

GEORGE PAULUS PEREIRA DIAS

GESTÃO DOS ESTOQUES NUMA CADEIA DE
DISTRIBUIÇÃO COM SISTEMA DE REPOSIÇÃO
AUTOMÁTICA E AMBIENTE COLABORATIVO

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

São Paulo

2003

GEORGE PAULUS PEREIRA DIAS

GESTÃO DOS ESTOQUES NUMA CADEIA DE
DISTRIBUIÇÃO COM SISTEMA DE REPOSIÇÃO
AUTOMÁTICA E AMBIENTE COLABORATIVO

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia – Área
de concentração: Engenharia de
Produção

Orientador: Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki

São Paulo

2003

“O fracasso nunca é fatal
e o sucesso nunca é final,

o que vale é a coragem”

TOLSTOI

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior), pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki, pela atenção e orientação em todas etapas do trabalho.

Aos Professores Miguel Cezar Santoro, Jorge Luiz de Biazzi e Leonardo Chwif cujas críticas e sugestões foram de extremo valor para o resultado final da pesquisa.

Ao Professor Henrique Luiz Corrêa pela influência, incentivo e oportunidades criadas para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Sr. Hércio Lima da Genexis e ao Sr. Mauricio Ianez da Faster Logistics por terem cedido as informações que contribuíram para realização da pesquisa.

Ao Sr. Alain de Norman da Belge Engenharia por ter cedido a chave do software de simulação PROMODEL para conclusão da pesquisa.

A Roberta Menin Lafraia e Alcides Santo Pietro Jr. pela ajuda que apenas os amigos podem dar.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	X
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Idéia central do trabalho	2
1.3. Problema foco do estudo	3
1.4. Perguntas-chave.....	4
1.5. Aspectos abordados	4
1.6. Contribuição do trabalho.....	5
1.7. Organização do trabalho.....	5
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE GESTÃO DE ESTOQUES.....	7
2.1. Demanda	7
2.2. Estoques.....	9
2.3. Nível de serviço - disponibilidade.....	10
2.3.1. Dilema (<i>trade-off</i>) Custo de estoque X Nível de serviço	11
2.4. Sistemas multicamadas	13
2.5. Efeito chicote (<i>bullwhip</i> ou Forrester).....	14
2.5.1. Redução do efeito chicote	24
2.6. Compartilhamento de informações	28
2.6.1. Tipos de informações compartilhadas	28
2.6.2. Planejamento, Previsão e Reposição Colaborativos (CPFR – <i>Collaborative Planning Forecasting and Replenishment</i>).....	30
CAPÍTULO 3 - GESTÃO DE ESTOQUES EM SISTEMAS MULTICAMADAS.....	33
3.1. Políticas para gestão de estoques em sistemas multicamadas	33
3.1.1. Estoque de camada (<i>echelon inventory</i>)	40
3.2. Classificação das políticas de gestão de estoque em sistemas multicamadas	42
3.2.1. Simulação e gestão de estoques em sistemas multicamadas.....	45
3.3. Observações sobre a literatura	47
3.3.1. Políticas de gestão de estoques para sistemas multicamadas....	48
3.3.2. Efeito chicote (<i>bullwhip</i> ou Forrester)	48
3.3.3. Compartilhamento de informações	49
CAPÍTULO 4 – CASO ESTUDADO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	51
4.1. Metodologia aplicada no desenvolvimento do modelo.....	52
4.2. Definição do problema e estabelecimento de objetivos	53
4.3. Formulação e planejamento do modelo	55
4.3.1. Pressupostos assumidos	64
4.3.2. Definição das variáveis de decisão.....	66
4.3.3. Modelo de custos.....	67

4.3.4.	Indicadores de desempenho.....	70
4.4.	Coleta e análise dos dados.....	70
4.5.	Desenvolvimento do modelo em software de simulação	76
4.6.	Validação e experimentação - cenários simulados	78
4.6.1.	Cenário I	79
4.6.2.	Cenário II	79
4.6.3.	Cenário III	79
4.6.4.	Cenário IV	80
4.6.5.	Período transitório da simulação	82
4.6.6.	Horizonte de simulação	83
4.6.7.	Número de réplicas.....	85
4.6.8.	Delineamento de experimentos – variáveis de decisão.....	86
4.6.9.	Cenários com sazonalidade.....	87
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS		92
5.1.	Parametrização das variáveis de decisão.....	93
5.2.	Resultados da simulação.....	96
5.2.1.	Nível de serviço X Estoque médio	99
5.2.2.	Efeito chicote	100
5.2.3.	Custos.....	103
5.3.	Curva para o planejamento de estoques	105
5.4.	Influência do tamanho do lote de produção sobre o sistema.....	107
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E EXTENSÕES DA PESQUISA		112
6.1.	Nível de serviço e custo total da cadeia.....	112
6.2.	Avaliação dos resultados das simulações	114
6.2.1.	Efeito chicote.....	117
6.3.	Cooperação entre os elos da cadeia de distribuição	117
6.4.	Papel da simulação para o estudo.....	118
6.5.	Quadro de resultados	119
6.6.	Extensões da pesquisa	120
BIBLIOGRAFIA		122
ANEXO I		126
ANEXO II		135
ANEXO III		167
ANEXO IV		183
ANEXO V		191
ANEXO VI		198
APÊNDICE I		201

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de uma cadeia típica de distribuição com duas camadas	3
Figura 2 – Organização do trabalho	6
Figura 3 – Padrão de demanda sazonal	8
Figura 4 – Curvas para o planejamento de estoques (Ballou, 1998)	12
Figura 5 – Dilema Custo-Receita em relação ao nível de serviço (Ballou, 1998)	12
Figura 6 – Exemplos de sistemas multicamada	14
Figura 7 – Exemplo de efeito chicote (Lee et al., 1997b)	15
Figura 8 – Exemplo de efeito chicote (Simchi-Levi, 1998)	17
Figura 9 – Flutuação dos níveis de produção ao longo da cadeia de suprimentos (Slack et al., 2000).....	19
Figura 10 – Impacto dos lotes de compra e produção (Slack et al., 2000)	21
Figura 11 – Mensuração do efeito chicote	24
Figura 12 – Modelos de compartilhamento de informações (Lee et al., 1998)..	29
Figura 13 – Estoque de camada (Simchi-Levi et al.,2000).....	42
Figura 14 – Simulação de estoques (Bowersox & Closs, 1996).....	46
Figura 15 – Metodologia de simulação (Bateman et al., 1997)	52
Figura 16 – Etapas da experimentação do modelo de simulação	53
Figura 17 – Representação do sistema simulado	56
Figura 18 – Processo de reposição de estoques do laboratório	57
Figura 19 – Processo de reposição dos estoques dos distribuidores	59
Figura 20 – Processo de demanda em cada distribuidor e envio dos medicamentos à farmácia	62
Figura 21 – Diferença entre os distribuidores.....	72
Figura 22 – Teste de normalidade da demanda diária.....	73
Figura 23 – Teste de normalidade para demanda de cada dia da semana	74
Figura 24 – Análise dos coeficientes de correlação da demanda diária nos distribuidores.....	75
Figura 25 – Análise dos coeficientes de correlação da demanda semanal nos distribuidores.....	76
Figura 26 – Cenários de simulação.....	81
Figura 27 – Definição do período transitório da simulação	83
Figura 28 – Definição do horizonte de simulação	84
Figura 29 – Resultado do delineamento de experimento	86
Figura 30 – Índices de sazonalidade inseridos na demanda.....	88
Figura 31 – Definição do período transitório da simulação (cenários com sazonalidade).....	89
Figura 32 – Resultado do delineamento de experimento (cenários com sazonalidade).....	90
Figura 33 – Busca discreta no cenário III	95

Figura 34 – Aumento no número de pedidos	99
Figura 35 – Estoque médio X Nível de serviço	100
Figura 36 – Pedidos e vendas dos distribuidores.....	101
Figura 37 – Avaliação do efeito chicote nos cenários simulados	102
Figura 38 – Variação no custo total da cadeia	104
Figura 39 – Curvas de design para o planejamento de estoques	106
Figura 40 – Número de preparações da linha	108
Figura 41 – Estoque médio do laboratório	109
Figura 42 – Variação no custo total da cadeia com a mudança do lote de produção	110
Figura 43 – Custo total da cadeia X Nível de serviço.....	113
Figura 44 – Número de pedidos e custo de transporte	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Forças que tornam os estoques necessários (Robeson et al., 1994)	9
Tabela 2 – Indicações para redução do efeito chicote	27
Tabela 3 – Resultados dos estudos de caso CPFR (VICS, 1999)	32
Tabela 4 – Classificação das políticas de gestão de estoque em sistemas multicamadas	44
Tabela 5 – Regras dos fluxos de materiais	63
Tabela 6 – Cenários de simulação	80
Tabela 7 – Parametrização dos cenários de simulação	81
Tabela 8 – Resultados das simulações para definição do número de réplicas .	85
Tabela 9 – Resultados das simulações para definição do número de réplicas (cenários com sazonalidade)	90
Tabela 10 – Alternativas de busca (parametrização da política de reposição) .	94
Tabela 11 – Parametrização dos cenários simulados	95
Tabela 12 – Resultados físicos da simulação	97
Tabela 13 – Resultado consolidado da simulação	104
Tabela 14 – Redução média no custo total da cadeia	111
Tabela 15 – Custo máximo de preparação da linha de produção	111
Tabela 16 – Relacionamento entre as dimensões de análise e os custos da cadeia	119

LISTA DE SÍMBOLOS

A seguir são apresentados os símbolos usados neste documento.

- q^t - total dos pedidos feitos pelos varejistas ao distribuidor num determinado período t
- D^t - total da demanda recebida pelos varejistas num determinado período t
- I_{chicote} - indicador para mensurar o efeito chicote de uma cadeia de distribuição
- n - número de varejistas na cadeia de distribuição
- s - ponto de reposição
- s_L - ponto de reposição do laboratório
- S - estoque-alvo (ou estoque-máximo)
- Q - tamanho do lote de reposição
- R - intervalo entre pedidos
- PR_L - período de revisão do estoque do laboratório
- LT - tempo de ressuprimento
- LT_{prod} - tempo de produção de um lote pelo laboratório
- FS - fator de segurança
- FS_L - fator de segurança do laboratório
- ES_L - estoque de segurança do laboratório
- ES^i - estoque de segurança do distribuidor i
- σ^L - desvio padrão dos pedidos diários recebidos pelo laboratório
- σ^i - desvio padrão das vendas diárias do distribuidor i
- d_L - previsão diária de pedidos que serão recebidos pelo laboratório
- D_t^i - previsão de vendas do distribuidor i no instante t
- Q_t^i - tamanho do pedido do distribuidor i no instante t
- E_t^i - soma do estoque disponível no armazém do 'distribuidor i ' e seus pedidos em trânsito, no instante t .

- z - variável da distribuição normal reduzida
- α - nível de confiança
- s' - desvio padrão da amostra
- h - semi-amplitude do intervalo de confiança

RESUMO

DIAS, G.P.P. Gestão dos estoques numa cadeia de distribuição com sistema de reposição automática e ambiente colaborativo. 2003. 200p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo

O foco dessa dissertação está na gestão de estoques em sistemas multicamadas. O modelo de simulação construído considera o desempenho histórico de uma cadeia de distribuição de medicamentos versus a política de gestão proposta.

Os objetivos principais do trabalho são: a avaliação quantitativa da política de cálculo de necessidades aplicada na gestão de sistemas multicamadas, a verificação da importância da cooperação entre os elos da cadeia de distribuição para gestão do fluxo de materiais e o estudo das curvas que representam o dilema 'nível de serviço' versus 'custo total da cadeia'.

O modelo considera o fluxo de materiais a partir do estoque em processo do laboratório até a venda para as farmácias, que pode ser aproximada pela demanda dos medicamentos visto que os estoques das farmácias são relativamente pequenos e constantes ao longo do tempo. A modelagem de custos leva em conta o custo de estoque do laboratório e dos distribuidores, o custo de pedido dos distribuidores, o custo de transporte, o custo de entrega com atraso do laboratório e o custo de venda perdida dos distribuidores.

Especificamente, são considerados cenários com e sem o compartilhamento de informações entre as empresas da cadeia. Consideram-se também cenários com e sem sazonalidade na demanda.

Inicialmente, cada cenário simulado é preparado com a definição do 'período transitório da simulação', 'horizonte de simulação' e 'número de réplicas' necessárias. Depois disso, é feito o delineamento de experimentos para identificar quais variáveis de decisão têm efeito significativo sobre o custo total da cadeia. Finalmente, é feita uma busca da parametrização de cada um dos cenários que apresente o melhor custo total da cadeia.

Os resultados da simulação mostraram que as práticas atualmente empregadas na gestão dos estoques das empresas podem ter seu desempenho melhorado com a utilização da política simulada na pesquisa.

Os cenários nos quais se considerou o compartilhamento de informações tiveram desempenhos semelhantes aos sem esse compartilhamento. Dessa forma, para a política simulada, conclui-se que o valor do compartilhamento de informações foi relativamente pequeno.

Nas simulações pode-se verificar a melhoria simultânea do nível de serviço e do nível de estoques da cadeia. Isso mostra que a política simulada mudou o dilema (*trade-off*) que interliga antagonicamente essas duas características de desempenho do sistema.

Palavra-chave: Estoques Multicamadas, VMI (Estoque gerenciado pelo fornecedor), Efeito *bullwhip*.

ABSTRACT

DIAS, G.P.P. Multi-echelon inventory management with automatic replenishment program and collaborative environment. 2003. 200p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo

This dissertation focuses on the inventory management for multi-echelon systems. The simulation model proposes a new inventory management policy and compares it to the historical performance of a medicine supply chain.

The main objectives of this research are: the quantitative analysis of the method used for the calculation of material requirements in multi-echelon systems; the verification of the importance of the cooperation between the components of the supply chain to the material flow management; and the analysis of the curves which represent the trade-off between 'service level' and 'total cost'.

The model takes into account the material flow from the laboratory's 'work in process' up to the sales to the drugstores, which can be approximated by the demand of the final consumer, since the inventory kept by drugstores is relatively small and constant in time. The costs are calculated considering: the laboratory's and distributors' inventory costs, the cost of orders from the distributors, the transportation cost, the laboratory's cost of late delivery and the distributors' cost of lost sales.

Scenarios with and without the sharing of information between the components of the supply chain were both considered. The same is true for scenarios with and without seasonality in the demand.

Initially, each scenario was prepared with the definition of the 'warm-up' period, the simulation horizon and the amount of required replications. Secondly, the design of experiments (DOE) was done in order to determine which decision variables have influence on the supply chain total cost. Finally, each scenario was tested with many different parameters in order to find the lowest cost for the supply chain.

The simulation results have showed that the procedures currently applied for the inventory management can have their performance improved by the use of the policy proposed in this research.

The results for the scenarios with the sharing of information were similar to the ones for the scenarios without the sharing. For that reason, we can conclude that, for the proposed inventory management policy, the value of the sharing of information through the supply chain was relatively small.

In the simulations, both the 'service level' and the 'total cost' have improved. In this manner, it can be said that the new policy has improved this trade-off.

Key-words: Multi-echelon inventory, VMI – *Vendor Managed Inventory*, Bullwhip effect.

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial da presente obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

George Paulus Pereira Dias

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

São Paulo

Avenida Professor Almeida Prado
travessa número 2, 128
Cidade Universitária

e-mail: paulus@salaviva.com.br

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório é apresentada a principal motivação da pesquisa, o problema focalizado no estudo, os conceitos abordados na revisão bibliográfica e os objetivos da pesquisa.

1.1. Objetivos

Os propósitos deste trabalho são:

- Estudar a importância da cooperação entre os elos da cadeia de distribuição para gestão do dilema (*trade-off*) entre nível de serviço e nível de estoque;
- Desenvolver uma ferramenta de simulação que subsidie a definição do nível de serviço desejado e a gestão dos níveis de estoque ao longo da cadeia de distribuição.
- Avaliar uma política de estoque para sistemas multicamadas;
- Desenhar a rede de distribuição para o caso do fabricante de produtos farmacêuticos, contemplando pontos de estocagem, regiões atendidas por cada ponto de atendimento e todos os prazos de transporte envolvidos;
- Representar esta rede de distribuição em software de simulação;
- Construir as curvas que representam o dilema 'nível de serviço' versus 'custo da cadeia'.

1.2. Idéia central do trabalho

O trabalho tem como tema a gestão dos estoques num sistema multicamadas através dos processos de previsão, planejamento e definição de política de gestão de estoques executada de forma centralizada.

Os estoques estão presentes ao longo das cadeias de distribuição pelos mais diversos motivos. Ballou (1998) estima que o custo anual de manutenção de um item em estoque é de 20 a 40% do seu valor. Lee & Billington (1992) apontam diversas oportunidades para a melhoria na gestão de estoques na cadeia e utilizam sempre a premissa de que o menor nível de estoques é obtido quando toda cadeia é considerada como um sistema único.

Com o uso das práticas de cooperação e compartilhamento de informações, pretende-se estudar como o estabelecimento da política de estocagem influencia no dilema existente entre a disponibilidade de produtos (Nível de serviço) e os custos de estocagem (Nível de estoque) em dois estágios da cadeia.

A definição de qual deve ser o nível de serviço na última etapa da cadeia é uma decisão estratégica. O resultado do estudo pode servir como uma ferramenta que, através de simulações de diferentes cenários, forneça um instrumento que suporte tal decisão, apresentando os custos de diferentes estratégias de atendimento e estocagem ao longo da cadeia de distribuição.

A Figura 1 representa um exemplo de cadeia de distribuição com uma estrutura que contempla duas camadas.

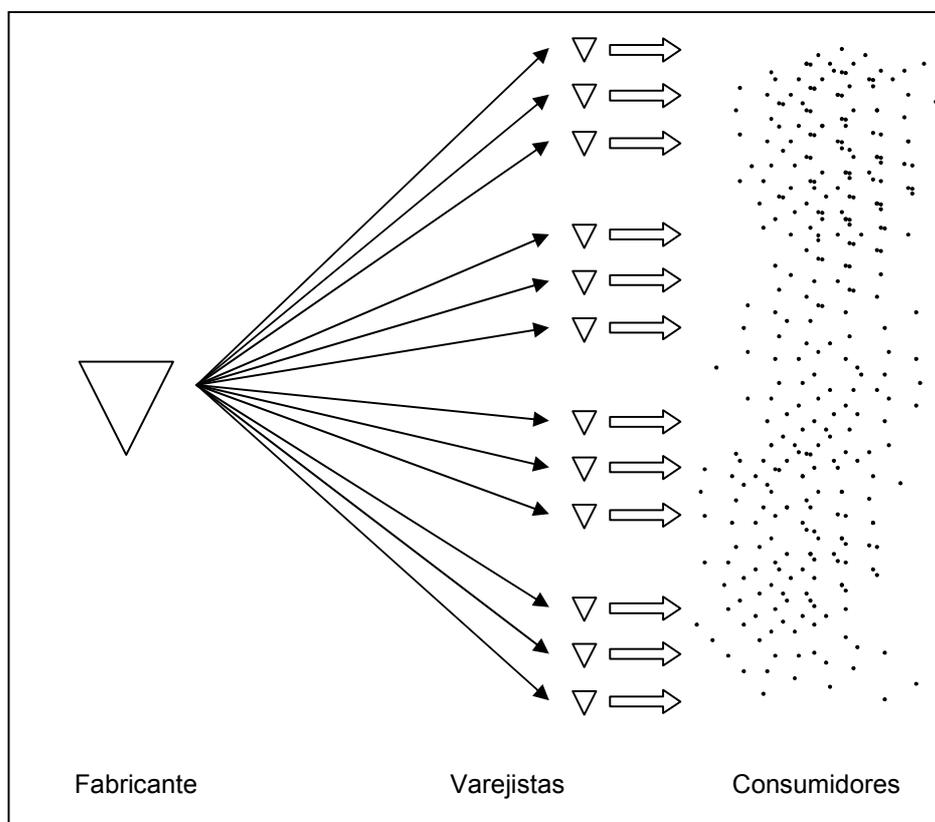


Figura 1 – Representação de uma cadeia típica de distribuição com duas camadas

1.3. Problema foco do estudo

O estudo tem como principal foco o gerenciamento da disponibilidade de produtos, através da política de gestão de estoque, numa cadeia de distribuição em que haja cooperação e compartilhamento de informações.

Outros fatores também importantes na gestão do nível de serviço são: o projeto da rede de distribuição e o gerenciamento do sistema de transportes. Entretanto, este estudo considera a estrutura logística já definida, ou seja, trata a estrutura logística existente como uma restrição do problema. Dessa forma, são considerados fixos os pontos de estocagem, os sistemas de transporte e seus tempos de entrega. O objetivo do modelo é o estudo de como se

relacionam a política de estocagem e o nível de serviço num ambiente cooperativo já estabelecido.

Secundariamente, também é abordada a questão do ambiente de cooperação, ou seja, como o relacionamento entre as empresas envolvidas na cadeia deve ser estruturado para que os ganhos advindos da coordenação no fluxo de materiais possam ser viabilizados através de um relacionamento comercial entre as empresas.

Como descrito mais adiante, o problema estudado refere-se a uma parte da cadeia de distribuição (relação entre o fabricante e seus distribuidores). Entretanto, é utilizada a expressão “cadeia de distribuição” para fazer referência a esta etapa da cadeia.

1.4. Perguntas-chave

O escopo geral do desenvolvimento da pesquisa foi direcionado fundamentalmente por duas perguntas:

1. Como parametrizar a política de estoque numa cadeia de distribuição, considerando um ambiente em que haja cooperação entre seus integrantes?
2. Quais podem ser os benefícios (quantificados) da gestão dos estoques por meio de políticas objetivas e com a cooperação e compartilhamento de informações?

1.5. Aspectos abordados

Os conceitos fundamentais que devem ser explorados no decorrer da pesquisa são:

- Nível de serviço
- Política de estocagem

- Parâmetros da política de estocagem
- Históricos e previsões da demanda
- Projeto da cadeia de distribuição
- Sistemas multicamadas

1.6. Contribuição do trabalho

Essa abordagem para o estudo da gestão em ambientes de cooperação é uma oportunidade de quantificar quais podem ser os resultados gerados com a adoção desse tipo de prática pela indústria.

Por outro lado, com o desenvolvimento de um modelo de simulação para uma rede de distribuição é possível estudar algumas relações de causa e efeito que os modelos analíticos não permitem, dada a complexidade da formulação dessas cadeias.

No resultado do trabalho também é possível identificar e quantificar os potenciais benefícios da cooperação e compartilhamento de informações entre as empresas envolvidas na cadeia de distribuição.

Um produto adicional do trabalho é a ferramenta de simulação, que suporta a decisão estratégica de definição do nível de serviço de uma rede de distribuição pré-definida.

1.7. Organização do trabalho

Nos dois próximos capítulos é apresentada a revisão bibliográfica do trabalho. No capítulo 2 estão revistos os conceitos fundamentais para gestão de estoques, a definição do efeito chicote e o papel do compartilhamento de informações para gestão de uma cadeia de suprimentos.

No capítulo 3 são apresentadas e organizadas importantes referências relacionadas à pesquisa de políticas de gestão de estoques em sistemas multicamadas.

O capítulo 4 contém a descrição do caso em que o estudo foi desenvolvido, seguido da apresentação das atividades associadas à construção e experimentação do modelo de simulação.

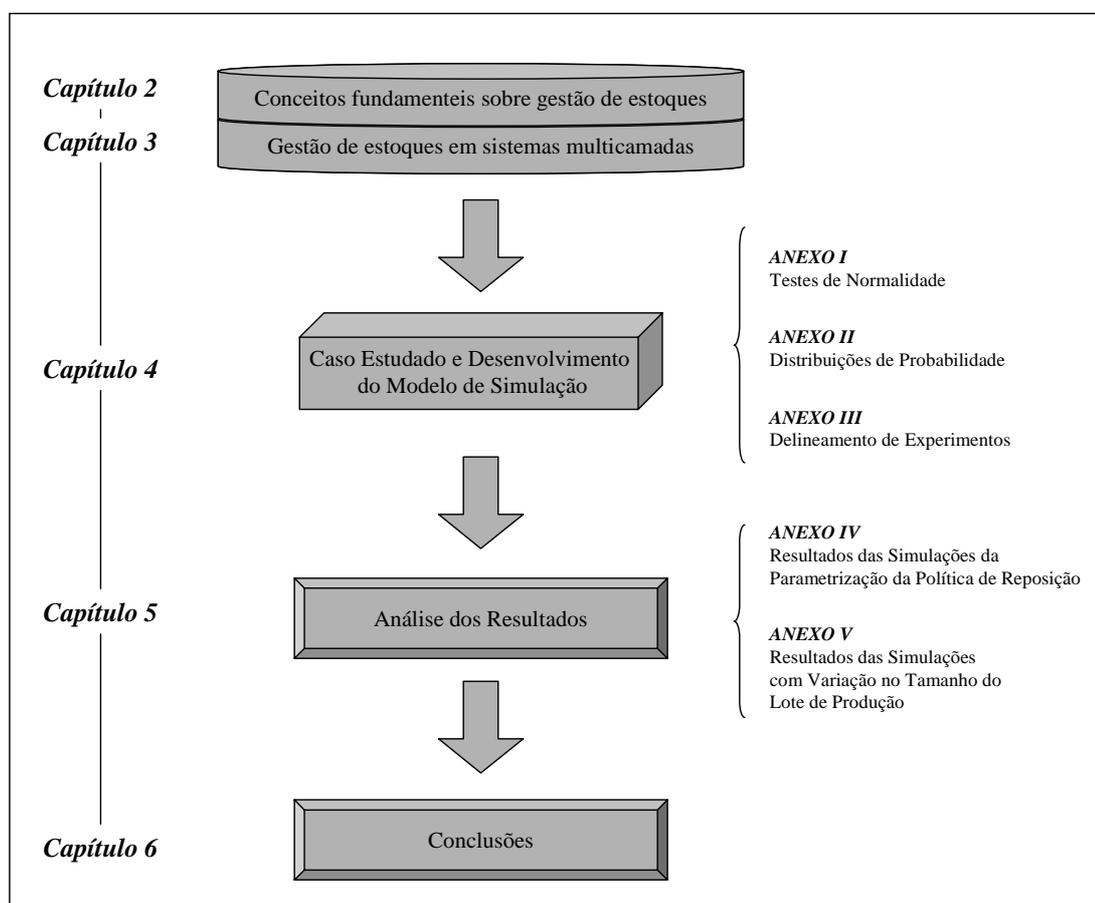


Figura 2 – Organização do trabalho

Os resultados da simulação, a parametrização da política de gestão dos estoques e as conclusões do estudo são apresentados nos capítulos 5 e 6.

CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE GESTÃO DE ESTOQUES

Neste capítulo estão apresentados os conceitos mais importantes e que são fundamentais para o desenvolvimento do trabalho. O objetivo deste capítulo é apresentar e definir esses conceitos. São eles:

- Demanda;
- Estoque;
- Nível de serviço;
- Políticas de estoque e o Dilema (*trade-off*) logístico;
- Sistema multicamada (*multi-echelon*);
- Eleito chicote (também conhecido por efeito *bullwhip* ou *Forrester*);
- Compartilhamento de informações.

2.1. Demanda

A demanda de um determinado item pode ser de dois tipos: dependente ou independente (Correa et al., 1999). A demanda dependente é aquela que acontece como consequência direta de outro evento sobre o qual se tem algum tipo de informação, como a demanda por pneus quando se sabe a quantidade de automóveis que serão produzidos. Por outro lado, a demanda independente vem do mercado e não está associada a um fato conhecido. A demanda

dependente pode ser calculada enquanto a independente deve ser prevista. O mesmo conceito de demanda dependente é definido por Ballou (1993) como demanda derivada. O fluxo de materiais entre dois elos da cadeia de distribuição não pode ser considerado como uma demanda independente. A demanda independente pode ser tratada como uma série temporal e pode ser modelada como a composição de quatro componentes além da demanda base (Makridakis et al., 1998): aleatoriedade, tendência, sazonalidade e ciclicidade.

A sazonalidade existe quando ocorrem flutuações na demanda, de acordo com um padrão relativamente constante de período para período, apresentando picos e vales de demanda sempre nos mesmos períodos. Veja a Figura 3.

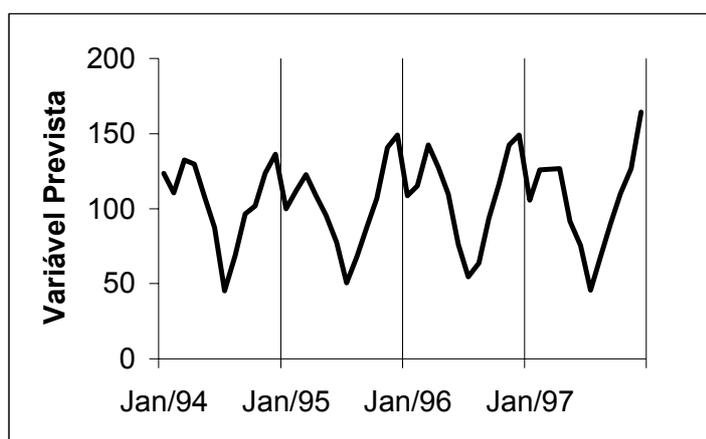


Figura 3 – Padrão de demanda sazonal

A diferença entre ciclicidade e sazonalidade é que esta última se repete em períodos relativamente constantes (ano, mês, semana, etc.) enquanto a ciclicidade tem durações mais longas que variam de ciclo a ciclo e está em geral ligada a ciclos econômicos.

A tendência está presente quando existem aumentos ou decréscimos consecutivos na demanda. Isso ocorre em geral quando um mercado está em

expansão, um produto é lançado, está substituindo outro ou quando uma empresa está conquistando participação de mercado, e nos casos inversos.

2.2. Estoques

Neste tópico são apresentados os principais fatores, indicados na literatura, para a manutenção dos estoques. Eles são necessários para que o processo de produção e distribuição de um produto possa ocorrer. Na Tabela 1 estão apresentados os motivos pelos quais os estoques são necessários, bem como a classificação de cada tipo de estoque conforme Robeson et al. (1994).

Tabela 1 – Forças que tornam os estoques necessários (Robeson et al., 1994)

Motivo do estoque	Tipo de estoque
Incertezas	Estoque de segurança
Produção/Transporte em lotes	Estoque de ciclo
Tempo de transporte	Estoque em trânsito
Tempo de processamento	Estoque em processo
Sazonalidade	Estoques sazonais
Variação na taxa de atividades	Estoque de antecipação
Especulação	Estoques especulativos

Correa et al. (1999) apontam como razões para o surgimento e manutenção de estoques:

- A impossibilidade ou inviabilidade de coordenação entre o fornecimento e a demanda;
- As incertezas de previsões no suprimento ou demanda;
- O preenchimento dos canais de distribuição (*pipeline*).

Bowersox & Closs (1996) listam quatro motivos para a existência dos estoques: possibilitar a especialização geográfica (diferentes etapas da produção de um produto ocorrem em locais distintos); permitir variações nas taxas de atividade;

balancear o suprimento e a demanda de um item; suportar incertezas na demanda ou suprimento de um item.

A impossibilidade de sincronização perfeita entre a demanda e o fornecimento obriga as organizações a manterem estoques para atender a demanda. Pode-se listar suas finalidades como: melhorar o nível de serviço; incentivar economias na produção; permitir economias de escala nas compras e no transporte; proteger a empresa quanto a incertezas na demanda ou no tempo de suprimento; proteção contra contingências como greves ou incêndios (Ballou, 1993).

Simchi-Levi et al. (2000) listam três razões para se manter estoques. Primeiro, para proteger a empresa de mudanças inesperadas na demanda. Em segundo lugar, pela presença de incertezas na quantidade, qualidade e prazos de entrega e, por fim, por questões relacionadas à economia de escala na produção e no transporte dos produtos.

Para reduzir a necessidade dos estoques pode-se atuar sobre as forças que os tornam necessários. Forrester (1958) mostrou que numa cadeia de distribuição é possível diminuir o nível de incerteza nos estágios mais à montante através da disponibilização da informação de consumo do produto. Com informações disponíveis em alguns pontos da cadeia é possível melhorar o nível das previsões para a tomada de decisões. Dessa forma, o nível de incerteza diminui e, por consequência, há também a redução na magnitude dos estoques de segurança necessários.

2.3. Nível de serviço - disponibilidade

O nível de serviço define quais os objetivos de desempenho que os estoques devem ter no atendimento das necessidades do mercado (Bowersox & Closs,

1996). Do ponto de vista de disponibilidade de estoques, é sugerido o uso combinado das seguintes medidas de nível de serviço:

- Probabilidade de faltas – essa medida é uma indicação de quão bem a empresa atende a demanda, mas não considera que alguns produtos podem ser mais críticos do que outros, nem a magnitude da falta;
- Taxa de atendimento (*fill rate*) – essa medida considera a magnitude da falta e pode ser calculada individualmente para cada produto;
- Pedidos emitidos completos – medida mais rígida e que mede a perfeição do atendimento.

Numa consolidação de pesquisas, Ballou (1998) aponta três indicadores de nível de serviço utilizados para medir a disponibilidade dos produtos: taxa de atendimento; disponibilidade de estoques; tempo de entrega de pedido.

Dois outros aspectos ressaltados por Ballou (1993) são: 1) nem todos clientes e produtos precisam ter o mesmo nível de serviço, e 2) raramente um sistema logístico apresenta um nível de serviço uniforme. Os objetivos devem ser estabelecidos para um nível de serviço médio.

2.3.1. Dilema (*trade-off*) Custo de estoque X Nível de serviço

A gestão de estoques procura balancear, de um lado, um determinado nível de disponibilidade dos produtos e, do outro, os custos necessários para atingir esse nível de serviço. Na Figura 4 representa-se a relação entre o nível de serviço e os custos de estoque, com destaque para o fato de que, com um mesmo custo de estoque, é possível ter-se diferentes níveis de serviço, e vice-versa. A definição dessas regiões depende de fatores como os tempos de produção e de entrega, a acurácia das previsões e a flexibilidade de produção, entre outros.

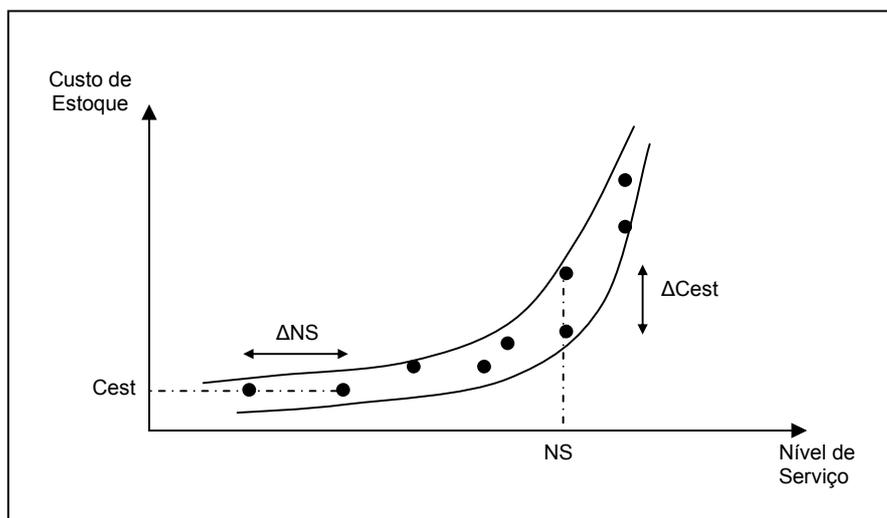


Figura 4 – Curvas para o planejamento de estoques (Ballou, 1998)

Ballou (1998) complementa a idéia propondo a existência de um nível de serviço ótimo que maximiza a função do lucro constituído pela receita menos o custo logístico da operação, como pode ser visto na Figura 5.

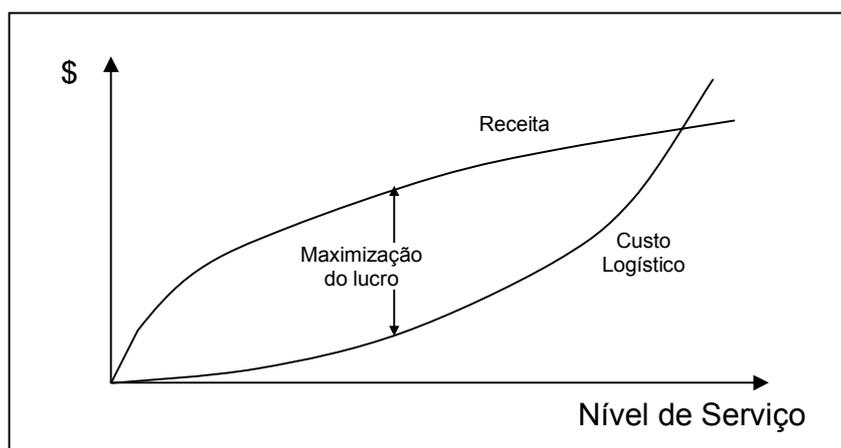


Figura 5 – Dilema Custo-Receita em relação ao nível de serviço (Ballou, 1998)

Outro dilema que também deve ser tratado na gestão dos estoques na cadeia de distribuição é o posicionamento predominante dos estoques ao longo da cadeia. Há duas idéias conflitantes que precisam ser balanceadas:

1 – Manter o estoque no início da cadeia de tal forma que o menor valor tenha sido agregado ao material. Essa prática garante também que a alocação das matérias-primas possa ser redirecionada de acordo com a demanda.

2 – Manter o estoque o mais próximo do consumidor final, aumentando a velocidade de atendimento.

2.4. Sistemas multicamadas

Os sistemas multicamadas são aqueles que possuem mais de um ponto de estocagem e cujos pontos de estocagem alimentam uns aos outros.

Os sistemas multicamadas podem ser seriais ou arborescentes, como pode ser visto na Figura 6.

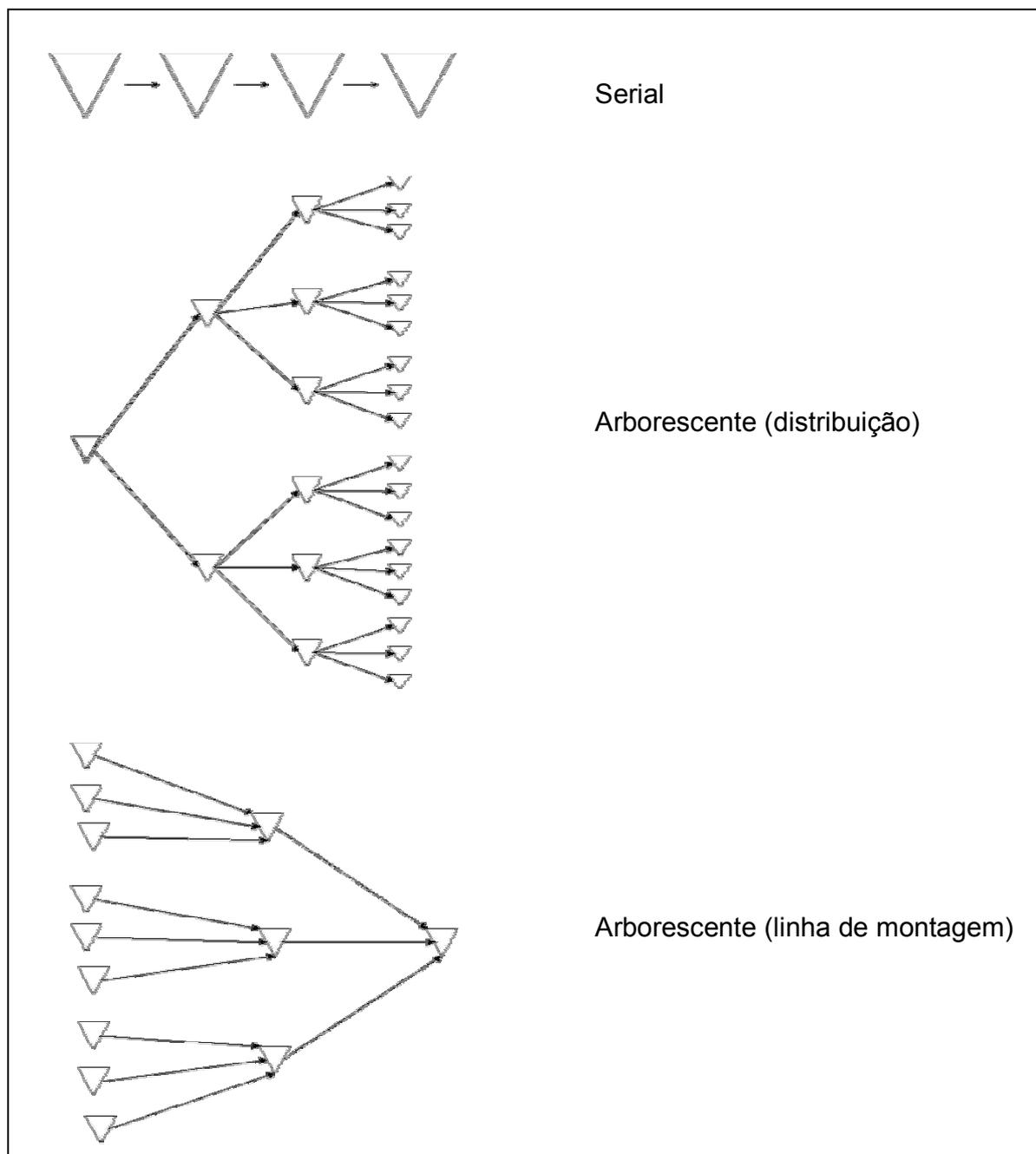


Figura 6 – Exemplos de sistemas multicamada

2.5. Efeito chicote (*bullwhip* ou Forrester)

Neste tópico é explorado um aspecto relacionado ao estudo das redes de distribuição, o efeito chicote (*bullwhip*), ou efeito Forrester. Como descrito a seguir, o efeito chicote é um fenômeno importante porque tem conseqüências

sobre a eficiência do fluxo de materiais nas cadeias de suprimento e distribuição.

Forrester (1958) marca o início do conceito de compartilhamento de informações na gestão da cadeia de suprimentos. Ele mostrou que as informações, assim como os pedidos, se propagam com maior variabilidade quando se caminha à montante na cadeia de distribuição (e/ou de suprimentos). Lee et al. (1997b) chamaram esse fenômeno de efeito “*bullwhip*” ou efeito chicote.

O efeito chicote é uma característica observada em cadeias de distribuição em que, mesmo para produtos de consumo relativamente uniforme no varejo, é possível observar que os pedidos feitos pelos distribuidores ao fornecedor tendem a ter uma variação maior do que suas vendas. A seguir, há dois exemplos encontrados na literatura que ilustram esse fenômeno.

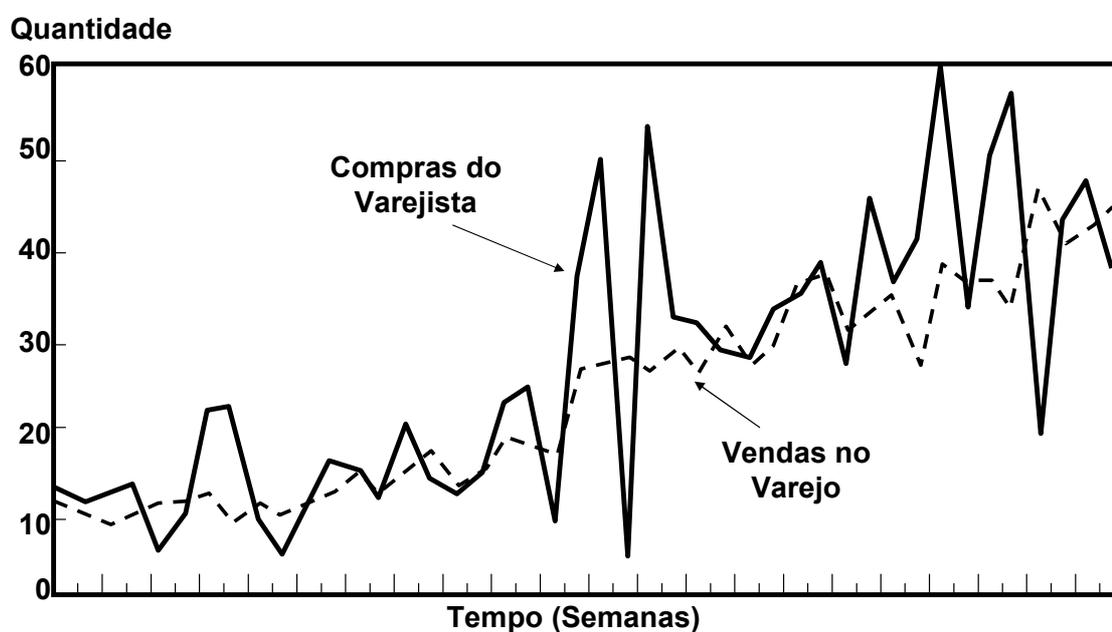


Figura 7 – Exemplo de efeito chicote (Lee et al., 1997b)

A Figura 7 mostra o comportamento real das vendas de um produto para um determinado varejista e suas ordens para o fabricante do produto. Pode-se verificar que a variabilidade nas ordens supera a variabilidade nas vendas.

Essa distorção compromete a eficiência do fabricante para definir sua política de estoques baseada apenas nos pedidos que atende, devido à amplificação das variações na demanda ao longo da cadeia.

A Figura 8 mostra outro exemplo do efeito chicote, apresentado por Simchi-Levi (1998).

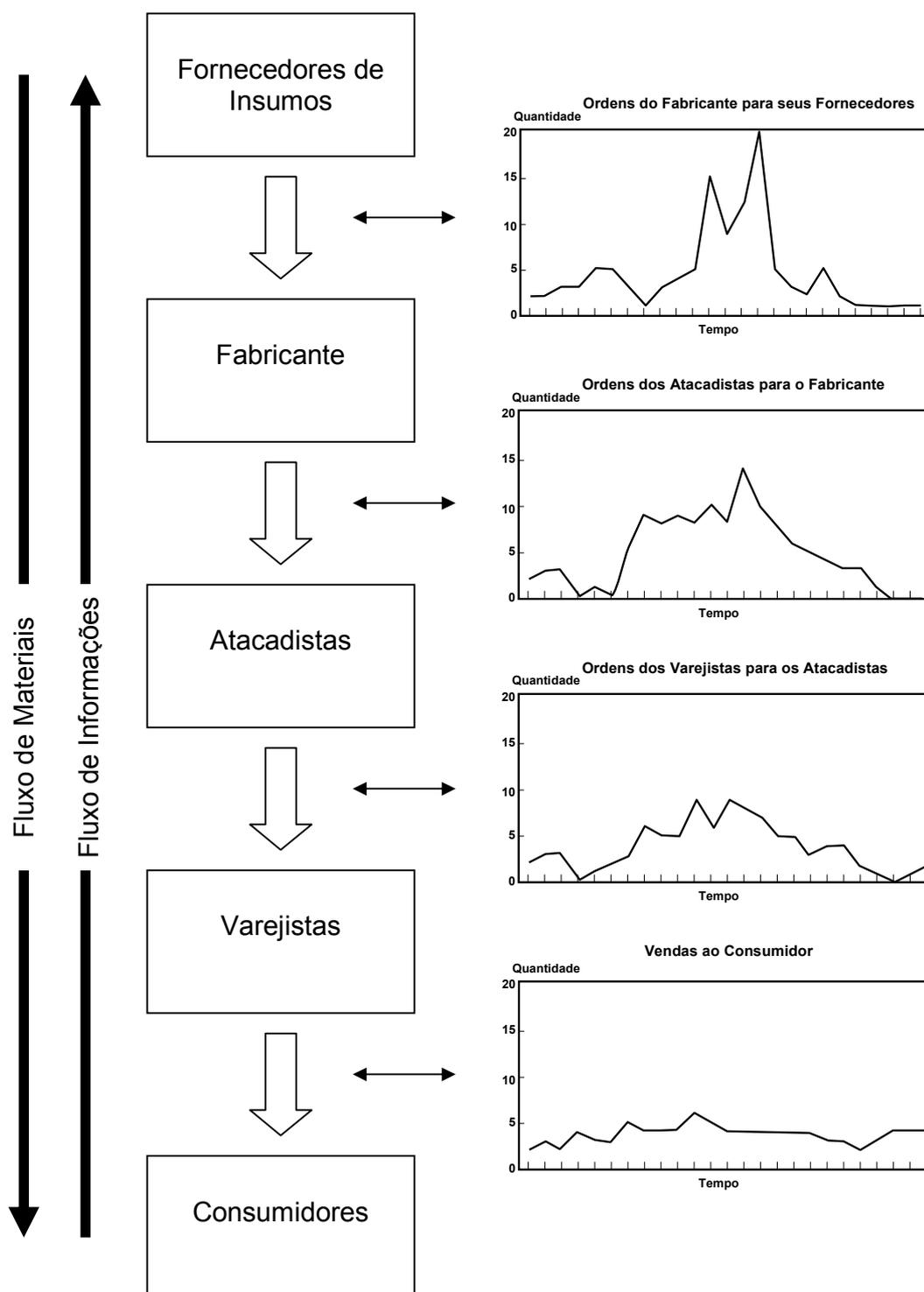


Figura 8 – Exemplo de efeito chicote (Simchi-Levi, 1998)

A análise dos gráficos apresentados no exemplo da Figura 8 deixa explícito o aumento na variabilidade das ordens nos diferentes níveis da cadeia.

