D janeiro/07	1	0	Bin	(2.265.519)
Produto D fevereiro/07	1	0	Bin	(1.593.838)
Produto D março/07	0	0	Bin	(2.093.709)
Produto D abril/07	1	0	Bin	(1.748.789)
Produto D maio/07	1	0	Bin	(2.130.039)
Produto D junho/07	0	0	Bin	(1.802.514)

Produto E julho/06	0	0	Bin	(854.026)
Produto E agosto/06	1	0	Bin	(942.243)
Produto E setembro/06	1	0	Bin	(849.112)
Produto E outubro/06	0	0	Bin	(922.810)
Produto E novembro/06	1	0	Bin	(855.974)
Produto E dezembro/06	1	0	Bin	(707.808)
Produto E janeiro/07	0	0	Bin	(857.664)
Produto E fevereiro/07	1	0	Bin	(648.175)
Produto E março/07	1	0	Bin	(800.169)
Produto E abril/07	0	0	Bin	(777.768)
Produto E maio/07	1	0	Bin	(782.421)
Produto E junho/07	1	0	Bin	(768.579)
Produto F julho/06	1	0	Bin	(33.627)
Produto F agosto/06	1	0	Bin	(37.063)
Produto F setembro/06	1	0	Bin	(37.136)
Produto F outubro/06	1	0	Bin	(31.384)
Produto F novembro/06	1	0	Bin	(42.041)
Produto F dezembro/06	1	0	Bin	(37.172)
Produto F janeiro/07	1	0	Bin	(55.900)
Produto F fevereiro/07	1	0	Bin	(35.191)
Produto F março/07	1	0	Bin	(35.839)
Produto F abril/07	1	0	Bin	(39.116)
Produto F maio/07	1	0	Bin	(48.177)
Produto F junho/07	1	0	Bin	(38.165)
Produto G julho/06	1	0	Bin	(1.918.364)
Produto G agosto/06	0	0	Bin	(2.017.895)
Produto G setembro/06	1	0	Bin	(1.548.709)
Produto G outubro/06	1	0	Bin	(1.913.739)
Produto G novembro/06	0	0	Bin	(1.873.040)
Produto G dezembro/06	1	0	Bin	(1.664.057)
Produto G janeiro/07	1	0	Bin	(1.915.675)
Produto G fevereiro/07	0	0	Bin	(2.131.664)
Produto G março/07	1	0	Bin	(2.345.115)
Produto G abril/07	1	0	Bin	(2.056.165)
Produto G maio/07	0	0	Bin	(2.347.566)
Produto G junho/07	1	0	Bin	(2.273.465)
Produto H julho/06	0	0	Bin	(393.157)
Produto H agosto/06	1	0	Bin	(342.475)
Produto H setembro/06	1	0	Bin	(265.874)
Produto H outubro/06	0	0	Bin	(257.347)
Produto H novembro/06	1	0	Bin	(328.977)
Produto H dezembro/06	1	0	Bin	(256.513)
Produto H janeiro/07	0	0	Bin	(247.166)
Produto H fevereiro/07	1	0	Bin	(250.533)
Produto H março/07	1	0	Bin	(262.458)
Produto H abril/07	0	0	Bin	(262.659)
Produto H maio/07	1	0	Bin	(308.172)
Produto H junho/07	1	0	Bin	(281.804)
Produto I julho/06	1	0	Bin	(486.333)
Produto I agosto/06	1	0	Bin	(542.667)
Produto I setembro/06	1	0	Bin	(372.407)
Produto I outubro/06	1	0	Bin	(424.695)
Produto I novembro/06	1	0	Bin	(398.481)
Produto I dezembro/06	1	0	Bin	(405.509)
Produto I janeiro/07	1	0	Bin	(318.080)
Produto I fevereiro/07	1	0	Bin	(308.643)
Produto I março/07	1	0	Bin	(303.026)
Produto I abril/07	1	0	Bin	(301.201)
Produto I maio/07	1	0	Bin	(295.499)
Produto I junho/07	1	0	Bin	(302.050)
Produto J julho/06	1	0	Bin	(58.431)
Produto J agosto/06	1	0	Bin	(84.109)
Produto J setembro/06	1	0	Bin	(77.411)
Produto J outubro/06	1	0	Bin	(79.355)
Produto J novembro/06	1	0	Bin	(69.193)
Produto J dezembro/06	1	0	Bin	(58.152)
Produto J janeiro/07	1	0	Bin	(76.926)
Produto J fevereiro/07	1	0	Bin	(61.284)
Produto J março/07	1	0	Bin	(59.574)
Produto J abril/07	1	0	Bin	(54.762)
Produto J maio/07	1	0	Bin	(58.365)
Produto J junho/07	1	0	Bin	(56.248)

Produto L julho/06	1	0	Bin	(356.562)
Produto L agosto/06	1	0	Bin	(382.931)
Produto L setembro/06	1	0	Bin	(279.711)
Produto L outubro/06	1	0	Bin	(278.029)
Produto L novembro/06	1	0	Bin	(258.884)
Produto L dezembro/06	1	0	Bin	(256.770)
Produto L janeiro/07	1	0	Bin	(216.747)
Produto L fevereiro/07	1	0	Bin	(207.930)
Produto L março/07	1	0	Bin	(229.619)
Produto L abril/07	1	0	Bin	(245.523)
Produto L maio/07	1	0	Bin	(232.548)
Produto L junho/07	1	0	Bin	(219.929)
Produto M julho/06	1	0	Bin	(273)
Produto M agosto/06	1	0	Bin	(273)
Produto M setembro/06	0	0	Bin	(273)
Produto M outubro/06	1	0	Bin	(273)
Produto M novembro/06	1	0	Bin	(273)
Produto M dezembro/06	0	0	Bin	(273)
Produto M janeiro/07	1	0	Bin	(273)
Produto M fevereiro/07	1	0	Bin	(273)
Produto M março/07	0	0	Bin	(273)
Produto M abril/07	1	0	Bin	(273)
Produto M maio/07	1	0	Bin	(273)
Produto M junho/07	0	0	Bin	(273)
Produto N julho/06	1	0	Bin	(2.385.872)
Produto N agosto/06	0	0	Bin	(3.143.763)
Produto N setembro/06	1	0	Bin	(2.379.772)
Produto N outubro/06	1	0	Bin	(2.573.199)
Produto N novembro/06	0	0	Bin	(2.757.826)
Produto N dezembro/06	1	0	Bin	(2.898.386)
Produto N janeiro/07	1	0	Bin	(3.141.507)
Produto N fevereiro/07	0	0	Bin	(2.530.995)
Produto N março/07	1	0	Bin	(2.804.641)
Produto N abril/07	1	0	Bin	(2.486.546)
Produto N maio/07	0	0	Bin	(2.755.346)
Produto N junho/07	1	0	Bin	(2.353.808)
Produto O julho/06	0	0	Bin	(3.235.475)
Produto O agosto/06	1	0	Bin	(3.298.164)
Produto O setembro/06	1	0	Bin	(3.158.384)
Produto O outubro/06	0	0	Bin	(3.606.345)
Produto O novembro/06	1	0	Bin	(3.629.962)
Produto O dezembro/06	1	0	Bin	(3.552.863)
Produto O janeiro/07	0	0	Bin	(3.933.618)
Produto O fevereiro/07	1	0	Bin	(3.141.690)
Produto O março/07	1	0	Bin	(3.907.452)
Produto O abril/07	0	0	Bin	(3.140.414)
Produto O maio/07	1	0	Bin	(3.586.697)
Produto O junho/07	1	0	Bin	(3.274.219)