O efeito chicote tem um impacto negativo, causando aumento no nível dos estoques de segurança e/ou um prejuízo no nível de serviço aumentando as faltas de produtos.

Algumas pesquisas procuram identificar as razões do efeito chicote. Lee et al. (1997) identificam quatro causas do efeito chicote: processamento das variações na demanda, racionamento (escassez de oferta), formação de lotes de compra e de produção, e variações de preço.

- Processamento das variações na demanda – quando um varejista, por exemplo, tem um aumento nas suas vendas, ele ajusta suas previsões e aumenta o volume de pedidos para restabelecer seus níveis de estoque. O detalhe é que esse aumento no volume de pedidos é influenciado pelo aumento na demanda e pela diminuição dos níveis de estoque do varejista. Dessa forma, o aumento no volume das compras do varejista é maior do que o aumento em suas vendas. Essa ampliação é refletida nos dados de demanda que o atacadista utilizará em seu planejamento. O mesmo fenômeno ocorre na relação entre o atacadista e o fabricante, amplificando ainda mais a variação da demanda deste último.

A Figura 9 apresenta um exemplo no qual fica evidente como a amplificação do sinal de demanda se dá partindo do mercado em direção aos fabricantes e fornecedores de componentes e matérias-primas.

O exemplo mostra a distribuição de um produto em uma cadeia serial com quatro camadas. Todas as empresas têm por política produzir/comprar a quantidade necessária para terminar o período com estoque suficiente para

atender as vendas do mês seguinte. Cada empresa considera que as vendas do próximo período serão iguais às vendas do período anterior. No exemplo o consumo está estável e em cem unidades até que no período 2 ocorre uma redução de cinco unidades no consumo final do produto. Então a dinâmica de pedidos ocorre de acordo com a Figura 9. A perturbação inserida no sistema é propagada e amplificada até que a estabilidade volta apenas no período 6.

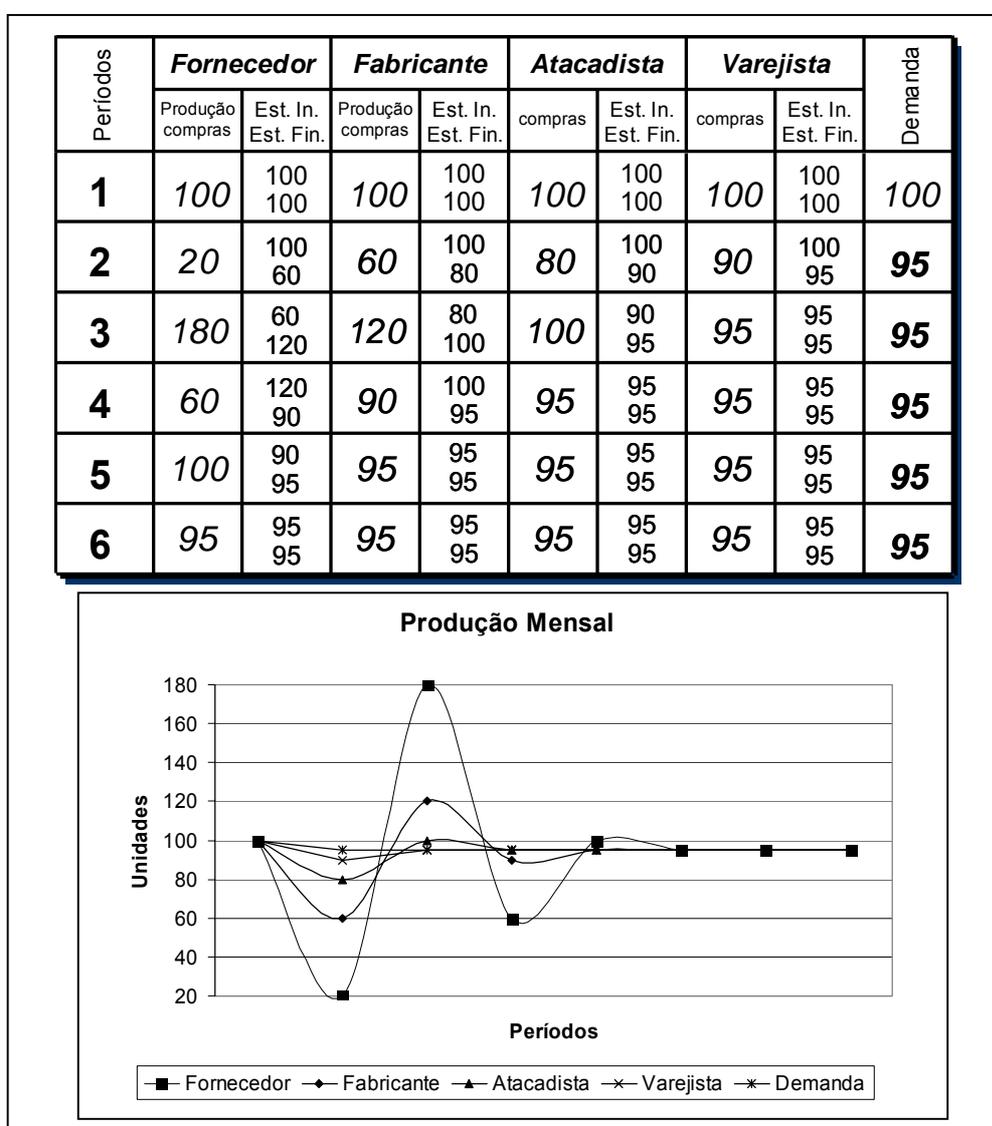


Figura 9 – Flutuação dos níveis de produção ao longo da cadeia de suprimentos (Slack et al., 2000)

A evolução no fluxo de materiais nessa cadeia mostra como a variação de 5% no consumo do produto foi propagada ao longo da cadeia que só retornou a estabilidade após cinco períodos de consumo constante do mercado.

- Racionamento (compras de prevenção à falta) – numa circunstância em que haja expectativa de falta de produtos, os agentes da cadeia tendem a fazer compras superiores as suas reais necessidades. Esse comportamento acentua ainda mais o efeito chicote, amplificando o grau de variação das vendas ao longo da cadeia de distribuição.
- Formação de lotes de compra e de produção – a utilização de lotes de compras e produção também contribui para formação do efeito chicote, como pode ser observado pelo exemplo apresentado na Figura 10.

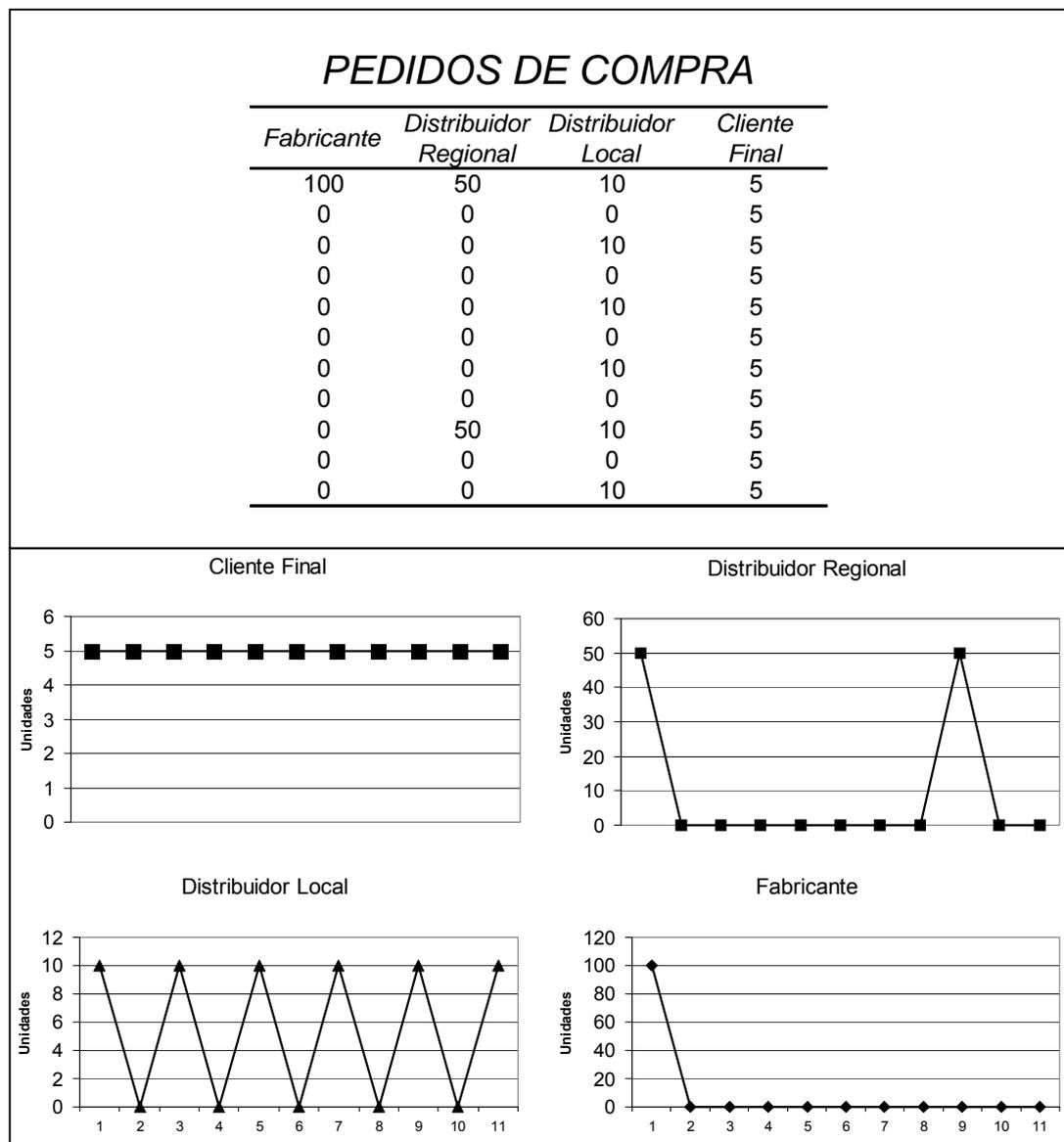


Figura 10 – Impacto dos lotes de compra e produção (Slack et al., 2000)

Apesar da demanda do cliente final ser constante, o distribuidor local compra apenas lotes de cinco unidades isso o leva a comprar em períodos intercalados. O distribuidor regional que compra lotes de cinquenta unidades vai comprar um lote a cada oito períodos. Já o fabricante que produz lotes de cem unidades precisará produzir o item a cada dezesseis períodos.

- Variações de preço – as políticas tradicionais de descontos entre as empresas da cadeia de distribuição (com abatimentos para grandes lotes de compras) induzem à formação de estoques quando o preço está baixo. Entretanto, o fluxo entre essas empresas é apenas antecipado e nos períodos seguintes esse fluxo diminui até que os estoques sejam consumidos. Dessa forma, a variação de preço aumenta as vendas em um período e diminui em outros, ou seja, aumenta a variação no fluxo de materiais ao longo da cadeia.

De acordo com Simchi-Levi et al. (2000), os fatores que mais contribuem para o surgimento e intensificação do efeito chicote, são:

- Tempo de ressuprimento – parâmetros como o ‘estoque de segurança’ e o ‘ponto de reposição’ dos estoques são calculados com base no tempo de ressuprimento. Dessa forma, para um mesmo patamar de erros de previsão, com tempos de ressuprimento maiores, a variabilidade no tamanho dos pedidos aumenta.
- Formação de lotes – quando um varejista utiliza um lote de reposição, o atacadista receberá ordens maiores, seguidas de períodos sem ordens, enquanto o consumo é relativamente constante.
- Flutuações de preço – as variações de preço levam à formação de estoques quando os preços estão mais baixos. Isso ocorre, sobretudo para as indústrias que fazem promoções esporádicas com descontos de preço.
- Pedidos distorcidos – quando existe (ou pode existir) falta de produtos as empresas envolvidas na distribuição tendem a antecipar seus pedidos para evitar problemas em seu nível de serviço.

Chen et al. (2000) apresentam o impacto que a atividade de previsão tem sobre o efeito chicote e propõe uma forma de mensurar o aumento de variabilidade ao longo da cadeia.

Para quantificar o efeito chicote Chen et al. (2000) propõem um indicador, apresentado na Equação (3), que compara a variância dos pedidos ao longo das camadas da cadeia:

$$q^t = \sum_{i=1}^n q_i^t \quad (1)$$

$$D^t = \sum_{i=1}^n D_i^t \quad (2)$$

$$I_{chicote} = \frac{Var(q^t)}{Var(D^t)} \quad (3)$$

Onde conforme exemplo da Figura 11,

- n é a quantidade de varejistas no sistema;
- q^t representa o total dos pedidos feitos pelos varejistas ao distribuidor num determinado período t ;
- D^t representa o total da demanda recebida pelos varejistas num determinado período t .

Dessa forma, quanto menor o $I_{chicote}$, menor a propagação da variância da demanda ao longo de uma cadeia. Quando $I_{chicote}=1$ significa que não há aumento da variância entre as duas etapas do sistema.

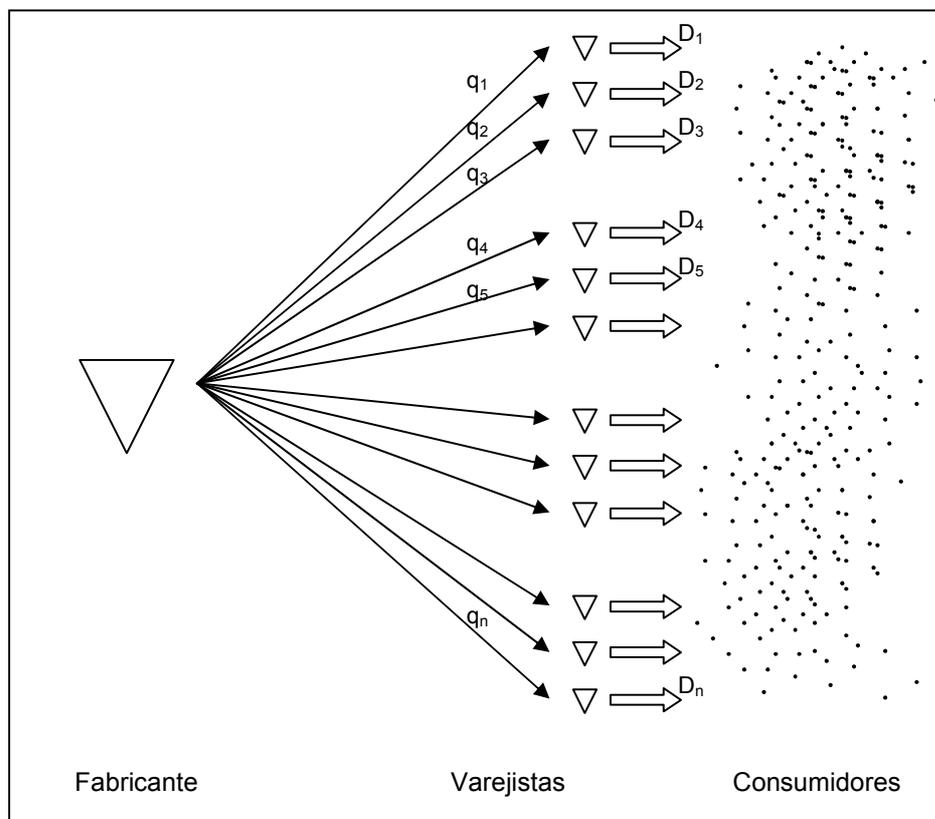


Figura 11 – Mensuração do efeito chicote

2.5.1. Redução do efeito chicote

Desde a identificação do efeito chicote, sua redução tem sido foco de pesquisas e estudos. A seguir, são apresentadas as conclusões dos principais trabalhos relativos a este fenômeno. Forrester (1958) sugere três frentes de ação para reduzir o efeito que chamou de amplificação:

- Agilizar o tratamento dos pedidos: a redução nos tempos envolvidos na execução das atividades tem pequeno impacto sobre a amplitude das variações; entretanto Forrester (1958) questiona o número de empresas envolvidas na distribuição dos produtos e propõe que as cadeias sejam mais curtas para reduzir o efeito chicote.

- Melhorar a qualidade dos dados: ressalta-se a importância de que todas as empresas envolvidas na cadeia tenham acesso às informações de vendas no varejo.
- Ajuste dos estoques: as variações dos estoques podem ser ajustadas não apenas em um período, mas numa seqüência de períodos futuros.

Lee et al. (1997) sugerem práticas que ataquem o efeito chicote em cada uma das causas apontadas por eles:

- Processamento das variações na demanda – a distorção da demanda surge devido à falta de visibilidade que os fornecedores e fabricantes têm do real consumo de seus produtos. Uma forma de reduzir esse aspecto é compartilhando as informações de consumo com as empresas que atuam na cadeia de distribuição. Mesmo assim, as diferentes metodologias de previsão que são utilizadas entre as empresas vão manter o efeito chicote. “Para eliminar o efeito chicote, podemos antever um único membro da cadeia realizando as atividades de previsão e compras para as outras empresas” (Lee et al., 1997, pp. 556).

Lee et al. (1997) apontam ainda práticas como VMI (estoque gerenciado pelo fornecedor) e CRP (programas de reposição automática) como vetores que atuam no sentido da redução do efeito chicote.

A eliminação de etapas na cadeia de distribuição e a redução dos tempos de ressuprimento também podem ser usadas na redução do efeito chicote.

- Racionamento (compras de prevenção à falta) – em situações em que há falta de produtos a tendência é que as empresas peçam quantidades maiores do que sua real necessidade. Nesse caso, a alocação da quantidade disponível para entrega pode ser feita de acordo com a participação histórica de mercado de cada cliente, e não segundo seus pedidos feitos no período de falta. O mesmo ocorre quando uma empresa procura proteger-se contra uma possível falta. Neste caso, a fim de evitar

pedidos distorcidos, o fabricante deve compartilhar informações de estoque e produção.

- Formação de lotes de compra e de produção – as causas para a utilização dos lotes são os custos fixos de pedido, produção e transporte e a utilização de ‘períodos de revisão dos estoques’ sem que o fabricante tenha informações sobre o consumo de seu produto. Dessa forma, o combate ao efeito chicote se dá através da redução dos custos fixos de pedido como, por exemplo, a utilização dos sistemas automáticos de reposição sem a necessidade da emissão de pedidos por papel. Quanto à revisão periódica, seu efeito pode ser diminuído com a disponibilização da informação de consumo ao longo da cadeia de distribuição.
- Variações de preço – as distorções no fluxo de materiais causadas pelas estratégias de variações no preço devem ser evitadas com a utilização de outras políticas comerciais como, por exemplo, a política de preço baixo todo dia (*every day low price*). Uma alternativa é a desvinculação contratual entre a compra e a entrega dos produtos. Assim uma grande compra para obtenção de descontos pode ser dividida em várias entregas em períodos futuros.

Já Simchi-Levi et al. (2000) sugerem as seguintes ações para diminuir o efeito chicote:

- Redução da incerteza – a redução da incerteza pode ser feita por meio da centralização da informação de demanda e do fornecimento em cada estágio da cadeia e dos dados completos sobre o real consumo dos produtos.
- Redução da variabilidade – o efeito chicote pode ser diminuído com a redução da variabilidade em cada etapa da cadeia, evitando-se, por exemplo, práticas como os descontos esporádicos.

- Redução do tempo de ressuprimento – o tempo de ressuprimento amplifica a incerteza existente no processo de previsão. Logo, quanto menor esse tempo, menor será a amplificação.
- Formação de parcerias estratégicas – as parcerias podem reduzir o efeito chicote através da mudança na forma pela qual as informações são compartilhadas e as decisões de reposição são tomadas.

As indicações encontradas na literatura para redução do efeito chicote podem ser classificadas em três tipos de iniciativas (vide Tabela 2):

- A alteração do processo físico de produção, armazenagem e transporte dos materiais;
- O compartilhamento de informações para o planejamento em cada etapa da cadeia logística;
- O controle dos efeitos das políticas comerciais para que estas não induzam o fluxo da cadeia ao efeito chicote.

Tabela 2 – Indicações para redução do efeito chicote

	Forrester (1958)	Lee et al.(1997)	Simchi-Levi et al. (2000)
Melhoria do processo logístico	<ul style="list-style-type: none"> • Agilização do tratamento dos pedidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de lotes de compra e de produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do tempo de ressuprimento
Compartilhamento de informações	<ul style="list-style-type: none"> • Melhora na qualidade dos dados • Ajuste dos estoques 	<ul style="list-style-type: none"> • Processamento das variações na demanda 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de parcerias estratégicas • Redução da incerteza
Redução do efeito de políticas comerciais		<ul style="list-style-type: none"> • Variações de preço • Racionamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da variabilidade

2.6. Compartilhamento de informações

Diversos estudos indicam que o compartilhamento de informações entre as diferentes camadas da cadeia de distribuição é uma prática importante para gestão de estoques em sistemas multicamadas.

Boone et al. (2001) afirmam que, centralizando a informação da demanda, todos os planos na cadeia de distribuição reagem aos mesmos dados, diminuindo assim o efeito chicote. Gavirneni et al. (1999) usam a teoria de gestão de estoques em sistemas multicamadas para mostrar que o compartilhamento de informações entre o fabricante e o varejista reduz significativamente os custos. Lee et al. (1998) mostram que o compartilhamento de informações reduz a variação na demanda do fabricante e, por conseguinte, reduz o efeito chicote. Já Chen et al. (2000) demonstram que o compartilhamento total de informações entre as empresas da cadeia diminui significativamente o efeito chicote, mas não o elimina.

Slack (1991), quando trata da administração da rede de suprimentos no âmbito da estratégia de manufatura, afirma que “a integração vertical pode significar uma sincronização maior dos programas (...) também ajuda a melhor previsão, tanto das necessidades dos consumidores quanto das limitações dos fornecedores” (Slack, 1991, pp.161).

2.6.1. Tipos de informações compartilhadas

O acesso à informação do nível de estoque nas diversas camadas da cadeia pode contribuir para diminuir o ‘estoque médio total’ através da coordenação do fluxo de materiais entre as empresas. As políticas que utilizam o conceito de estoque de camada exigem que as empresas permitam que seus fornecedores

tenham acesso às informações dos seus estoques. De acordo com Lee et al. (1998), com essa informação as empresas mais próximas ao início da cadeia (fornecedores) vão consolidar as informações e iniciar a produção/compras apenas quando o estoque de sua camada estiver baixo o bastante. Por outro lado, as empresas mais próximas ao final da cadeia (varejo) podem ter seu nível de serviço incrementado, ao mesmo tempo em que reduzem seus estoques.

As informações de vendas para os consumidores finais são importantes para que os fornecedores possam fazer suas próprias previsões baseadas no consumo efetivo dos produtos e não nos pedidos que recebem de seus clientes. Dessa forma, o efeito chicote é atenuado.

Lee et al. (1998) sugerem três formatos para o compartilhamento de informações: o modelo de transferência direta de informações, no qual as empresas compartilham informações diretamente entre si; o modelo terceirizado no qual uma empresa é designada apenas para realizar o papel de coletar as informações e mantê-las numa base de dados para as empresas da cadeia, e, por fim, apresentam o modelo *hub*, similar ao modelo terceirizado, mas no qual a função da empresa terceirizada é executada por um sistema automatizado.

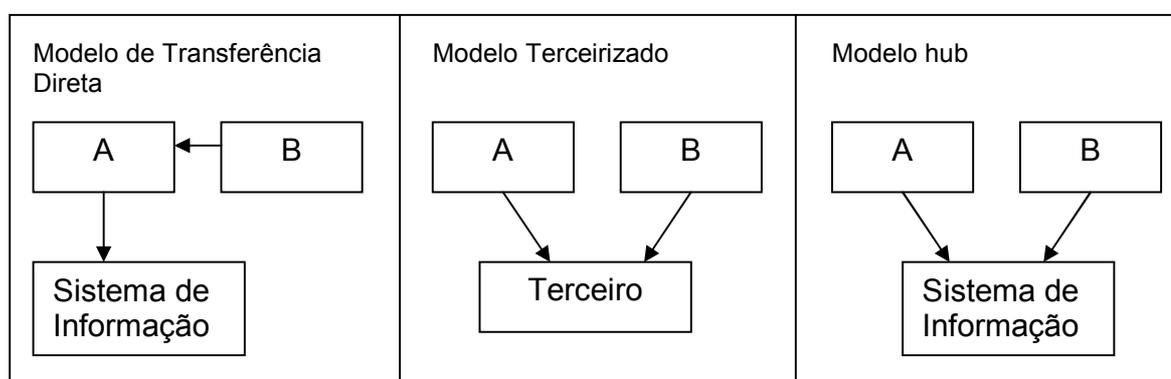


Figura 12 – Modelos de compartilhamento de informações (Lee et al., 1998)

“Se os dados de vendas e estoques forem compartilhados entre os membros da cadeia, o suprimento da cadeia como um todo poderá ser realizado por um controle de estoques por camada que pode apresentar um desempenho superior” (Lee et al., 1997, pp. 550).

Raghunathan et al. (2001) demonstram para uma cadeia de dois níveis (fabricante-varejistas) que ambos têm benefícios com a utilização de modelos de reposição automática usando o compartilhamento de informações. O fabricante se beneficia com a redução da incerteza da demanda, a aceleração no fluxo dos seus estoques, a melhoria na previsão das vendas, e com a conseqüente redução nos níveis de estoque. Já para o varejista o benefício encontra-se na redução de seus estoques, dado que a frequência de reposições é incrementada.

2.6.2. Planejamento, Previsão e Reposição Colaborativos (CPFR – Collaborative Planning Forecasting and Replenishment)

CPFR é uma prática de gestão que está baseada em um conceito que permite o processo colaborativo ao longo da cadeia de distribuição. Sua missão é estimular e melhorar as relações de parceria entre as empresas que integram uma cadeia de distribuição através do compartilhamento de informações.

No CPFR, os fabricantes, distribuidores e comerciantes trabalham em conjunto no planejamento, na previsão e na reposição de produtos. A idéia principal no CPFR é que os parceiros de negócio envolvidos na cadeia de distribuição trabalhem com a mesma previsão de consumo de seus produtos. Todas as

informações referentes ao mercado são coletadas e disponibilizadas numa rede de comunicação.

Na maior parte das vezes o varejista constrói as previsões, pois é ele que possui as informações de consumo. Havendo a concordância do fabricante (ou distribuidor) com a previsão, então a reposição do produto é disparada automaticamente para manter um determinado patamar de estoques e nível de serviço previamente acordados. Caso o fabricante (ou distribuidor) não concorde com a previsão ou ocorra algum tipo de exceção, então é feita uma revisão gerencial da previsão.

Antes de implementar o CPFR, os parceiros de negócio devem acordar uma série de aspectos, como os parâmetros da política de estoques, o nível de serviço desejado e a forma pela qual o nível de serviço será medido.

Através de simulação de sistemas, Boone et al. (2001) chegaram às seguintes conclusões sobre esse tipo de prática para gestão de operações:

- 1 – CPFR aumenta o nível de serviço através do aumento da taxa de atendimento da demanda;
- 2 – CPFR diminui o nível de estoques na cadeia de distribuição;
- 3 – CPFR diminui o tempo de trânsito dos materiais pela cadeia de suprimentos;
- 4 – CPFR aumenta a riqueza de seus acionistas, por meio do aumento da lucratividade em razão do aumento no nível de serviço.

Essas conclusões reforçam os resultados dos estudos de caso de implantação do processo de CPFR apresentados pela *Voluntary Interindustry Commerce Standards* (VICS) (1999). Vide Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos estudos de caso CPFR (VICS, 1999)

Empresas	Nível de serviço (disponibilidade)	Estoque	Faturamento
Nabisco e Wegmans	Do distribuidor foi de 93% para 97%	Redução de 18%	-
Kimberly-Clark e Kmart	Do distribuidor de 86.5% para 93.4%	Se manteve	Aumento de 14% nas lojas
WalMart e Sara Lee	Aumentou em 2% nas lojas	Redução de 14% nas lojas	Aumento de 32% nas lojas

Neste capítulo foram apresentadas as principais variáveis conceituais que servem de fundamento para o estudo da gestão de estoque em sistemas multicamadas. Foi apresentado o efeito chicote, que explica o aumento na variabilidade do fluxo de materiais ao longo das cadeias de distribuição. Por fim foi explorada a importância do compartilhamento de informações como uma forma de obter melhor desempenho na gestão do fluxo de materiais.

No próximo capítulo esses conceitos são complementados com a apresentação e classificação das principais políticas de gestão de estoque para sistemas multicamadas.

CAPÍTULO 3 - GESTÃO DE ESTOQUES EM SISTEMAS MULTICAMADAS

Uma vez apresentados os conceitos fundamentais para gestão de estoques em sistemas multicamadas, para dar prosseguimento à pesquisa, é preciso que as políticas de gestão de estoque específicas para sistemas multicamadas sejam apresentadas. Neste capítulo são discutidas referências importantes no desenvolvimento desse tipo de política, que teve início na década de 1960.

Além de serem apresentadas, também é proposta uma classificação das políticas de acordo com algumas de suas características e seus pressupostos.

3.1. Políticas para gestão de estoques em sistemas multicamadas

A literatura relacionada à gestão de estoque em sistemas multicamadas passou a ser desenvolvida a partir da década de 60. Entretanto, a complexidade desse tipo de problema tem limitado o desenvolvimento de métodos analíticos otimizantes ou mesmo no estabelecimento de heurísticas para sua solução.

Mesmo para sistemas mais simples essa dificuldade se mantém. Schwarz (1973) aponta estratégias para solução de problemas com até dois varejistas. Entretanto, quando esse número aumenta para três, suas estratégias tornam-se de pouca utilidade prática, pois a quantidade de alternativas a

pesquisar torna a solução do problema inviável e “nenhum método analítico ou de busca eficiente pode ser encontrado para a determinação do ótimo” (Schwarz, 1973, pp.562). De acordo com Ganeshan (1999), a dificuldade na determinação da política ótima para gestão de um sistema multicamadas ocorre devido à complexa interação entre os diferentes níveis da cadeia.

Outro ponto de destaque na busca de políticas otimizantes é apontado por Ehrhardt et al. (1981) e por Graves & Schwarz (1977). Eles apresentam elementos que indicam que a política ótima para um sistema arborescente é não-estacionária. Quanto maior o número de varejistas maior é a importância das políticas não-estacionárias. Os estudos de Graves & Schwarz (1977) desprezam esse efeito para cadeias de distribuição com até dez varejistas devido à complexidade na busca de uma solução não-estacionária.

Clark & Scarf (1960) apresentam um método analítico de solução de problemas multicamadas, que, sob determinadas hipóteses, apresenta a política ótima para um sistema serial de distribuição. São apresentadas também considerações para aplicação desse método em sistemas arborescentes. Entretanto, a qualidade das soluções é comprometida, visto que o desenvolvimento do trabalho está direcionado à solução do problema em cadeias multicamadas do tipo serial.

O modelo considera a demanda estocástica e não-estacionária. Entretanto, os tempos de ressuprimento são determinísticos. A função de custos é composta pelas componentes de custo de pedido, custo de armazenagem e custo de entrega com atraso. O único custo fixo considerado é o de pedido no armazém central do sistema.

Esse é o artigo em que é apresentado pela primeira vez um conceito importante para gestão de estoque em sistemas multicamadas, o conceito de estoque de camada (echelon-stock). Para outros detalhes do modelo vide Tabela 4.

Schwarz (1973) propõe um modelo com um armazém central e N-varejistas com demanda determinística e centralização das decisões. O objetivo do modelo é a minimização de custos, considerando os custos fixos de pedir e os custos de estoque para o armazém e para os varejistas.

Uma limitação deste modelo é a desconsideração de faltas ou atrasos. É utilizada a hipótese de que os produtos sempre estarão disponíveis no armazém e nos varejistas.

Este trabalho vai além da apresentação do modelo e discorre sobre a existência e a definição de políticas otimizantes para sistemas do tipo “*um distribuidor – N varejistas*”. Como resultado, afirma que uma política ótima para o problema tem as seguintes características (para $n=1$):

- 1 – As entregas são feitas no armazém apenas quando seu estoque está vazio e ao menos um varejista também está sem produto em estoque (hipótese de reposição instantânea);
- 2 – A entrega a qualquer varejista é realizada apenas quando seu estoque é igual a zero;
- 3 – Todas as entregas feitas para qualquer varejista entre dois recebimentos de material no armazém são de tamanhos idênticos (o único custo afetado é o custo de manutenção de estoques, que é minimizado se essa hipótese for válida).

Para $n>1$, as características acima não são suficientes e não é possível afirmar que existe uma política ótima para o problema. Entretanto, a heurística

apresentada resultou em políticas “quase ótimas” para os teste feitos com até dez varejistas. Para outros detalhes do modelo, vide Tabela 4.

Graves & Schwarz (1977) apresentam em seu trabalho elementos que indicam que a política ótima para um sistema arborescente é não-estacionária. Entretanto, os experimentos apresentados sugerem que os benefícios advindos das políticas não-estacionárias são de valor prático limitado devido à complexidade para seu cálculo e implementação. A heurística apresentada pelos autores foi testada em 500 experimentos e apresentou como resultado a política ótima em 429 casos. Vale ressaltar que os resultados da heurística se deterioram com o aumento na quantidade do número de varejistas e que os experimentos realizados limitaram-se a casos nos quais o número de varejistas era inferior a dez.

Também são listadas algumas das propriedades das políticas ótimas para sistemas arborescentes (considerando as hipóteses do modelo):

- Um atacadista ou varejista compra apenas quando seu estoque é igual a zero;
- O atacadista compra apenas quando um dos varejistas também compra;
- Para cada varejista, todos os lotes comprados durante duas compras sucessivas do atacadista têm o mesmo tamanho;
- Definido o ‘instante simultâneo de compra’ do varejista como o momento no qual ele faz uma compra simultânea há uma compra do atacadista. O tamanho do lote de cada varejista é não-decrescente entre dois ‘instantes simultâneos de compra’ sucessivos do varejista.

Para outros detalhes do modelo, vide Tabela 4.

Ehrhardt et al. (1981) propõem uma política estacionária de revisão contínua do tipo (s, S) – nesse tipo de política um pedido de compra (ou produção) é

disparado sempre que o estoque é inferior a 's' (ponto de reposição). O tamanho do pedido é tal que, se somado ao estoque no momento da emissão da ordem de compra (ou produção) totaliza 'S' (estoque-alvo) – o trabalho apresenta um procedimento para o cálculo dos parâmetros chamado *Power Approximation*. Esse procedimento foi desenvolvido a partir de regressões calibradas com dados de 288 problemas otimizados. Este procedimento de cálculo aplica-se apenas ao armazém central.

A demanda recebida pelo armazém central vem de varejistas que também utilizam a política do tipo (s, S) e cujas demandas são independentes e identicamente distribuídas.

Dadas as hipóteses econômicas para o armazém, uma política (s, S) será ótima se a demanda do armazém for independentemente e identicamente distribuída. Entretanto, como os varejistas utilizam a política do tipo (s, S), as demandas no armazém central em períodos sucessivos são dependentes. Ehrhardt et al. (1981) advogam que focaram seus estudos nesse tipo de política devido ao seu importante valor prático.

A modelagem de custos considera os custos de armazenagem, de entrega com atraso e o custo de pedido para cada entrega. Entretanto, como o modelo aborda apenas o armazém central, os custos dos distribuidores não são considerados. Para outros detalhes do modelo, vide Tabela 4.

Ganeshan (1999) apresenta uma política do tipo (s, Q) – nesse tipo de política um pedido de compra (ou produção) é disparado sempre que o estoque é inferior a 's' (ponto de reposição), com o tamanho do pedido fixo e igual a Q – para cadeias de produção/distribuição em que múltiplos fornecedores repõem um armazém central, que, por sua vez, alimenta múltiplos varejistas.

O modelo assume que um único produto é movimentado pela cadeia de distribuição, que é composta por varejistas idênticos e cujas demandas se comportam segundo a mesma distribuição de *Poisson*. Os tempos de ressuprimento envolvidos são todos estocásticos.

Uma característica importante do modelo é que o nível de serviço é considerado não apenas através do custo por entrega com atraso, mas também como uma própria restrição do modelo.

O objetivo da política proposta é a minimização do custo logístico formado pelo custo de armazenar em estoque, custo de pedir do armazém central e dos varejistas, custo por entrega com atraso e custo de transporte.

A política sugerida para definição dos parâmetros é a síntese de três componentes:

- 1 – A análise do subsistema de estoques nos varejistas.
- 2 – O processo de demanda recebido no armazém central.
- 3 – A análise do subsistema de estoques no armazém central.

A modelagem utilizada permitiu a utilização de método tradicional de busca para minimizar a função-objetivo (Método de Newton). Para outros detalhes do modelo, vide Tabela 4.

Chen (1999) enfrenta em sua modelagem a dificuldade imposta pela demanda estocástica. Entretanto, a estrutura da cadeia de distribuição é de dois estágios com apenas um varejista.

O modelo considera um sistema do tipo distribuidor-varejista no qual o distribuidor compra de um fornecedor com estoque ilimitado e com tempo de entrega instantâneo. Já o varejista é atendido pelo distribuidor com um tempo

de entrega fixo e atende uma demanda que chega de acordo com a distribuição de *Poisson*. São considerados os custos fixos de pedido tanto para o distribuidor como para o varejista; o custo de estoque de camada e o custo de entrega com atraso.

A política proposta é centralizada e de revisão contínua (s, Q) com um ponto de reposição e lote fixo tanto para o distribuidor como para o varejista. A heurística apresentada para o caso serial (não arborescente) chegou às políticas de menor custo para 94% dos problemas testados.

No final do trabalho é apresentada uma adaptação da heurística para o problema com N -varejistas. Essa adaptação tem três características de destaque:

- 1 – Permite que os varejistas sejam diferentes. A única restrição é que suas vendas comportem-se de acordo com uma distribuição de *Poisson*;
- 2 – A política proposta para o distribuidor é do tipo não-estacionária;
- 3 – A alocação dinâmica das ordens no momento em que são recebidas pelo distribuidor. Para outros detalhes do modelo, vide Tabela 4.

Raghunathan et al. (2001) procuram analisar as conseqüências do compartilhamento de informações e da reposição contínua dos estoques dos varejistas feita automaticamente pelos fabricantes como resultado do uso do EDI (*Electronic Data Interchange*). O estudo quantifica o benefício do CRP (*Continuous Replenishment Program*) e discute os métodos para definir quantos e quais varejistas devem fazer parte do programa. Com o uso do CRP a tarefa do produtor é alterada, pois ao invés de prever qual será a próxima ordem do varejista, ele passa a repor o estoque efetivamente vendido por esse varejista.

O modelo, que considera dois estágios da cadeia de distribuição (produtor e varejistas), assume que o produtor tem informações em tempo real sobre a posição de estoque de cada varejista e decide sobre a reposição de materiais.

O destaque deste trabalho é que ele é um dos poucos que considera a possibilidade de que as demandas dos varejistas sejam correlacionadas.

A formulação do trabalho considera que a demanda nos varejistas é do tipo não-estacionária e estocástica.

As principais conclusões do estudo são:

- 1 – O custo de estoques esperado com o uso do CRP é reduzido tanto no produtor quanto nos varejistas;
- 2 – O valor do CRP para o produtor é maior quando: a) mais varejistas participam do programa; b) a demanda nos varejistas tem maior variabilidade;
- 3 – O valor do CRP é maior para todos participantes quando os varejistas com as maiores demandas participam do programa. Para outros detalhes do modelo, vide Tabela 4.

3.1.1 Estoque de camada (*echelon inventory*)

Simchi-Levi et al. (2000) propõem o modelo descrito a seguir para gestão dos estoques numa cadeia de distribuição.

O modelo tem como objetivo reduzir o custo total do sistema, considerando as hipóteses de que as decisões são tomadas de forma centralizada e que as informações sobre os estoques em cada ponto do sistema estão sempre disponíveis.

Define-se 'estoque da camada' como a quantidade de material na camada em questão acrescido do material em trânsito em direção à camada e dos materiais presentes na seqüência da cadeia de distribuição, considerando também o estoque em trânsito (vide Figura 13).

Inicialmente, para um exemplo em que haja três camadas (fornecedor, distribuidor, varejista), os varejistas têm seus estoques repostos de acordo com uma política de revisão contínua de ponto de reposição e estoque-alvo (s,S). Já os pedidos do distribuidor são feitos considerando seu 'estoque de camada'.

O ponto de reposição de cada distribuidor é calculado pela Equação (4), considerando que a política de ponto de reposição seja utilizada para seu estoque de camada.

$$s = LT * D + FS * \sigma * \sqrt{LT} \quad (4)$$

Em que:

- LT é o tempo de ressuprimento da camada, definido, no exemplo, como o tempo de ressuprimento entre a loja e o distribuidor mais o tempo de ressuprimento entre o distribuidor e o fabricante;
- D é demanda média de todas as lojas;
- σ é o desvio padrão da demanda agregada de todas as lojas.
- FS é o fator de segurança.

Esse modelo tem como foco a melhoria na gestão do estoque do fabricante, com a coordenação das informações de estoque à jusante na cadeia. Uma situação possível é a decisão pela não produção mesmo que o estoque do fabricante esteja baixo, por exemplo, se o estoque na camada dos distribuidores estiver elevado.

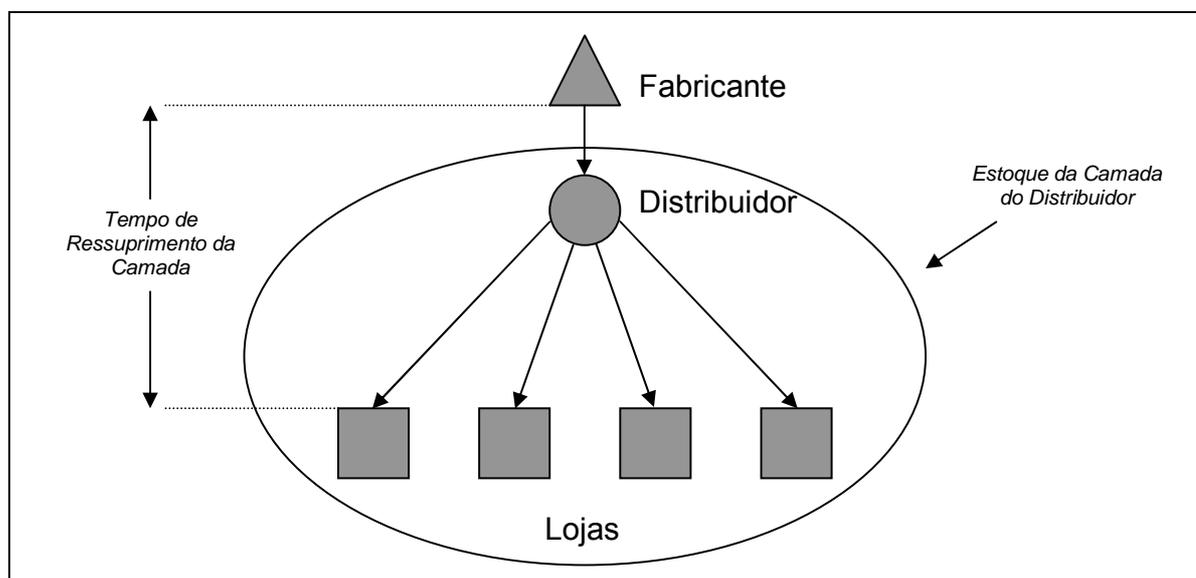


Figura 13 – Estoque de camada (Simchi-Levi et al.,2000)

3.2. Classificação das políticas de gestão de estoque em sistemas multicamadas

O estudo das políticas de gestão de estoques multicamadas propostas na literatura gerou a demanda pela organização dessas políticas e seus modelos. Essa organização torna-se necessária para identificar as peculiaridades de cada uma das políticas e para explicitar as suas características que devem ser consideradas durante sua escolha para aplicação em um problema específico.

O estudo das políticas foi direcionado à identificação das seguintes características de cada um dos modelos criados pelos respectivos autores:

- **Modelo** – é a referência da lógica básica que rege as reposições dos estoques no modelo. Geralmente associadas aos modelos de gestão de estoque tradicionais para apenas uma posição de armazenagem, como as políticas (s, S) , (s, Q) e (R, S) ¹ – estoque-alvo com revisão periódica;

¹ Na política (R,S) um pedido de compra (ou produção) é disparado a cada R períodos (R é o período de revisão). O tamanho do pedido é a diferença entre 'S' (estoque-alvo) e o estoque no momento do pedido.

- **k-armazéns n-varejistas** – descreve a quantidade de varejistas por armazém que o modelo considera;
- **Número de estágios** – número de estágios ou camadas do sistema.
- **Modelo serial ou arborescente** – aponta se o modelo analisado é do tipo serial ou arborescente. Em conjunto com as características “k-armazéns n-varejistas” e “número de estágios”, essa característica descreve a estrutura do sistema multicamadas considerado na modelagem do trabalho;
- **Distribuidores diferentes** – aponta se o modelo considera o pressuposto de que todos os varejistas são idênticos;
- **Demanda determinística ou probabilística** – indica se a modelagem da demanda permite a utilização de distribuições de probabilidade ou se os valores de demanda são fixos;
- **Demanda estacionária ou não-estacionária** – aponta se a política foi desenvolvida considerando a possibilidade de variação da demanda ou não;
- **Demanda dos varejistas dependentes ou independentes entre si** – esse pressuposto do modelo aponta se foi considerada a possibilidade de que as demandas dos varejistas possam ser correlacionadas entre si;
- **Modelo considera o nível de serviço** – indica se a modelagem usada para desenvolver a política considera o nível de serviço. No caso afirmativo, descreve de que forma isso é feito;
- **Formulação de custos (principais custos considerados)** – aponta quais são as componentes de custo consideradas na modelagem;
- **Busca de soluções** – registra o tipo de método utilizado para identificar as soluções para o problema;

O resultado dessa classificação é apresentado a seguir, na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação das políticas de gestão de estoque em sistemas multicamadas

	Raghunathan & Yeh (2001)	Schwarz (1973)	Chen (1999)	Ehrhardt et al. (1981)	Ganeshan (1999)	Graves & Schwarz (1977)	Clark & Scarf (1960)
Modelo	(s, S)	(s,Q) para armazém e varejista	(s,Q) para armazém e varejista	(s, S) para armazém	(s, Q) para armazém e varejistas	(R, S)	(s,S)
k-armazéns n-varejistas?	1-n	1-n	1-1	1-n	1-n	1-1 e 1-n	1-1, 1-n e 1-1-...-1-1
Política Centralizada (C) ou Descentralizada (D)?	Centr.	Centr.	Centr.	Descentr.	Centr.	Centr.	Descentr
Revisão Periódica ou Revisão Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Periódica	Periódica
Número de estágios?	2	2	2	2	2	2	n
Distribuidores idênticos ou diferentes?	Diferentes	Idênticos	Diferentes	Idênticos	Idênticos	Diferentes	Diferentes
Demanda Determinística ou Estocástica?	Estocást.	Determiníst.	Estocást.	Estocást.	Estocást.	Determiníst . (e conhecida)	Estocást.
Demanda estacionária ou não-estacionária?	Estacion.	Estacion.	Estacion.	Estacion.	Estacion.	Estacion.	Não-estacion.
Demanda dos varejistas correlacionada	Correlac.	Não-correlac.	Não-correlac.	Não-correlac.	Não-correlac.	Não-correlac.	
Tempos de Ressuprimento Determinísticos ou Estocásticos?	Determiníst. (instantâneo)	Determiníst.	Determiníst.	Determiníst.	Estocást.	Determiníst . (instantâneo)	Determiníst.
Modelo serial ou arborescente?	Arboresc.	Arboresc.	Serial e arboresc.	Arboresc.	Arboresc.	Serial e arboresc.	Serial e arboresc.
Modelo considera o Nível de Serviço? Como?	Sim, como restrição do modelo e no custo de falta	Não	Sim, custo de falta	Sim, custo de falta apenas no armazém	Sim, como restrição do modelo	Não	Sim, custo de falta
Formulação de custos (principais custos considerados)	Não há custo de pedido	Custo de pedido do varejista	Custo de pedido do varejista				Custo de pedido
	Custo de manutenção de estoques	Custo de pedido do armazém	Custo de pedido do armazém	Custo de pedido do armazém	Custo de pedido do armazém e dos varejistas	Custo fixo em cada camada	Custo de manutenção de estoques
	Custo de falta	Custo de manutenção de estoques no varejo	Custo de manutenção de estoques na camada (armazém e varejo)	Custo de manutenção de estoques na camada (armazém)	Custo de manutenção dos estoques no distribuidor, em trânsito e nos varejistas	Custo de Manutenção dos estoques considerando o conceito de <i>estoque de camada</i>	Custo de Falta
		Custo de manutenção de estoques no armazém	Custo de atraso para o cliente final	Custo de atraso para o varejista	Custo de transporte do armazém aos varejistas		Custo de Manutenção dos estoques considerando o conceito de <i>estoque de camada</i>
Busca de Soluções	Heurística	Análítica para 2 armazéns Heurística (testada para até 10 varejistas)	Heurística	Heurística	Propõe o uso do Método de Newton ou o <i>conjugate gradient method</i>	Heurística	Análítica para o modelo serial e Heurística para o arborescente

continua

conclusão

	Ragunathan E Yeh (2001)	Schwarz (1973)	Chen (1999)	Ehrhardt et al. (1981)	Ganeshan (1999)	Graves E Schwarz (1977)	Clark E Scarf (1960)
Comentários e Outros detalhes do Modelo	Considera atrasos e não venda perdida	Não permite atrasos, vendas perdidas ou transbordo. Estoque inicial é zero. Mostra que a otimização para $n \geq 3$ é complexa e requer que o tamanho do lote varie ao longo do tempo para uma ou mais localidades. Tempo de ressuprimento instantâneo para o armazém	Considera atrasos. O trabalho é todo direcionado para o modelo serial, com apenas algumas considerações finais para o caso arborescente.	Considera o processo de demanda do armazém como uma variável <i>lumpy</i> e como uma condição de contorno. O sistema é o armazém cuja demanda vem de varejistas que usam (s,S). Os varejistas não são considerados no modelo de custos	A demanda em cada varejista é Poisson. É considerado atraso no varejista O tempo de ressuprimento é considerado como a soma de três variáveis (tempo fixo de processamento de cada varejista; tempo médio de espera no armazém no caso de falta; e tempo estocástico em trânsito)	Não há atraso ou venda perdida.	Considera atrasos e não venda perdida As funções de custos são lineares e sem custo de <i>setup</i> . A única exceção é o custo de <i>setup</i> no primeiro estágio.

3.2.1. Simulação e gestão de estoques em sistemas multicamadas

Devido às dificuldades já apresentadas com relação ao desenvolvimento das técnicas analíticas para definição de políticas para gestão de estoques em sistemas multicamadas, a alternativa da simulação mostra-se como uma importante ferramenta para o tratamento do problema. De acordo com Ballou (1998) os estoques ao longo da cadeia de distribuição são raramente independentes entre si e a gestão dos estoques ao longo de toda cadeia torna-se mais importante do que a gestão de um ponto de estoque independente. Entretanto, problemas dessa natureza tornam-se muito complexos para serem tratados por modelos matemáticos analíticos. “O planejamento de estoques através de vários níveis (*echelons*) da cadeia de distribuição é usualmente feita com a ajuda de simulação por computador.” (Ballou, 1998, pp. 349).

A principal vantagem das técnicas analíticas é sua capacidade de determinar diretamente os parâmetros ótimos para política de estoque. Por outro lado, as técnicas analíticas são limitantes em relação aos pressupostos que fazem. Na simulação, os parâmetros de estoque como ponto de reposição ou tamanho de lote são dados de entrada para a gestão da cadeia logística e o teste das

políticas de estoque. Nesses casos os resultados mais importantes da simulação são o nível de serviço e os níveis de estoque (vide Figura 14).

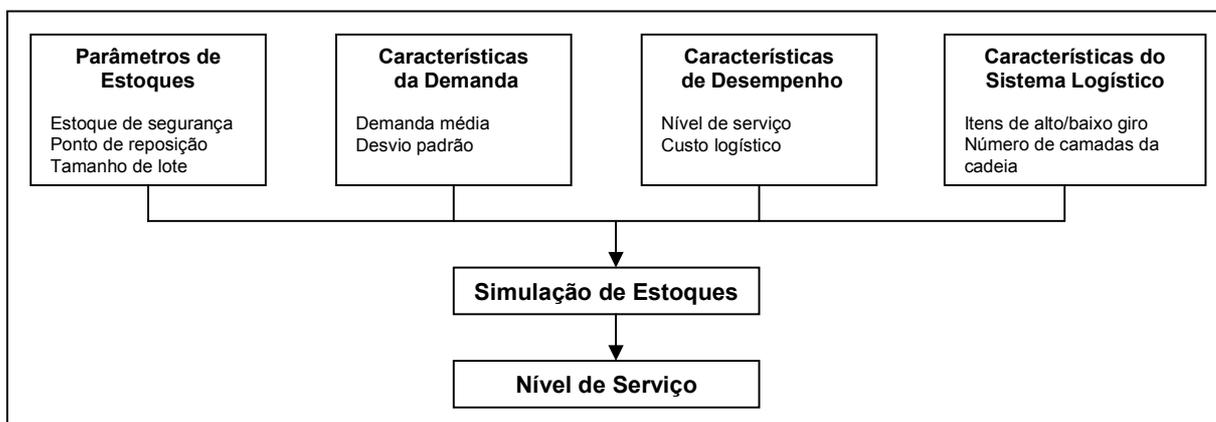


Figura 14 – Simulação de estoques (Bowersox & Closs, 1996)

“O maior benefício das técnicas de simulação de estoques é sua capacidade de modelar uma ampla variedade de ambientes logísticos sem precisar de pressupostos simplificadores (...) A maior desvantagem das técnicas de simulação é sua limitação para buscar e identificar soluções ótimas (...). A simulação está se tornando mais popular com a tentativa das empresas em entender a dinâmica dos estoques nos canais logísticos” (Bowersox & Closs, 1996, pp. 573).

Modelos estocásticos de cadeias de suprimento são desenvolvidos para capturar complexidades de um problema multi-produto, multi-camadas, multinacional, multi-período de gestão. “Até mesmo problemas de pequenas proporções podem resultar em problemas de otimização complexos e que só podem ser eficientemente avaliados utilizando métodos de simulação” (Tayur et al., 1998).

Simchi-Levi et al. (2000) ressaltam que os modelos de simulação permitem análises apenas para uma situação específica que esteja sendo simulada e que

modelos complexos podem exigir grande potencial computacional para executar as simulações. A alternativa sugerida é a utilização dos modelos analíticos para gerar uma solução macro do problema e em seguida a utilização da simulação para avaliar as soluções geradas na primeira fase.

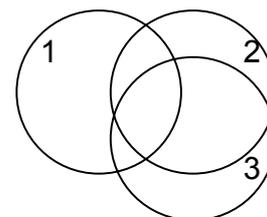
Na década de 70 deu-se o início do desenvolvimento de técnicas de busca para simulação. Entretanto, ferramentas robustas só estão disponíveis desde o final da década de 90 quando alguns desenvolvedores de softwares de simulação lançaram as primeiras versões de seus chamados otimizadores. Esses otimizadores utilizam técnicas de busca como algoritmos evolutivos (algoritmos genéticos e estratégias evolutivas), *scatter search*, e *simulated annealing*. Para maiores detalhes sobre o uso das técnicas de busca nos experimentos de simulação, consulte-se Bowden & Hall (1998).

É importante ressaltar que, apesar dos avanços relacionados à utilização das técnicas de busca em modelos de em simulações, este continua sendo um ponto fraco da simulação em relação à modelagem analítica de problemas. De acordo com Bowden & Hall (1998), a associação das técnicas de busca a técnicas de simulação é uma prática recente e muitas melhorias ainda devem ser feitas nessa área da simulação.

3.3. Observações sobre a literatura

A teoria relativa à gestão de estoques pesquisada para o entendimento do problema e para construção de uma proposta de solução pode ser subdividida em três assuntos principais:

1. Políticas de gestão de estoques para sistemas multicamadas;
2. Efeito chicote (*bullwhip* ou *Forrester*);
3. Compartilhamento de Informações.



3.3.1. Políticas de gestão de estoques para sistemas multicamadas

A teoria para gestão de estoque em sistemas multicamadas encontra-se num estágio de desenvolvimento totalmente diferente da teoria para gestão de estoques em sistemas de apenas um estágio. Os resultados apresentados pelas pesquisas nessa área ainda são incipientes. Isso é decorrência principalmente da complexidade que os sistemas multicamadas têm quando tratados analiticamente.

Os sistemas multicamadas passaram a serem estudados na década de 60. Entretanto, a maioria dos pesquisadores nessa área ressalta, em seus trabalhos, as limitações de suas pesquisas. As políticas encontradas na literatura são restritivas por causa dos pressupostos utilizados para modelagem dos sistemas, e mesmo assim os resultados obtidos não são otimizantes.

As técnicas de simulação são apresentadas como uma alternativa para busca de soluções para essa classe de problemas, devido à sua flexibilidade para modelagem. Entretanto, o ponto negativo desse tipo de técnica surge quando é preciso realizar a busca de algum parâmetro com o objetivo de maximizar/minimizar uma função-objetivo. As técnicas de simulação são úteis para esta pesquisa como uma ferramenta de teste e análise do desempenho de diferentes políticas para gestão de estoques nos sistemas multicamadas.

3.3.2. Efeito chicote (*bullwhip* ou *Forrester*)

No final da década de 50, esse fenômeno de amplificação da variabilidade nos pedidos ao longo das cadeias de distribuição foi apontado como uma característica de sistemas multicamadas. Essa característica tem como consequência a maior dificuldade na gestão da operação das empresas, em especial daquelas mais à montante das cadeias (mais próximas aos

fornecedores). Ainda hoje esse é um problema na gestão do fluxo de materiais de muitas cadeias de distribuição.

Algumas das pesquisas que foram abordadas na revisão bibliográfica indicam as causas do efeito chicote e até listam propostas para diminuí-lo. Entretanto, parte dessas propostas tem pouca relação com as políticas de gestão de estoques e envolve outras dimensões da administração da empresa para solucionar o problema, como, por exemplo, a área comercial (políticas de promoção e desconto); a área de compras (seleção de fornecedores levando em conta os tempos de ressuprimento); área de distribuição (na escolha dos modais levando em conta os tempos de ressuprimento); área de RH (definição das políticas de remuneração dos vendedores com base em metas).

3.3.3. Compartilhamento de informações

O compartilhamento de informações entre as empresas mostrou-se como uma condição necessária para que a gestão do fluxo de materiais na cadeia de distribuição seja feita de forma a melhorar a eficiência da cadeia como um todo, na busca do ótimo da cadeia e não dos elementos que a compõem.

Com o desenvolvimento das tecnologias de comunicação, a interligação das empresas da cadeia de distribuição tem se tornado mais barata. Essa integração de informações viabiliza as práticas de gestão integrada do fluxo de materiais ao longo da cadeia.

Um desafio importante para tornar possível a aplicação das práticas de compartilhamento de informações entre as empresas é o uso apropriado das informações compartilhadas. Uma preocupação das empresas é que as outras empresas da cadeia façam uso inadequado dessas informações. Por isso, a

cooperação e confiança são requisitos para iniciativas conjuntas nas cadeias de distribuição.

Vale ressaltar que o compartilhamento de informações é apenas um pressuposto para a melhor gestão das cadeias. É preciso que as empresas envolvidas utilizem essas informações para coordenar o fluxo de materiais de suas operações e assim melhorar o desempenho da cadeia como um todo.

Com este capítulo é concluída a revisão bibliográfica do trabalho na qual inicialmente foram apresentados os conceitos fundamentais de gestão de estoques (demanda, estoque, nível de serviço, políticas de estoque e o dilema logístico, sistema multicamada, efeito chicote - *bullwhip* ou Forrester, e compartilhamento de informações), seguidos da revisão das políticas de gestão de estoques para sistemas multicamadas e o papel da simulação no estudo desses sistemas.

Com a conclusão da revisão bibliográfica na seqüência do trabalho é iniciada a apresentação do modelo de simulação desenvolvido para o sistema multicamadas de uma indústria farmacêutica.

CAPÍTULO 4 – CASO ESTUDADO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Neste capítulo é feita a apresentação do caso que é foco do estudo. Na seqüência, o desenvolvimento do modelo de simulação é descrito de acordo com as seguintes etapas: A) definição do problema e estabelecimento de objetivos; B) coleta e análise dos dados; C) desenvolvimento do modelo de simulação com uso de software específico; E) experimentação. No próximo capítulo é apresentada análise dos resultados da simulação.

Considerando os motivos já apresentados no tópico ‘3.2.1.Simulação e gestão de estoques em sistemas multicamadas’ deste trabalho, optou-se pela experimentação dos modelos por meio de técnicas de modelagem e simulação estocástica com eventos discretos.

Apesar da teoria referente aos modelos probabilísticos de gestão de estoques para sistemas multicamadas ter obtido avanços apenas parciais para solução desse tipo de sistema, o tema “gestão de estoques” já tem teoria amplamente pesquisada e consolidada. Isso faz com que, de certa maneira, o problema possa ser apresentado de uma forma mais estruturada, o que por sua vez facilita sua modelagem.

4.1. Metodologia aplicada no desenvolvimento do modelo

As atividades de simulação têm papel importante para o atingimento dos objetivos da dissertação. Por isso, cabe ressaltar que essa atividade foi executada obedecendo às metodologias de simulação indicadas na literatura. Na Figura 15 está apresentada esquematicamente a metodologia sugerida por Bateman et al. (1997).

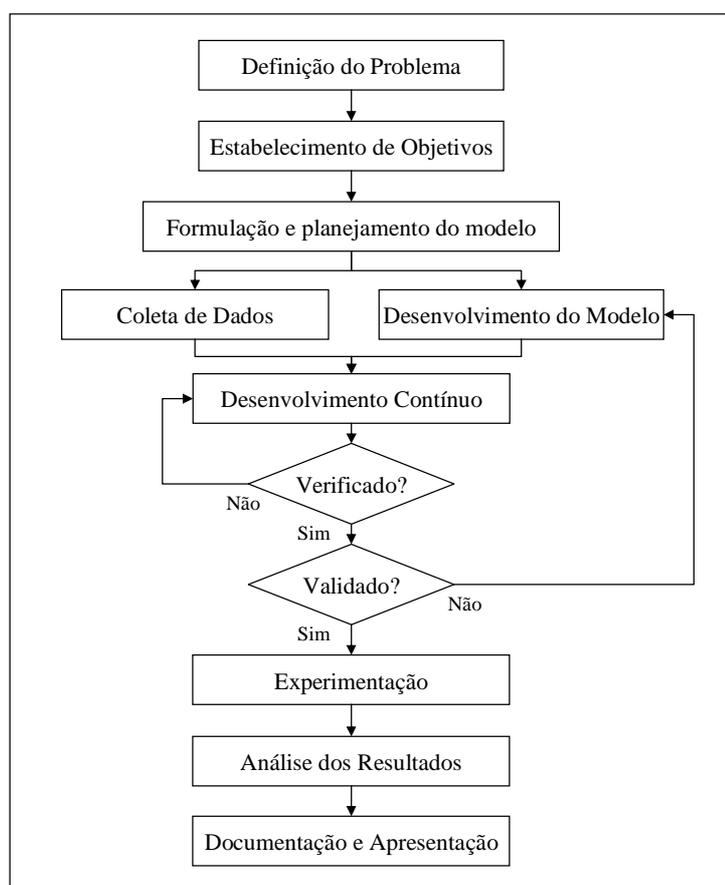


Figura 15 – Metodologia de simulação (Bateman et al., 1997)

A experimentação dos cenários em que a demanda é probabilística dividi-se em três etapas, como pode ser visto na Figura 16. Inicialmente é feita uma preparação, na qual são definidos o 'período transitório da simulação', 'horizonte de simulação' e 'número de réplicas' necessárias. Depois disso, é

feito o delineamento de experimentos para identificar quais variáveis de decisão têm efeito significativo sobre o custo total da cadeia. E finalmente, cada um dos cenários é simulado com diferentes parametrizações, das variáveis de decisão do modelo, na busca do menor custo da cadeia. Esta última etapa da experimentação do modelo é apresentada no próximo capítulo.

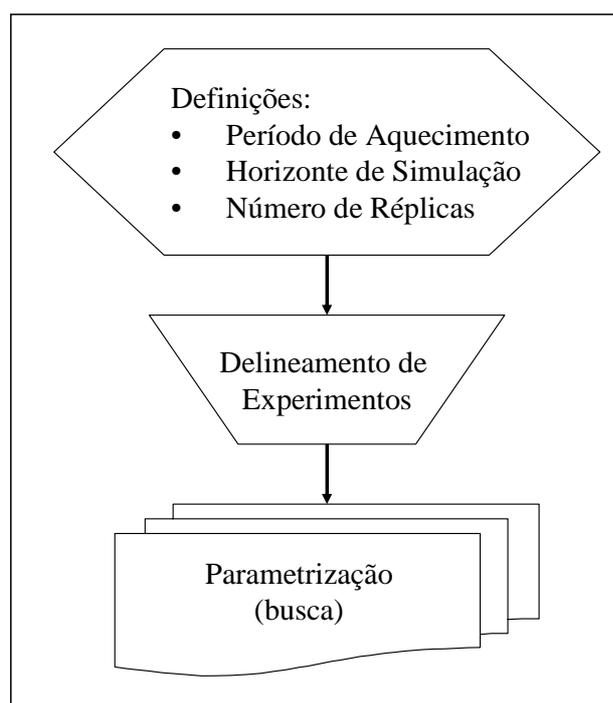


Figura 16 – Etapas da experimentação do modelo de simulação

4.2. Definição do problema e estabelecimento de objetivos

A pesquisa foi realizada em uma empresa de serviços, ligada ao setor farmacêutico, e que tem por missão oferecer eficiência, competitividade e valor às empresas do setor de saúde, através de serviços eletrônicos que integram compradores, vendedores e prestadores de serviço.



Um desses serviços propõe-se a conduzir a gestão de estoques na cadeia de distribuição utilizando o conceito de VMI - *Vendor Managed Inventory*, no qual os estoques dos distribuidores são gerenciados pelo fabricante a partir de acordo com políticas e parâmetros definidos conjuntamente com os distribuidores.

Essa empresa possui um banco de dados com os históricos dos últimos dois anos de pedidos diários de compras das farmácias para os distribuidores e os pedidos dos distribuidores para os laboratórios.

Foi desenvolvido um modelo de simulação para a cadeia de distribuição de medicamentos de um laboratório que é cliente desta empresa. Esse modelo serve de ferramenta para teste das políticas de estocagem e auxílio na sua parametrização, considerando um ambiente em que haja cooperação e compartilhamento de informações entre o fabricante e os distribuidores. Por meio das simulações também se torna possível mensurar parte dos benefícios associados à cooperação e ao compartilhamento de informações.

De acordo com Ghauri et al.(1995) o projeto do modelo de simulação deve servir a quatro objetivos:

- Descrever o fenômeno;
- Explicar o fenômeno;
- Prever um determinado comportamento;
- Suportar decisões de negócio.

Dessa forma, a construção do modelo da cadeia de distribuição foi feita com os objetivos de:

- 1) Descrever a cadeia de distribuição da indústria, considerando os aspectos importantes para os objetivos do estudo;

- 2) Entender e explicar o comportamento do fenômeno do fluxo de materiais ao longo da parte da cadeia que foi estudada;
- 3) Prever como o sistema de distribuição se comportaria dependendo da política de gestão de estoques empregada;
- 4) Parametrizar a política de estoques do laboratório e dos distribuidores procurando minimizar o custo total da cadeia.

Na modelagem da cadeia de distribuição foram considerados seus pontos de estocagem, os distribuidores envolvidos na distribuição, seus históricos de vendas, seus históricos de pedidos, os tempos envolvidos no processo de distribuição, os níveis de estoque armazenados em cada ponto da cadeia, os níveis de estoque em trânsito e nível de serviço tanto do laboratório como dos distribuidores.

4.3. Formulação e planejamento do modelo

O modelo representa o sistema real de distribuição de medicamentos de um laboratório cuja planta e armazém estão localizados no estado de São Paulo. Também foram incluídos no modelo os oitenta e um distribuidores de medicamentos representados como pontos de estocagem.

Uma vez que também foram considerados os tempos de produção e transporte entre o laboratório e os distribuidores, pode-se dizer que o modelo está organizado em oitenta e quatro locais nos quais o medicamento pode se encontrar, são eles:

- na linha de produção, em processamento;
- no armazém do laboratório;
- em trânsito entre o laboratório e um distribuidor;
- no armazém de um dos oitenta e um distribuidores.

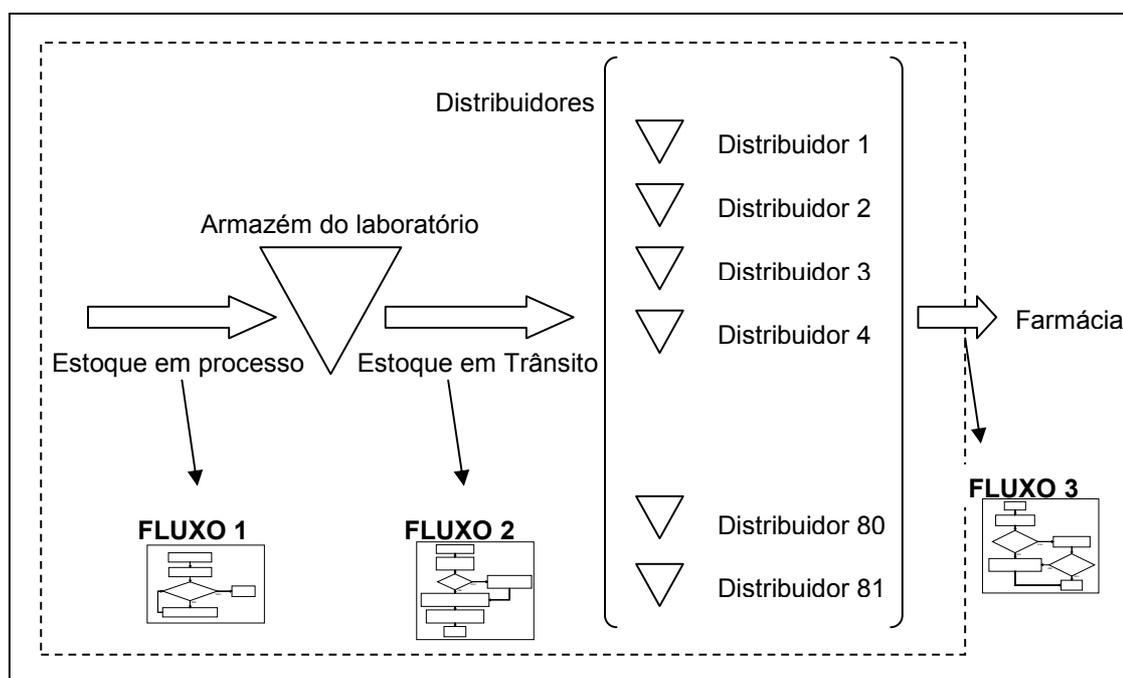


Figura 17 – Representação do sistema simulado

O modelo de simulação tem basicamente três fluxos de materiais, como pode ser visto na Figura 17. Estes fluxos são coordenados por um conjunto básico de regras com algumas particularidades para cada cenário de simulação, que estão detalhadas no tópico '4.6. Validação e experimentação - cenários simulados'. A seguir, é apresentada a lógica de cada um dos três fluxos de materiais.

Como pode ser visto na Figura 17, o sistema não considera os estoques das farmácias. Isso foi feito pois se assumiu o pressuposto de que os estoques nas farmácias são praticamente constantes. Dessa forma, os pedidos feitos pelas farmácias aos distribuidores podem ser aproximados pela demanda real dos consumidores.

Esse pressuposto pôde ser assumido, pois a maior parte das farmácias gerenciam seus estoques com o 'sistema de estoque base', ou seja, a farmácia mantém poucos itens em estoque de cada produto (geralmente apenas os que estão na prateleira). Assim que um produto é comprado pelo consumidor, a farmácia o solicita para o distribuidor. Em alguns casos, há farmácias que recebem entregas do mesmo distribuidor mais de uma vez por dia. Outro aspecto relevante é que o produto tem substituto, ou seja, se não estiver disponível a venda é perdida.

FLUXO 1 - Processo de reposição de estoques do laboratório

A Figura 18, a seguir, representa o processo de reposição dos estoques do laboratório que é executado diariamente pelo modelo de simulação.

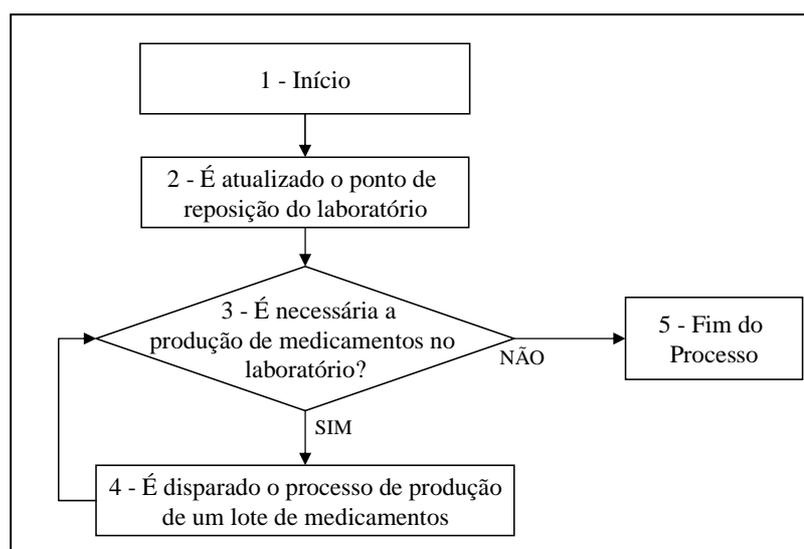


Figura 18 – Processo de reposição de estoques do laboratório

O modelo de reposição dos estoques do laboratório é um modelo de cálculo de necessidades. Diariamente o modelo atualiza o ponto de reposição do laboratório (s_L) de acordo com a Equação (5). Caso a soma do estoque disponível no laboratório com os lotes em produção seja inferior ao seu ponto de reposição, então é disparada a produção da quantidade de lotes necessários para que essa condição seja desfeita.

$$s_L = d_L * (LT_{prod} + PR_L) + ES_L \quad (5)$$

$$ES_L = FS_L * \sigma^L * \sqrt{LT_{prod} + PR_L} \quad (6)$$

Em que:

- d_L é a previsão diária de pedidos que serão recebidos pelo laboratório;
- LT_{prod} é o tempo de produção de um lote pelo laboratório;
- PR_L é o período de revisão do estoque do laboratório;
- ES_L é o estoque de segurança do laboratório;
- σ^L é o desvio padrão dos pedidos diários recebidos pelo laboratório;
- FS_L é o fator de segurança do laboratório.

A decisão da reposição dos estoques do laboratório é controlada por duas variáveis de decisão do modelo de simulação: o fator de segurança do laboratório (que influi sobre a decisão de quando repor) e o tamanho do lote de produção (que é a decisão de quanto repor). Dessa forma, as decisões de quando repor e quanto repor são tomadas com auxílio do modelo de simulação.

Apesar do tamanho do lote de produção ser uma das variáveis de decisão do modelo, na prática, sua redução está limitada a restrições do processo produtivo do laboratório que está sendo analisado. Historicamente, o intervalo entre dois lotes de produção de um mesmo medicamento ocorre a cada período, que varia entre 30 a 40 dias. Dessa forma, pode-se afirmar que o tamanho de cada lote deve ser suficiente para atender os pedidos que podem ocorrer entre 30 e 40 dias.

FLUXO 2 - Processo de reposição dos estoques dos distribuidores

A Figura 19 representa o processo de reposição dos estoques em todos os distribuidores. Essa rotina é realizada periodicamente e o tempo entre a revisão dos estoques dos distribuidores é uma das variáveis de decisão do modelo.

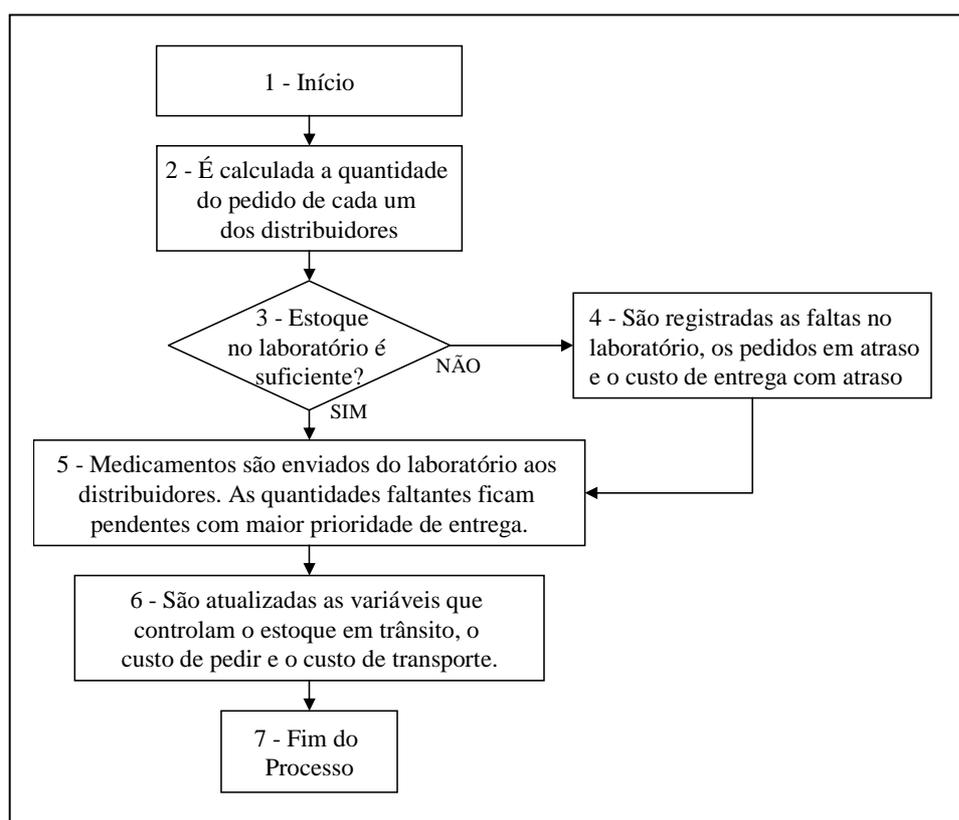


Figura 19 – Processo de reposição dos estoques dos distribuidores

Os estoques dos distribuidores também são repostos de acordo com um modelo de cálculo de necessidades. A revisão dos estoques é realizada a cada R dias (período de revisão dos estoques dos distribuidores), que é uma das variáveis de decisão do modelo.

No instante de revisão dos estoques são calculados os lotes de reposição de cada distribuidor. A quantidade do pedido de cada distribuidor (Q^i) é calculada de acordo com a Equação (9). A seguir, estão descritos os cálculos que são

realizados pelo modelo para definição da quantidade a ser reposta para cada distribuidor. O cálculo do S_t^i (estoque-alvo de cada distribuidor em cada período de revisão) é feito segundo a Equação (7).

$$S_t^i = D_t^i * (LT + R) + ES^i \quad (7)$$

Em que:

- t é o instante do tempo em que a revisão dos estoques está sendo realizada;
- i é o índice de cada distribuidor;
- S é o estoque-alvo ou nível máximo de estoque;
- LT é tempo de ressuprimento do laboratório para o distribuidor;
- R é a duração do período de revisão;
- $D_t^i(LT+R)$ representa a previsão de vendas do distribuidor i durante o período de tempo de reposição mais o período de revisão ($LT+R$) a partir do instante t ;
- ES^i é o estoque de segurança do distribuidor i .

O cálculo do estoque de segurança é realizado de acordo com a Equação (8). Essa formulação do estoque de segurança pressupõe que a demanda se comporte de acordo com uma distribuição normal para que a escolha de um determinado fator de segurança (FS) esteja associada a um nível de serviço desejado. No caso em estudo, poucos distribuidores têm vendas que se comportam de acordo com a distribuição Normal. A relação entre o fator de segurança e o nível de serviço apresentado pelos distribuidores foi construída através da simulação. O fator de segurança é a outra variável de decisão do modelo.

Para que fosse computacionalmente viável a busca de uma boa solução para o problema, visto que existem oitenta e um distribuidores, considerou-se o

mesmo período de revisão dos estoques e o mesmo fator de segurança para todos distribuidores.

$$ES^i = FS * \sigma^i * \sqrt{LT + R} \quad (8)$$

Em que:

- σ^i é o desvio padrão das vendas diárias do distribuidor i;
- FS é o fator de segurança dos distribuidores.

Com o cálculo do estoque-alvo de acordo com as Equações (7) e (8), torna-se possível obter a quantidade de medicamentos a ser reposta para cada distribuidor segundo a Equação (9).

$$Q_t^i = S_t^i - E_t^i \quad (9)$$

Em que:

- Q_t^i é o tamanho do pedido que deve ser feito pelo distribuidor i no instante t;
- E_t^i é a soma da quantidade de estoque disponível no armazém do 'distribuidor i' e seus pedidos em trânsito, no instante t.

Caso o laboratório não tenha medicamentos suficientes para atender todos pedidos gerados numa revisão dos estoques dos distribuidores, então esses são atendidos por ordem de chegada e os pedidos que não forem atendidos ficam pendentes até que o próximo lote produzido no laboratório fique disponível em seu armazém. Quando um pedido fica pendente ele gera um 'custo de atendimento com atraso' e recebe maior prioridade de atendimento.

FLUXO 3 - Processo de demanda em cada distribuidor e envio dos medicamentos à farmácia

A Figura 20 representa o processo diário de chegada de pedidos nos distribuidores e envio dos medicamentos à farmácia.

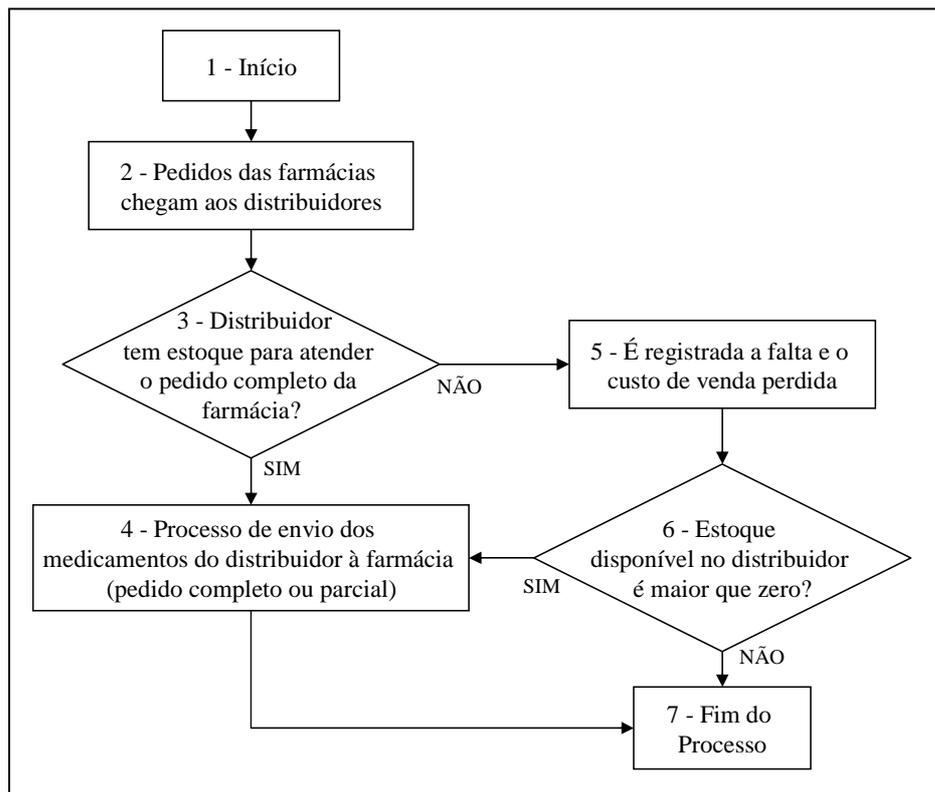


Figura 20 – Processo de demanda em cada distribuidor e envio dos medicamentos à farmácia

A quantidade total de medicamentos solicitada pelas farmácias é consolidada e atendida diariamente por cada distribuidor. No tópico ‘4.6. Validação e experimentação - cenários simulados’ são apresentados os diferentes cenários de simulação do estudo. Uma das diferenças entre os cenários é a forma como os pedidos das farmácias são definidos:

- Cenário I e II – os pedidos recebidos pelos distribuidores são determinísticos e representam a demanda histórica dos distribuidores;
- Cenário III e IV – os pedidos recebidos por cada distribuidor são definidos pela distribuição de probabilidade construída a partir de seu

histórico de pedidos diários (os testes e as distribuições são apresentados no ANEXO II);

A Tabela 5 resume as regras utilizadas para coordenar o fluxo de materiais em cada um dos cenários simulados.

Tabela 5 – Regras dos fluxos de materiais

	Cenário I	Cenário II	Cenário III e IV
FLUXO 1 reposição de estoques do laboratório	ponto de reposição	ponto de reposição	ponto de reposição
FLUXO 2 reposição dos estoques dos distribuidores	representação do que aconteceu no passado (dados históricos)	cálculo de necessidades	cálculo de necessidades
FLUXO 3 demanda de cada distribuidor e envio dos medicamentos à farmácia	representação determinística do que aconteceu no passado (dados históricos)	representação determinística do que aconteceu no passado (dados históricos)	distribuições de probabilidade construídas com base nos históricos

Caso o distribuidor não tenha medicamentos suficientes para atender sua demanda, então essa demanda é perdida e um ‘custo de venda perdida’ é computado pelo modelo. Um detalhe do modelo é que, mesmo que um distribuidor não tenha estoque suficiente para atender o pedido por completo, ele o atende parcialmente com o estoque que esteja disponível.

Até este ponto, o principal objetivo é apresentar a estrutura do sistema físico que foi utilizado para o desenvolvimento da pesquisa no software de simulação PROMODEL.

Outras particularidades de cada cenário simulado, bem como sua parametrização detalhada, estão presentes na descrição de cada cenário de simulação, como pode ser visto mais adiante no tópico ‘4.6. Validação e experimentação - cenários simulados’.

4.3.1. Pressupostos assumidos

A seguir, estão detalhados os pressupostos assumidos na modelagem do problema. Existem pressupostos gerais que valem para todos os cenários e outros que são específicos de cada cenário. Inicialmente são descritos os pressupostos gerais válidos para todos os cenários. Os pressupostos específicos de cada cenário estão apresentados no tópico '4.6. Validação e experimentação - cenários simulados' na descrição de cada cenário.

Os pressupostos gerais utilizados para a modelagem do problema são:

- Uma vez que há dados disponíveis para análise diária da demanda, é possível modelar a revisão dos estoques e realizar os cálculos do modelo diariamente;
- Para que fosse viável a parametrização do modelo de simulação com uso de métodos de busca, definiu-se que, tanto o período de revisão dos estoques, como o fator de segurança são idênticos para todos distribuidores;
- Dadas as restrições tecnológicas do processo de produção e as práticas hoje adotadas pela empresa foco do estudo, a reposição dos estoques do laboratório é feita de acordo com a política de ponto de reposição com lote fixo;
- Dado que o processo produtivo é altamente automatizado, o tempo de produção de cada lote pelo laboratório foi considerado uma variável determinística (três dias);
- Uma vez que não foi considerada a localização exata de cada distribuidor, para modelagem do prazo de entrega para os distribuidores, considerou-se o tempo médio de entrega (dois dias);
- Dado que os produtos farmacêuticos são exclusivos do laboratório considerou-se que, um pedido não atendido pelo laboratório acarreta numa entrega com atraso, ou seja, que o distribuidor está disposto a

esperar para receber seu pedido. Entretanto, uma vez que o produto seja disponibilizado ele é entregue com urgência. Por essa urgência o custo de frete é mais alto. A diferença entre o frete normal e o frete com urgência é considerada como o 'custo de atraso';

- Já para o distribuidor cuja demanda é a própria demanda do varejo, uma vez que os estoques das farmácias são relativamente pequenos e constantes, um pedido não atendido pelo distribuidor acarreta numa venda perdida, e no custo de falta que é a multiplicação da quantidade não atendida pelo parâmetro de custo unitário de falta;
- A prioridade de atendimento dos pedidos recebidos pelo laboratório segue a ordem de chegada dos mesmos. Os pedidos podem ser atendidos parcialmente tanto pelo laboratório quanto pelos distribuidores quando acabar a disponibilidade de produtos;
- O custo total da cadeia é composto pelo custo de pedir, custo de estocar do laboratório, custo de estocar nos distribuidores, custo de transportar, custo de atraso no laboratório, custo de venda perdida nos distribuidores. O cálculo desses custos é descrito no tópico '4.3.3 Modelo de custos'. Os parâmetros de custo e receita são constantes durante o tempo;
- As entregas feitas aos distribuidores agregam diversos tipos de medicamento e não apenas um medicamento, como assumido pelo modelo. Dessa forma, para ajustar o custo de transporte considerou-se que produto em análise representa 10% do peso e 10% do valor total do pedido, ou seja, em média o produto representa 10% da carga total transportada.
- Não são considerados descontos provenientes de promoções ou para grandes lotes de compra;
- A pericibilidade não foi considerada na modelagem pois os prazos de validade são relativamente superiores aos tempos de permanência dos produtos na cadeia de distribuição, logo esse não é um aspecto importante para modelagem;

- Uma vez que o processo produtivo do laboratório está fora do modelo, considerou-se que não há falta de matéria-prima para produção do medicamento;
- Como o projeto da cadeia de distribuição está fora do escopo deste trabalho, considerou-se que A) não existe limitação física de espaço no armazém do laboratório ou dos distribuidores, B) não há restrição de capacidade para o transporte entre o laboratório e os distribuidores;
- A previsão semanal da demanda em cada distribuidor é feita de acordo com a média móvel de sua demanda nas últimas cinquenta e duas semanas corrigida com o índice de sazonalidade referente à semana em questão. A previsão diária é igual à previsão semanal dividida por cinco pois não há sazonalidade marcante entre os dias úteis da semana;
- O comportamento da demanda recebida pelos distribuidores é descrito na apresentação de cada cenário no tópico '4.6. Validação e experimentação - cenários simulados'.

4.3.2. Definição das variáveis de decisão

As variáveis de decisão do modelo devem permitir que sejam controlados os momentos e as quantidades de reposição para o laboratório e para os distribuidores. A seguir, está apresentada a lista de variáveis (definidas a priori) que permitem que essas decisões sejam controladas direta ou indiretamente no modelo. São elas:

- Período de revisão dos estoques dos distribuidores;
- Fator de segurança dos distribuidores;
- Fator de segurança do laboratório;
- Tamanho do lote de produção no laboratório.

Para definição de quais variáveis de decisão devem ser varridas pelo método de busca realizou-se um delineamento de experimentos. Foi feito um

experimento fatorial completo (de dois níveis) com as variáveis de decisão do modelo. O resultado final do delineamento está apresentado no tópico '4.6.8.Delineamento de experimentos'.

4.3.3. Modelo de custos

Na modelagem do custo total foram consideradas as seguintes componentes:

- Custo de manter os estoques;
- Custos de pedido;
- Custos de transporte, e;
- Custo de falta.

A seguir, apresenta-se a formulação utilizada pelo modelo para o cálculo dos custos.

- **Custo de estoque (distribuidor)**

O cálculo do custo de estoque é feito através do acúmulo do custo diário de estoque. O custo acumulado de estoque em um dia qualquer é igual ao custo acumulado do estoque do dia anterior mais o custo de estoque do dia em questão.

$$CustoEstoque_{DIA} = CustoEstoque_{DIA-1} + EstoqueAtual * custo_unitário * \left(\sqrt[30]{1 + taxa_juros_mensal} - 1 \right)$$

O estoque atual indica a quantidade em estoque no final do dia em que o cálculo está sendo realizado. Já o custo unitário é o preço que o distribuidor paga pelo medicamento.

- **Custo de estoque (laboratório)**

Para o cálculo do custo de estoque do laboratório, é utilizada a mesma fórmula do custo de estoque dos distribuidores. Entretanto, o 'estoque atual' é a posição do estoque do laboratório e o 'custo unitário' passa ser o custo do medicamento para o laboratório.

- **Custo de pedido**

Cada pedido tem um custo de processamento calculado pelo modelo. A formulação adotada considera que o custo unitário de processamento de cada pedido é uma função da quantidade que é pedida.

$$\text{Custo_Pedido_unitário} = \text{taxa_pedido} * \text{quantidade} * \text{custo_unitário}$$

A 'taxa de pedido' é um parâmetro utilizado para calcular o 'custo variável de processamento do pedido' que é uma função do valor deste pedido (quantidade pedida multiplicada pelo custo unitário).