Período Campanha

Produto A julho/06	0	0	Bin	(8.340.699)
Produto A agosto/06	0	0	Bin	(9.504.678)
Produto A setembro/06	1	0	Bin	(8.629.480)
Produto A outubro/06	0	0	Bin	(8.795.024)
Produto A novembro/06	0	0	Bin	(8.346.886)
Produto A dezembro/06	1	0	Bin	(7.736.725)
Produto A janeiro/07	0	0	Bin	(8.138.617)
Produto A fevereiro/07	0	0	Bin	(7.721.330)
Produto A março/07	1	0	Bin	(9.176.180)
Produto A abril/07	0	0	Bin	(8.513.552)
Produto A maio/07	0	0	Bin	(9.543.582)
Produto A junho/07	1	0	Bin	(9.324.830)

Produto B julho/06	0	0	Bin	(4.691.204)
Produto B agosto/06	1	0	Bin	(5.750.094)
Produto B setembro/06	0	0	Bin	(4.887.027)
Produto B outubro/06	0	0	Bin	(5.360.909)
Produto B novembro/06	1	0	Bin	(5.272.638)
Produto B dezembro/06	0	0	Bin	(4.620.393)
Produto B janeiro/07	0	0	Bin	(5.022.502)
Produto B fevereiro/07	1	0	Bin	(5.686.293)
Produto B março/07	0	0	Bin	(4.905.631)
Produto B abril/07	0	0	Bin	(4.807.977)
Produto B maio/07	1	0	Bin	(4.479.598)
Produto B junho/07	0	0	Bin	(4.320.276)
Produto C julho/06	0	0	Bin	(1.771.227)
Produto C agosto/06	0	0	Bin	(2.171.094)
Produto C setembro/06	0	0	Bin	(2.004.462)
Produto C outubro/06	0	0	Bin	(2.167.507)
Produto C novembro/06	0	0	Bin	(1.948.069)
Produto C dezembro/06	0	0	Bin	(1.369.697)
Produto C janeiro/07	0	0	Bin	(1.862.927)
Produto C fevereiro/07	0	0	Bin	(1.959.462)
Produto C março/07	0	0	Bin	(2.299.718)
Produto C abril/07	0	0	Bin	(2.283.365)
Produto C maio/07	0	0	Bin	(2.641.679)
Produto C junho/07	0	0	Bin	(2.163.652)
Produto D julho/06	0	0	Bin	(2.718.897)
Produto D agosto/06	0	0	Bin	(2.943.949)
Produto D setembro/06	1	0	Bin	(2.696.498)
Produto D outubro/06	0	0	Bin	(3.190.005)
Produto D novembro/06	0	0	Bin	(2.923.409)
Produto D dezembro/06	1	0	Bin	(3.553.504)
Produto D janeiro/07	0	0	Bin	(3.500.226)
Produto D fevereiro/07	0	0	Bin	(2.462.480)
Produto D março/07	1	0	Bin	(3.234.781)
Produto D abril/07	0	0	Bin	(2.701.879)
Produto D maio/07	0	0	Bin	(3.290.910)
Produto D junho/07	1	0	Bin	(2.784.884)
Produto E julho/06	1	0	Bin	(2.265.731)
Produto E agosto/06	0	0	Bin	(2.499.770)
Produto E setembro/06	0	0	Bin	(2.252.694)
Produto E outubro/06	1	0	Bin	(2.448.216)
Produto E novembro/06	0	0	Bin	(2.270.900)
Produto E dezembro/06	0	0	Bin	(1.877.814)
Produto E janeiro/07	1	0	Bin	(2.275.382)
Produto E fevereiro/07	0	0	Bin	(1.719.608)
Produto E março/07	0	0	Bin	(2.122.849)
Produto E abril/07	1	0	Bin	(2.063.418)
Produto E maio/07	0	0	Bin	(2.075.764)
Produto E junho/07	0	0	Bin	(2.039.039)
Produto F julho/06	0	0	Bin	(224.395)
Produto F agosto/06	0	0	Bin	(247.321)
Produto F setembro/06	0	0	Bin	(247.808)
Produto F outubro/06	0	0	Bin	(209.422)
Produto F novembro/06	0	0	Bin	(280.536)
Produto F dezembro/06	0	0	Bin	(248.048)
Produto F janeiro/07	0	0	Bin	(373.022)
Produto F fevereiro/07	0	0	Bin	(234.827)
Produto F março/07	0	0	Bin	(239.153)
Produto F abril/07	0	0	Bin	(261.020)
Produto F maio/07	0	0	Bin	(321.483)
Produto F junho/07	0	0	Bin	(254.673)
Produto G julho/06	0	0	Bin	(3.932.645)
Produto G agosto/06	1	0	Bin	(4.136.686)
Produto G setembro/06	0	0	Bin	(3.174.853)
Produto G outubro/06	0	0	Bin	(3.923.164)
Produto G novembro/06	1	0	Bin	(3.839.732)
Produto G dezembro/06	0	0	Bin	(3.411.317)
Produto G janeiro/07	0	0	Bin	(3.927.134)
Produto G fevereiro/07	1	0	Bin	(4.369.911)
Produto G março/07	0	0	Bin	(4.807.486)
Produto G abril/07	0	0	Bin	(4.215.139)
Produto G maio/07	1	0	Bin	(4.812.510)
Produto G junho/07	0	0	Bin	(4.660.603)