- **Custo de transporte**

O cálculo do custo de transporte é realizado de acordo com a formulação utilizada pela transportadora para cobrar o frete do laboratório. Para o cálculo do frete devem ser considerados a origem da carga, o destino da carga, o peso da carga e o valor na nota fiscal.

Com essas variáveis são calculadas as componentes do frete:

- 1 – Frete peso (função da origem, destino e peso da carga);
- 2 – Gerenciamento de Risco (GRIS): corresponde à infra-estrutura de segurança que é montada para viabilizar a operação como segurança nos armazéns, rastreamento (função do valor da nota fiscal e destino da carga);
- 3 – AD Valorem que é uma tarifa de seguro (função do valor da nota fiscal e destino da carga);
- 4 – Pedágio (função do peso e do destino da carga).

Os seguintes pressupostos foram utilizados para o cálculo do frete:

- Para origem das cargas foi considerada a localização do laboratório, na cidade de São Paulo-SP;
- O modelo de simulação trata igualmente todos distribuidores do ponto de vista de prazo de entrega e custos de transporte. Dessa forma, as tabelas de frete consultadas para o cálculo do custo de transporte

referem-se ao destino interior de Minas Gerais. Essa localidade foi escolhida pois é nesse estado que estão localizados os maiores distribuidores de medicamentos do país.

- Na formação de carga foi considerado que o medicamento representa 10% da carga total. Essa estimativa foi feita pois na prática uma nota fiscal freqüentemente contempla mais de um medicamento. Dessa forma, o custo fixo de cada entrega é rateado entre os vários produtos que formam a carga.

Vale destacar que o cálculo do frete peso insere uma componente fixa no custo de transporte. Para mais detalhes sobre o cálculo do frete peso consulte o ANEXO VI.

- **Custo de entrega em atraso (laboratório)**

Caso o laboratório receba um pedido que não pode ser atendido por indisponibilidade de produtos em estoque, é calculado o custo de entrega em atraso. Para esse cálculo foi assumido o pressuposto de que o distribuidor está disposto a aguardar pelo seu pedido e que, quando disponibilizado, ele é entregue com urgência.

Essa urgência na entrega tem um efeito sobre o custo de transporte. O aumento no custo do frete é considerado pelo modelo como o 'custo de entrega em atraso'. A taxa de urgência é definida no modelo como uma fração do custo normal de transporte.

- **Custo de venda perdida (distribuidor)**

No caso dos distribuidores, quando há uma venda para farmácia e o produto não está disponível, esta venda é considerada perdida e seu custo é uma fração da receita que o laboratório teria caso a venda fosse efetivada. Não foram consideradas as perdas dos distribuidores e das farmácias, pois se

assumiu que quando o consumidor final não encontra o medicamento ele adquire um substituto e nesse caso tanto a farmácia como o distribuidor que a alimenta ganham suas margens.

- **Custo total da cadeia**

O custo total da cadeia é simplesmente a soma de todos os custos descritos acima: custo de estoque (distrib), custo de estoque (lab), custo de pedido, custo de transporte, custo de entrega em atraso do laboratório e custo de venda perdida do distribuidor.

4.3.4. Indicadores de desempenho

O desempenho dos cenários é comparado através dos indicadores de nível de serviço e dos indicadores de custo. O nível de serviço é representado pela relação entre a quantidade total de produtos demandados pelas farmácias para os distribuidores e a quantidade de produtos disponíveis em estoque pelo respectivo distribuidor². Já o custo total é composto pelos custos de manter os estoques, custos de pedido e dos custos de transporte.

A variação do efeito chicote é medida através do indicador proposto por Chen et al. (2000), $I_{chicote}$, descrito no item “Efeito chicote (*bullwhip* ou Forrester)” deste trabalho.

4.4. Coleta e análise dos dados

Os dados a seguir têm como objetivo apresentar e caracterizar o sistema multicamada abordado na simulação.

Como já foi mencionado, o sistema é composto por:

² Não há compartilhamento de produtos entre os distribuidores.

- Um armazém central que fica localizado junto à planta do laboratório;
- oitenta e um distribuidores independentes que alimentam as farmácias.

A principal informação para viabilização do estudo foram os históricos de demanda dos distribuidores e o histórico de pedidos realizados pelos mesmos. Foram coletados os dados referentes às compras e vendas diárias de um produto nos oitenta e um distribuidores por um período de dois anos. O primeiro ano serve de histórico para o planejamento do segundo ano, que é simulado e tem seus resultados históricos comparados aos da simulação.

Outras informações necessárias para construção do modelo e que foram estimadas ou definidas por profissionais da empresa na qual o estudo foi realizado. Elas são:

- Custo dos produtos no estoque do laboratório;
- Custo dos produtos no estoque dos distribuidores;
- Custo de manutenção dos estoques (% do valor médio mensal estocado);
- Custo fixo de pedir e custo variável de pedir (% do valor do pedido);
- Custo fixo de transporte e custo variável de transporte (% do valor da carga);
- Estoques iniciais nos laboratórios e nos distribuidores;
- Tamanho do lote de produção no laboratório;
- Ponto de reposição para o estoque no laboratório;
- Tempo de entrega do laboratório para os distribuidores;
- Fator de segurança para o ajuste do estoque de segurança dos distribuidores.

Uma das restrições para utilização das políticas de gestão de estoques em sistemas multicamadas foi a diferença entre os distribuidores. A maioria das

políticas assume que os distribuidores são idênticos. Entretanto, a análise dos dados mostrou que esse não é o caso para o sistema em estudo. Na Figura 21 pode-se verificar a existência de significativa diferença entre os distribuidores quando considerado o volume de vendas.

Esse comportamento de concentração de grande parte das vendas numa pequena parcela de clientes não é raro, sobretudo para as indústrias de bens de consumo. Atacadistas e grandes varejistas são responsáveis pela maior parte das vendas dos produtores.



Figura 21 – Diferença entre os distribuidores

Outro pressuposto presente em algumas políticas refere-se ao comportamento da demanda segundo uma distribuição Normal.

A demanda do produto em cada um dos oitenta e um distribuidores foi testada de acordo com o Método de Kolmogorov-Smirnov. Para detalhes sobre este método consulte Costa Neto (1977). Os resultados detalhados dos testes estão apresentados no ANEXO I.

Foram feitos dois tipos de agrupamento dos dados para realização dos testes. No primeiro agrupamento todos os dias da semana foram considerados como sendo iguais. Dessa forma, chegou-se a oitenta e uma séries temporais, uma para cada distribuidor. Das séries testadas, treze puderam ser aceitas como Normal ao nível de significância de 10%, como pode ser visto na Figura 22.



Figura 22 – Teste de normalidade da demanda diária

No segundo teste, a demanda de cada dia da semana foi testada separadamente, em cada distribuidor. Com essa configuração, a quantidade de séries elevou-se para 405, já que existem 81 distribuidores e cinco dias com demanda na semana (a demanda dos sábados e domingos foi desconsiderada).

Para este segundo agrupamento dos dados, o teste mostrou um aumento na quantidade de séries que podem ser aceitas como Normal. Ao mesmo nível de significância de 10%, agora 61% das séries são aceitas como Normal, como pode ser verificado na Figura 23.

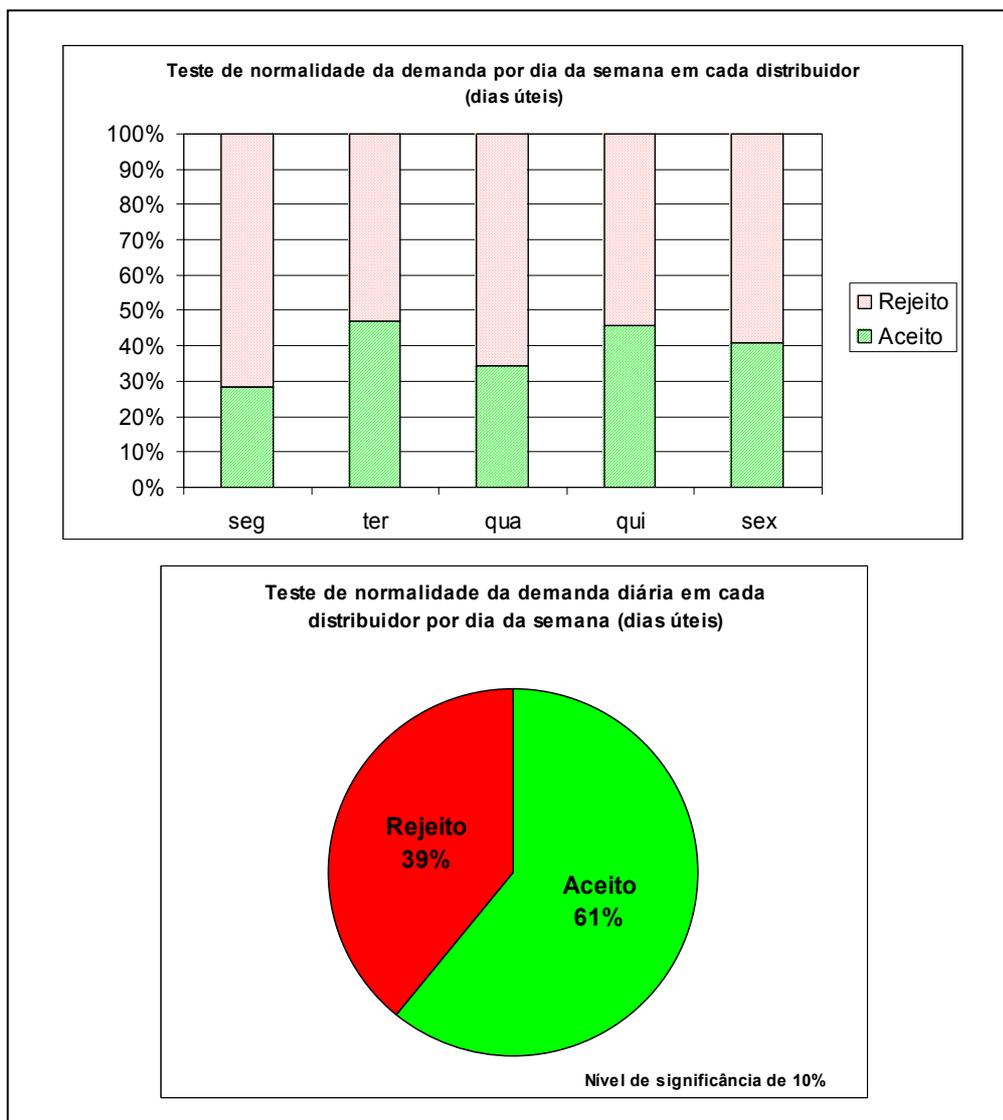


Figura 23 – Teste de normalidade para demanda de cada dia da semana

Apesar desse aumento na quantidade de séries que podem ser aceitas como Normal, a quantidade de séries que é rejeitada continua significativa e dessa forma, não se pode assumir o pressuposto de que a demanda comporta-se de acordo com uma distribuição normal.

Uma última importante característica do problema é o estudo da dependência da demanda entre os distribuidores. Para identificação dessa característica foi calculado o coeficiente de correlação da demanda diária entre os distribuidores. A combinação entre os 81 distribuidores dois a dois gerou 3.240 pares de distribuidores para o cálculo do coeficiente de correlação. A Figura 24 apresenta o resultado consolidado dos valores calculados deste coeficiente.

Como pode-se perceber pela Figura 24, a maior parte dos pares de distribuidores apresentou demandas diárias não-correlacionadas, uma vez que mais de 99% dos pares tiveram o coeficiente de correlação de suas demandas diárias menores do que 0,75.

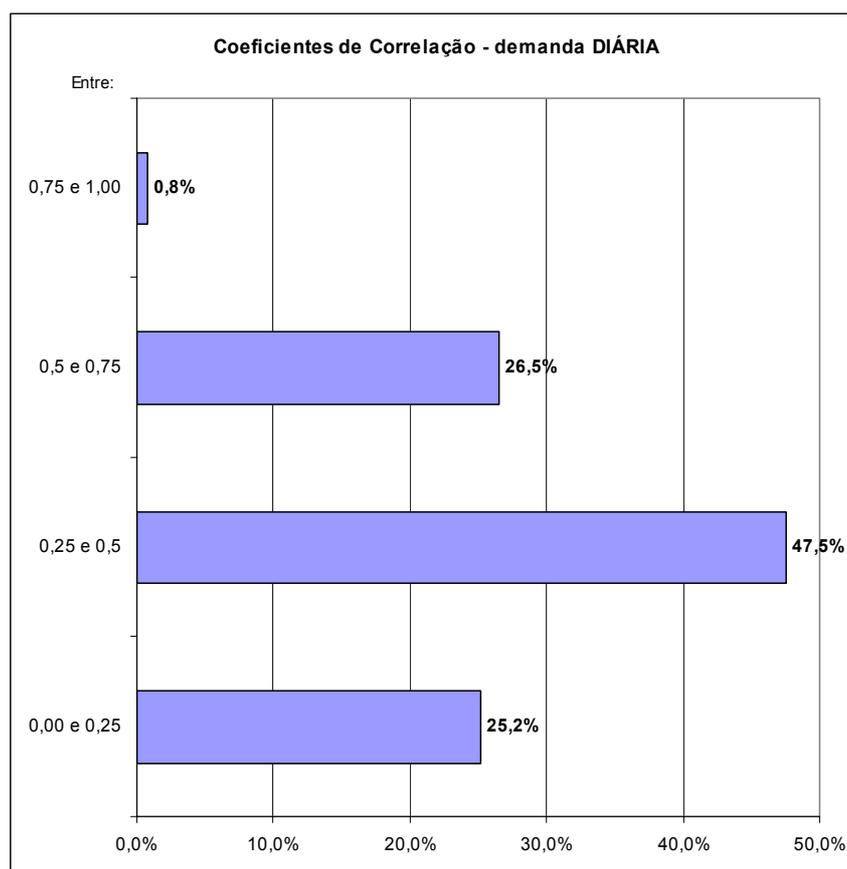


Figura 24 – Análise dos coeficientes de correlação da demanda diária nos distribuidores

Essa mesma estatística também foi calculada para a demanda semanal dos distribuidores. Não houve grande diferença no resultado, sendo que novamente mais de 99% dos pares tiveram o coeficiente de correlação de suas demandas semanais inferiores a 0,75, como pode ser visto na Figura 25.

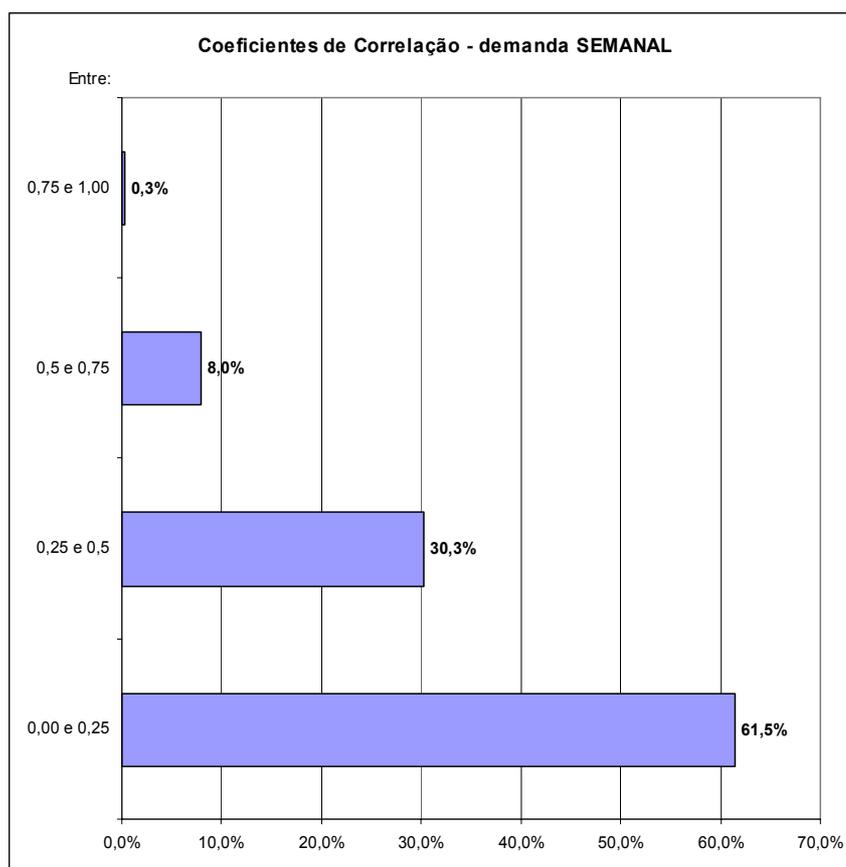


Figura 25 – Análise dos coeficientes de correlação da demanda semanal nos distribuidores

4.5. Desenvolvimento do modelo em software de simulação

Para o desenvolvimento do modelo, foi utilizada a versão 4.23 do software específico para simulação de eventos discretos chamado PROMODEL. Toda documentação associada ao modelo está apresentada no APÊNDICE I.

O modelo foi construído para permitir a simulação de uma cadeia com até cem distribuidores independentes que recebem um determinado produto de apenas um fabricante.

A parametrização do modelo permite que cenários sejam criados e simulados para o estudo do efeito das seguintes variáveis sobre o resultado final da simulação:

- Custo dos produtos no estoque do laboratório;
- Custo dos produtos no estoque dos distribuidores;
- Custo de manutenção dos estoques (% do valor médio mensal estocado);
- Custo fixo de pedir;
- Custo variável de pedir (% do valor do pedido);
- Custo fixo de transporte;
- Custo variável de transporte (% do valor da carga);
- Estoque inicial no laboratório;
- Estoques iniciais nos distribuidores;
- Tamanho do lote de produção no laboratório;
- Ponto de reposição para o estoque no laboratório;
- Tempo de entrega do laboratório para os distribuidores;
- Fator de segurança para o ajuste do estoque de segurança dos distribuidores;
- Período de revisão dos estoques dos distribuidores.

Para diminuir o tempo de simulação foi utilizado um fator de escala de 1:100, ou seja, cada unidade movimentada no modelo de simulação representa cem unidades no fluxo real de produtos.

4.6. Validação e experimentação - cenários simulados

Neste tópico do trabalho são descritos cada um dos cenários simulados, seus objetivos e o procedimento utilizado para a simulação dos cenários em que são utilizadas distribuições de probabilidade. São apresentados os cálculos para definição do período transitório da simulação, o horizonte de simulação e o número de réplicas de cada rodada.

O primeiro cenário de simulação (cenário I) reproduz o fluxo real e serve a dois objetivos: validar o modelo e servir de base de comparação de desempenho para os outros cenários simulados.

No segundo cenário (cenário II) foi testada a primeira política para coordenação do fluxo de materiais entre o laboratório e os distribuidores. Entretanto, nesse cenário a demanda não foi considerada como uma variável estocástica. Esse cenário serviu como a primeira avaliação dos ganhos potenciais para gestão da cadeia de distribuição com um sistema de reposição automática e ambiente colaborativo.

Os cenários III e IV são variações do cenário II. Entretanto, nestes cenários a demanda foi modelada como uma variável estocástica. As distribuições de probabilidade (que estão apresentadas no ANEXO II) foram construídas com base no histórico do fluxo de materiais registrado durante um ano na cadeia de distribuição da empresa que serviu como foco para o estudo.

A diferença básica entre os cenários III e IV é que no primeiro as previsões do laboratório são feitas com base no histórico de pedidos recebidos por ele, enquanto que no segundo essas previsões têm como base o histórico das vendas realizadas pelos distribuidores às farmácias. Com isso, no cenário IV o

objetivo foi a quantificação da influência que o compartilhamento de informações de demanda tem sobre o desempenho da cadeia.

4.6.1. Cenário I

O primeiro cenário simulado refere-se aos dados históricos do sistema. Os resultados desse cenário serviram como base para validação do modelo, uma vez que estes foram avaliados por profissionais da empresa na qual o estudo foi realizado. O segundo objetivo deste cenário é ter seu desempenho fixado como base de comparação para os outros cenários simulados.

4.6.2. Cenário II

O segundo cenário simulado representa o fluxo de materiais que teria ocorrido entre o laboratório, os distribuidores e as farmácias caso uma política de cálculo de necessidades tivesse sido utilizada para a reposição dos estoques dos distribuidores. A previsão de demanda semanal de cada distribuidores foi calculada com a média móvel da sua demanda nas últimas cinqüenta e duas semanas. Considerou-se também a sazonalidade da demanda do distribuidor através do ajuste da previsão com os índices de sazonalidade semanal do ano anterior.

Outro pressuposto importante na construção deste e dos próximos cenários é a cooperação entre as empresas que fazem parte do sistema. Essa cooperação é possível com a utilização de uma ferramenta informatizada que gerencia a emissão dos pedidos.

4.6.3. Cenário III

O cenário III é uma réplica do segundo cenário. Entretanto, este cenário foi construído para que fosse realizada a análise do custo total da cadeia frente à variação das variáveis de decisão do modelo. Dessa forma, a demanda

observada por cada um dos distribuidores, que no segundo cenário era uma variável determinística, foi substituída pela respectiva distribuição de probabilidade. As distribuições de probabilidade da demanda diária de cada um dos distribuidores estão apresentadas no ANEXO II.

4.6.4. Cenário IV

O cenário IV é uma variação do cenário III em que a previsão de vendas do laboratório é feita com base no histórico de vendas agregadas dos distribuidores. O objetivo deste cenário é confirmar e quantificar a capacidade de redução do efeito bullwhip e do custo total da cadeia por meio do compartilhamento de informações de vendas entre os distribuidores e o laboratório.

O relacionamento e a descrição resumida dos cenários simulados estão representados na Tabela 6 e na Figura 26.

Tabela 6 – Cenários de simulação

	Mudança em relação ao cenário precedente
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Cenário I</div> ↓ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Cenário II</div>	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de materiais do fabricante para os distribuidores regido por uma política cálculo de necessidades; • Previsão realizada com uso de média móvel e índices de sazonalidade
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Cenário II</div> ↓ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Cenário III</div>	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda atendida pelos distribuidores, geradas a partir de funções de probabilidade
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Cenário III</div> ↓ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Cenário IV</div>	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento do fabricante feito com uso das informações de vendas para as farmácias e dos estoques dos distribuidores

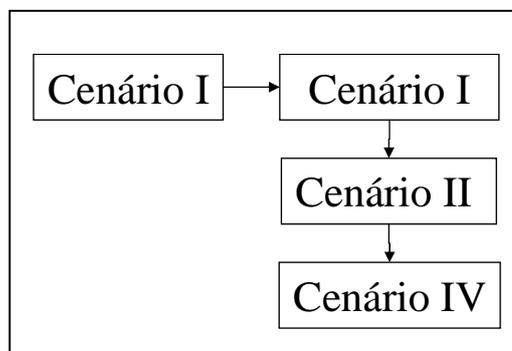


Figura 26 – Cenários de simulação

Na Tabela 7 está apresentada a parametrização para cada um dos cenários simulados. Essa parametrização complementa os pressupostos do modelo apresentados no tópico ‘4.3.1.Pressupostos assumidos’ e a modelagem de custos apresentada no tópico ‘4.3.3.Modelo de custos’.

Tabela 7 – Parametrização dos cenários de simulação

	Cenário I e II	Cenário III e IV
Custo dos produtos no estoque do laboratório	R\$ 6,83	R\$ 6,83
Custo dos produtos no estoque dos distribuidores	R\$ 8,20	R\$ 8,20
Custo de manutenção dos estoques (% do valor médio mensal estocado)	4% ao mês	4% ao mês
Custo variável de pedir (% do valor do pedido)	0,10%	0,10%
Custo unitário de venda perdida pelo distribuidor	R\$ 3,28	R\$ 3,28
Custo fixo de produção	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Taxa de entrega urgente (atraso do laboratório)	1	1
Estoque inicial no laboratório	154.000 unid.	154.000 unid.
Estoque inicial nos distribuidores	3 * [demanda média mensal]	3 * [demanda média mensal]
Tamanho do lote de produção no laboratório	154.000 unid.	154.000 unid.
Tempo de entrega do laboratório para os distribuidores	2 dias	2 dias
Fator de segurança para o cálculo do	1	Variável de

continua

	conclusão	
	Cenário I e II	Cenário III e IV
estoque de segurança dos distribuidores		Decisão
Fator de segurança para o cálculo do estoque de segurança do laboratório	1	1
Período de revisão dos estoques dos distribuidores	1 dia	Variável de Decisão
Período de revisão dos estoques do laboratório	1 dia	1 dia
Peso unitário de um item	0.24325 kg	0.24325 kg
Tempo de produção de um lote no laboratório	3 dias	3 dias
Número de semanas para o cálculo da previsão do laboratório	4	4
Número de semanas para o cálculo da previsão dos distribuidores	5	5

4.6.5. Período transitório da simulação

O período transitório da simulação (ou de aquecimento) é a quantidade de tempo que o modelo deve rodar até que os vestígios da sua inicialização sejam removidos. Só depois desse período é que os dados estatísticos devem começar a ser registrados. Para definição do período transitório da simulação foi analisada a principal variável do modelo que é aquela que acompanha os estoques nos distribuidores. A Figura 27 apresenta o comportamento dessa variável na simulação de diferentes cenários com diferentes condições iniciais para verificar qual o momento que ela se estabiliza durante essas simulações. Como pode ser visto na Figura 27, a escolha do período transitório de cem dias garante que os vestígios da inicialização do modelo sejam eliminados das suas estatísticas.

Vale ressaltar que esse período transitório não é utilizado para o cenário I que representa o comportamento histórico da cadeia como está detalhado mais adiante neste capítulo.

As simulações IIIa e IIIb são referentes ao cenário III, porém apresentam diferentes parametrizações. Assim como as simulações IVa e IVb em relação ao cenário IV.

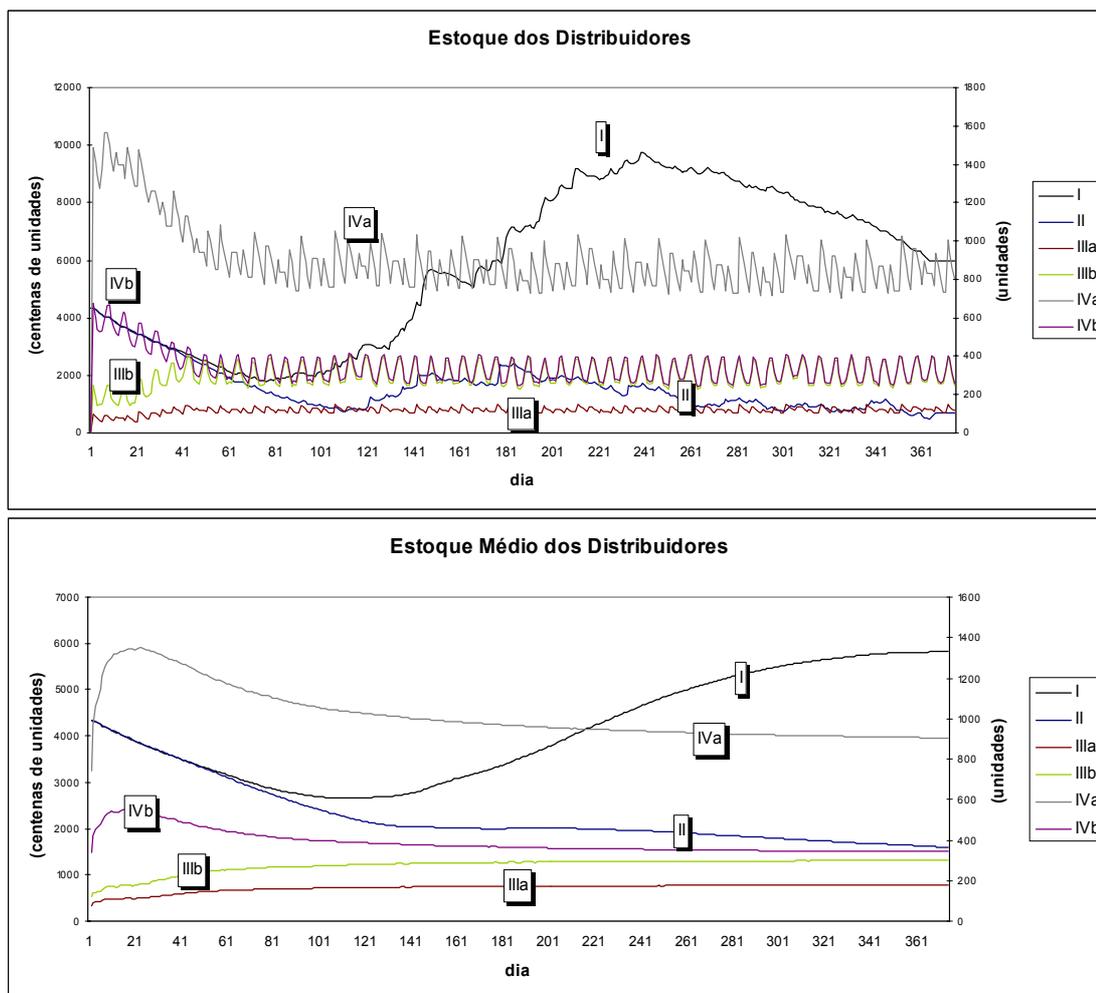


Figura 27 – Definição do período transitório da simulação

4.6.6. Horizonte de simulação

O horizonte de simulação deve ser suficientemente grande para que o comportamento médio do sistema possa ser identificado através dos dados coletados. Dessa forma, horizontes muito curtos são inadequados porque comprometem os dados da simulação. Por outro lado os horizontes

excessivamente longos também são indesejáveis, pois consomem tempo de máquina desnecessariamente.

Por conveniência foi escolhido o horizonte de simulação de 365 dias, já que os dados fornecidos pela empresa que é foco do estudo representam um ano do fluxo de materiais de um produto.

Como pode ser visto na Figura 28 que apresenta o comportamento do estoque do laboratório, este tem um período de renovação maior do que os estoques dos distribuidores. Mesmo assim a escolha de um ano para o horizonte de simulação é suficiente para garantir mais de um ciclo de renovação dessa posição de estoque.

Outra vantagem da escolha do horizonte de simulação de um ano é que a variabilidade das variáveis do modelo é reduzida, e por consequência o número de réplicas da simulação também pode ser reduzido. Dessa forma, se ganha tempo de simulação uma vez que o período transitório é rodado menos vezes.

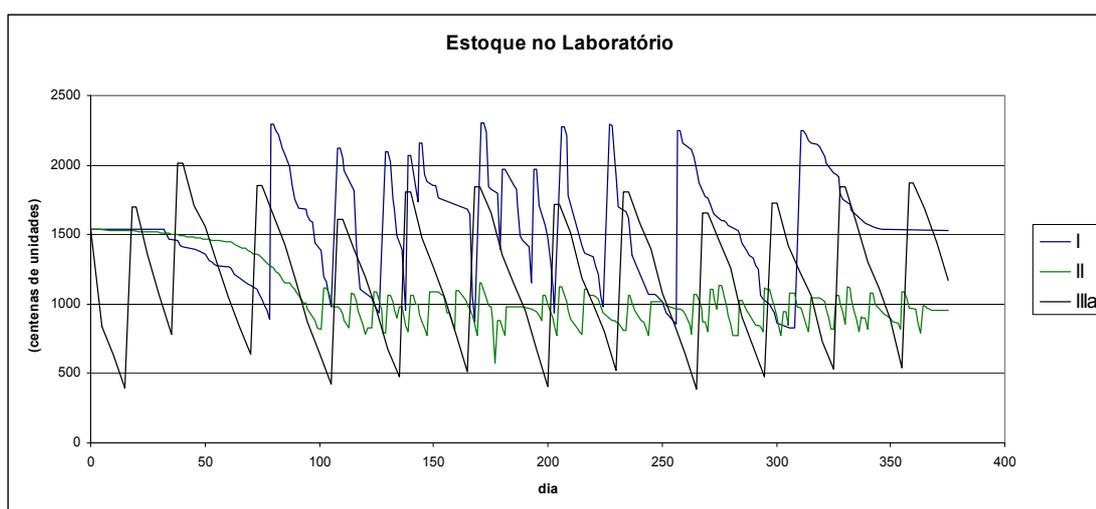


Figura 28 – Definição do horizonte de simulação

4.6.7. Número de réplicas

Para definição do número de réplicas necessárias foi aplicada a Equação (10) que é válida quando o estimador s' tiver sido calculado com uma amostra relativamente grande (ao menos 30 réplicas) – para detalhes consulte Costa Neto (1977).

$$n = z_{1-\alpha/2}^2 * \frac{s'^2}{h^2} \quad (10)$$

Em que:

- n é o número de réplicas necessárias ;
- z é a variável da distribuição normal reduzida;
- α é o nível de confiança pretendido;
- s' é o desvio padrão da amostra;
- h é a semi-amplitude do intervalo de confiança.

Para as simulações com menos de 30 réplicas deve ser utilizada a Equação (11).

$$n = t_{n-1, 1-\alpha/2}^2 * \frac{s^2}{h^2} \quad (11)$$

Em que:

- t é a estatística da distribuição t de *student*.

Dessa forma, foi realizada uma simulação para o cenário III e outra para o cenário IV com 30 réplicas cada uma delas. O comportamento do custo total da cadeia é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados das simulações para definição do número de réplicas

Custo total	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	s' (R\$)
Cenário III	659.800	634.900	684.300	11.800
Cenário IV	589.300	567.800	607.000	9.960

De acordo com a Equação (10), a conclusão dessa avaliação preliminar dos resultados da simulação mostra que, ao nível de confiança de 95% ($z = 1,96$) e com a semi-amplitude do intervalo de confiança de R\$ 15.000, são necessárias

ao menos 2,38 réplicas para o cenário III e 1,69 réplicas para o cenário IV. Dessa forma, todos os cenários simulados devem ter no mínimo três réplicas, ou seja, $n=3$. As semi-amplitudes atualizadas para $n=3$ são de R\$ 13.353 para o cenário III e R\$ 11.271 para o cenário IV.

4.6.8. Delineamento de experimentos – variáveis de decisão

Para definição de quais variáveis de decisão devem ser varridas pelo método de busca realizou-se um delineamento de experimentos. Foi feito um experimento fatorial completo (de dois níveis) com as variáveis de decisão do modelo.

O resultado final do delineamento, resumido na Figura 29, mostra que, ao nível de significância de 90%, para o cenário III as variáveis de decisão que têm influência significativa sobre o custo total da cadeia são o fator de segurança dos distribuidores e a interação entre o período de revisão dos estoques dos distribuidores e o fator de segurança dos distribuidores. Já para o cenário IV, além das variáveis significativas para o cenário III, também se mostraram importantes os efeitos provocados pelas variações do tamanho do lote de produção no laboratório e pelo período de revisão dos estoques dos distribuidores.

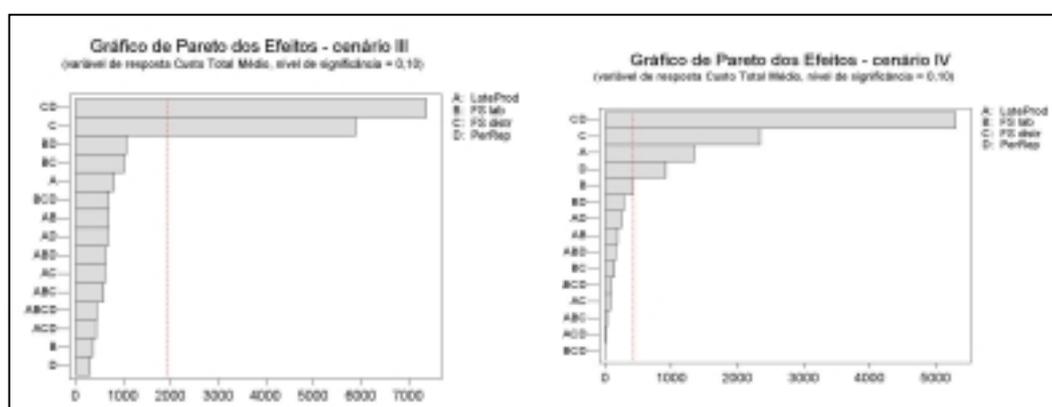


Figura 29 – Resultado do delineamento de experimento

Os resultados detalhados do delineamento de experimentos estão apresentados no ANEXO III.

Apesar de significativo para a definição do custo total da cadeia no cenário IV, o ‘tamanho do lote de produção no laboratório’ não foi considerado como uma variável de decisão durante as simulações por três razões principais:

- A empresa foco do estudo apresentou restrições tecnológicas que impedem a mudança no tamanho do lote;
- Apesar de contemplado pelo modelo de simulação, não foi possível obter o valor do custo fixo de um lote de produção no laboratório;
- A consideração de mais essa variável de decisão aumentaria significativamente o tempo de simulação, inviabilizando a busca dos parâmetros.

Dessa forma, a parametrização da política de estoques empregada nos cenários de simulação tem as seguintes variáveis de decisão:

- Período de revisão dos estoques dos distribuidores;
- Fator de segurança dos distribuidores.

4.6.9. Cenários com sazonalidade

Para verificar o desempenho da política simulada frente a uma demanda com sazonalidade foram criados outros dois cenários, os cenários IIIS e IVS. O cenário IIIS é idêntico ao cenário III acrescido da componente de sazonalidade. Assim como, o cenário IVS é o cenário IV com sazonalidade. Dado que, originalmente os cenários III e IV não têm sazonalidade, essa componente foi inserida à demanda dos distribuidores de acordo com o perfil representado pela Figura 30.

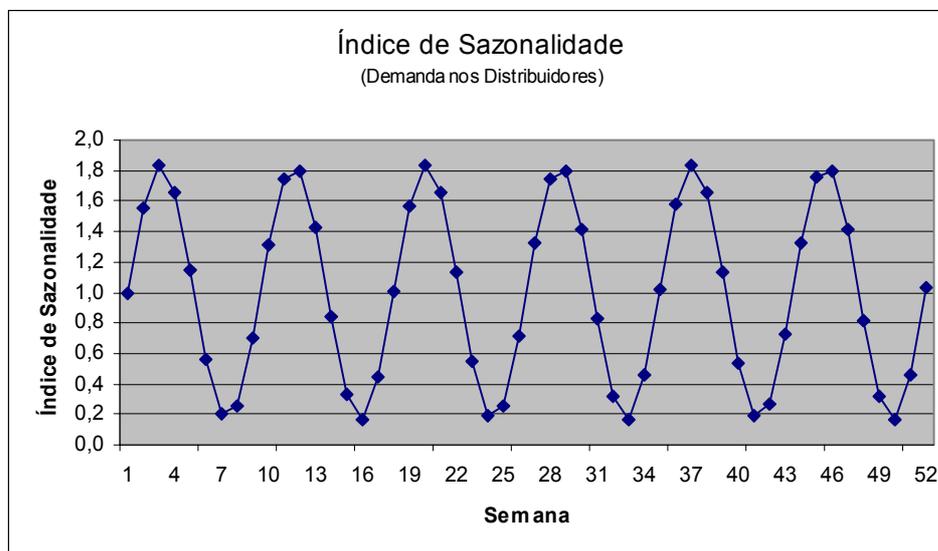


Figura 30 – Índices de sazonalidade inseridos na demanda

O período transitório da simulação foi mantido em cem dias para os cenários com sazonalidade. Como pode ser visto na Figura 31 que apresenta a análise dos estoques nos distribuidores e no laboratório, após o centésimo dia de simulação o sistema já apresenta um comportamento de regime tanto para o cenário IIS como para o IVS.

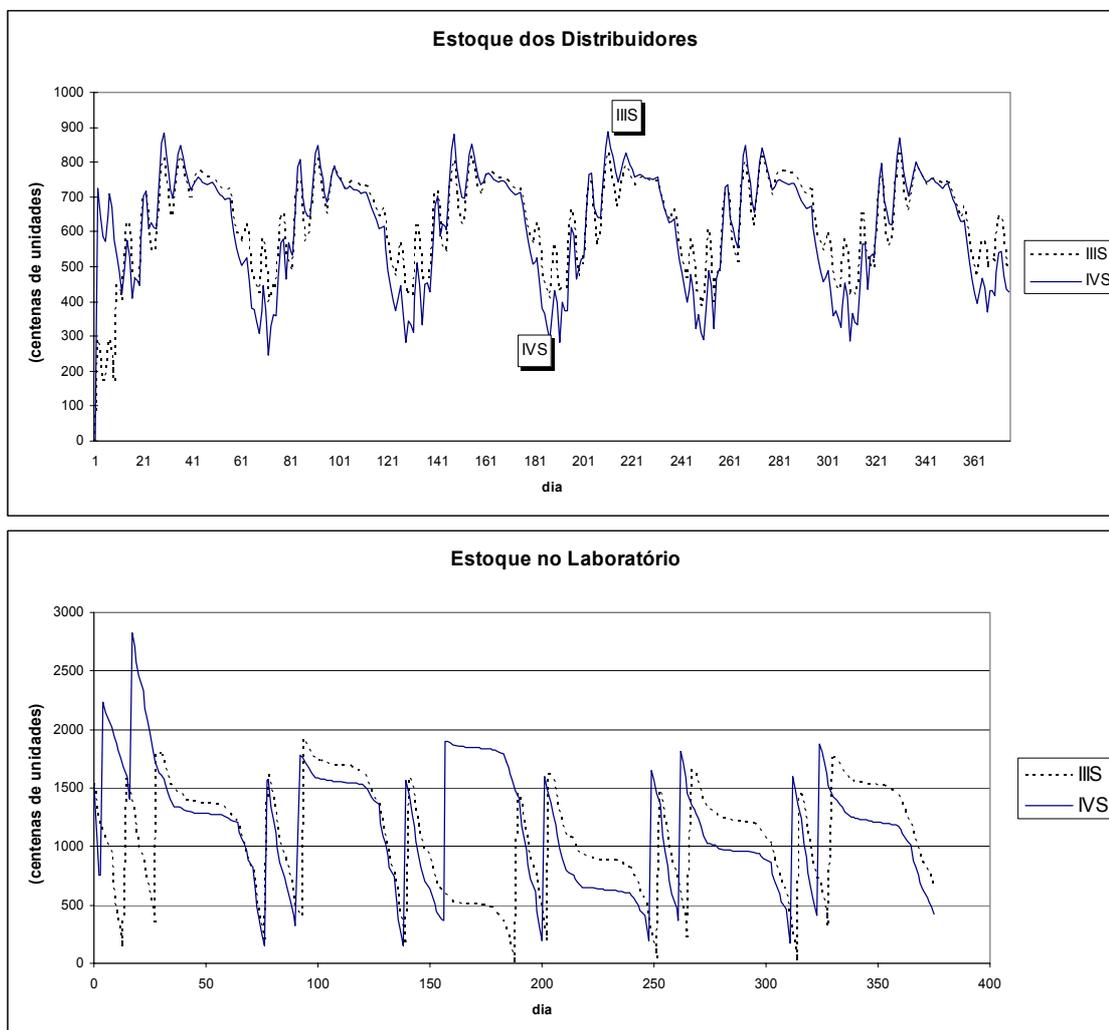


Figura 31 – Definição do período transitório da simulação (cenários com sazonalidade)

O aumento nas variâncias do ‘custo total da cadeia’ para os cenários com sazonalidade (vide Tabela 9), associado à manutenção do número de réplicas em três para cada rodada, resultou no aumento da semi-amplitude (h) do intervalo de confiança para R\$ 25.000 no caso do cenário III S e R\$ 25.900 para no cenário IV S.

Tabela 9 – Resultados das simulações para definição do número de réplicas (cenários com sazonalidade)

Custo total	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	s'(R\$)
Cenário IIIS	785.200	737.100	824.500	22.150
Cenário IVS	723.500	688.700	770.500	22.880

Ao nível de significância de 90%, para o cenário IIIS pode-se afirmar que têm influência significativa sobre o custo total da cadeia o fator de segurança dos distribuidores, o período de revisão dos estoques dos distribuidores, o fator de segurança do laboratório, e a interação entre o período de revisão dos estoques dos distribuidores e o fator de segurança dos distribuidores.

Para o cenário IVS têm influência significativa sobre o custo total da cadeia as seguintes variáveis de decisão: período de revisão dos estoques dos distribuidores, fator de segurança dos distribuidores, tamanho do lote de produção no laboratório e as seguintes interações entre as variáveis de decisão: tamanho do lote de produção no laboratório com o fator de segurança dos distribuidores com o período de revisão dos estoques dos distribuidores, o fator de segurança dos distribuidores com o período de revisão dos estoques dos distribuidores e o tamanho do lote de produção no laboratório com o período de revisão dos estoques dos distribuidores.

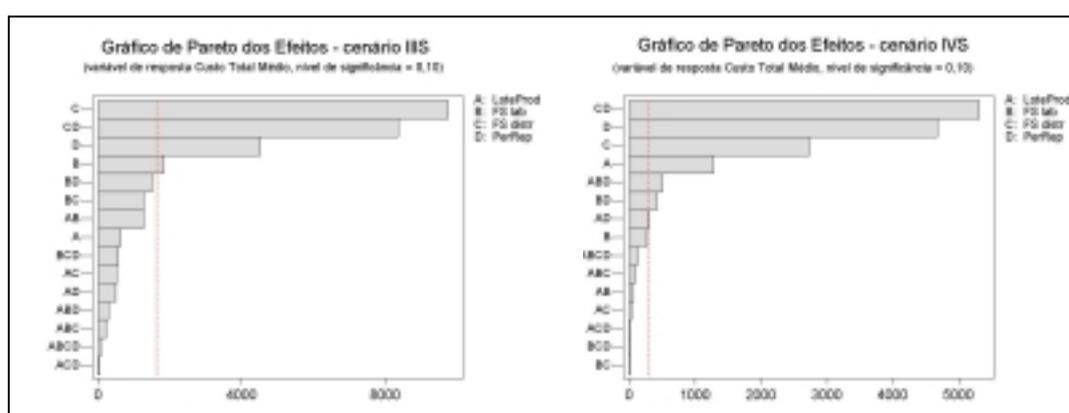


Figura 32 – Resultado do delineamento de experimento (cenários com sazonalidade)

Os resultados detalhados do delineamento de experimentos estão apresentados no ANEXO III.

Com a apresentação do problema foco do estudo e das atividades realizadas para construção do modelo de simulação e sua experimentação, o trabalho tem na sua seqüência a apresentação e análise dos resultados obtidos com os cenários simulados durante a pesquisa.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados da simulação. É apresentado também o resultado do estudo sobre a influência que a variação do ‘tamanho do lote de produção’ tem para o sistema.

Com o desenvolvimento do modelo e sua experimentação para os seis cenários simulados, foi possível verificar e quantificar alguns benefícios que a lógica de gestão centralizada dos estoques tem sobre as práticas atuais adotadas pelo mercado em questão.

O cenário I teve seus resultados ajustados pois, nele não houve período transitório da simulação. Dessa forma, todos resultados apresentados neste capítulo referem-se à simulação de 275 dias corridos do sistema. Os 275 dias corridos referem-se aos 375 dias simulados menos os 100 dias do período transitório da simulação.

5.1. Parametrização das variáveis de decisão

A conclusão da parametrização da política de estoques nos cenários III, IV, IIIS e IVS, apresentada no tópico '4.6. Validação e experimentação - cenários simulados', depende da parametrização das variáveis de decisão 'fator de segurança dos distribuidores' e 'período de revisão dos estoques dos distribuidores' como concluído pelo delineamento de experimentos apresentado no tópico '4.3.2. Definição das variáveis de decisão'.

Duas alternativas de busca foram testadas para parametrizar a política de reposição dos estoques em cada cenário. A primeira dessas alternativas foi chamada de 'busca discreta', explicada a seguir. A segunda, é a busca utilizando algoritmos evolutivos³.