O resultado obtido na equação principal é obtido pela soma dos valores das duas tabelas a seguir.

Equação Principal - Variável Produção Mensal

Produto	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A	7.208.901	8.214.932	-	7.601.575	7.214.249	-	7.034.241	6.673.578	-	7.358.299	8.248.558	-
B	3.161.189	-	3.293.145	3.612.472	-	3.113.473	3.384.435	-	3.305.681	3.239.878	-	2.911.237
C	1.530.879	1.876.485	1.732.465	1.873.385	1.683.724	1.183.834	1.610.135	1.693.571	1.967.656	1.973.522	2.283.215	1.870.053
D	1.759.804	1.905.468	-	2.064.728	1.892.174	-	2.265.519	1.593.838	-	1.748.789	2.130.039	-
E	-	942.243	849.112	-	855.974	707.808	-	648.175	800.169	-	782.421	768.579
F	33.627	37.063	37.136	31.384	42.041	37.172	55.900	35.191	35.839	39.116	48.177	38.165
G	1.918.364	-	1.548.709	1.913.738	-	1.664.057	1.915.675	-	2.345.115	2.056.165	-	2.273.485
H	-	342.475	265.874	-	328.977	256.513	-	250.533	262.457	-	308.172	281.804
I	486.333	542.687	372.407	424.695	396.481	405.509	318.080	308.642	303.026	301.201	295.499	302.050
J	58.431	84.109	77.411	79.355	69.193	58.152	76.926	61.284	59.574	54.763	58.365	56.248
L	356.562	382.931	279.711	278.029	258.884	256.770	216.747	207.930	229.619	245.523	232.548	219.929
M	273	273	-	273	273	-	273	-	-	273	273	-
N	2.385.872	-	2.379.772	2.573.199	-	2.898.386	3.141.507	-	2.804.641	2.486.546	-	2.353.808
O	-	3.298.164	3.158.384	-	3.629.962	3.552.863	-	3.141.690	3.907.452	-	3.586.697	3.274.219

Equação Principal - Variável Produção Mensal Campanha

Produto	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07
A	-	-	8.629.479	-	-	7.736.725	-	-	8.176.180	-	-	9.324.830
B	-	5.750.093	-	-	5.272.637	-	-	5.686.292	-	-	4.479.598	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	2.696.498	-	-	3.553.504	-	-	3.234.780	-	-	2.784.884
E	2.265.731	-	-	2.448.216	-	-	2.275.382	-	-	2.063.418	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	-	4.136.686	-	-	3.839.732	-	-	4.369.911	-	-	4.812.510	-
H	1.235.298	-	-	808.585	-	-	776.595	-	-	825.273	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	-	-	3.357.376	-	-	3.357.376	-	-	3.357.376	-	-	3.357.376
N	-	4.203.211	-	-	3.687.214	-	-	3.383.941	-	-	3.683.898	-
O	4.604.061	-	-	5.131.829	-	-	5.597.539	-	-	4.468.809	-	-