As duas alternativas de busca foram aplicadas inicialmente ao cenário III. A 'busca discreta' foi feita com o valor do fator de segurança dos distribuidores variando de -3 a +3 com incrementos de 1. Já para o período de revisão dos estoques dos distribuidores a variação foi de um até cinco dias com incrementos de um dia. Essa discretização do fator de segurança foi necessária para viabilizar a simulação dos cenários em um tempo viável. Esse procedimento pode ser considerado como aceitável uma vez que o fator de segurança dos distribuidores não insere singularidades na função objetivo (custo total da cadeia), como pode ser visto pela Figura 33.

Os dois métodos levaram a soluções relativamente próximas, como pode ser observado na Tabela 10. O fato da busca com algoritmos evolutivos considerar o 'fator de segurança dos distribuidores' como uma variável contínua prejudicou seu desempenho de duas formas. Primeiro, com o aumento significativo de seu

³ O software de busca empregado foi o SIMRUNNER, pois este se integra ao PROMODEL que foi o software de simulação utilizado.

tempo de simulação, e no desempenho da solução apresentada, que é inferior ao apresentado pela solução da 'busca discreta'.

Os resultados consolidados dos dois métodos de busca foram:

- o tempo de simulação empregado para a parametrização da política de reposição com a utilização dos algoritmos evolutivos foi quase quatro vezes maior do que o tempo necessário para 'busca discreta' do problema.
- o custo total da cadeia para melhor parametrização obtida com a 'busca discreta' foi 2,2% mais baixo do que a solução obtida pelo algoritmo evolutivo.

Por essas razões e dada a relativa estabilidade da função objetivo (como pode ser visto na Figura 33) decidiu-se pela parametrização através da 'busca discreta' para todos os cenários.

Tabela 10 – Alternativas de busca (parametrização da política de reposição)

	Fator de segurança dos distribuidores	Período de revisão dos estoques dos distribuidores (dias)	Tempo total de simulação ⁴ (horas)	Custo total da cadeia (R\$)
Busca discreta	1	1	21	585.988
Algoritmos evolutivos	1,499	1	80	598.841

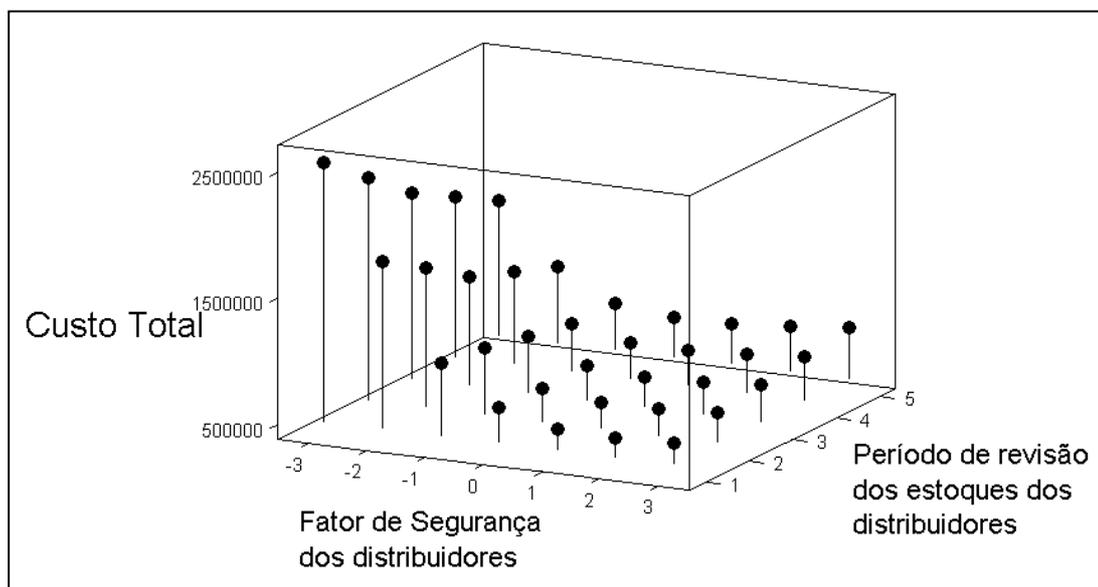


Figura 33 – Busca discreta no cenário III

O resultado final da parametrização feita por meio da ‘busca discreta’ está apresentado na Tabela 11. Os resultados detalhados das simulações de cada cenário encontram-se no ANEXO IV.

Tabela 11 – Parametrização dos cenários simulados

	Fator de segurança dos distribuidores	Período de revisão dos estoques dos distribuidores (dias)	Custo total da cadeia (R\$)
Cenário III	1	1	585.988
Cenário IV	1	1	592.686
Cenário IIIS	2	1	696.540
Cenário IVS	1	1	694.108

5.2. Resultados da simulação

Os resultados a seguir referem-se à simulação da solução obtida pela 'busca discreta' no tópico '5.1. Parametrização das variáveis de decisão'. Para o monitoramento do modelo foram acompanhadas as variáveis apresentadas na Tabela 12 e descritas a seguir:

- vendas do distribuidor: quantidade demandada pelas farmácias para todos distribuidores da cadeia;
- faltas no distribuidor: quantidade demandada pelas farmácias e indisponível nos distribuidores para entrega;
- nível de serviço (distrib): razão entre a quantidade de produtos entregues às farmácias e a quantidade de produtos demandados pelas farmácias;
- estoque médio (distrib): quantidade média de produtos em estoque considerando todos os distribuidores da cadeia;
- pedido ao laboratório: quantidade demandada pelos distribuidores para o laboratório;
- faltas no laboratório: quantidade demandada pelos distribuidores e indisponível para entrega;
- nível de serviço (lab): razão entre a quantidade de produtos entregues aos distribuidores e a quantidade de produtos demandados pelos distribuidores;
- estoque médio (lab): quantidade média de produtos em estoque no laboratório;
- número de pedidos dos distribuidores: número de pedidos recebidos pelo laboratório;
- número de ordens de produção: número de lotes de produção feitos pelo laboratório;
- quantidade entregue às farmácias: quantidade de produtos entregues às farmácias.

Os cenários I e II têm sua demanda definida de forma determinística (igual ao histórico de vendas). Os cenários III e IV têm demanda estocástica, mas com as mesmas distribuições, o que explica a semelhança das quantidades vendidas nesses cenários. O mesmo ocorre entre os cenários IIIS e IVS.

Em relação ao cenário I, a falta de produtos nos distribuidores foi reduzida com a reposição dos estoques feita de acordo com uma política de reposição única para todos distribuidores.

Em todos os cenários simulados, o nível de serviço dos distribuidores ficou próximo dos 100%, exceção feita ao cenário I. Isso se deve principalmente ao custo de venda perdida, que é relativamente alto devido à margem de lucros característica do mercado de medicamentos.

Tabela 12 – Resultados físicos da simulação

	I	II	III	IV	IIIS	IVS
Vendas do Distribuidor - unidades	1.307.342	1.307.342	1.343.130	1.343.136	1.259.296	1.263.233
Faltas no Distribuidor - unidades	99.829	18.000	15.400	15.566	18.766	25.333
Nível de Serviço (distrib)	92,4%	98,6%	98,9%	98,8%	98,5%	98,0%
Estoque Médio (distrib) - unidades	438.033	45.321	40.415	41.654	77.262	69.634
Pedido ao Laboratório - unidades	1.392.932	1.319.000	1.307.000	1.306.570	1.208.000	1.207.500
Faltas no Laboratório - unidades	0	0	0	0	58.900	0
Nível de Serviço (lab)	100%	100%	100%	100%	95,1%	100%
Estoque Médio (lab) - unidades	107.274	96.349	92.861	94.067	90.017	96.395
Número de Pedidos dos Distribuidores	831	8.494	8.874	8.687	5.860	5.799
Número de Ordens de Produção	10	9	9	9	7	8
Quantidade Entregue às Farmácias - unidades	1.207.514	1.289.342	1.327.730	1.327.570	1.240.530	1.237.900

A redução do estoque médio dos distribuidores representa o principal efeito decorrente da transição da política de reposição dos estoques original de cada distribuidor (cenário I) para a política simulada. Os cenários II, III e IV quando comparados ao cenário I apresentam uma redução no estoque médio respectivamente de 89,7%, 90,8% e 90,5%. Essa redução foi decorrente dos seguintes fatores:

- **Periodicidade de entrega incrementada:** com o período de revisão dos estoques diário, o estoque-alvo – Equação (7) – passou a ser calculado para suprir a demanda de apenas três dias (dois dias do tempo de ressuprimento e um dia do período de revisão). Isso teve como efeito a diminuição do lote médio pedido pelos distribuidores e o aumento da periodicidade de entrega.
- **Método de previsão de demanda:** nos cenários II, III e IV há um método formal e quantitativo de previsão de demanda para direcionar a reposição dos estoques apenas para o atendimento da demanda do período de revisão e o tempo de ressuprimento.

- **Eliminação das compras especulativas:** a análise dos dados de pedidos históricos dos distribuidores, que foram utilizados no cenário I, indica que parte das compras feitas por eles não tem como objetivo a simples reposição dos estoques e o atendimento da demanda até o próximo pedido. Ao longo das séries de pedidos, é possível encontrar picos referentes a transações cuja quantidade envolvida é muito superior à média histórica de pedidos do distribuidor. Esses pedidos que fogem a regra são seguidos por um período no qual o distribuidor diminui o volume de compras do produto específico – esse comportamento da cadeia pode ser verificado mais a frente, no tópico ‘5.2.2. Efeito chicote’.

Esse comportamento é motivado pelas políticas comerciais que premiam os grandes lotes de compra com descontos para o cliente e com premiações para a força de vendas. Entretanto, esse tipo de compra gera um estoque intermediário na cadeia que aumenta seu custo total e bloqueia o fluxo da informação de demanda para o laboratório. Com a utilização da política de cálculo de necessidades e o estoque-alvo, essa causa para o acúmulo de estoque é eliminada. Por consequência, também é reduzido o efeito chicote, como pode ser visto na Figura 37.

Comparando-se o cenário I (que representa o histórico de operações) com os outros cenários, pode-se perceber um aumento significativo na quantidade de pedidos feitos ao laboratório, como pode ser observado na Figura 34. Esse aumento ocorreu em decorrência da reposição dos estoques dos distribuidores passar a ser diária.

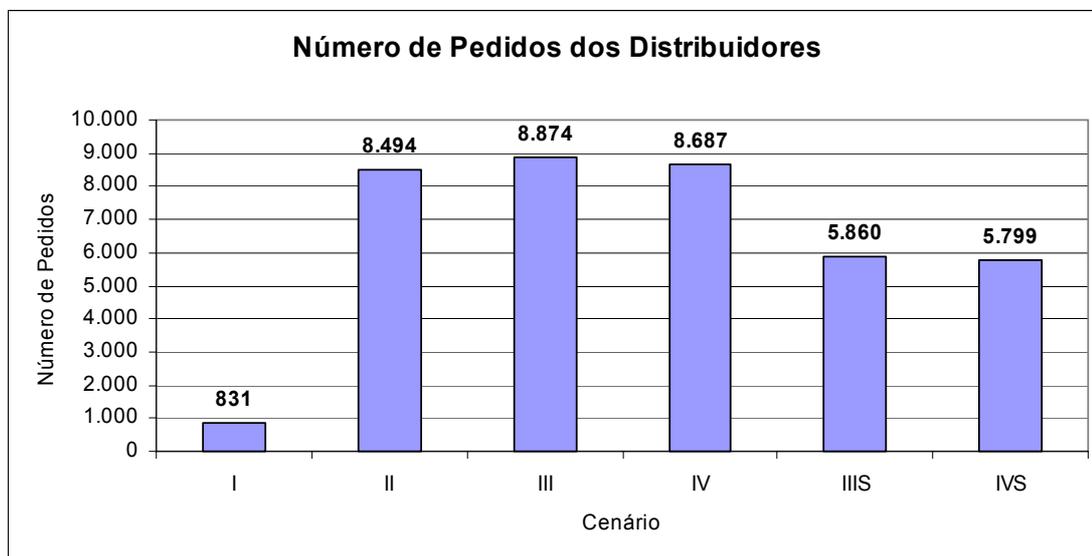


Figura 34 – Aumento no número de pedidos

Como pode ser visto na Tabela 12, o nível de serviço do laboratório é de 100% em todos cenários, com exceção do cenário IIIS. Isso ocorreu pois a variável de decisão que tem maior relação com o nível de serviço do laboratório, o ‘fator de segurança do laboratório’, foi descartada da lista de variáveis de decisão pelo delineamento de experimentos devido sua pequena relevância sobre o custo total da cadeia (vide o tópico ‘4.3.2. Definição das variáveis de decisão’).

5.2.1. Nível de serviço X Estoque médio

A Figura 35 apresenta a relação entre o nível de serviço dos distribuidores versus o estoque médio da cadeia para os cenários III, IV, IIIS e IVS. São apresentadas curvas separadas para os diferentes períodos de revisão.

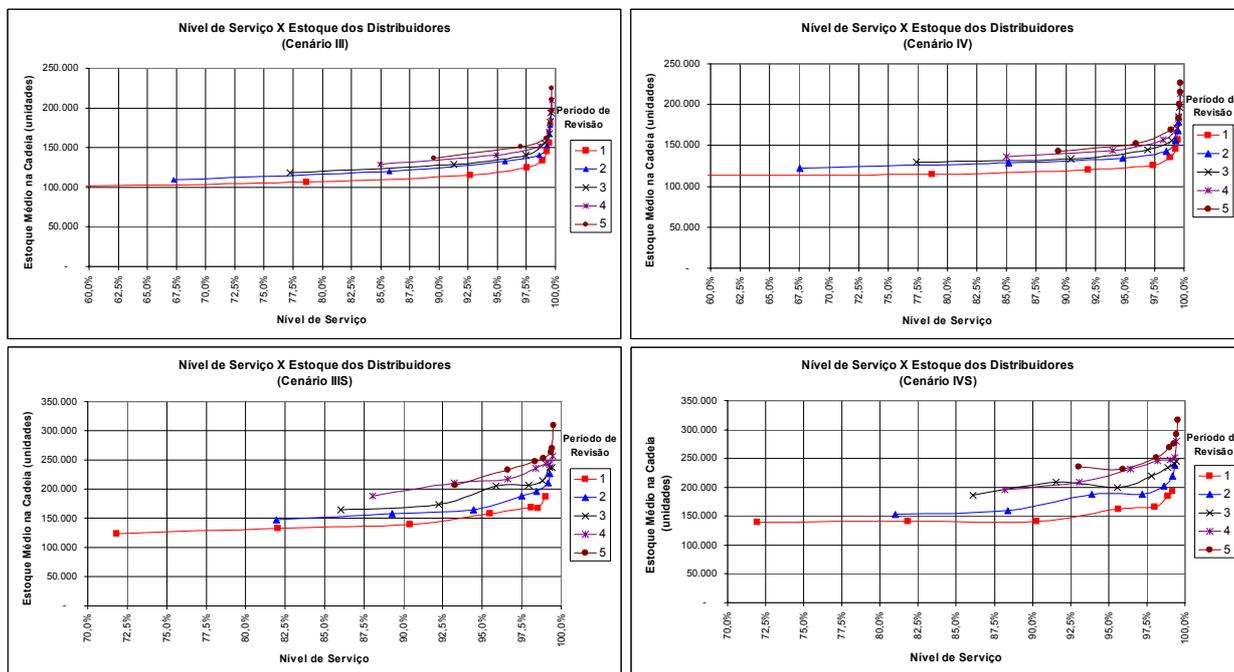


Figura 35 – Estoque médio X Nível de serviço

5.2.2. Efeito chicote

As simulações mostraram a possibilidade de redução no efeito chicote. Na Figura 36 são comparados os pedidos do produto simulado segundo o histórico de transações (cenário I) e segundo a política testada com a demanda determinística (cenário II). A curva 'pedido cenário I' indica a quantidade de medicamentos pedidos ao laboratório de acordo com os históricos relativos ao ano simulado. A curva 'pedido cenário II' indica a quantidade pedida ao laboratório de acordo com a simulação deste cenário, e a curva 'vendas distribuidor' é a quantidade total que os distribuidores efetivamente venderam em cada dia, de acordo com os históricos.

Pode-se verificar que as vendas para as farmácias ao longo do ano são praticamente constantes, enquanto as compras feitas pelos distribuidores (cenário I) são irregulares.

Com a utilização da reposição automática baseada na política de cálculo de necessidades do cenário II, o perfil dos pedidos dos distribuidores torna-se menos irregular ao longo do ano, sem os picos e vales apresentados pelo histórico dos dados de pedidos. Com a reposição automática (e diária), os pedidos dos distribuidores se aproximam da própria curva de vendas para as farmácias, como pode ser visto no detalhe da Figura 36.

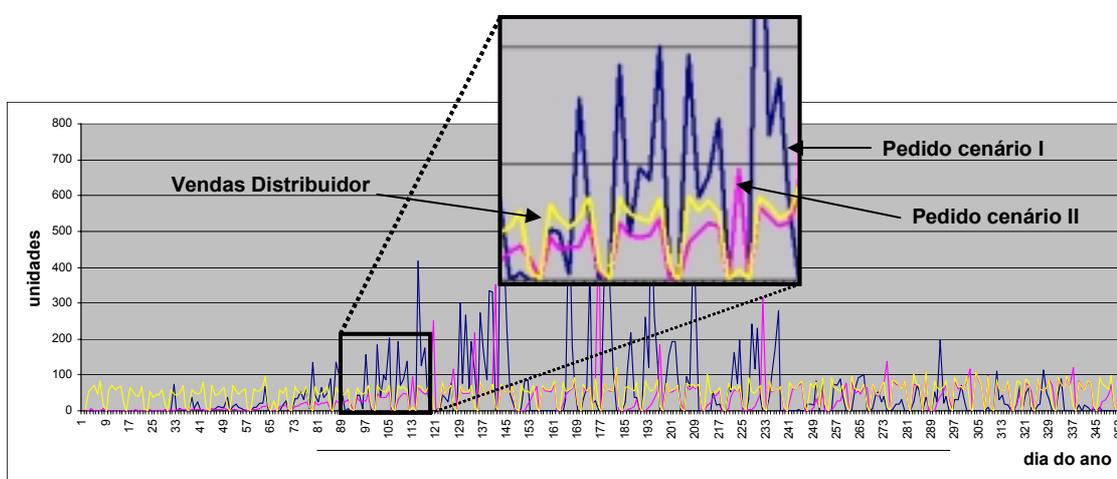


Figura 36 – Pedidos e vendas dos distribuidores

Essa aproximação das curvas tem como consequência um fluxo de materiais mais estável, sobretudo na ligação entre o laboratório e os distribuidores. Com essa estabilização das curvas de pedidos, há a redução do efeito chicote. Essa redução pode ser confirmada com o cálculo do I_{chicote} para o fluxo diário de cada um dos cenários⁵, como pode ser observado na Figura 37.

No gráfico da Figura 37 o eixo das abscissas representa a variância da demanda total diária observada pelos distribuidores, o eixo das ordenadas representa a variância da quantidade total diária de pedidos feitos pelos distribuidores ao laboratório. A área dos círculos representa o I_{chicote} .

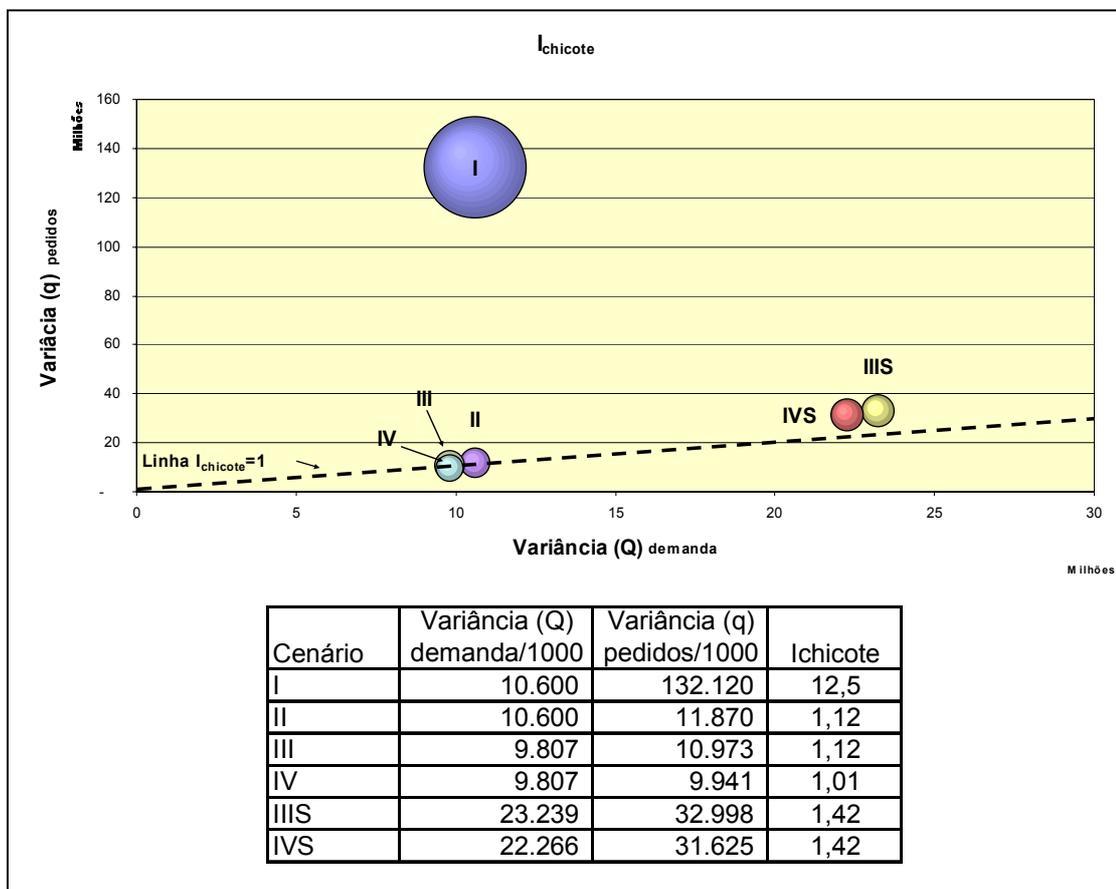


Figura 37 – Avaliação do efeito chicote nos cenários simulados⁶

As alterações propostas por meio dos cenários II, III e IV tiveram significativo resultado com relação à diminuição do efeito bullwhip. O $I_{chicote}$ foi reduzido de 12,5 no cenário I para 1,12 nos cenários II e III, e 1,01 no cenário IV. Essa diminuição ocorreu principalmente devido a dois fatores, a) a eliminação das compras especulativas e b) o aumento na frequência de pedidos de cada distribuidor.

Para o cálculo do I_{chicote} os cenários II, III e IV devem apresentar resultados semelhantes, uma vez que a diferença entre estes cenários está apenas nos dados utilizados pelo laboratório para suas previsões. A diferença observada entre eles é resultado das variáveis estocásticas do modelo.

Para os cenários IIIS e IVS há um aumento nas variâncias tanto da demanda como dos pedidos devido à sazonalidade característica da demanda destes cenários. O cenário IIIS e IVS também tiveram a mesma parametrização. Por essa razão as variâncias dos seus pedidos foram semelhantes, e conseqüentemente o I_{chicote} do cenário IIIS é praticamente igual ao I_{chicote} do cenário IVS.

Com a redução do efeito chicote há uma oportunidade de redução nos estoques de segurança do laboratório, uma vez que este teve uma redução na variância (incerteza) de seus pedidos. Entretanto, essa oportunidade de redução não foi explorada neste trabalho, uma vez que o ‘fator de segurança do laboratório’ foi mantido constante e o desvio padrão utilizado para o cálculo do ‘estoque de segurança do laboratório’ é o do ano anterior ao simulado – esse parâmetro não é atualizado durante a simulação.

5.2.3. Custos

Como pode ser verificado pelos dados apresentados na Tabela 13 e na Figura 38, a simulação mostrou uma redução no custo total da cadeia em relação ao cenário I de 70,0% para o cenário II, de 71,6% para o cenário III e de 71,3% para o cenário IV. Esse resultado para o custo total indica que a política testada possui desempenho superior às práticas atuais da cadeia.

Tabela 13 – Resultado consolidado da simulação

	I	II	III	IV	IIIS	IVS
Custo Estoque (distrib)	R\$ 1.292.205	R\$ 134.670	R\$ 120.094	R\$ 123.775	R\$ 229.584	R\$ 206.918
Custo de venda perdida (distrib)	R\$ 327.438	R\$ 59.040	R\$ 50.512	R\$ 51.058	R\$ 61.554	R\$ 83.093
Custo Estoque (lab)	R\$ 263.589	R\$ 238.467	R\$ 229.835	R\$ 232.818	R\$ 222.795	R\$ 238.580
Custo de entrega com atraso (lab)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 16.877	R\$ -
Custo de Pedidos (distrib)	R\$ 11.422	R\$ 10.816	R\$ 10.717	R\$ 10.713	R\$ 9.907	R\$ 9.901
Custo de Transporte	R\$ 169.058	R\$ 175.300	R\$ 174.829	R\$ 174.320	R\$ 155.823	R\$ 155.615
Custo Total da Cadeia	R\$ 2.063.712	R\$ 618.293	R\$ 585.987	R\$ 592.684	R\$ 696.540	R\$ 694.107

Já na comparação do custo total da cadeia entre os cenários III (R\$ 585.987) e IV (R\$ 592.684), se forem consideradas as semi-amplitudes dos intervalos de confiança de R\$ 13.353 para o cenário III e R\$ 11.271 para o cenário IV, não se pode afirmar que exista diferença significativa entre esses dois cenários.

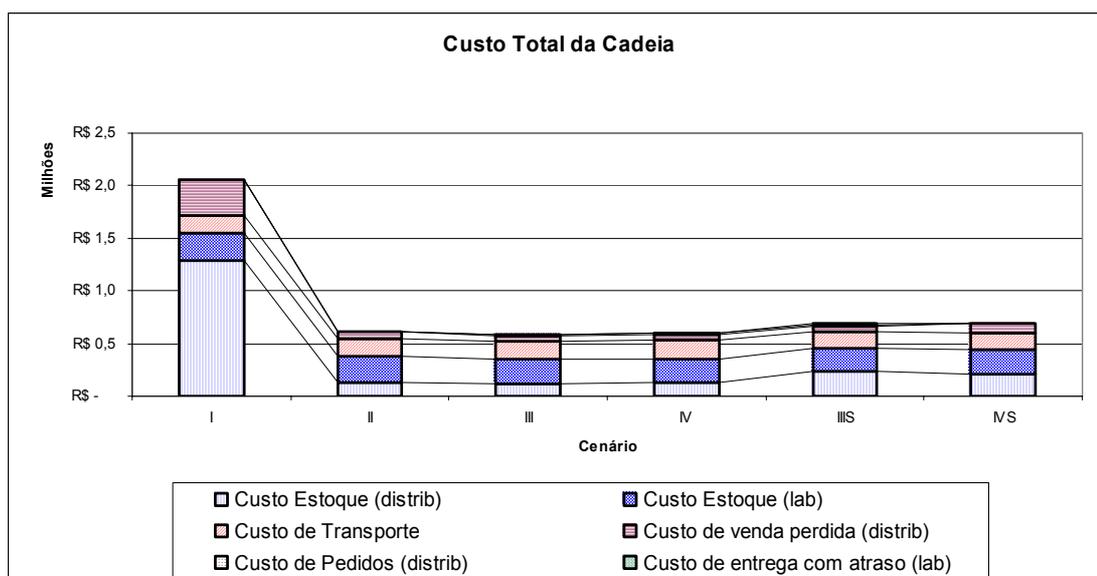


Figura 38 – Variação no custo total da cadeia

A redução do custo total para os cenários II, III e IV ocorreu sobretudo pela redução do custo de estoque e de vendas perdidas dos distribuidores. Isso é consequência da melhor gestão dos estoques que proporcionou a melhoria simultânea dos indicadores de nível de serviço e estoque médio do sistema.

Para os custos totais dos cenários com sazonalidade IIIS (R\$ 696.540) e IVS (R\$ 694.107), cujas semi-amplitudes dos intervalos de confiança são respectivamente R\$ 25.000 e R\$ 25.900, não se pode afirmar que exista diferença significativa entre esses dois cenários. Ou seja, para os cenários com sazonalidade, também não há ganho com o compartilhamento das informações de vendas dos distribuidores com o laboratório.

5.3. Curva para o planejamento de estoques

A curva para o planejamento de estoques proposta por Ballou (1998) tem por objetivo explicitar a relação entre o nível de serviço para uma determinada configuração do sistema e seu custo associado.

Na Figura 39 são apresentadas as curvas para o planejamento dos estoques dos cenários III, IV, IIIS e IVS. São apresentadas curvas separadas para os diferentes períodos de revisão simulados. O nível de serviço refere-se ao nível de serviço dos distribuidores.

A diferença entre o comportamento do sistema simulado e o previsto por Ballou (1998) - Figura 4 - é explicado pela formulação do custo total da cadeia. Na simulação o custo total da cadeia considerou também o custo de vendas perdidas pelos distribuidores. Com a diminuição do nível de serviço esse custo cresce e aumenta o custo total da cadeia.

Por meio dessas curvas é possível verificar que a indústria cujos dados foram utilizados para o estudo tem como característica o alto custo de venda perdida. Por essa razão o custo total da cadeia cresce significativamente com a redução do nível de serviço.

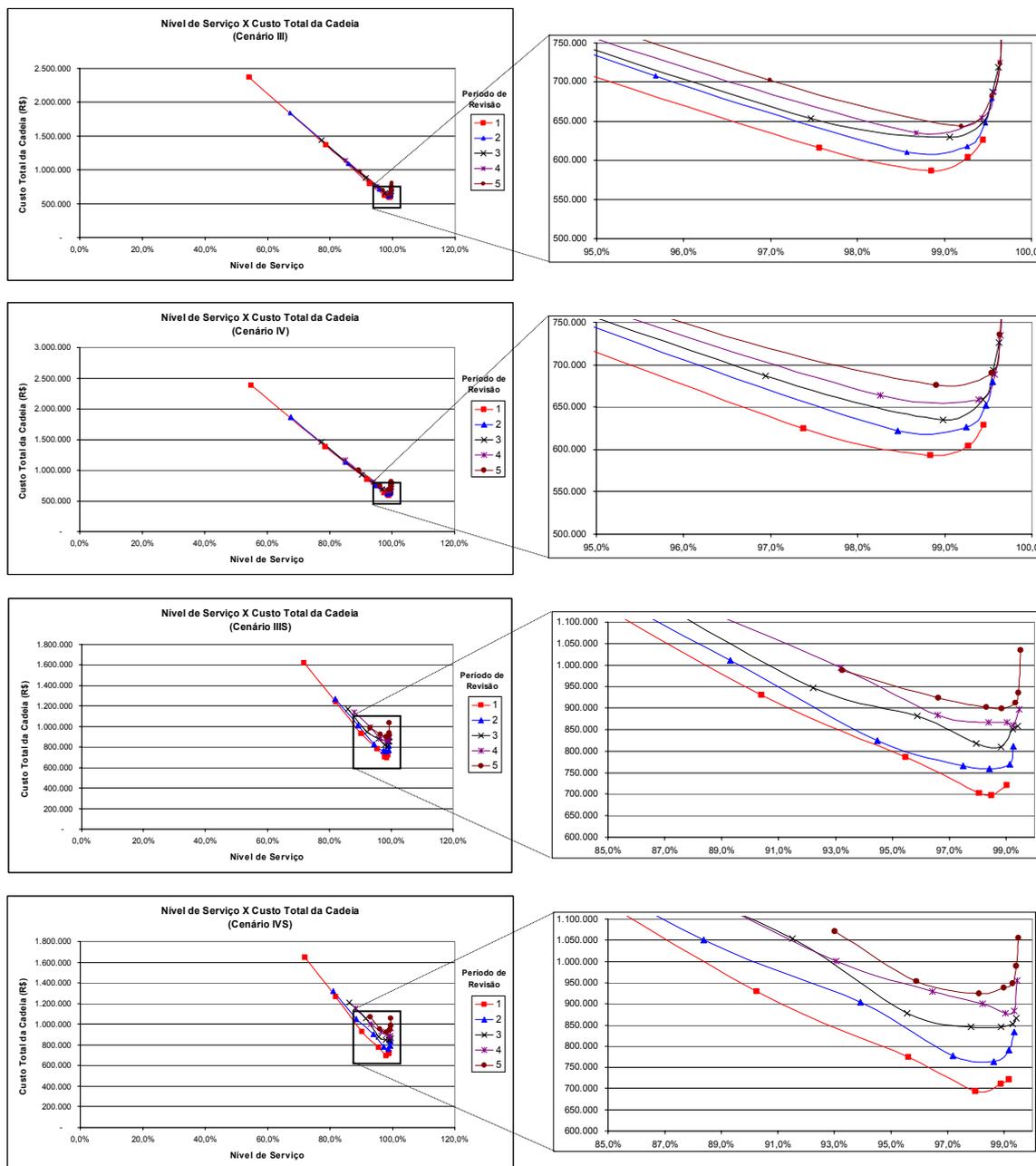


Figura 39 – Curvas de design para o planejamento de estoques

5.4. Influência do tamanho do lote de produção sobre o sistema

De acordo com o delineamento de experimento realizado, cujo resultado está apresentado nos tópicos ('4.3.2.Definição das variáveis de decisão' e '4.6.9.Cenários com sazonalidade'), as variações do 'tamanho do lote de produção no laboratório' são significativas para definição do custo total da cadeia. Logo, essa deveria ser uma variável de decisão do modelo. Entretanto, como já explorado anteriormente, o tamanho do lote de produção foi considerado constante nas simulações. Realizou-se então, um estudo para verificar a influência do tamanho do lote de produção sobre o comportamento do sistema.

Para esse estudo, além das simulações já realizadas para o lote de produção de 154.000 unidades, que representa aproximadamente os pedidos recebidos por mês pelo laboratório, foram também simulados os cenários com outros dois lotes. O primeiro, com tamanho de 38.500 unidades, que representa os pedidos recebidos por semana pelo distribuidor. O segundo, com tamanho de 100 unidades, que considerado o fator de escala do modelo de simulação, representa a produção sem restrições de lote de produção. A seguir, estão apresentados os resultados consolidados das simulações com a variação no tamanho de lote de produção (o resultado detalhado dessas simulações está apresentado no ANEXO V).

A Figura 40 apresenta os gráficos do número de preparações da linha (*setups*) realizadas para cada uma das simulações realizadas e os valores médios do número de preparações da linha para cada tamanho de lote de produção.

NOTA PARA LEITURA DOS GRÁFICOS: cada ponto apresentado nos gráficos a seguir representa uma simulação realizada. O eixo das ordenadas apresenta na seqüência o ‘fator de segurança dos distribuidores’ (FS), o ‘período de revisão dos estoques dos distribuidores’ (PR) e o cenário de simulação (CENÁRIO).

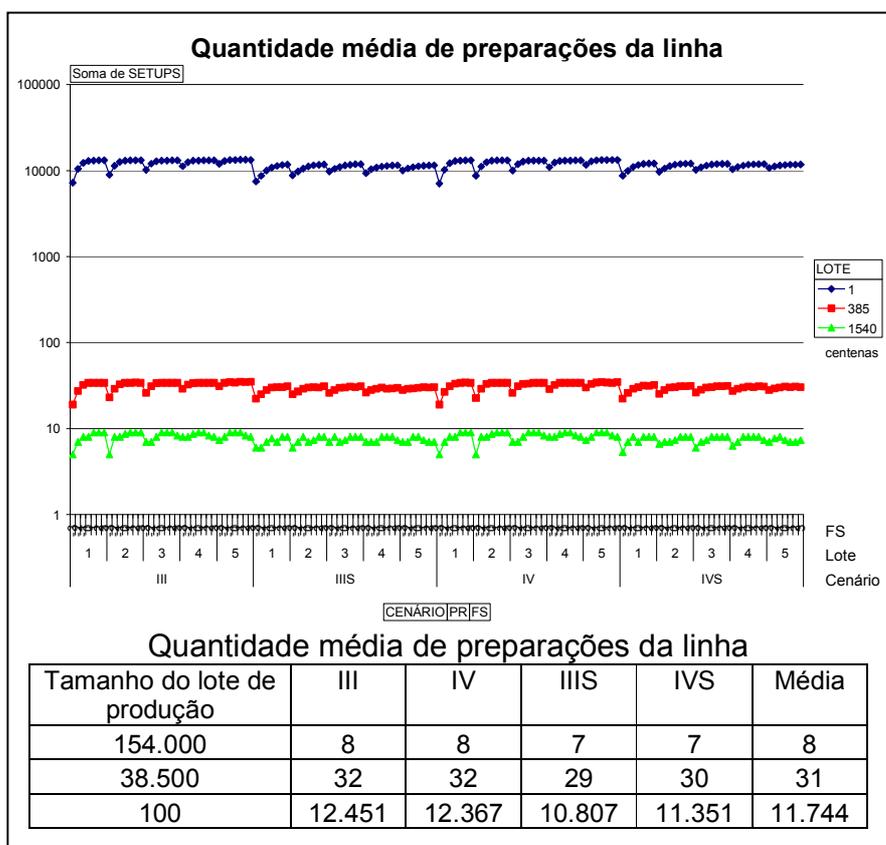


Figura 40 – Número de preparações da linha

A Figura 41 apresenta os gráficos do estoque médio do laboratório para cada uma das simulações realizadas e os valores médios para cada tamanho de lote de produção.

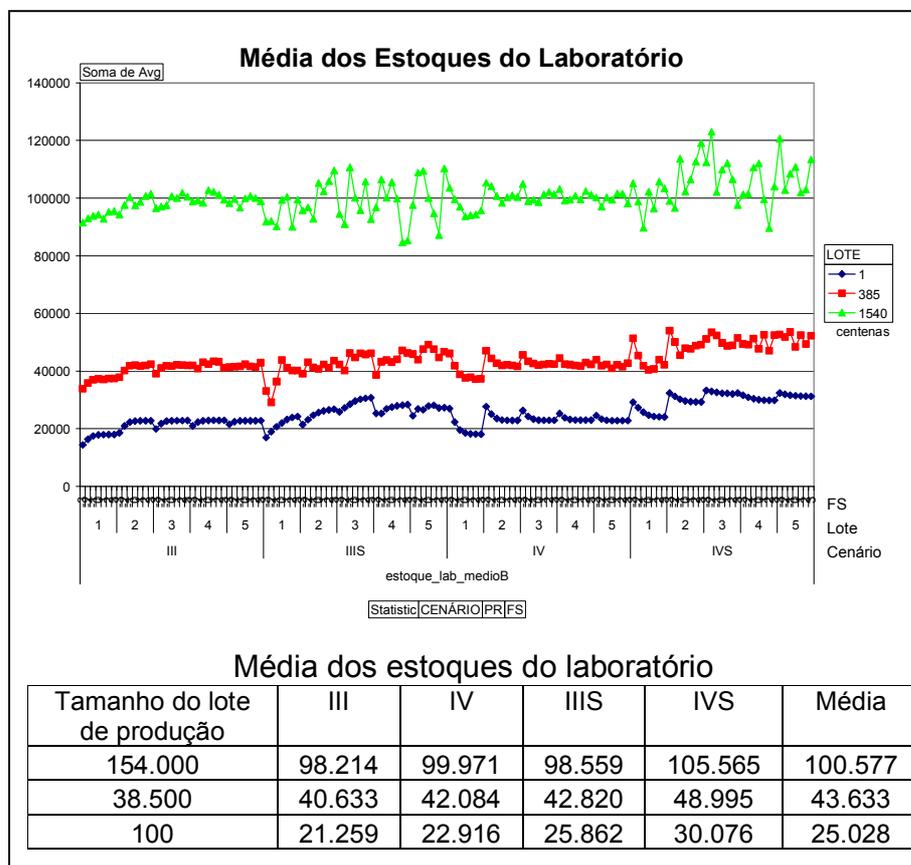


Figura 41 – Estoque médio do laboratório

Com a redução do tamanho do lote de produção de 154.000 para 38.500 unidades, em média, o número de preparações da linha da produção passou de oito para trinta e um. Por outro lado, houve uma redução no valor médio do estoque do laboratório de 56,6% (de 100.577 para 43.633 unidades). A diminuição no estoque do laboratório é de 75,1% se o tamanho do lote de produção é reduzido para 100 unidades (de 100.577 para 25.028 unidades). Nesse caso, entretanto, o número médio de preparações da linha aumenta para 11.744.

A Figura 42 apresenta a redução no custo total da cadeia em relação às simulações em que o tamanho do lote de produção era de 154.000 unidades. Esse gráfico deve ser visto com a ressalva de que o modelo não considera os custos de preparação da linha de produção. Dessa forma, os valores apresentados representam o limite máximo que o custo de preparação da linha pode assumir em cada simulação, para que a redução do tamanho do lote tenha como resultado a diminuição do custo total da cadeia.

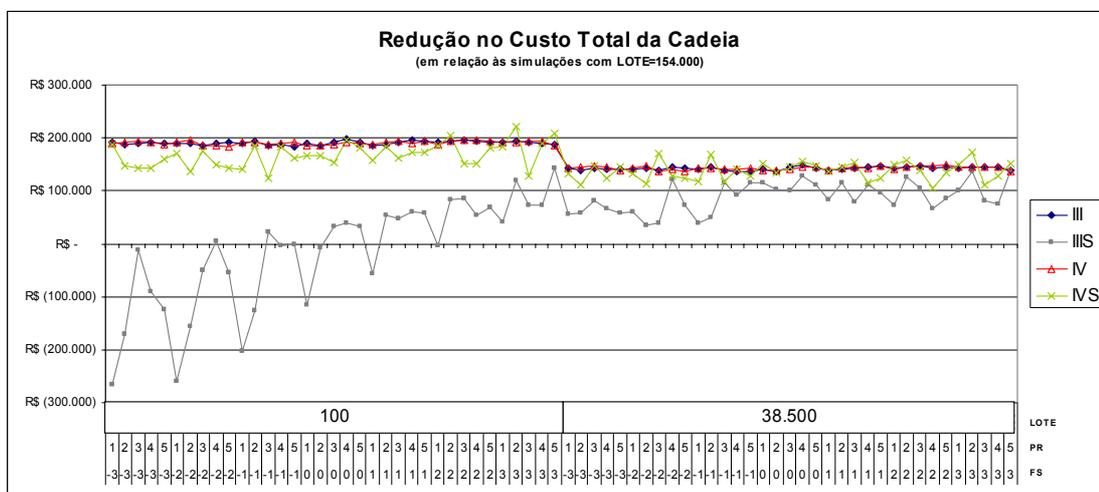


Figura 42 – Variação no custo total da cadeia com a mudança do lote de produção

Outro efeito da redução no nível médio dos estoques do laboratório com a diminuição do tamanho do lote de produção foi a diminuição do nível de serviço do laboratório. Esse comportamento teve conseqüências significativas sobre o custo total apenas no cenário IIIS. Como pode ser visto na Figura 42, para este cenário o custo total da cadeia com o lote de produção de 100 unidades em algumas simulações é superior ao custo total da cadeia com o lote de produção de 154.000 unidades. Esse comportamento é explicado pelo aumento no custo de entregas com atraso. Para mais detalhes das simulações com tamanhos de lote inferiores a 154.000, vide ANEXO V.

Como pode ser visto na Tabela 14, a redução média no custo total da cadeia com a redução do lote de produção de 154.000 unidades para 100 unidades foi de R\$ 190.489 para o cenário III e de R\$ 190.713 para o cenário IV. Já com a redução do lote de 154.000 unidades para 38.500 unidades a redução média foi de R\$ 142.514 no cenário III e R\$ 143.271 no cenário IV.

Tabela 14 – Redução média no custo total da cadeia

Tamanho do lote de produção	CENÁRIO			
	III	IV	IIIS	IVS
38.500	R\$ 142.514	R\$ 143.271	R\$ 88.365	R\$ 137.512
100	R\$ 190.489	R\$ 190.713	R\$ (17.228)	R\$ 167.896

Uma vez que a formulação do modelo não considera o custo fixo de preparação da linha de produção, para que houvesse benefício com a redução do lote de produção seria necessário que o custo de preparação da linha fosse inferior aos valores apresentados na Tabela 15. Os cálculos consideram o aumento no número médio de preparações da linha de produção e as variações no custo total da cadeia.

Tabela 15 – Custo máximo de preparação da linha de produção

Tamanho do lote de produção	CENÁRIO			
	III	IV	IIIS	IVS
38.500	R\$ 5.903	R\$ 5.989	R\$ 4.096	R\$ 6.197
100	R\$ 15	R\$ 15	R\$ (2)	R\$ 15

Com a finalização da parametrização dos cenários e a apresentação dos resultados das simulações, a seqüência apresenta as principais conclusões e as possíveis extensões para pesquisa.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E EXTENSÕES DA PESQUISA

Nos cinco capítulos iniciais estão apresentadas a motivação, a fundamentação e os resultados da pesquisa. No segundo e terceiro capítulos são apresentados os fundamentos teóricos do trabalho. O quarto capítulo se ocupa da apresentação do caso que foi abordado no estudo e, finalmente, no capítulo 5 são apresentados os resultados das simulações. O presente capítulo resume as observações feitas sobre a dinâmica do sistema, discute as principais conclusões do estudo e apresenta outras oportunidades de pesquisa que podem ser exploradas com base no trabalho inicial aqui apresentado.

Os propósitos centrais deste estudo estão na avaliação quantitativa de política de gestão de estoque aplicada aos sistemas multicamadas, na verificação da importância da cooperação entre os elos da cadeia de distribuição para gestão do fluxo de materiais e na construção das curvas que representam o dilema ‘nível de serviço’ versus o ‘custo total da cadeia’.

6.1. Nível de serviço e custo total da cadeia

A Figura 43 apresenta a comparação entre o nível de serviço e custo total das soluções de cada cenário simulado em relação ao cenário I, que representa o fluxo histórico da cadeia. Por meio desse quadro é possível verificar a significativa diminuição no custo total da cadeia e aumento no nível de serviço.

Os principais fatores que levaram à redução do custo total da cadeia foram a diminuição do estoque médio dos distribuidores e o próprio aumento do nível de serviço que reduziu o custo de vendas perdidas. A melhoria simultânea do nível de serviço e do nível de estoques da cadeia mostra que a política simulada mudou o dilema (*trade-off*) que interliga essas duas características de desempenho do sistema de forma antagônica. Dessa forma, pode-se afirmar que o uso da política de estoques testada insere uma melhoria na tecnologia de gestão do fluxo de materiais na cadeia de distribuição.

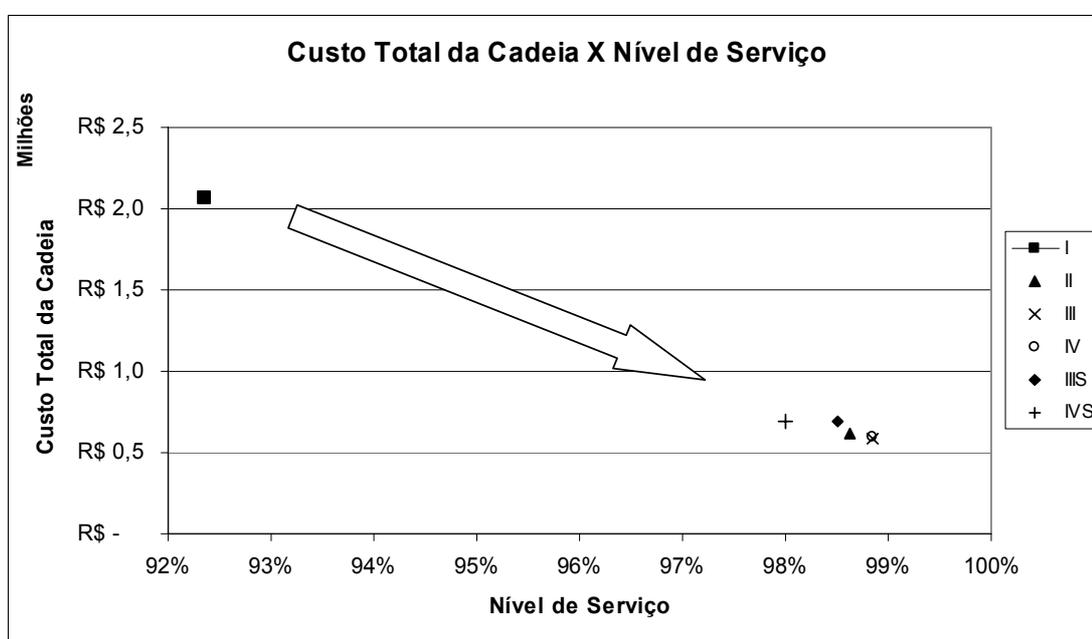


Figura 43 – Custo total da cadeia X Nível de serviço

Contudo, esperava-se um desempenho superior dos cenários IV e IVS em relação aos cenários III e IIIS respectivamente, pois nos cenários IV e IVS as previsões de vendas do laboratório foram feitas com os dados relativos às vendas dos distribuidores e não de seus pedidos. Dessa forma, previa-se que o estoque médio do laboratório pudesse ser reduzido nestes dois cenários.

Entretanto, devido ao tamanho do lote de produção (aproximadamente igual à quantidade pedida ao laboratório em um mês), esse benefício não pode ser concretizado pelo sistema. Mesmo para as simulações feitas com lote de produção de 100 unidades o benefício não foi observado pois, como a parametrização dos cenários levou a revisão mais freqüente dos estoques, a diferença entre as curvas de pedidos e vendas dos distribuidores foi praticamente eliminada.

Dessa forma, pode-se concluir que, dependendo da política de reposição dos estoques empregada e da sua parametrização, os resultados apontados na pesquisa podem ser obtidos sem a necessidade de compartilhamento das informações de estoques e vendas do distribuidor com o laboratório.

6.2. Avaliação dos resultados das simulações

Os resultados da simulação mostraram que as práticas atualmente empregadas na gestão dos estoques das empresas, representada pelo cenário I, podem ter seu desempenho melhorado com a utilização da política simulada na pesquisa.

Inicialmente, o principal custo da cadeia estava sobre o estoque dos distribuidores. Com a política testada, o 'estoque médio dos distribuidores' foi o indicador que apresentou a melhoria mais significativa. Conseqüentemente, a redução observada no custo total da cadeia ocorreu, sobretudo, devido à redução do 'custo de estoque dos distribuidores'.

A política simulada promoveu o aumento da frequência de revisão dos estoques dos distribuidores. Por consequência, o número de pedidos feitos por ano também aumentou e o tamanho destes reduziu. Essa alteração, por um lado, tem um impacto negativo sobre os custos, uma vez que o custo de transporte tem uma componente fixa e independente do tamanho da carga transportada. Entretanto, com os lotes menores há uma redução no estoque médio dos distribuidores, logo com a redução do seu custo.

O resultado das simulações mostrou que, para a indústria analisada, a influência dos custos fixos de transporte não é relevante para política de gestão de estoques. Isso pôde ser verificado, uma vez que o método de busca varreu alternativas com períodos de revisão (dos estoques dos distribuidores) variando de um a cinco dias, e que para os quatro cenários simulados, o menor custo foi para revisão feita diariamente.

Na Figura 44, que apresenta o número de pedidos feitos pelos distribuidores e o custo de transporte, pode-se verificar que o aumento no número de pedidos ocasionou um aumento relativamente pequeno no custo de transporte.

Devido ao custo de venda perdida, que é relativamente alto na indústria estudada, a parametrização da política de estoques resultou em elevado nível de serviço dos distribuidores em todos cenários simulados. Mesmo assim, ainda foi possível a redução dos estoques em relação ao histórico da cadeia.

O nível de serviço do laboratório foi de 100% na maior parte das simulações. Isso ocorreu em boa parte, devido à manutenção do 'tamanho do lote de produção' no valor atualmente praticado pela empresa (aproximadamente igual à quantidade pedida ao laboratório durante um mês). Esse lote de produção eleva o nível médio do estoque do laboratório e o expõe poucas vezes à falta durante o ano.

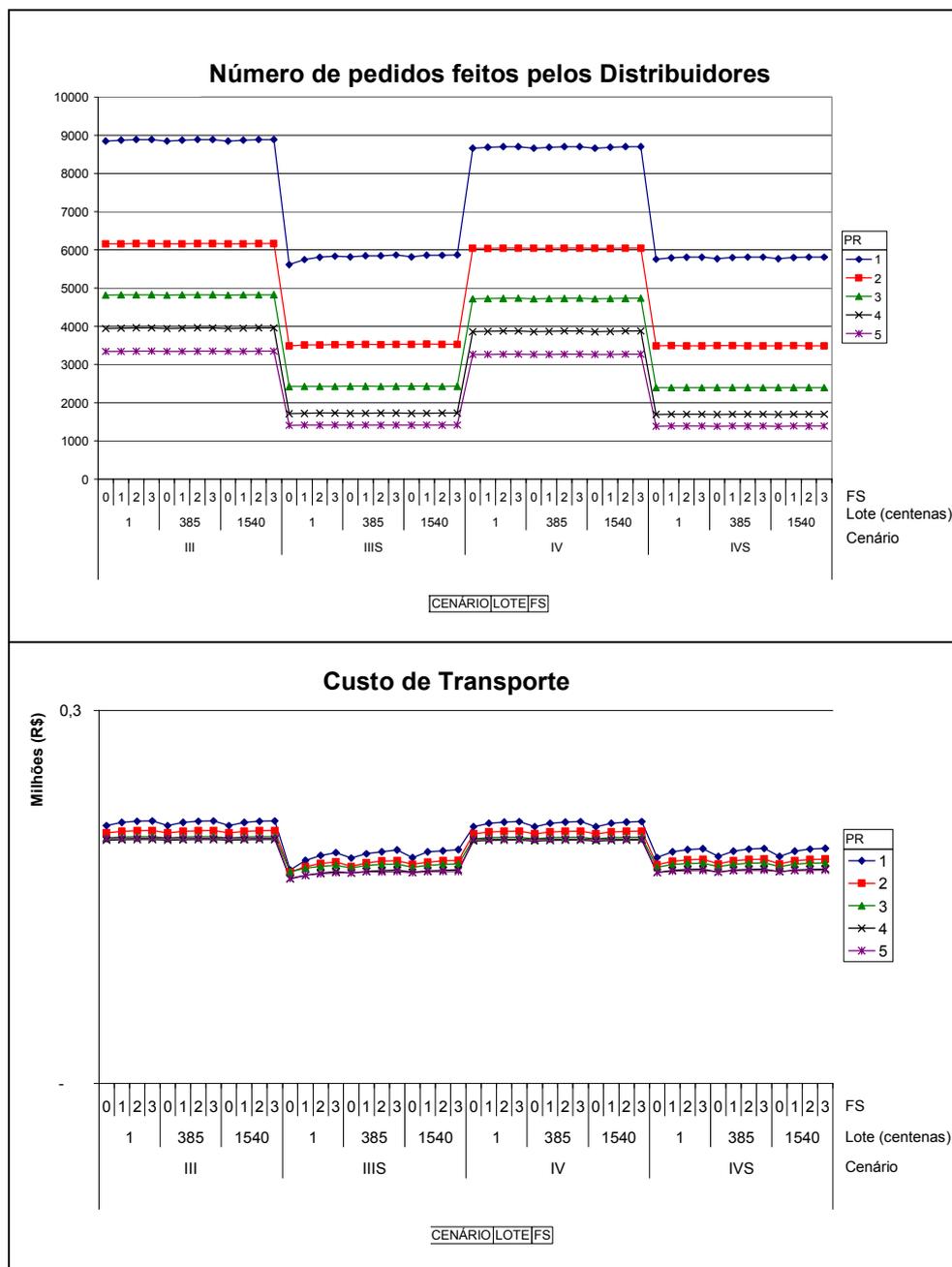


Figura 44 – Número de pedidos e custo de transporte

A variação do ‘tamanho do lote de produção’ mostra-se como outra oportunidade para redução do custo total da cadeia. Entretanto, o não conhecimento do custo de preparação da linha de produção impossibilitou a

definição exata de qual deve ser o tamanho do lote de produção. As restrições tecnológicas também servem de restrição para a mudança desse parâmetro.

6.2.1. Efeito chicote

O estudo mostrou oportunidade de redução do efeito-chicote, sobretudo com a eliminação das compras especulativas. Uma vez que a redução do efeito chicote foi consequência da redução da variabilidade dos pedidos (recebido pelo laboratório). Esse resultado da simulação indica outra oportunidade de melhoria no 'custo total da cadeia', através da redução do estoque de segurança do laboratório.

6.3. Cooperação entre os elos da cadeia de distribuição

Parte significativa da redução no custo total da cadeia baseia-se na eliminação da prática de compras especulativas. Para que o ganho relacionado à sua eliminação possa ser efetivamente obtido pela cadeia de distribuição, é preciso que deixe de existir motivações para os distribuidores fazerem esse tipo de compra. Esse é um dos pressupostos para as conclusões da pesquisa.

Existem práticas comerciais que induzem a eliminação (ou redução) das compras especulativas. Por exemplo, o EDLP (*every day low price*) em que o distribuidor tem o desconto em qualquer época do mês em que a compra for realizada. Uma alternativa é a dissociação entre a compra e a entrega dos produtos (compra em grandes lotes com descontos e entrega fracionada em lotes pequenos ao longo dos períodos subsequentes). Entretanto, uma vez que este não é o foco da pesquisa, aqui o objetivo é ressaltar que a viabilidade da eliminação das compras especulativas é um pressuposto para as conclusões desta pesquisa.

6.4. Papel da simulação para o estudo

O uso da simulação para o estudo do problema de gestão de estoques num sistema multicamadas confirmou os benefícios e limitações apontados na teoria. A liberdade de modelagem oferecida pela simulação permitiu que fossem consideradas distribuições de probabilidades específicas para demanda de cada distribuidor.

Por outro lado, a limitação relacionada à capacidade de busca por boas soluções das técnicas de simulação levou a simplificações como a consideração do mesmo 'fator de segurança' e 'período de revisão' para todos os distribuidores, a discretização do fator de segurança dos distribuidores, e a impossibilidade da consideração de muitas variáveis de decisão na experimentação dos cenários.

Outro fator que se mostrou relevante para o estudo foi o tempo de simulação. Para que uma boa solução fosse encontrada foi preciso que centenas de simulações fossem realizadas. A escolha das ferramentas de simulação, bem como o uso de boas práticas de modelagem são aspectos importantes para eficiência da fase de parametrização do modelo.

Apesar das limitações das técnicas de simulação na busca de boas soluções, a utilização da simulação foi importante, pois as particularidades da cadeia puderam ser consideradas no modelo.

6.5. Quadro de resultados

No quadro apresentado na Tabela 16, há um resumo dos resultados da simulação frente às dimensões de análise. As dimensões de análise representam as variáveis de decisão do modelo de simulação e as hipóteses estudadas nos diferentes cenários.

Tabela 16 – Relacionamento entre as dimensões de análise e os custos da cadeia

Diminuição PerRev	Diminuição FS distr	Diminuição LotProd	Cooperação	Compartilhamento	
▼▼▼	▼	—	▼▼▼	—	Custo de estoque (distrib)
—	—	▼▼▼		—	Custo de estoque (lab)
—	—	—	—	—	Custo de pedido
▲	—	—	▲	—	Custo de transporte
—	—	▲	—	▼	Custo de entrega em atraso (lab)
▲	▲▲▲	—	▼	—	Custo de venda perdida (distrib)
		▲(?)			Custo de prep. da linha (<i>setup</i>)
▼▼▼	▲▲▲	(?)	▼▼▼	—	Custo total da cadeia
▼▼▼	—		▼▼▼	▼	$I_{chicote}$

Legenda:

- PerRev - Período de revisão dos distribuidores
- FS distr - Fator de segurança dos distribuidores
- LotProd - Lote de produção no laboratório
- Cooperação - Existência de Cooperação entre os elos da cadeia de distribuição
- Compartilhamento - Compartilhamento de informações entre as empresas da cadeia
- ▲ - Aumento relativamente pequeno
- ▲▲▲ - Aumento relativamente grande
- ▼ - Diminuição relativamente pequena
- ▼▼▼ - Diminuição relativamente grande
- - Nenhum efeito observado

A diminuição do período de revisão dos estoques dos distribuidores e o conseqüente aumento na periodicidade de entrega ocasionaram aumento

relativamente pequeno no custo de transporte e de venda perdida, e a redução relativamente grande no custo de estoque dos distribuidores.

A diminuição do fator de segurança dos distribuidores teve como consequência uma redução relativamente pequena no custo de estoque dos distribuidores versus um aumento relativamente grande no custo de vendas perdidas, devido à característica de lucratividade da indústria em questão.

A diminuição no tamanho do lote de produção apresentou redução relativamente grande no custo de estoque do laboratório. Essa alteração tem como consequência o aumento do 'custo de preparação da linha de produção'. Entretanto, a quantificação desse aumento não foi feita nesse estudo, pois não estava disponível o 'custo unitário de preparação da linha de produção'.

Como já explorado anteriormente, a cooperação entre as empresas da cadeia de distribuição é condição necessária para que a política simulada possa ser implementada na cadeia.

Os cenários que exploraram o compartilhamento de informações não apresentaram benefício significativo. Com relação ao compartilhamento de informações, observou-se apenas uma redução relativamente pequena no custo de entrega com atraso, para os cenários com sazonalidade.

6.6. Extensões da pesquisa

A seguir, são apontadas algumas alternativas para possíveis extensões da pesquisa que podem expandir e complementar os resultados deste trabalho.

A continuidade da pesquisa aponta para consideração de outras variáveis de decisão. Especialmente as relacionadas à gestão do estoque do laboratório, para tirar proveito da redução do efeito chicote identificada.

A consideração de vários produtos durante a simulação e reposição conjunta dos estoques torna as conclusões mais aderentes à realidade da cadeia, uma vez que a maior parte dos laboratórios vendem dezenas de medicamentos (em diferentes apresentações) para os distribuidores. Assim, as políticas de reposição conjunta podem ser aplicadas para essa indústria. Nessa mesma linha, outro prolongamento da pesquisa é a consideração e teste de outras políticas de gestão de estoques para coordenar o fluxo de materiais na cadeia.

Para extensão dos estudos utilizando as técnicas de simulação é importante atentar para a eficiência na experimentação dos modelos. Uma vez que a quantidade de simulações é muito grande, o tempo de simulação de cada rodada deve ser pequeno. Não apenas a escolha de boas ferramentas, mas sobretudo a boa técnica para construção dos modelos pode reduzir os tempos de simulação.

O impacto que os tempos de processamento e transporte tem sobre o desempenho geral da cadeia de distribuição é um aspecto que pode ser estudado com a utilização das técnicas de simulação.

Um pré-requisito para que os benefícios indicados nessa pesquisa sejam de fato obtidos pelas empresas é a implantação desse tipo de lógica de reposição de materiais na cadeia como um todo. Isso envolve dezenas de empresas que são diferentes em diversos aspectos como, por exemplo, em sua cultura organizacional, seus sistemas de planejamento, além do próprio tamanho da empresa, entre outros. Essas diferenças e possíveis resistências colocam a implantação dos sistemas de reposição automática na cadeia de distribuição como um desafio que vai além dos aspectos abordados nesse estudo. Essa é outra oportunidade de estudo que pode complementar os benefícios apontados nessa pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- BALLOU, R. **Business Logistics Management**: planning, organizing, and controlling the supply chain. 4. ed. Londres: Prentice Hall, 1998. 696 p.
- _____. **Logística Empresarial**: transportes, administração de materiais, distribuição física. 11. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 392 p.
- BATEMAN, R. et. al. **A Simulação Aprimorando Sistemas**. 1. ed. Orem, 1997. 146 p.
- BOONE, T.; GANESHAN, R.; STENGER, A. **The Impact of CPFR on Supply Chain Performance**: A Simulation Study. College of William and Mary, 2001.
- BOWDEN, R; HALL, J. Simulation Optimization Research and Development. **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference**. 1998. p 1693-1698.
- BOWERSOX, D; CLOSS, D. **Logistical Management**: The Integrated Supply Chain Process. Mc Graw Hill, Singapura, 1996. 752 p.
- CERDA, C; MONTEROS, A. Evaluation of a (R,s,Q,c) Multi-item Inventory Replenishment Policy Through Simulation. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**. Atlanta: ACM, 1997. p 825-831.
- CLARK, A., AND SCARF, H. Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem, **Management Science**, No.6, p. 475-490, 1960.
- CHEN, F.; DREZNER, Z.; RYAN, J.K.; SIMCHI-LEVI, D. Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead

- Times, and Information. **Management Science**, vol.46, No.3, p.436-443, 2000.
- CHEN, F. 94% Effective Policies for a Two-Stage Serial Inventory System with Stochastic Demand. **Management Science**, vol.45, No.12, p.1679-1696, 1999.
- CORREA, H; GIANESI, I.; CAON, M. **Planejamento Programação e Controle da Produção: MRPII / ERP Conceitos, Usos e Implantação**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997. 411 p.
- COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264 p.
- EHRHARDT, R. A.; SCHULTZ, C. R.; WAGNER, H. M. (s,S) Policies for a Wholesale Inventory System. **TIMS Studies in the Management Science**. Stanford, No.16, p.145-161, 1981.
- FORRESTER, J. Industrial Dynamics. **Harvard Business Review**. Boston, No. 36, p. 37-52, Julho-Agosto 1958.
- FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM, **International Journal of Operations & Production Management**, Manchester-UK, vol.17, No.7, p.655-670, 1997.
- GANESHAN, R. Managing supply chain inventories: A multiple retailer, one warehouse, multiple supplier model. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, No. 59, p.341-354, 1999.
- GAVIRNENI, S., KAPUSCINSKI, R., AND TAYUR, S. 1999. Value of Information in Capacitated Supply Chains. **Management Science**, vol.45, No.1, p.16-24, 1999.
- GHAURI,P.; GRONHAUG, K.; KRISTIANSLUND, I. **Research Methods in Business Studies: a practical guide**. Warwick University, 1995.
- GRAVES, S.C.; SCHWARZ, L. Single Cycle Continuous Review Policies for Arborescent Production/Inventory Systems. **Management Science**, vol.23, No.5, p.529-540, 1977.

LEE, H.L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, **Management Science**, vol.43, No.4, p.546-558, 1997.

. The Bullwhip effect in supply chains. **Sloan Management Review**, Cambridge, Spring, p.93-102, 1997b.

LEE, H.L.; WHANG, S. **Information Sharing in a Supply Chain**. Stanford University, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Stanford, 1998.

HAMMOND, J.H. Barilla SpA (A, B, C e D). **Harvard Business School Case**, Boston, 9-694-046, maio. 1994. Disponível em: <http://harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu/b01/en/common/item_detail.jhtml?id=694046>. Acesso em: 13 ago. 2001.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S; HYNDMAN, R. **Forecasting: methods and applications**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1998. 672 p.

MONTGOMERY, D. **Design and Analysis of Experiments**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1983. 538 p.

ROBENSON, J.; COPACINO, W; HOWE, R. **The Logistics Handbook**. Nova Iorque: Free Press, 1994. 954 p.

RAGHUNATHAN, S.; YEH, A. Beyond EDI: Impact of Continuous Replenishment Program (CRP) Between a Manufacturer and Its Retailers. **Information Systems Research**, vol.12, No.4, pp.406-419, 2001.

SCHWARZ, L. B. A Simple Continuous Review Deterministic One-Warehouse N-Retailer Inventory Problem. **Management Science**, No.19, pp.555-566, 1973.

SHERBROOKE, C.C. METRIC: A multi-echelon inventory technique for recoverable item control. **Operations Research**. vol 16, pp.122-141, 1968.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies**. Boston: McGraw-Hill, 2000. 321 p.

- SIMCHI-LEVI, D. Coordinating Production, Distribution and Transportation Decisions in the Supply Chain. In: 1998 NSF Workshop On Supply Chain Management In Electronic Commerce, 1998, Gainesville. **Anais eletronicos...** Disponível em: <<http://www.ise.ufl.edu/Supplychain/done/Day3/Levi/>>, Acesso em: 28 nov. 2000.
- SLACK, N.; **The manufacturing advantage:** achieving competitive manufacturing operations. Londres: Mercury, 1991. 198 p.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Operations Management.** London: Pitman Publishing Lodon, 2000. 784 p.
- TAYUR, S.; GANESHAN, R; MAGAZINE, M. **Quantitative Models for Supply Chain Management.** Dordrecht Hardbound: Kluwer Academic Publishers, 1998. 896 p.
- VONTUNTARY INTERINDUSTRIAL COMMERCE STANDARDS ASSOCIATION. **Roadmap to CPFR:** The Case Studies, 1999. Disponível em: <<http://www.cufr.org>> Acesso em 10 jun, 2002.

ANEXO I

TESTES DE NORMALIDADE

- **Teste de Kolmogorov-Smirnov para demanda diária em cada distribuidor.**

A tabela a seguir apresenta o valor d para cada série de dados de demanda do produto simulado em cada distribuidor.

Para a quantidade de dados da série e para o nível de significância de 10% poderiam ser aceitas como Normal as séries cujo valor de d fosse inferior a 0,07566. Das 81 séries testadas 13 podem ser aceitas como Normal ao nível de significância de 10%.

	d
Distrib01	0,11
Distrib02	0,18
Distrib03	0,15
Distrib04	0,11
Distrib05	0,24
Distrib06	0,43
Distrib07	0,09
Distrib08	0,28
Distrib09	0,10
Distrib10	0,09
Distrib11	0,11
Distrib12	0,09
Distrib13	0,15
Distrib14	0,19
Distrib15	0,09
Distrib16	0,19
Distrib17	0,09
Distrib18	0,10
Distrib19	0,06
Distrib20	0,14
Distrib21	0,26
Distrib22	0,08

	d
Distrib23	0,17
Distrib24	0,23
Distrib25	0,18
Distrib26	0,11
Distrib27	0,22
Distrib28	0,20
Distrib29	0,16
Distrib30	0,09
Distrib31	0,19
Distrib32	0,12
Distrib33	0,22
Distrib34	0,18
Distrib35	0,07
Distrib36	0,19
Distrib37	0,05
Distrib38	0,07
Distrib39	0,11
Distrib40	0,20
Distrib41	0,16
Distrib42	0,04
Distrib43	0,25
Distrib44	0,10

	d
Distrib45	0,07
Distrib46	0,19
Distrib47	0,16
Distrib48	0,06
Distrib49	0,07
Distrib50	0,43
Distrib51	0,13
Distrib52	0,22
Distrib53	0,19
Distrib54	0,08
Distrib55	0,24
Distrib56	0,09
Distrib57	0,12
Distrib58	0,05
Distrib59	0,16
Distrib60	0,24
Distrib61	0,22
Distrib62	0,09
Distrib63	0,10
Distrib64	0,16
Distrib65	0,23
Distrib66	0,36

	d
Distrib67	0,26
Distrib68	0,10
Distrib69	0,19
Distrib70	0,19
Distrib71	0,14
Distrib72	0,40
Distrib73	0,07
Distrib74	0,08
Distrib75	0,09
Distrib76	0,06
Distrib77	0,12
Distrib78	0,07
Distrib79	0,10
Distrib80	0,13
Distrib81	0,07

	Hipótese de normalidade rejeitada
	Hipótese de normalidade aceita

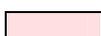
- **Teste de Kolmogorov-Smirnov para demanda de cada dia da semana para cada produto em cada distribuidor.**

A tabela a seguir apresenta o valor \underline{d} para cada série de dados de demanda do produto simulado em cada distribuidor num determinado dia da semana. Note que a demanda dos Sábados e Domingos foram desconsideradas.

Para a quantidade de dados da série e para o nível de significância de 10% poderiam ser aceitas como Normal as séries cujo valor de \underline{d} fosse inferior a 0,16918. Das 405 séries testadas 159 podem ser aceitas como Normal ao nível de significância de 10%.

	Segunda-feira	Terça-Feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Distrib01	0,197	0,164	0,178	0,172	0,144
Distrib02	0,161	0,175	0,188	0,226	0,283
Distrib03	0,108	0,107	0,080	0,295	0,167
Distrib04	0,076	0,142	0,093	0,162	0,168
Distrib05	0,238	0,244	0,200	0,251	0,195
Distrib06	0,427	0,389	0,422	0,440	0,378
Distrib07	0,132	0,078	0,141	0,158	0,119
Distrib08	0,123	0,377	0,308	0,328	0,310
Distrib09	0,089	0,178	0,083	0,128	0,157
Distrib10	0,105	0,096	0,100	0,115	0,186
Distrib11	0,124	0,098	0,127	0,152	0,073
Distrib12	0,069	0,125	0,112	0,137	0,149
Distrib13	0,139	0,165	0,197	0,265	0,142
Distrib14	0,223	0,257	0,189	0,188	0,243
Distrib15	0,083	0,192	0,089	0,121	0,104
Distrib16	0,150	0,114	0,259	0,185	0,227
Distrib17	0,092	0,104	0,155	0,057	0,138
Distrib18	0,085	0,141	0,116	0,084	0,122
Distrib19	0,100	0,113	0,106	0,108	0,134
Distrib20	0,094	0,175	0,076	0,153	0,170
Distrib21	0,262	0,214	0,204	0,191	0,157
Distrib22	0,076	0,148	0,116	0,115	0,148
Distrib23	0,161	0,094	0,443	0,103	0,193
Distrib24	0,155	0,191	0,171	0,222	0,220
Distrib25	0,110	0,109	0,119	0,220	0,136
Distrib26	0,182	0,135	0,086	0,068	0,144
Distrib27	0,229	0,145	0,178	0,231	0,327
Distrib28	0,218	0,183	0,200	0,233	0,178
Distrib29	0,144	0,214	0,218	0,123	0,152
Distrib30	0,121	0,171	0,165	0,172	0,113
Distrib31	0,178	0,276	0,144	0,105	0,179
Distrib32	0,118	0,142	0,107	0,094	0,123
Distrib33	0,058	0,176	0,155	0,349	0,212
Distrib34	0,165	0,241	0,071	0,213	0,262
Distrib35	0,115	0,159	0,142	0,143	0,114

	Segunda-feira	Terça-Feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Distrib36	0,244	0,242	0,247	0,234	0,229
Distrib37	0,111	0,092	0,076	0,099	0,140
Distrib38	0,134	0,117	0,144	0,064	0,080
Distrib39	0,143	0,170	0,107	0,117	0,151
Distrib40	0,197	0,161	0,173	0,204	0,188
Distrib41	0,232	0,224	0,119	0,256	0,151
Distrib42	0,098	0,074	0,107	0,109	0,102
Distrib43	0,174	0,221	0,287	0,221	0,187
Distrib44	0,144	0,101	0,118	0,147	0,092
Distrib45	0,093	0,077	0,098	0,070	0,141
Distrib46	0,130	0,148	0,169	0,181	0,273
Distrib47	0,122	0,236	0,119	0,110	0,172
Distrib48	0,140	0,068	0,108	0,095	0,073
Distrib49	0,106	0,105	0,146	0,092	0,064
Distrib50	0,195	0,308	0,285	0,326	0,290
Distrib51	0,127	0,241	0,128	0,162	0,095
Distrib52	0,192	0,145	0,158	0,164	0,171
Distrib53	0,129	0,134	0,250	0,130	0,192
Distrib54	0,068	0,116	0,125	0,189	0,068
Distrib55	0,246	0,226	0,187	0,226	0,135
Distrib56	0,071	0,143	0,071	0,086	0,094
Distrib57	0,168	0,189	0,152	0,147	0,212
Distrib58	0,068	0,082	0,078	0,126	0,088
Distrib59	0,100	0,158	0,285	0,121	0,271
Distrib60	0,210	0,254	0,314	0,297	0,215
Distrib61	0,101	0,311	0,109	0,217	0,126
Distrib62	0,107	0,195	0,109	0,196	0,086
Distrib63	0,155	0,135	0,153	0,231	0,137
Distrib64	0,168	0,242	0,148	0,236	0,249
Distrib65	0,224	0,244	0,228	0,260	0,217
Distrib66	0,403	0,319	0,394	0,383	0,360
Distrib67	0,131	0,226	0,238	0,364	0,242
Distrib68	0,076	0,276	0,072	0,097	0,081
Distrib69	0,196	0,266	0,166	0,219	0,151
Distrib70	0,262	0,220	0,153	0,173	0,157
Distrib71	0,144	0,158	0,081	0,212	0,195
Distrib72	0,347	0,346	0,334	0,352	0,356
Distrib73	0,075	0,111	0,102	0,089	0,126
Distrib74	0,127	0,136	0,073	0,091	0,125
Distrib75	0,065	0,117	0,143	0,113	0,101
Distrib76	0,114	0,167	0,126	0,087	0,078
Distrib77	0,139	0,134	0,107	0,111	0,068
Distrib78	0,080	0,148	0,126	0,125	0,140
Distrib79	0,163	0,172	0,150	0,134	0,121
Distrib80	0,175	0,181	0,206	0,089	0,217
Distrib81	0,093	0,110	0,067	0,101	0,127

 Hipótese de normalidade rejeitada
 Hipótese de normalidade aceita

- **Teste de Correlação da demanda entre os distribuidores**

A tabela a seguir apresenta os valores dos coeficientes de correlação R^2 para as demandas nos oitenta e um distribuidores.

Inicialmente são apresentados os dados referentes à correlação das demandas diárias nos distribuidores, e na seqüência são apresentados os dados para as demandas semanais nos distribuidores.

Para detalhes sobre o cálculo dos coeficientes de correlação consulte Costa Neto (1977).

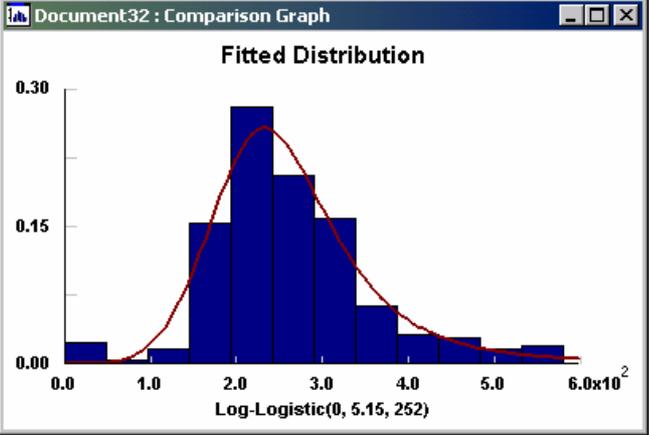
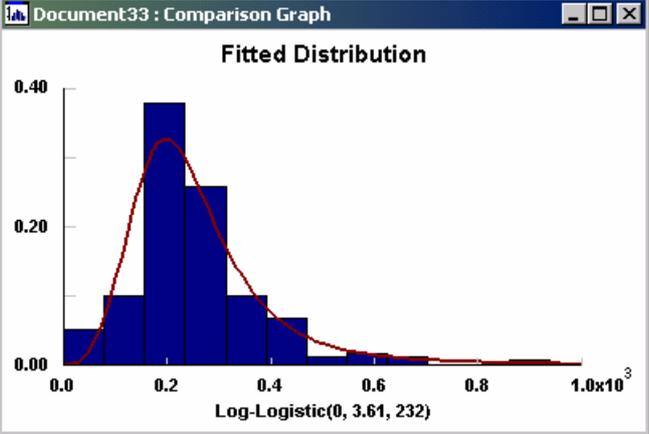
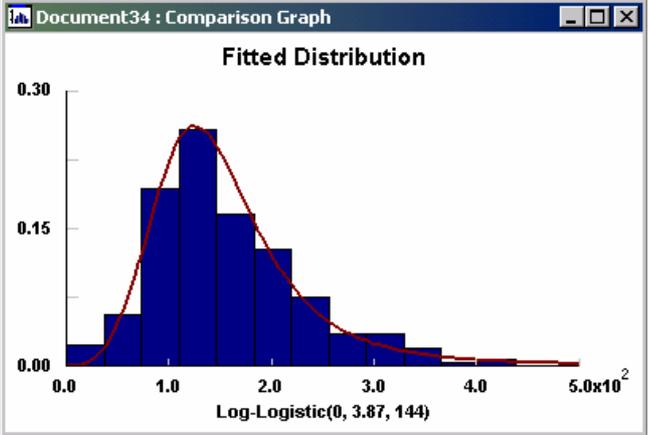
Coeficientes de correlação da demanda DIÁRIA entre os distribuidores (cont.)

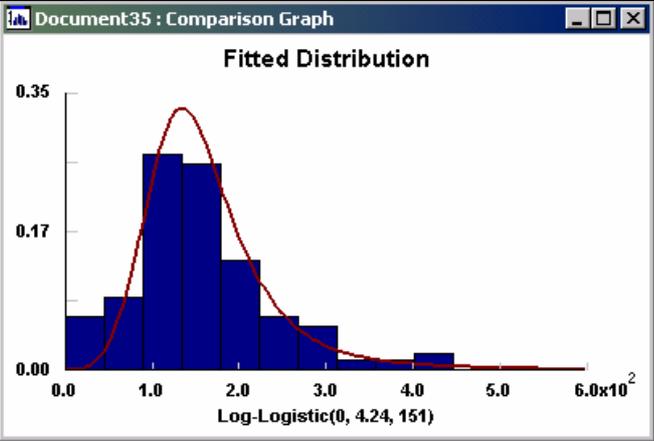
	Distrib41	Distrib42	Distrib43	Distrib44	Distrib45	Distrib46	Distrib47	Distrib48	Distrib49	Distrib50	Distrib51	Distrib52	Distrib53	Distrib54	Distrib55	Distrib56	Distrib57	Distrib58	Distrib59	Distrib60	Distrib61	Distrib62	Distrib63	Distrib64	Distrib65	Distrib66	Distrib67	Distrib68	Distrib69	Distrib70	Distrib71	Distrib72	Distrib73	Distrib74	Distrib75	Distrib76	Distrib77	Distrib78	Distrib79	Distrib80	Distrib81						
Distrib41	1,0																																														
Distrib42	0,5	1,0																																													
Distrib43	0,3	0,4	1,0																																												
Distrib44	0,5	0,6	0,2	1,0																																											
Distrib45	0,5	0,7	0,5	0,5	1,0																																										
Distrib46	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	1,0																																									
Distrib47	0,3	0,6	0,2	0,6	0,5	0,2	1,0																																								
Distrib48	0,4	0,6	0,3	0,7	0,6	0,2	0,6	1,0																																							
Distrib49	0,4	0,7	0,3	0,6	0,6	0,3	0,7	0,7	1,0																																						
Distrib50	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	1,0																																					
Distrib51	0,5	0,7	0,2	0,6	0,5	0,2	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0																																				
Distrib52	0,4	0,6	0,5	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,4	0,1	0,3	1,0																																			
Distrib53	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,1	0,4	0,3	1,0																																		
Distrib54	0,4	0,7	0,3	0,5	0,6	0,3	0,6	0,6	0,7	0,2	0,6	0,5	0,5	1,0																																	
Distrib55	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,4	0,4	0,2	0,4	1,0																																
Distrib56	0,5	0,6	0,2	0,7	0,5	0,3	0,6	0,7	0,7	0,4	0,6	0,3	0,4	0,6	0,4	1,0																															
Distrib57	0,4	0,6	0,2	0,5	0,5	0,2	0,6	0,6	0,7	0,2	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	1,0																														
Distrib58	0,4	0,5	0,1	0,7	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,3	0,7	0,5	1,0																													
Distrib59	0,4	0,6	0,3	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	1,0																												
Distrib60	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	1,0																											
Distrib61	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,1	0,4	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	1,0																										
Distrib62	0,4	0,7	0,3	0,4	0,6	0,2	0,5	0,5	0,6	0,2	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0																									
Distrib63	0,4	0,6	0,2	0,6	0,5	0,2	0,5	0,6	0,5	0,3	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,6	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,4	1,0																								
Distrib64	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,6	0,2	0,6	0,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,3	0,5	0,5	1,0																							
Distrib65	0,3	0,5	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,0	0,3	0,4	0,2	0,4	0,1	0,5	1,0																						
Distrib66	0,2	0,4	0,4	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	-0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	1,0																					
Distrib67	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0																				
Distrib68	0,4	0,6	0,3	0,6	0,5	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	0,5	0,5	0,3	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	1,0																			
Distrib69	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	1,0																		
Distrib70	0,3	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	1,0																	
Distrib71	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,1	0,4	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2	0,6	0,5	0,3	0,2	1,0																
Distrib72	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,0	0,3	1,0															
Distrib73	0,4	0,7	0,2	0,7	0,5	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3	0,6	0,4	0,3	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,1	1,0														
Distrib74	0,4	0,7	0,2	0,6	0,5	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3	0,6	0,4	0,3	0,6	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	0,3	0,5	0,2	0,8	1,0													
Distrib75	0,3	0,5	0,1	0,6	0,4	0,2	0,4	0,6	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,1	0,0	0,2	0,5	0,4	0,3	0,3	0,1	0,6	0,6	1,0												
Distrib76	0,3	0,5	0,1	0,7	0,3	0,2	0,5	0,6	0,5	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5	0,3	0,7	0,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,0	0,1	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,0	0,6	0,6	0,6	1,0											
Distrib77	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	1,0											
Distrib78	0,4	0,8	0,3	0,6	0,6	0,4	0,6	0,7	0,7	0,2	0,7	0,5	0,4	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,7	0,5	0,6	0,3	0,3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,6	0,3	0,8	0,8	0,5	0,5	0,4	1,0									
Distrib79	0,5	0,8	0,3	0,6	0,6	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3	0,7	0,5	0,4	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,3	0,7	0,5	0,6	0,4	0,3	0,5	0,7	0,4	0,3	0,6	0,3	0,8	0,8	0,6	0,5	0,3	0,8	1,0								
Distrib80	0,5	0,6	0,3	0,6	0,5	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	0,3	0,5	0,2	0,6	0,7	0,5	0,5	0,3	0,6	0,7	1,0							
Distrib81	0,4	0,7	0,3	0,6	0,6	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3	0,4	0,6	0,5	0,2	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,7	0,7	0,5	1,0						

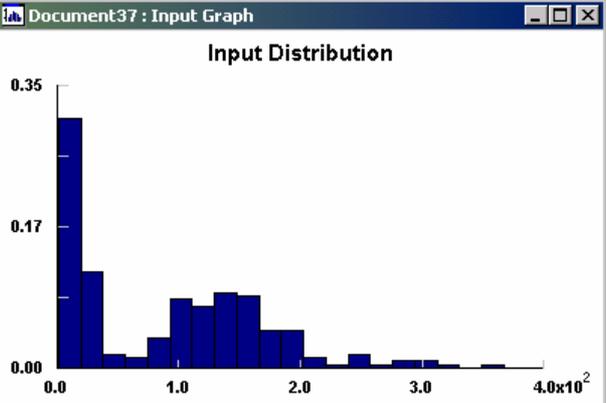
ANEXO II

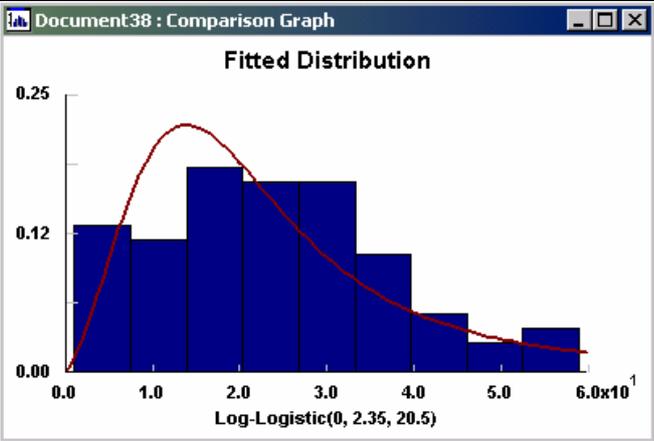
DISTRIBUIÇÕES DE

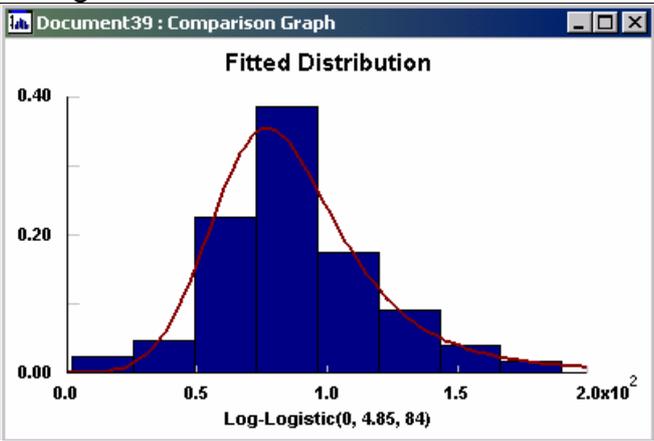
PROBABILIDADE

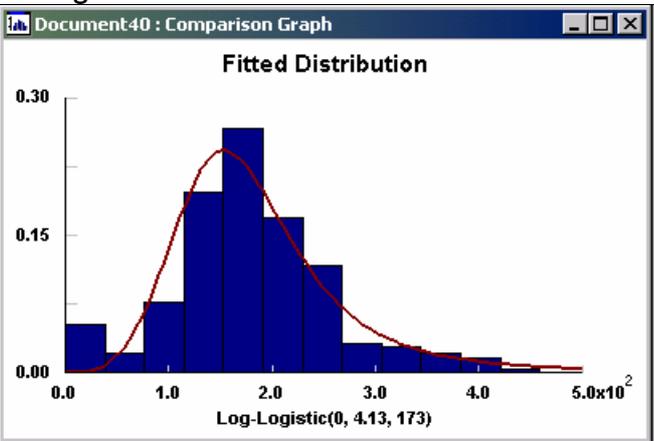
Distribuidor	01	Histograma dos Dados
d	0,0384	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$251.7 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./5.147)$	
Distribuidor	02	Histograma dos Dados
d	0,0722	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$232.4 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.611)$	
Distribuidor	03	Histograma dos Dados
d	0,0432	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$144.3 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.868)$	

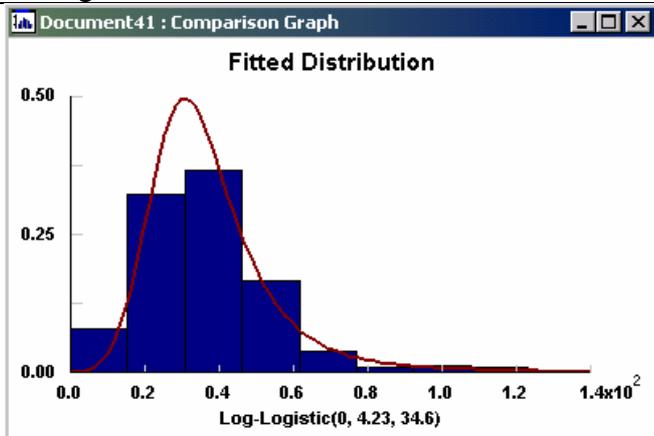
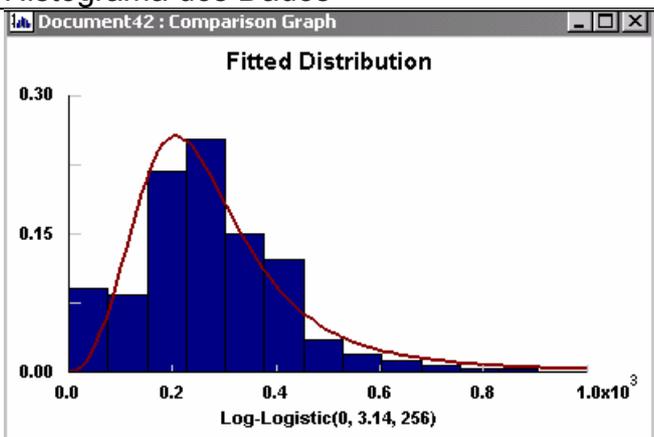
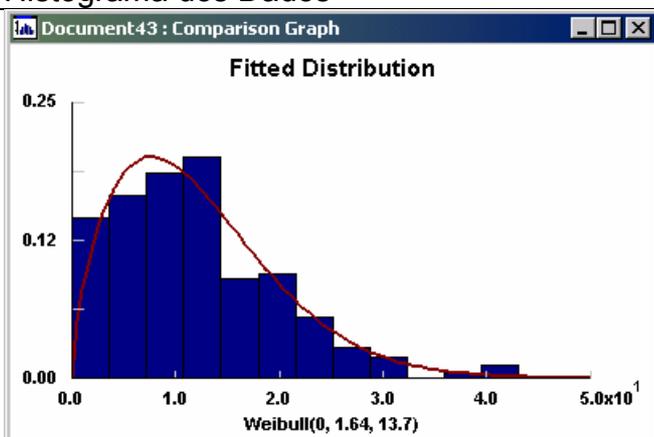
Distribuidor	04	Histograma dos Dados
d	0,0778	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$151.1 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.)) ** (1. / 4.237)$	

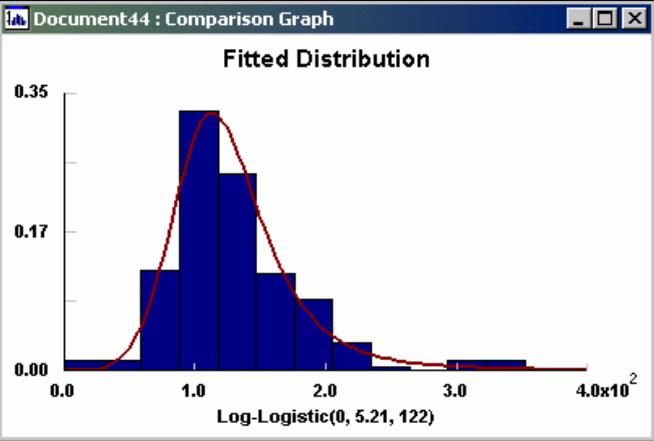
Distribuidor	05	Histograma dos Dados																																										
d	-																																											
ks-stat	-																																											
% zeros	7,1																																											
Distribuição no Promodel	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>19.3</td><td>0.311</td></tr> <tr><td>37.6</td><td>0.43</td></tr> <tr><td>55.9</td><td>0.447</td></tr> <tr><td>74.2</td><td>0.459</td></tr> <tr><td>92.5</td><td>0.498</td></tr> <tr><td>110.8</td><td>0.583</td></tr> <tr><td>129.1</td><td>0.66</td></tr> <tr><td>147.4</td><td>0.753</td></tr> <tr><td>165.7</td><td>0.842</td></tr> <tr><td>184</td><td>0.889</td></tr> <tr><td>202.3</td><td>0.936</td></tr> <tr><td>220.6</td><td>0.949</td></tr> <tr><td>238.9</td><td>0.953</td></tr> <tr><td>257.2</td><td>0.97</td></tr> <tr><td>275.5</td><td>0.974</td></tr> <tr><td>293.8</td><td>0.983</td></tr> <tr><td>312.1</td><td>0.991</td></tr> <tr><td>330.4</td><td>0.996</td></tr> <tr><td>348.7</td><td>0.996</td></tr> <tr><td>367</td><td>1</td></tr> </table>		1	0	19.3	0.311	37.6	0.43	55.9	0.447	74.2	0.459	92.5	0.498	110.8	0.583	129.1	0.66	147.4	0.753	165.7	0.842	184	0.889	202.3	0.936	220.6	0.949	238.9	0.953	257.2	0.97	275.5	0.974	293.8	0.983	312.1	0.991	330.4	0.996	348.7	0.996	367	1
1	0																																											
19.3	0.311																																											
37.6	0.43																																											
55.9	0.447																																											
74.2	0.459																																											
92.5	0.498																																											
110.8	0.583																																											
129.1	0.66																																											
147.4	0.753																																											
165.7	0.842																																											
184	0.889																																											
202.3	0.936																																											
220.6	0.949																																											
238.9	0.953																																											
257.2	0.97																																											
275.5	0.974																																											
293.8	0.983																																											
312.1	0.991																																											
330.4	0.996																																											
348.7	0.996																																											
367	1																																											

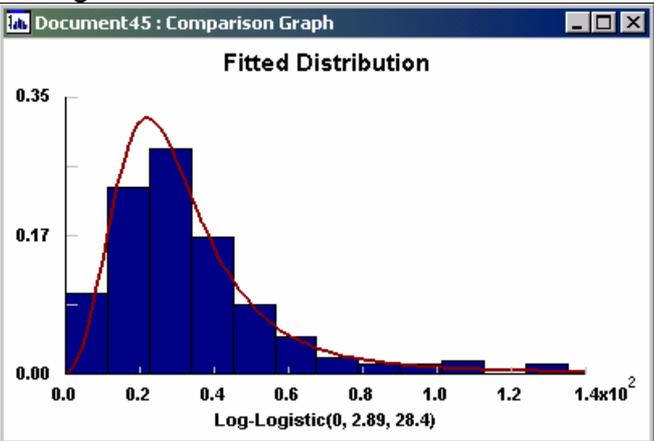
Distribuidor	06	Histograma dos Dados
d	0,0836	
ks-stat	0,1530	
% zeros	70,1	
Distribuição no Promodel	$20.53 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.352)$	

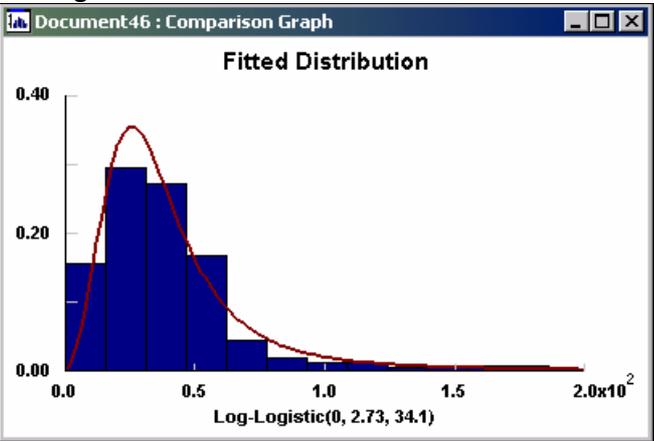
Distribuidor	07	Histograma dos Dados
d	0,0611	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$83.97 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.851)$	

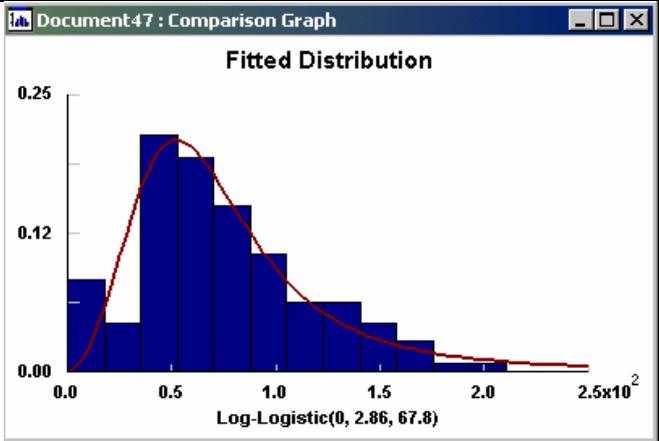
Distribuidor	08	Histograma dos Dados
d	0,0603	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$173.1 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.132)$	

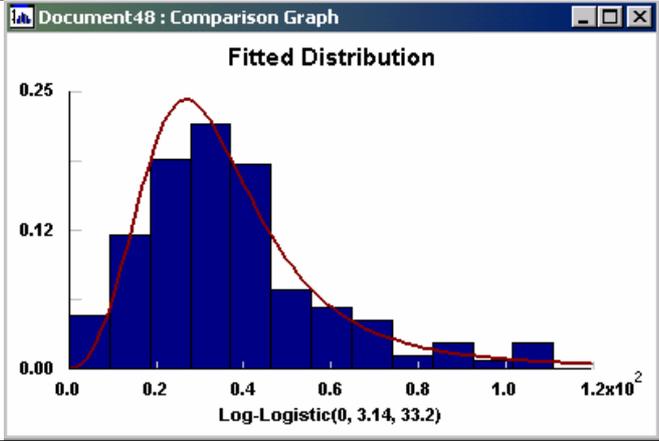
Distribuidor	09	Histograma dos Dados
d	0,0745	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$34.6 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.227)$	
Distribuidor	10	Histograma dos Dados
d	0,0825	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$256.3 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.14)$	
Distribuidor	11	Histograma dos Dados
d	0,0665	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$W(1.639, 13.74)$	

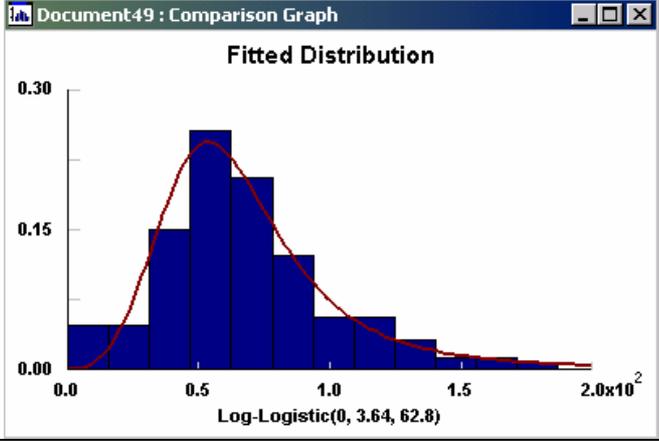
Distribuidor	12	Histograma dos Dados
d	0,0648	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$122.1 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./5.215)$	

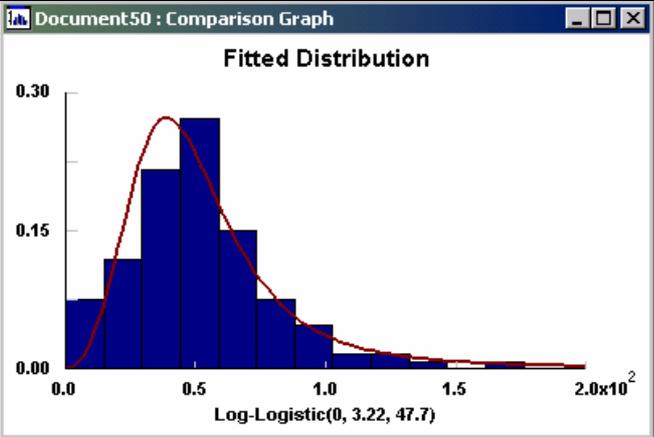
Distribuidor	13	Histograma dos Dados
d	0,0454	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$28.37 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.893)$	

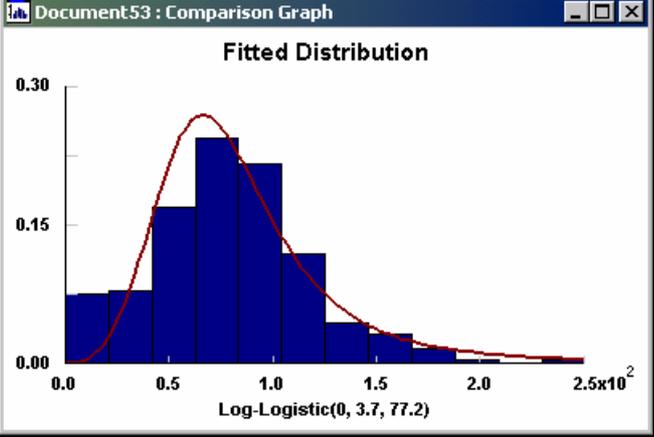
Distribuidor	14	Histograma dos Dados
d	0,0765	
ks-stat	0,0850	
% zeros	0	

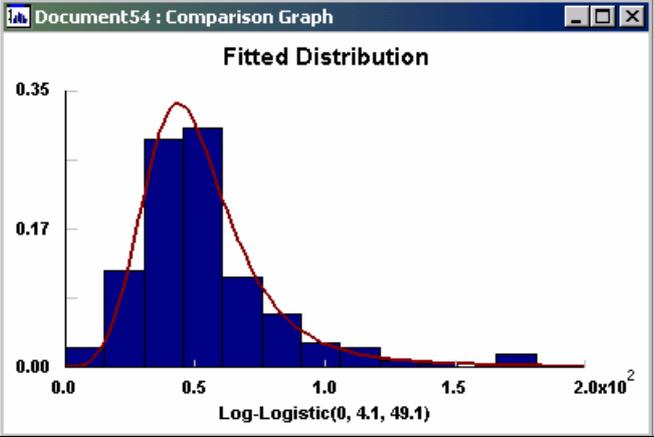
Distribuição no Promodel		$34.08 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.725)$
Distribuidor	15	Histograma dos Dados
d	0,0669	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$67.78 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.858)$

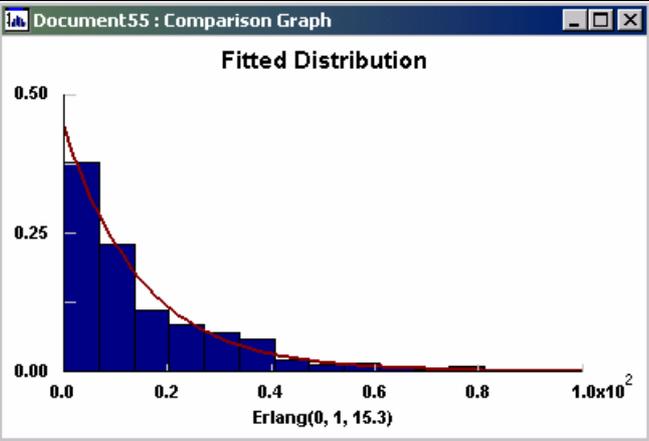
Distribuidor	16	Histograma dos Dados
d	0,0447	
ks-stat	0,0852	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$33.22 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.143)$

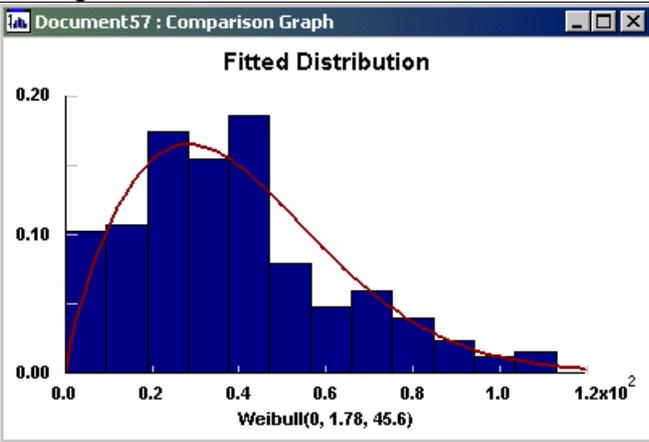
Distribuidor	17	Histograma dos Dados
d	0,0549	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	

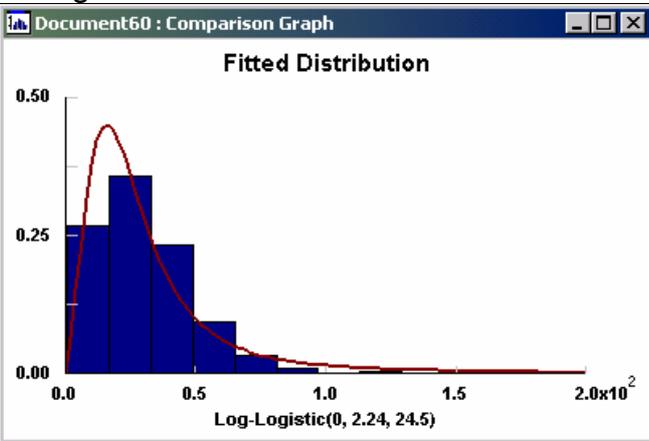
Distribuição no Promodel		$62.82 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.637)$
Distribuidor	18	Histograma dos Dados
d	0,0727	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$47.68 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.216)$

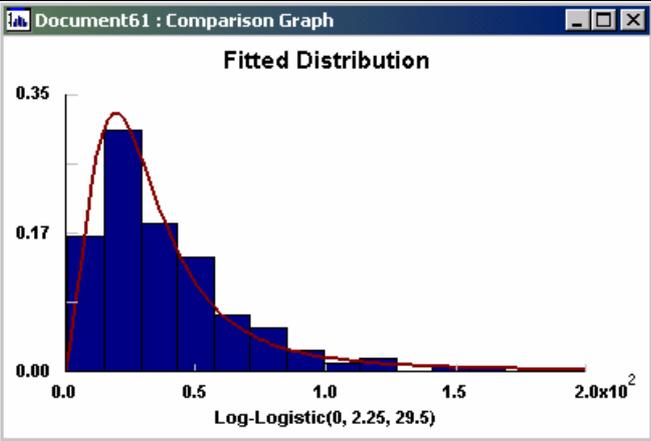
Distribuidor	19	Histograma dos Dados
d	0,0808	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$77.16 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.701)$

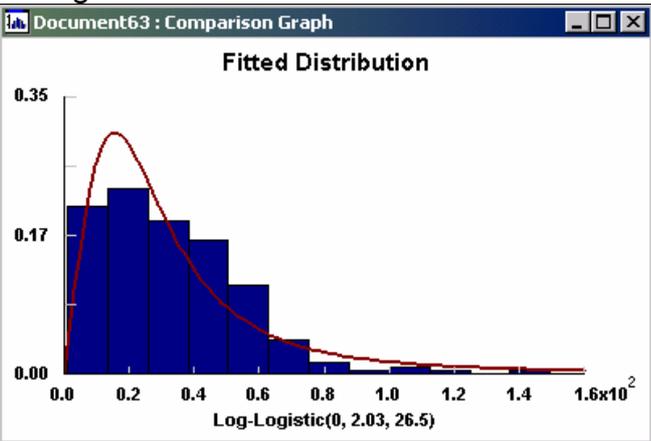
Distribuidor	20	Histograma dos Dados
d	0,0422	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$49.14 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.103)$

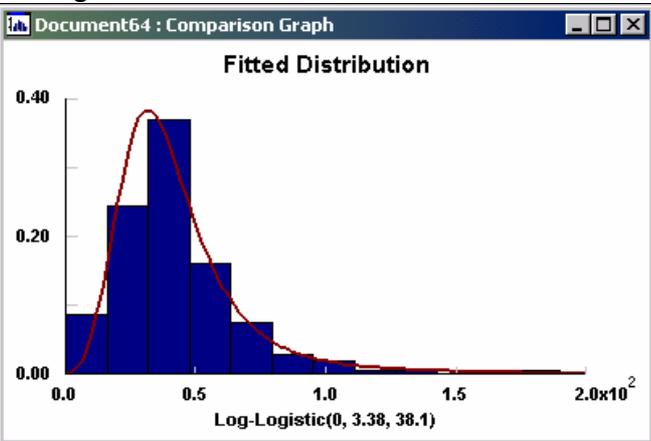
Distribuidor	21	Histograma dos Dados
d	0,0754	
ks-stat	0,0849	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	ER(15.25, 15.25)	

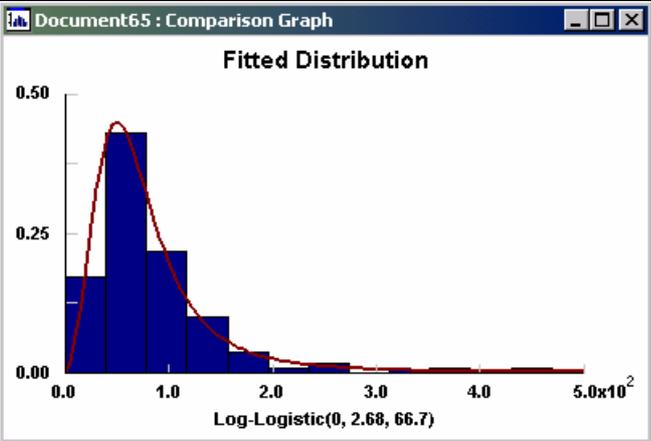
Distribuidor	22	Histograma dos Dados
d	0,0831	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	W(1.776, 45.59)	

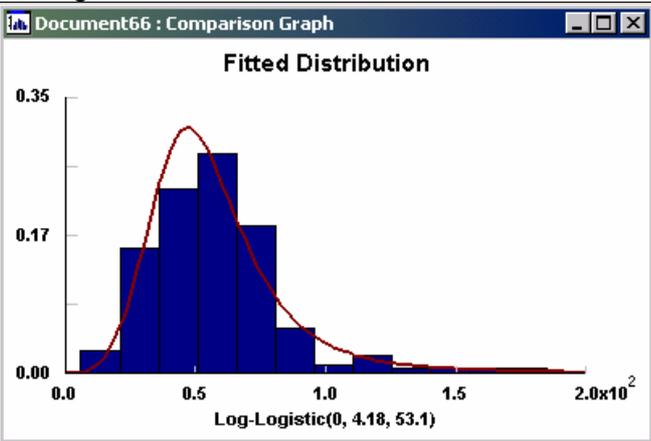
Distribuidor	23	Histograma dos Dados
d	0,0567	
ks-stat	0,0898	
% zeros	10,7	
Distribuição no Promodel	$24.47 * (1 / ((1 / U(0.5, 0.5)) - 1))^{**} (1 / 2.244)$	

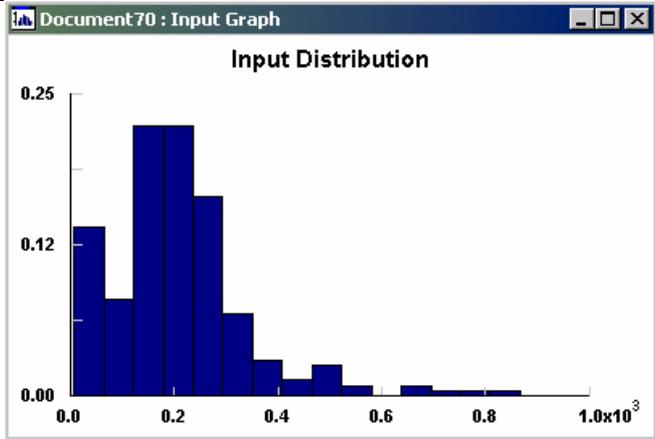
Distribuidor	24	Histograma dos Dados
d	0,0695	
ks-stat	0,1000	
% zeros	28,0	
Distribuição no Promodel	$29.53 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.249)$	

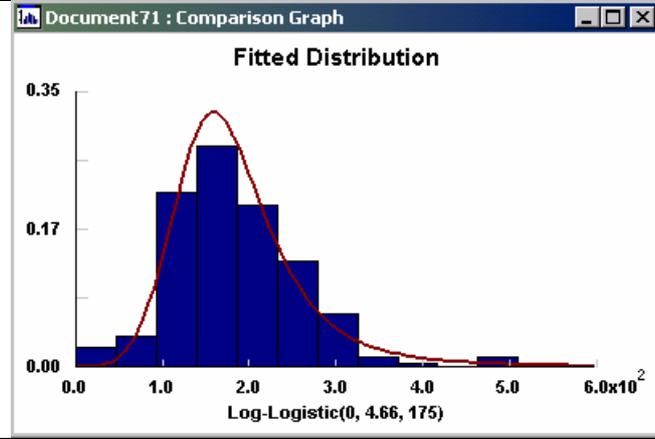
Distribuidor	25	Histograma dos Dados
d	0,0827	
ks-stat	0,0922	
% zeros	14,7	
Distribuição no Promodel	$26.5 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.033)$	

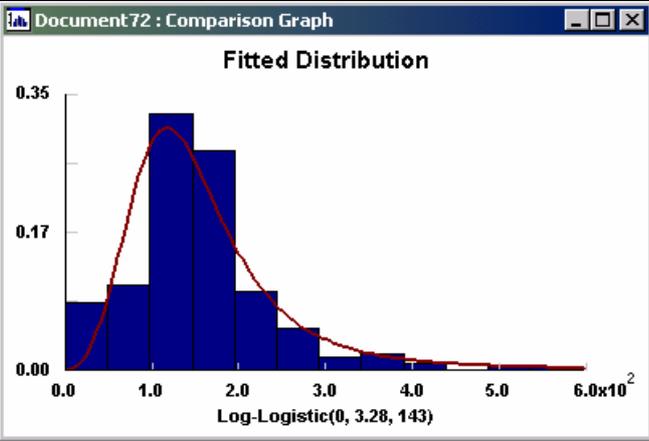
Distribuidor	26	Histograma dos Dados
d	0,0516	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$38.11 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.379)$	

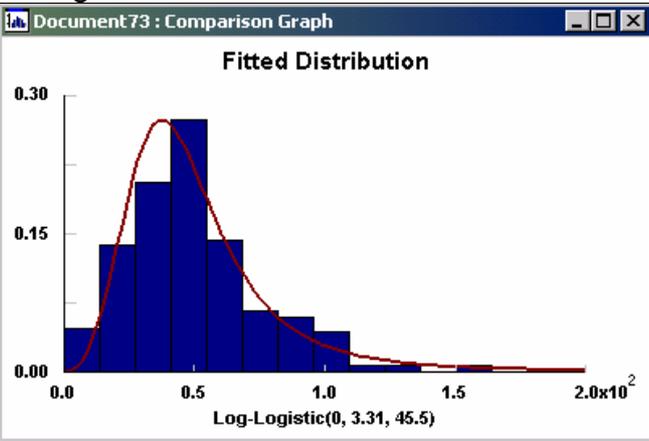
Distribuidor	27	Histograma dos Dados
d	0,0453	
ks-stat	0,0850	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$66.74 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.679)$

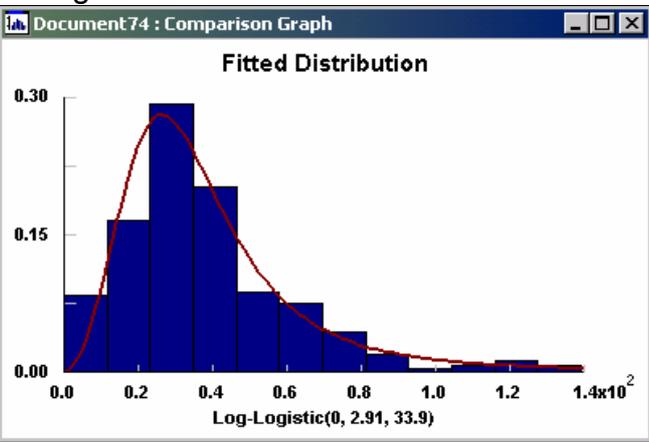
Distribuidor	28	Histograma dos Dados
d	0,0462	
ks-stat	0,1010	
% zeros	30,5	
Distribuição no Promodel		$53.09 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.177)$

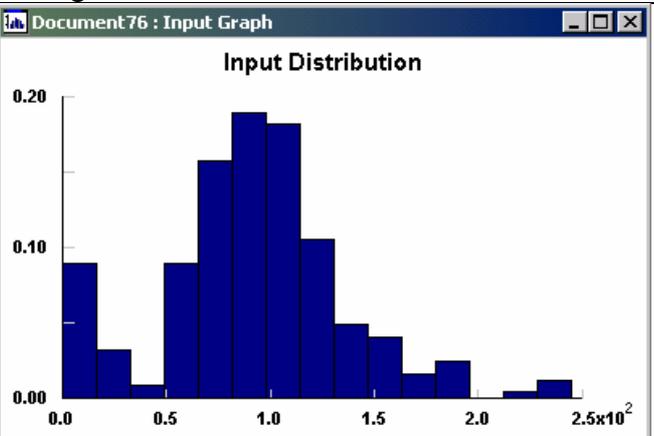
Distribuidor	29	Histograma dos Dados
d	-	
ks-stat	-	
% zeros	6,8	
Distribuição no Promodel		

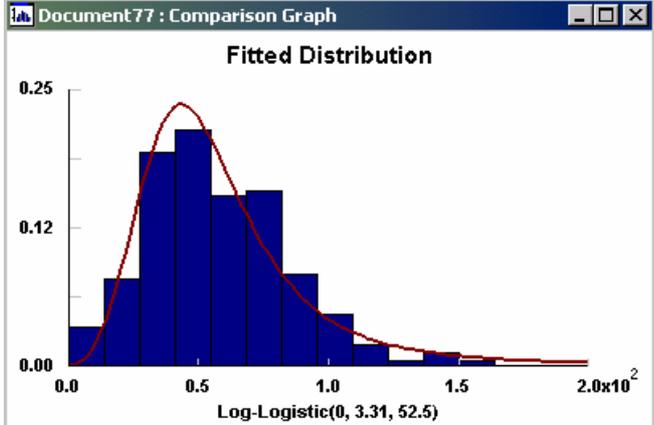
Distribuidor	30	Histograma dos Dados
d	0,0702	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		

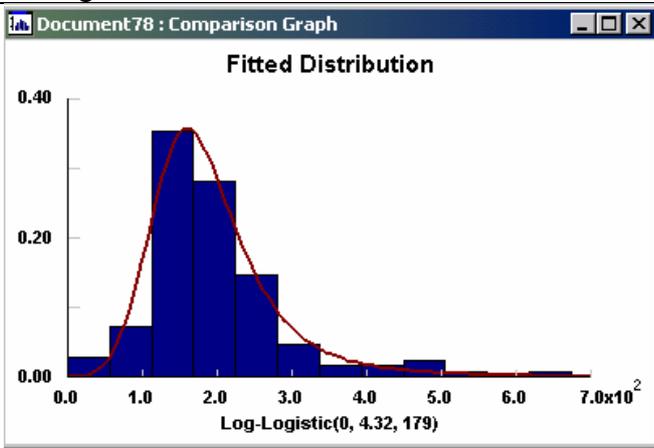
Distribuidor	31	Histograma dos Dados
d	0,0702	
ks-stat	0,0854	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$142.7 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.28)$	

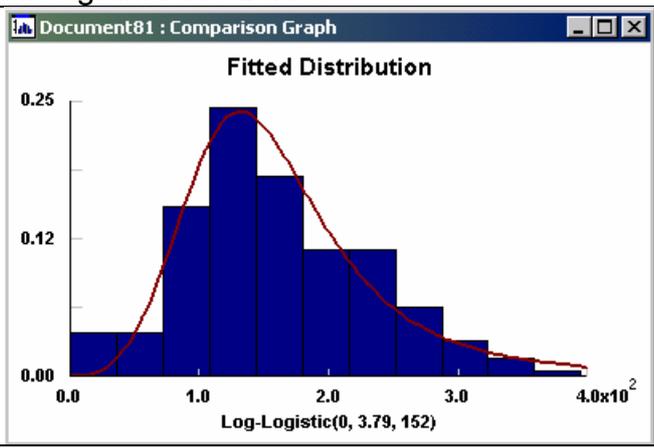
Distribuidor	32	Histograma dos Dados
d	0,0424	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$45.48 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.314)$	

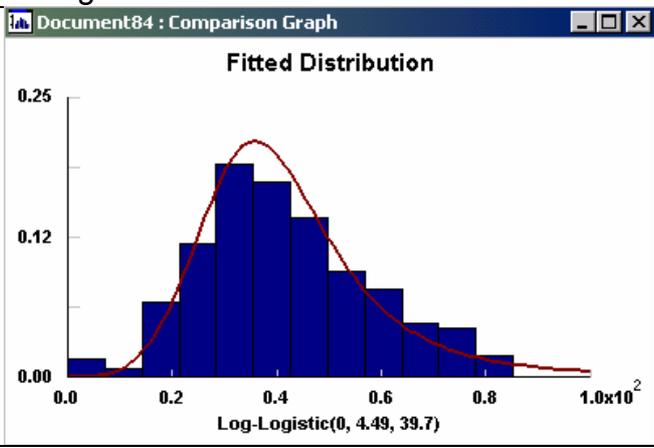
Distribuidor	33	Histograma dos Dados
d	0,0607	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$33.85 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.909)$	

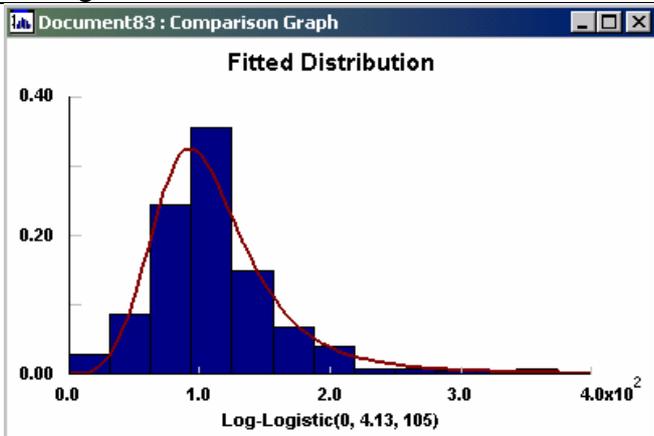
Distribuidor	34	Histograma dos Dados
d	-	
ks-stat	-	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	0 0 16.27 0.089 32.53 0.121 48.8 0.13 65.07 0.219 81.33 0.377 97.6 0.567 113.9 0.749 130.1 0.854 146.4 0.903 162.7 0.943 178.9 0.96 195.2 0.984 211.5 0.984 227.7 0.988 244 1	

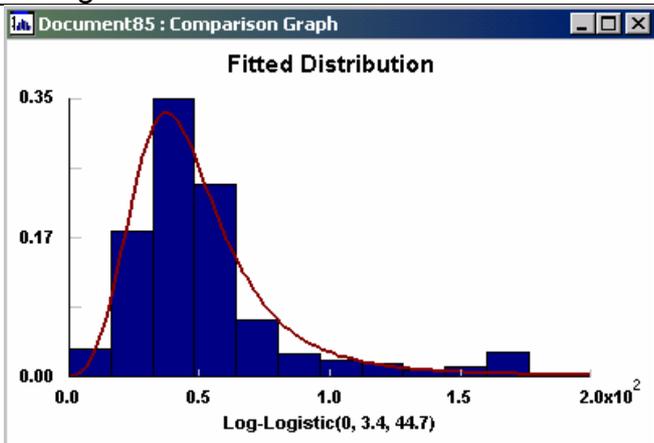
Distribuidor	35	Histograma dos Dados
d	0,0520	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$52.48 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.)) ** (1. / 3.31)$	

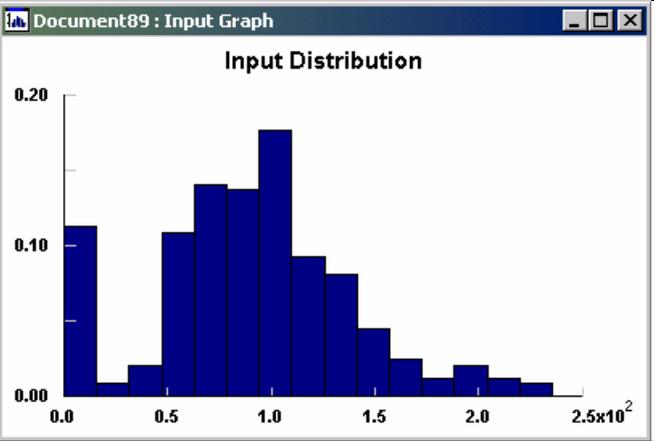
Distribuidor	36	Histograma dos Dados
d	0,0542	
ks-stat	0,0849	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$179 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 4.318)$	

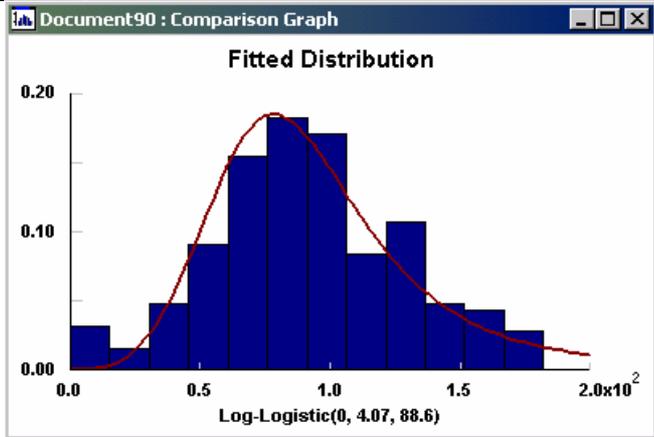
Distribuidor	37	Histograma dos Dados
d	0,0527	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$152.2 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 3.793)$	

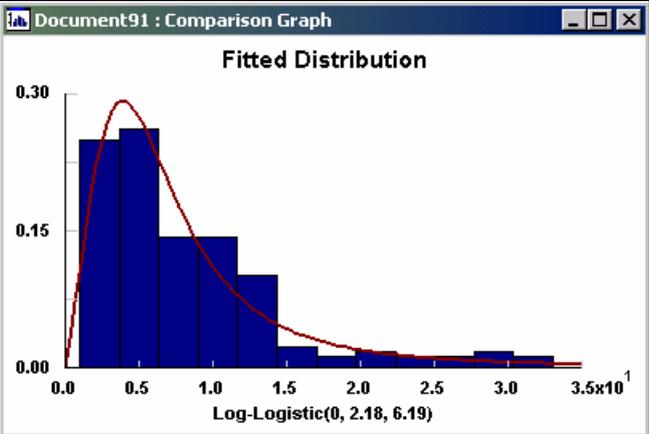
Distribuidor	38	Histograma dos Dados
d	0,0552	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$39.69 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 4.493)$	

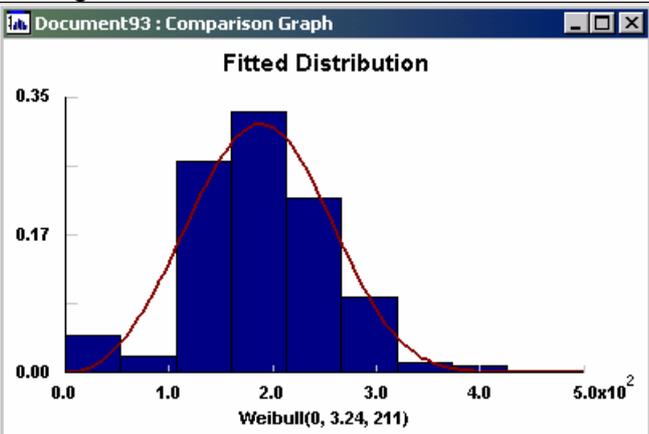
Distribuidor	39	Histograma dos Dados
d	0,0460	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$104.9 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.13)$

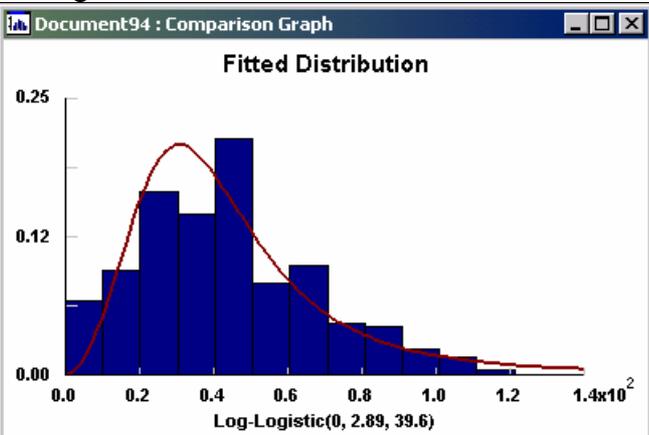
Distribuidor	40	Histograma dos Dados
d	0,0530	
ks-stat	0,0849	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$44.72 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.404)$

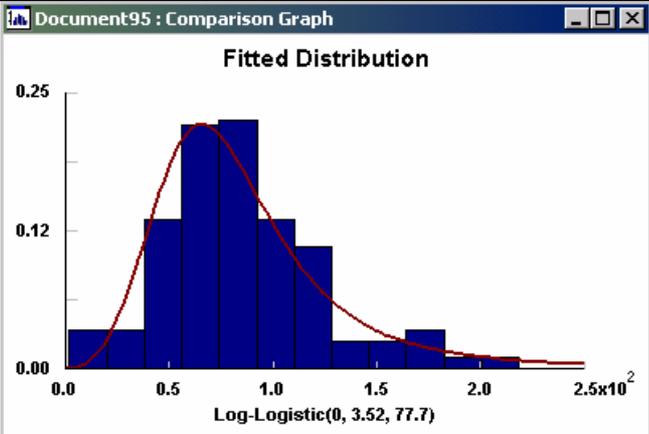
Distribuidor	41	Histograma dos Dados 
d	-	
ks-stat	-	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		0 0 15.67 0.113 31.33 0.121 47 0.141 62.67 0.25 78.33 0.391 94 0.528 109.7 0.706 125.3 0.798 141 0.879 156.7 0.923 172.3 0.948 188 0.96 203.7 0.98 219.3 0.992 235 1

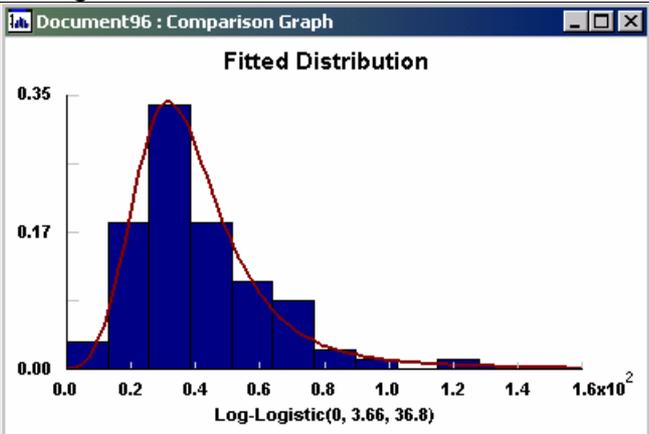
Distribuidor	42	Histograma dos Dados 
d	0,0533	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$88.64 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 4.067)$

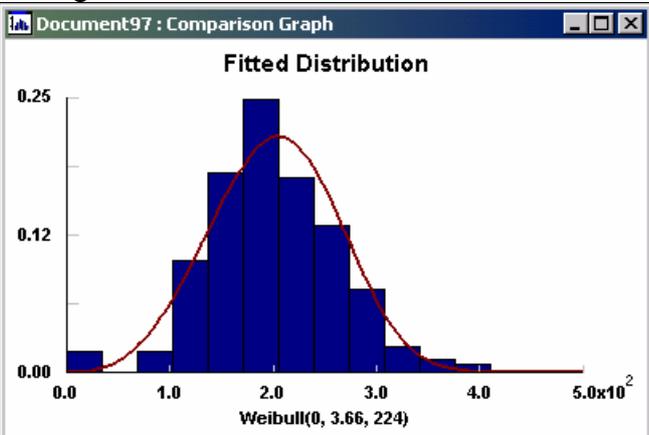
Distribuidor	43	Histograma dos Dados
d	0,0772	
ks-stat	0,1030	
% zeros	32,8	
Distribuição no Promodel	$6.192 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.175)$	

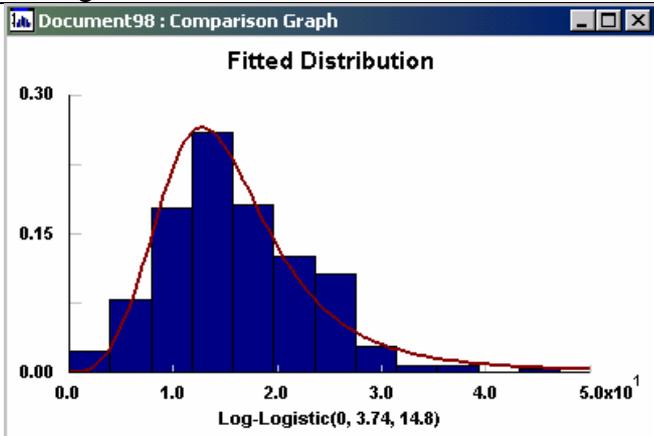
Distribuidor	44	Histograma dos Dados
d	0,0769	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$W(3.236, 211.3)$	

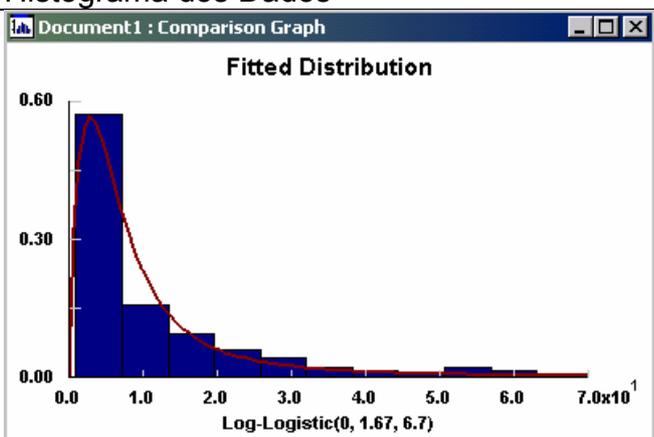
Distribuidor	45	Histograma dos Dados
d	0,0621	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$39.62 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.894)$	

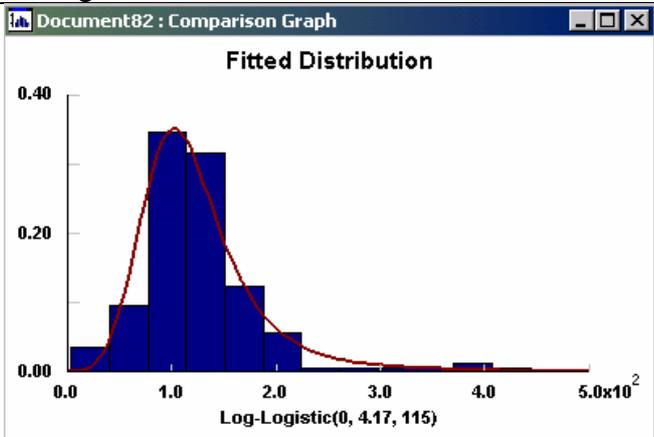
Distribuidor	46	Histograma dos Dados
d	0,0556	
ks-stat	0,0952	
% zeros	20,1	
Distribuição no Promodel	$77.71 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.521)$	

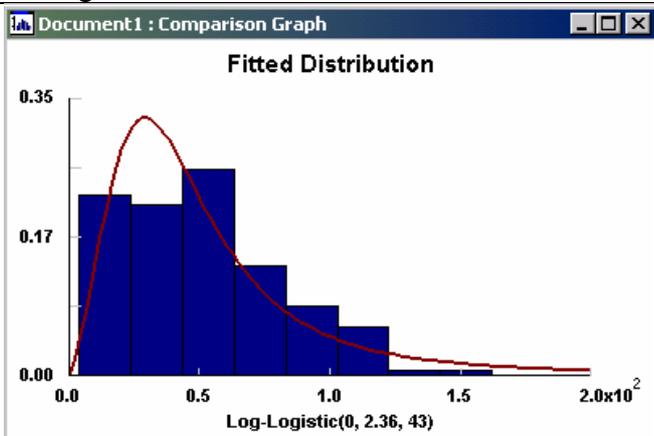
Distribuidor	47	Histograma dos Dados
d	0,0594	
ks-stat	0,0849	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$36.85 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.661)$	

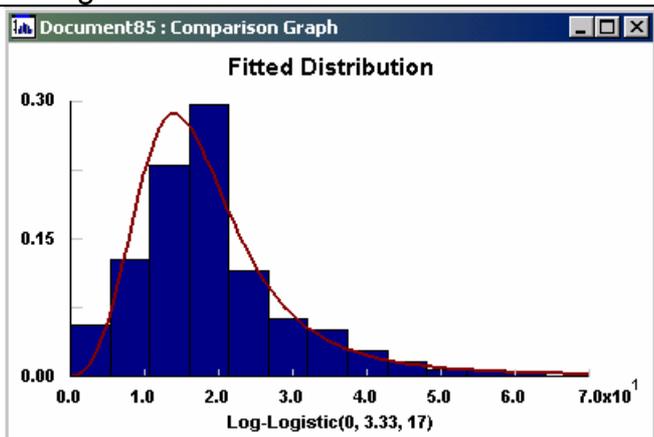
Distribuidor	48	Histograma dos Dados
d	0,0674	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$W(3.662, 223.7)$	

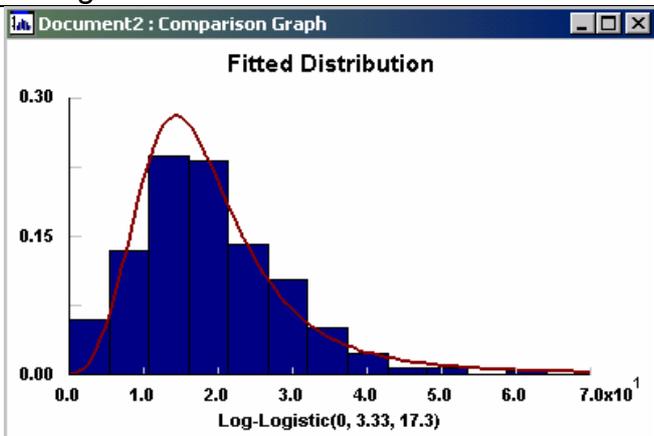
Distribuidor	49	Histograma dos Dados
d	0,0631	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$14.84 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.738)$	

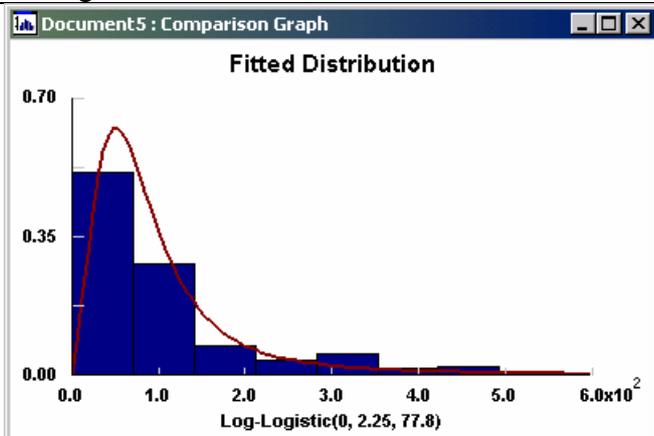
Distribuidor	50	Histograma dos Dados
d	0,0669	
ks-stat	0,111	
% zeros	42,1	
Distribuição no Promodel	$6.695 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./1.674)$	

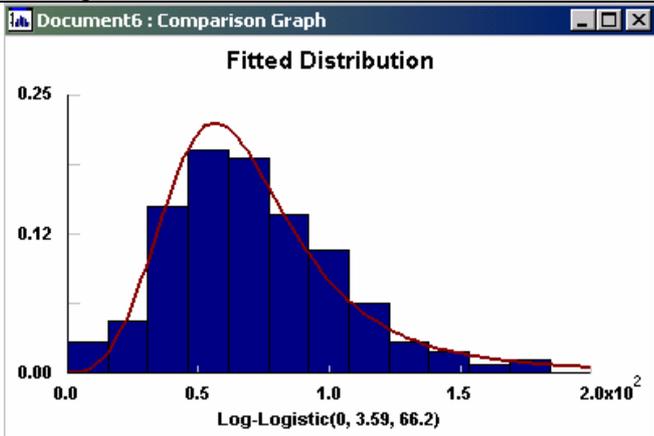
Distribuidor	51	Histograma dos Dados
d	0,0465	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$115.1 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.172)$	

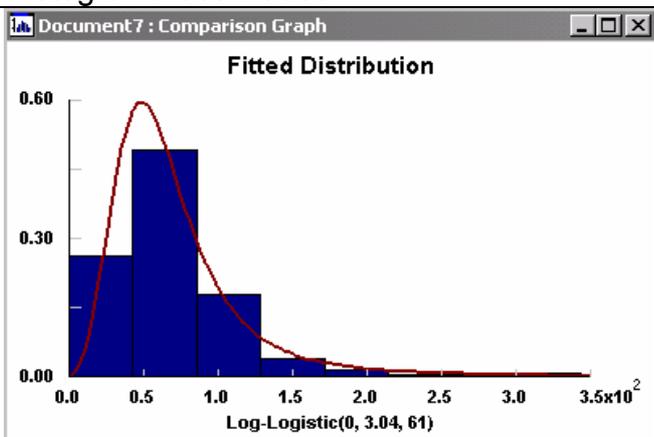
Distribuidor	52	Histograma dos Dados
d	0,0846	
ks-stat	0,1000	
% zeros	28,5	
Distribuição no Promodel	$43.05 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.355)$	

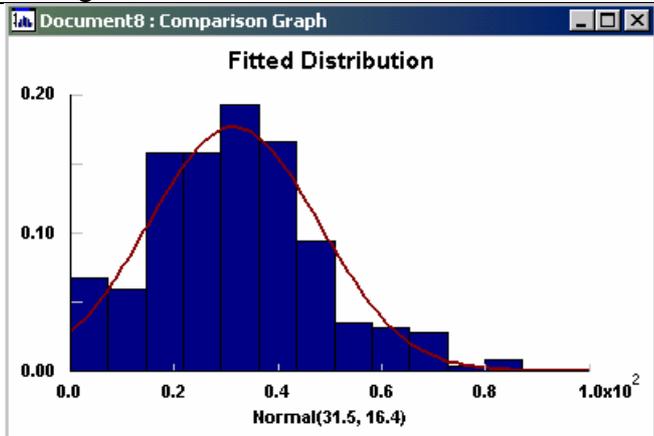
Distribuidor	53	Histograma dos Dados
d	0,0491	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$16.98 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.33)$	

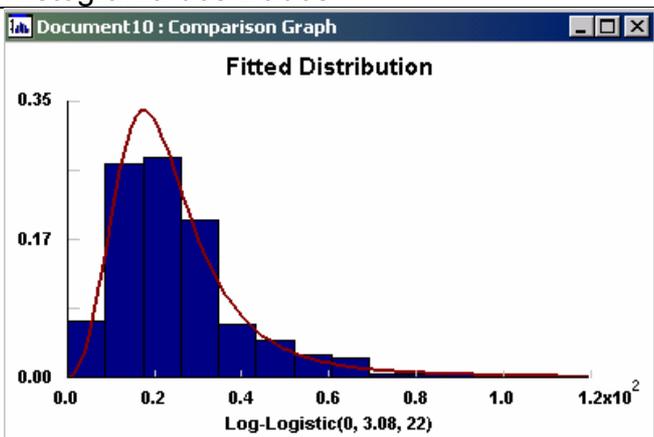
Distribuidor	54	Histograma dos Dados
d	0,0592	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$17.34 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.329)$	

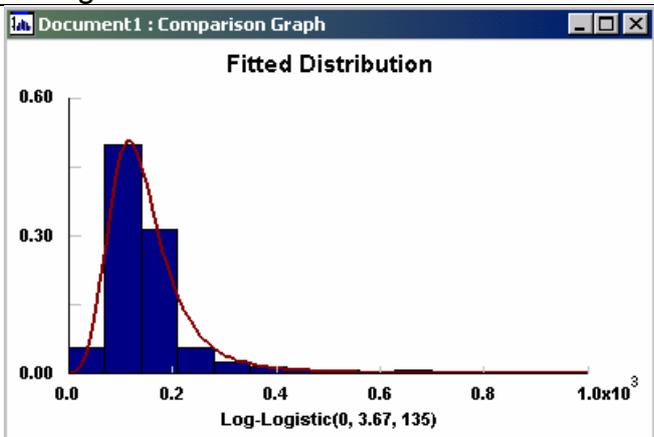
Distribuidor	55	Histograma dos Dados
d	0,0728	
ks-stat	0,0871	
% zeros	4,8	
Distribuição no Promodel	$77.78 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.255)$	

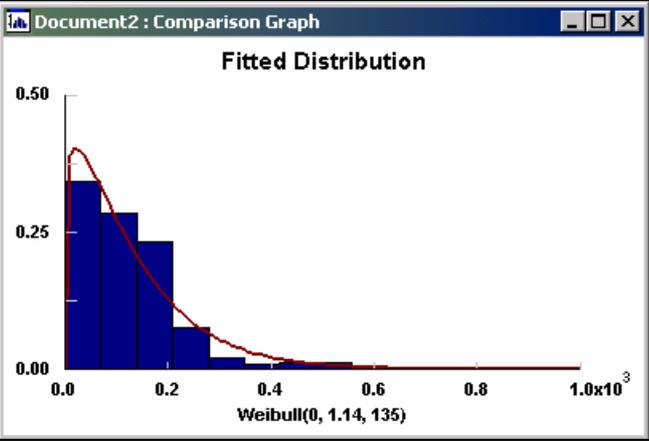
Distribuidor	56	Histograma dos Dados
d	0,0401	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$66.24 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.589)$	

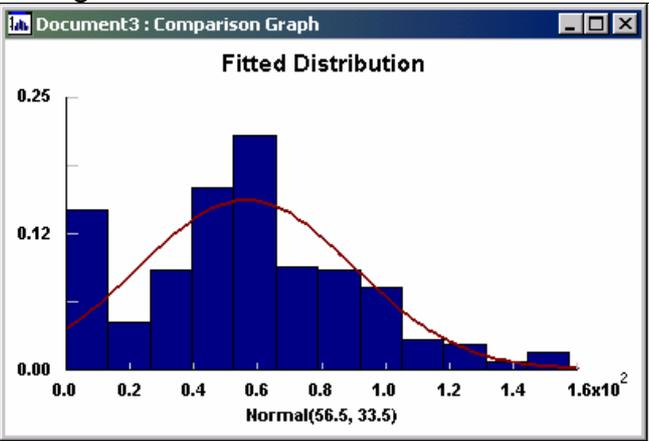
Distribuidor	57	Histograma dos Dados
d	0,0386	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$61.02 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.041)$	

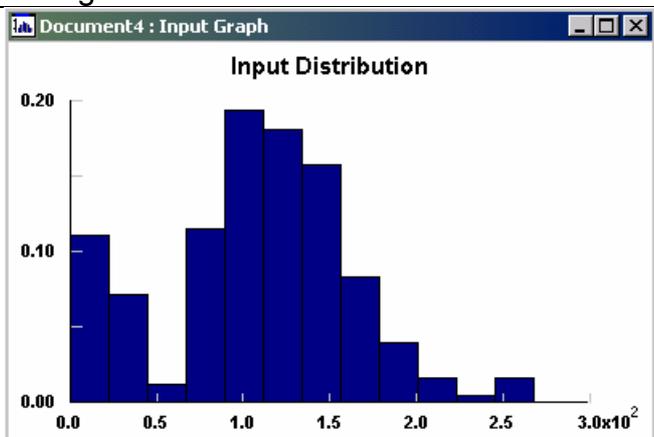
Distribuidor	58	Histograma dos Dados
d	0,0478	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	N(31.52, 16.39)	

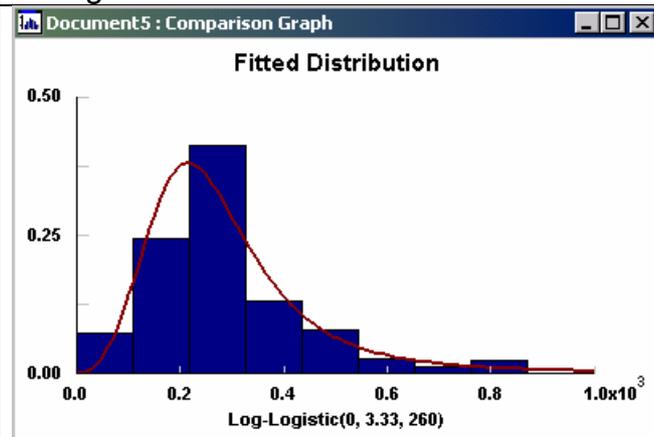
Distribuidor	59	Histograma dos Dados
d	0,0572	
ks-stat	0,0849	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$21.96 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.076)$	

Distribuidor	60	Histograma dos Dados
d	0,0551	
ks-stat	0,0850	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$135.5 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.671)$	

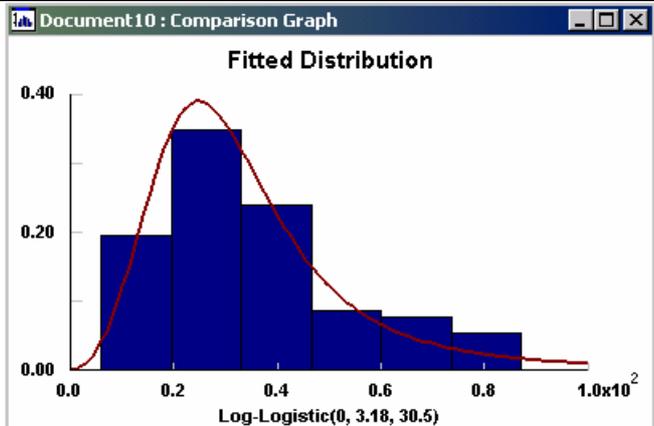
Distribuidor	61	Histograma dos Dados
d	0,0788	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	W(1.138, 134.7)	

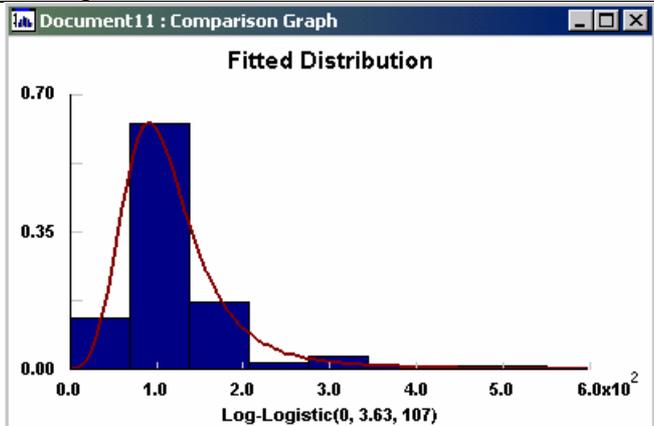
Distribuidor	62	Histograma dos Dados
d	0,0623	
ks-stat	0,0849	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	N(56.48, 33.5)	

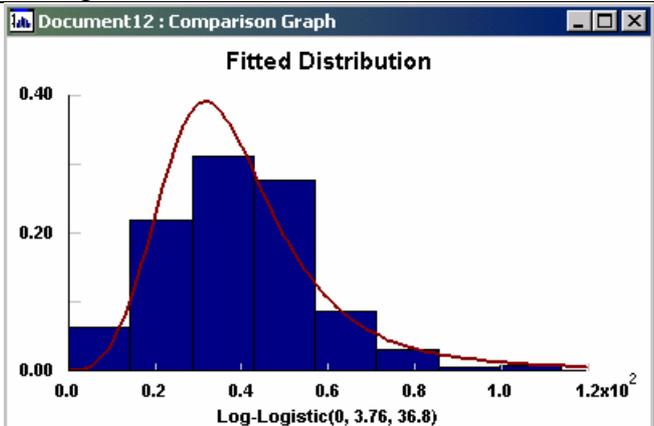
Distribuidor	63	Histograma dos Dados 
d	-	
ks-stat	-	
% zeros	-	
Distribuição no Promodel		0 0 22.33 0.111 44.67 0.182 67 0.194 89.33 0.308 111.7 0.502 134 0.684 156.3 0.842 178.7 0.925 201 0.964 223.3 0.98 245.7 0.984 268 1

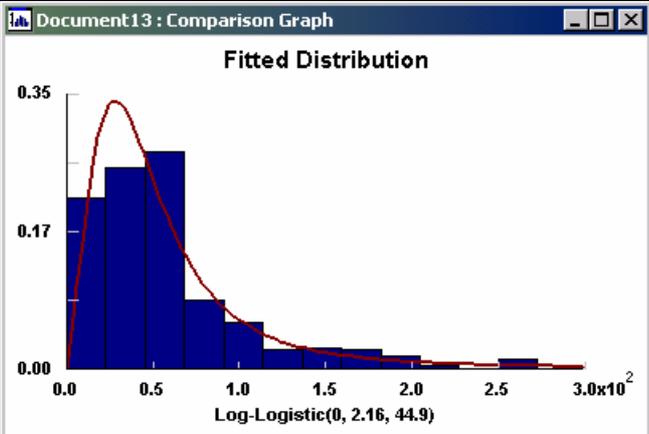
Distribuidor	64	Histograma dos Dados 
d	0,0761	
ks-stat	0,0850	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$259.8 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 3.331)$

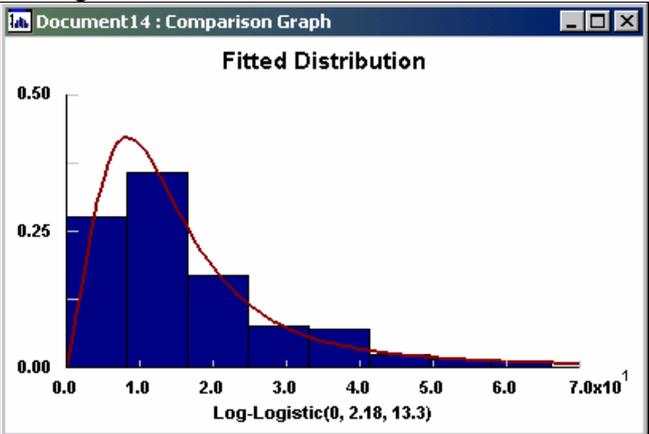
Distribuidor	65	Histograma dos Dados
d	-	
ks-stat	-	
% zeros	-	
Distribuição no Promodel	0 0 16.6 0.227 33.2 0.442 49.8 0.483 66.4 0.503 83 0.515 99.6 0.531 116 0.58 133 0.636 149 0.673 166 0.713 183 0.738 199 0.806 216 0.847 232 0.863 249 0.891 266 0.916 282 0.928 299 0.936 315 0.944 332 0.956 349 0.964 365 0.972 382 0.98 398 0.98 415 0.98 432 0.988 448 0.992 465 0.992 481 0.997 498 1	

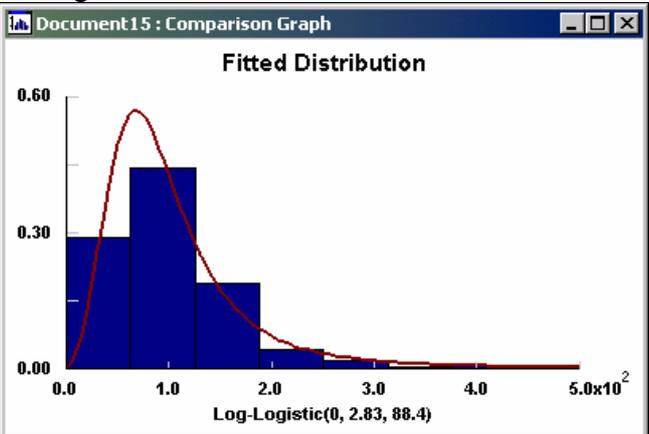
Distribuidor	66	Histograma dos Dados 
d	0,0427	
ks-stat	0,1400	
% zeros	63,6	
Distribuição no Promodel	$30.47 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.18)$	

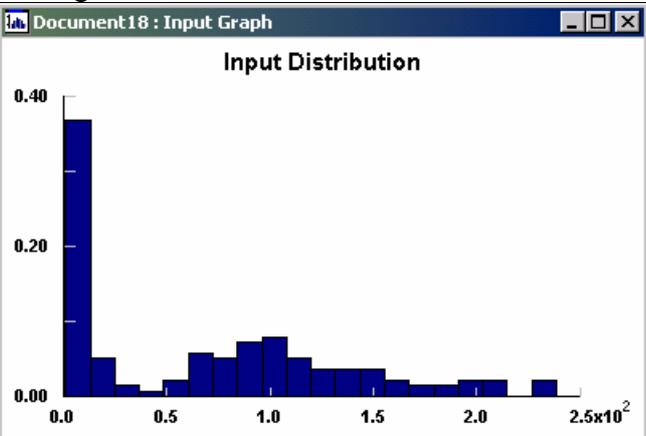
Distribuidor	67	Histograma dos Dados 
d	0,0489	
ks-stat	0,0850	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$107.1 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.627)$	

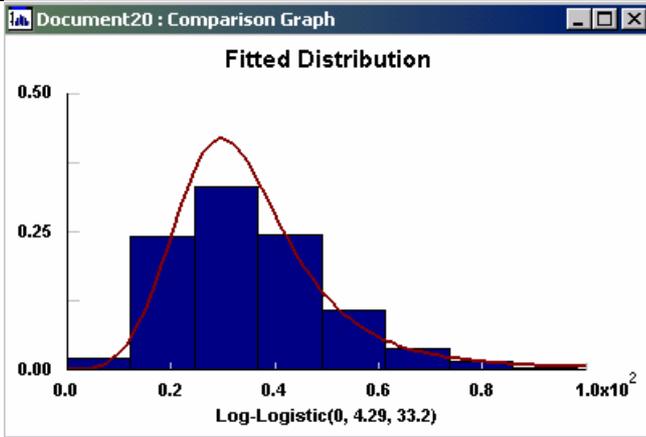
Distribuidor	68	Histograma dos Dados 
d	0,0554	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$36.77 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.756)$	

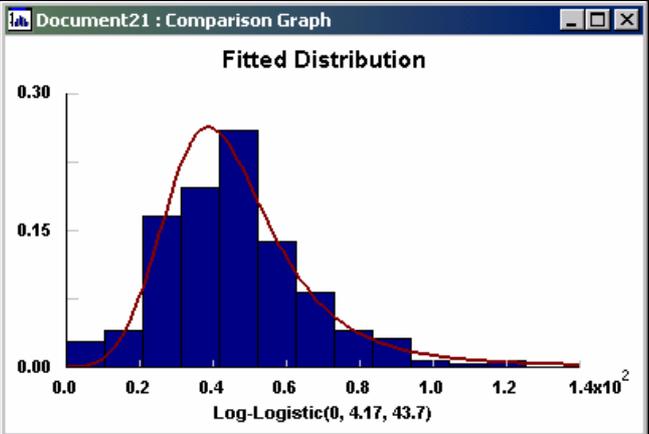
Distribuidor	69	Histograma dos Dados
d	0,0548	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$44.91 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.158)$	

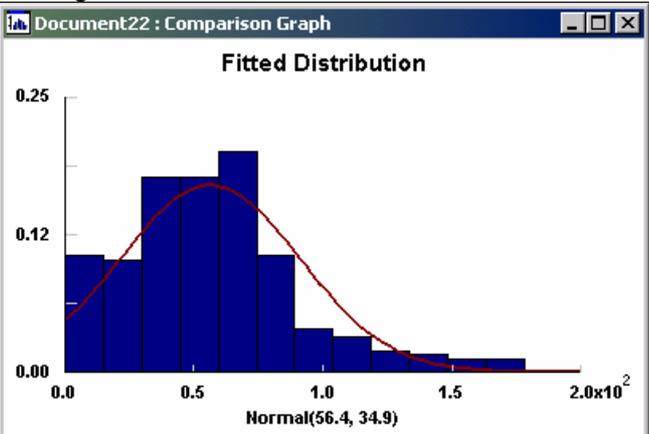
Distribuidor	70	Histograma dos Dados
d	0,0809	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$13.26 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.18)$	

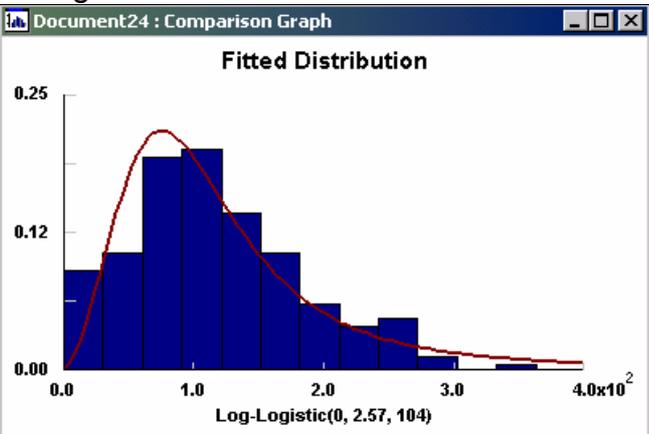
Distribuidor	71	Histograma dos Dados
d	0,0445	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$88.39 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.83)$	

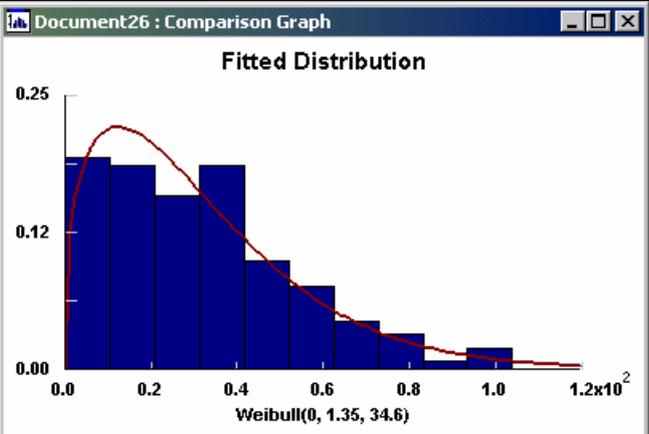
Distribuidor	72	Histograma dos Dados 																																										
d	-																																											
ks-stat	-																																											
% zeros	45,5																																											
Distribuição no Promodel		<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>12.85</td><td>0.37</td></tr> <tr><td>24.7</td><td>0.42</td></tr> <tr><td>36.55</td><td>0.435</td></tr> <tr><td>48.4</td><td>0.442</td></tr> <tr><td>60.25</td><td>0.464</td></tr> <tr><td>72.1</td><td>0.522</td></tr> <tr><td>83.95</td><td>0.572</td></tr> <tr><td>95.8</td><td>0.645</td></tr> <tr><td>107.6</td><td>0.725</td></tr> <tr><td>119.5</td><td>0.775</td></tr> <tr><td>131.3</td><td>0.812</td></tr> <tr><td>143.2</td><td>0.848</td></tr> <tr><td>155</td><td>0.884</td></tr> <tr><td>166.9</td><td>0.906</td></tr> <tr><td>178.7</td><td>0.92</td></tr> <tr><td>190.6</td><td>0.935</td></tr> <tr><td>202.4</td><td>0.957</td></tr> <tr><td>214.3</td><td>0.978</td></tr> <tr><td>226.1</td><td>0.978</td></tr> <tr><td>238</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	12.85	0.37	24.7	0.42	36.55	0.435	48.4	0.442	60.25	0.464	72.1	0.522	83.95	0.572	95.8	0.645	107.6	0.725	119.5	0.775	131.3	0.812	143.2	0.848	155	0.884	166.9	0.906	178.7	0.92	190.6	0.935	202.4	0.957	214.3	0.978	226.1	0.978	238	1
1	0																																											
12.85	0.37																																											
24.7	0.42																																											
36.55	0.435																																											
48.4	0.442																																											
60.25	0.464																																											
72.1	0.522																																											
83.95	0.572																																											
95.8	0.645																																											
107.6	0.725																																											
119.5	0.775																																											
131.3	0.812																																											
143.2	0.848																																											
155	0.884																																											
166.9	0.906																																											
178.7	0.92																																											
190.6	0.935																																											
202.4	0.957																																											
214.3	0.978																																											
226.1	0.978																																											
238	1																																											

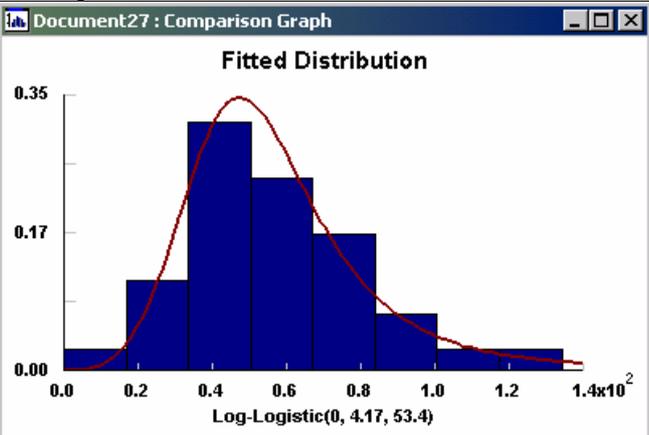
Distribuidor	73	Histograma dos Dados 
d	0,0614	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel		$33.23 * (1 / ((1 / U(0.5, 0.5)) - 1))^{**} (1 / 4.291)$

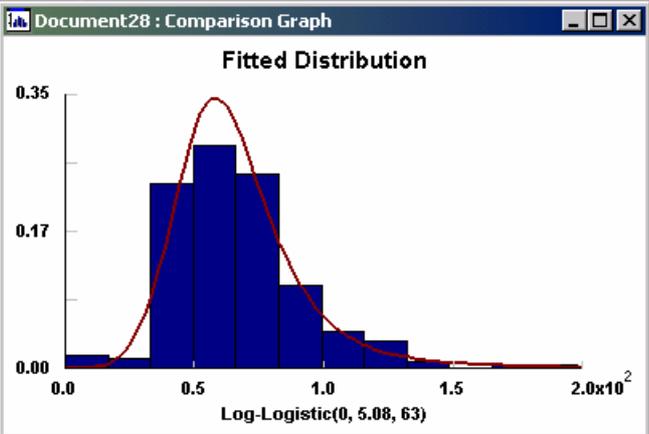
Distribuidor	74	Histograma dos Dados
d	0,0444	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$43.7 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.17)$	

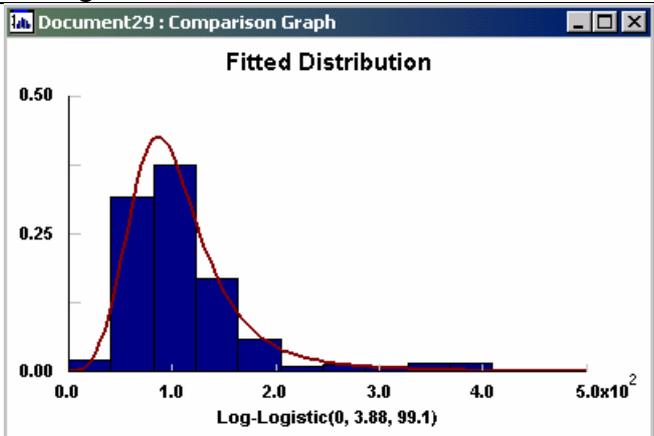
Distribuidor	75	Histograma dos Dados
d	0,0735	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$N(56.39, 34.9)$	

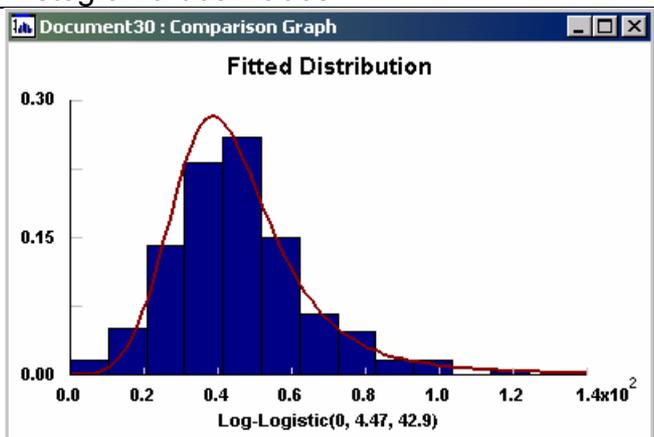
Distribuidor	76	Histograma dos Dados
d	0,0657	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$104.5 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./2.57)$	

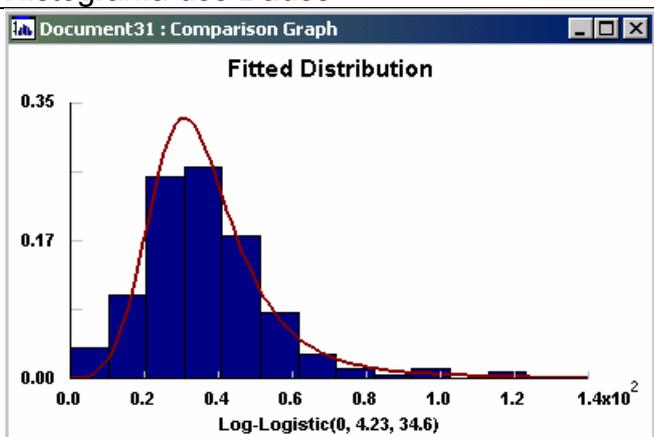
Distribuidor	77	Histograma dos Dados
d	0,0731	
ks-stat	0,0847	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	W(1.346, 34.59)	

Distribuidor	78	Histograma dos Dados
d	0,0452	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$53.37 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 4.166)$	

Distribuidor	79	Histograma dos Dados
d	0,0556	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$63 * (1. / ((1. / U(0.5, 0.5)) - 1.))^{**} (1. / 5.076)$	

Distribuidor	80	Histograma dos Dados
d	0,0376	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$99.07 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./3.881)$	

Distribuidor	81	Histograma dos Dados
d	0,0602	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$42.93 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.467)$	

Distribuidor	82	Histograma dos Dados
d	0,0745	
ks-stat	0,0845	
% zeros	0	
Distribuição no Promodel	$34.6 * (1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./4.227)$	

ANEXO III

DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS

Para definição de quais variáveis de decisão devem ser varridas pelo algoritmo de busca realizou-se um delineamento de experimentos. Foi feito um experimento fatorial completo com as variáveis que controlam os momentos e quantidades de reposição para o laboratório e para os distribuidores, são elas:

- Período de revisão dos estoques dos distribuidores;
- Fator de segurança dos distribuidores;
- Fator de segurança do laboratório;
- Tamanho do lote de produção no laboratório.

Durante o experimento acompanhou-se o custo total para identificação da importância de cada variável e de suas interações sobre o comportamento do modelo.

O delineamento foi realizado separadamente para os cenários III, IV, IIIS e IVS. Foram considerados dois valores para cada variável de decisão, um valor alto e outro valor baixo e que representem os limites que essas variáveis podem assumir na prática (vide tabela abaixo). Dessa forma, foram simulados dezesseis sub-cenários varrendo as possíveis combinações de valores. Cada simulação foi feita com três réplicas.

	Baixo	Alto
Período de revisão dos distribuidores (PerRev) em dias	1	15
Fator de segurança dos distribuidores (FS distr)	-2	3
Fator de segurança do laboratório (FS lab)	-2	1
Lote de produção no laboratório (LotProd) em unidades	38.500	154.000

Os resultados das simulações são apresentados a seguir.

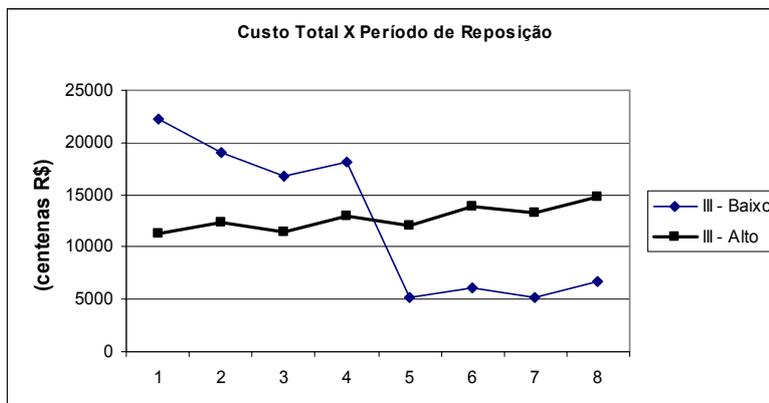
Cenário III

O cenário III apresentou os seguintes custos para as simulações realizadas:

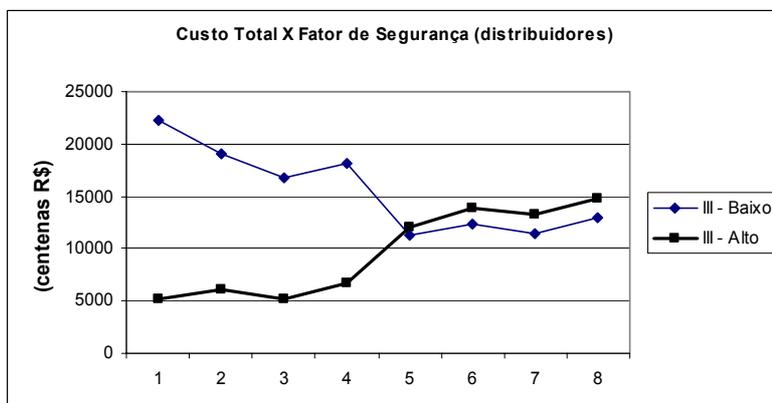
CENÁRIO III					Custo Total (centenas R\$)			
	Período de Reposição (dias)	Fator de Segurança - distribuidores	Fator de Segurança - laboratório	Lote de produção (100*unid)	Médio	replic.1	replic.2	replic.3
C01	1	-2	-2	385	22.299	22.477	22.280	22.140
C02	1	-2	-2	1540	18.988	19.147	19.144	18.675
C03	1	-2	1	385	16.777	16.885	16.767	16.681
C04	1	-2	1	1540	18.200	18.296	18.194	18.112
C05	1	3	-2	385	5.204	5.220	5.296	5.097
C06	1	3	-2	1540	6.097	6.105	6.148	6.037
C07	1	3	1	385	5.213	5.225	5.265	5.149
C08	1	3	1	1540	6.660	6.666	6.709	6.604
C09	1	-2	-2	385	11.253	11.106	11.178	11.474
C10	15	-2	-2	1540	12.356	12.208	12.499	12.360
C11	15	-2	1	385	11.408	11.306	11.373	11.545
C12	15	-2	1	1540	12.922	12.759	12.969	13.039
C13	15	3	-2	385	12.086	12.103	12.094	12.062
C14	15	3	-2	1540	13.842	13.913	13.673	13.941
C15	15	3	1	385	13.193	13.283	13.205	13.090
C16	15	3	1	1540	14.773	14.748	14.792	14.779

Os gráficos abaixo apresentam o comportamento do custo total médio entre as simulações de cada sub-cenário. O primeiro deles apresenta uma comparação entre sub-cenários idênticos com exceção do período de reposição que em uma das curvas representa os custos com a variável assumindo seu valor baixo (um dia), enquanto na outra curva ela assume seu valor alto (15 dias). Os outros gráficos apresentam as mesmas análises respectivamente para as seguintes variáveis:

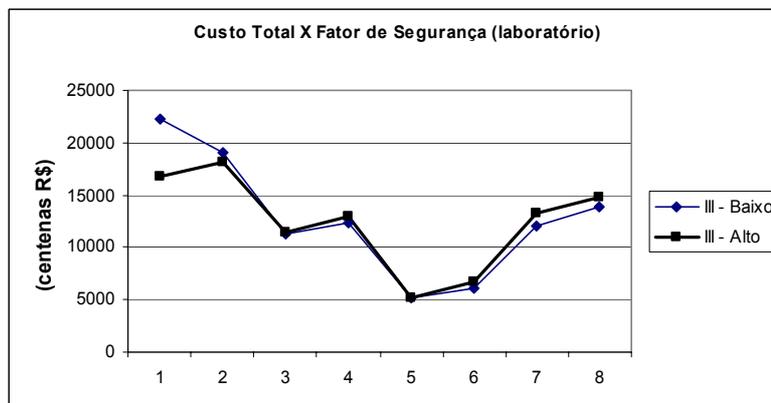
- Fator de segurança dos distribuidores;
- Fator de segurança do laboratório;
- Tamanho do lote de produção no laboratório.



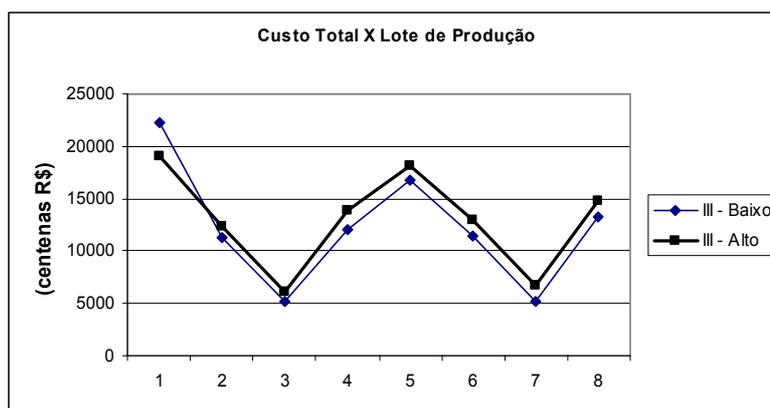
A análise do gráfico acima indica uma possível diferença no custo total médio com a variação do período de reposição. Outro aspecto de destaque é a interação entre o período de reposição e o fator de segurança dos distribuidores, que ocorre apenas quando o período de reposição assume seu valor mais baixo.



No gráfico acima também se nota uma diferença entre o custo para os diferentes níveis do fator de segurança dos distribuidores. Novamente destaca-se a interação entre o fator de segurança e o período de revisão dos distribuidores.



O gráfico acima mostra que para o cenário III a diferença no custo total médio para os diferentes valores do fator de segurança do laboratório é relativamente pequena.

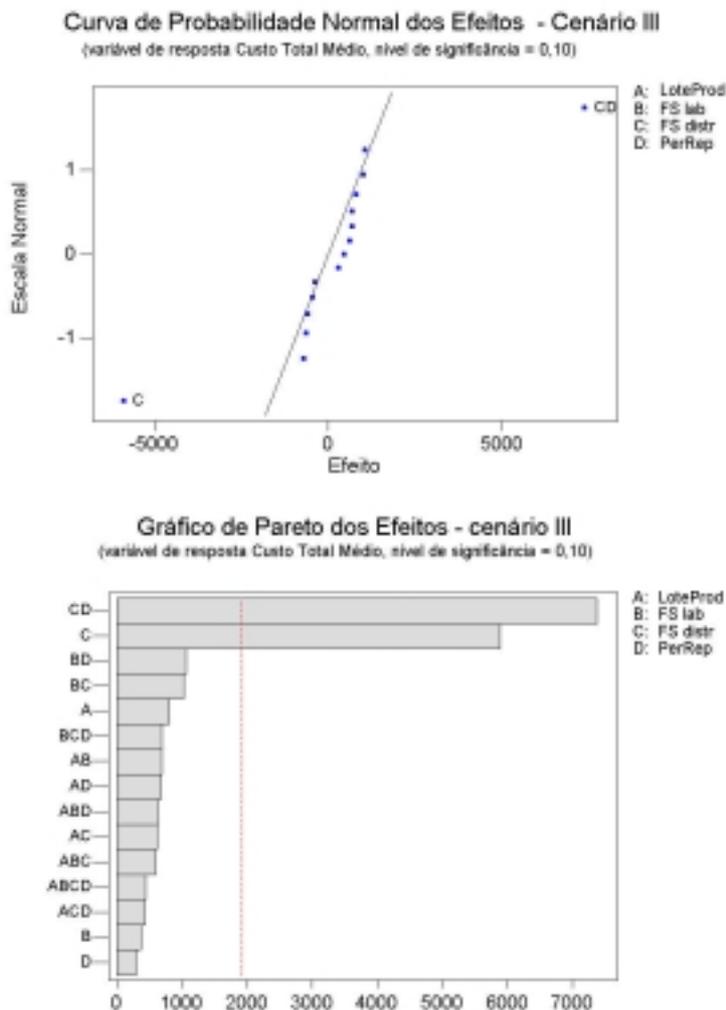


Como pode ser visto no gráfico acima, o custo total médio foi relativamente pouco afetado pela variação no tamanho do lote de produção no laboratório.

A seguir, são apresentados os gráficos com os resultados dos delineamentos para o cenário III.

Cenário III

Os resultados apresentados a seguir, relativos ao delineamento de experimentos feitos para o cenário III, foram obtidos com auxílio do software Minitab13.



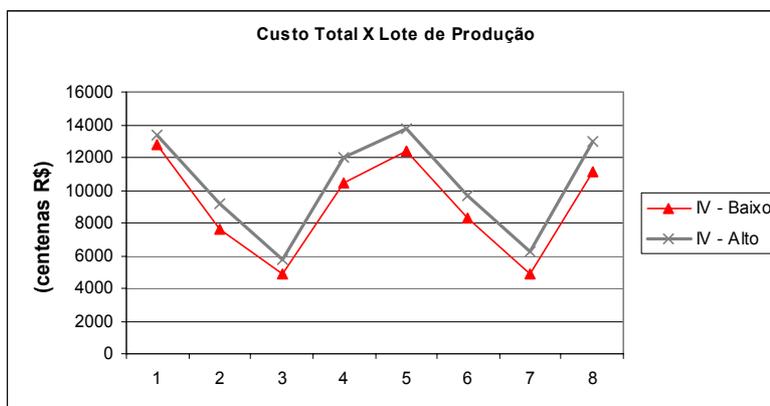
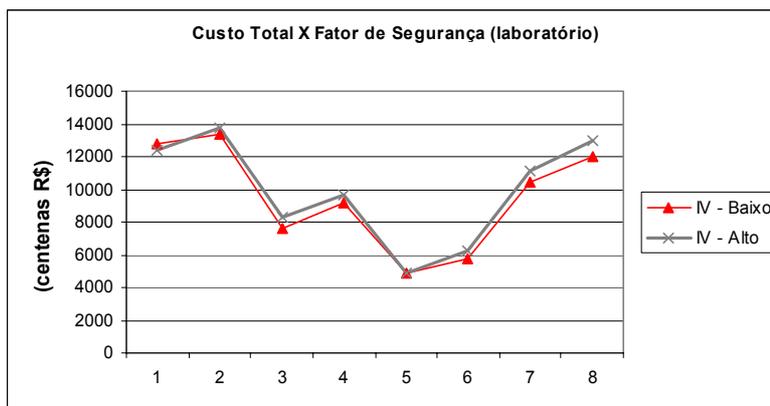
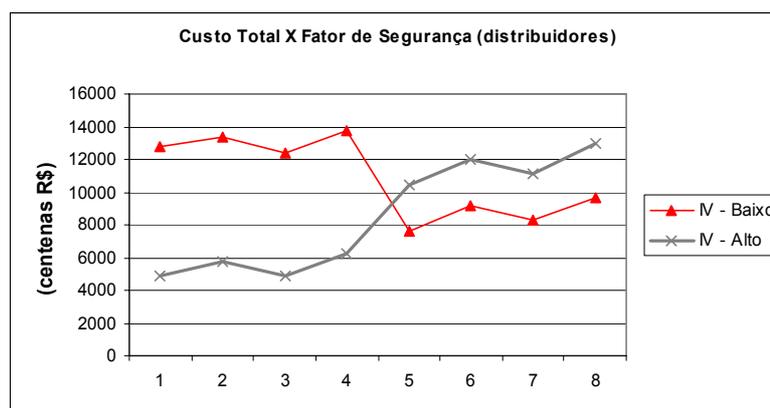
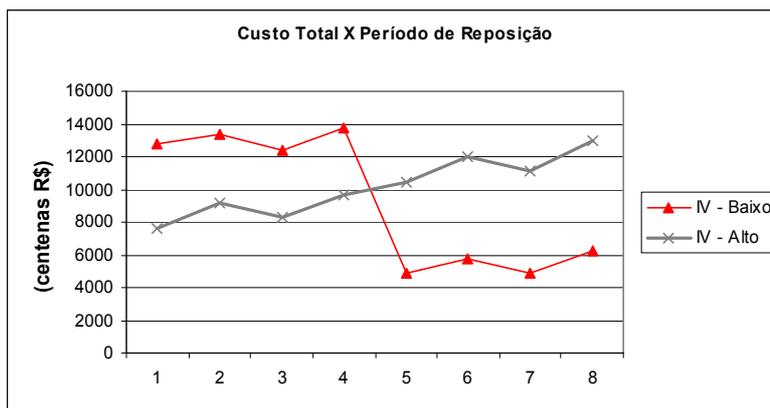
Para o cenário III, ao nível de significância de 90%, mostraram-se importantes na definição do custo total da cadeia a variável de decisão fator de segurança dos distribuidores e sua interação com o período de revisão dos estoques dos distribuidores.

Cenário IV

O cenário IV apresentou os seguintes custos para as simulações realizadas:

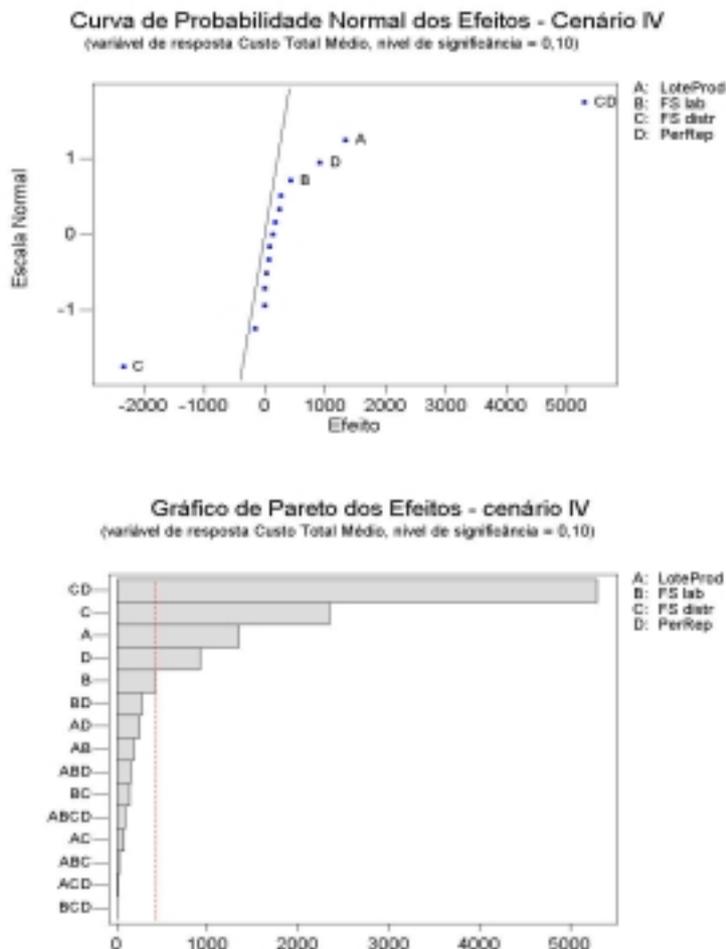
CENÁRIO IV					Custo Total (centenas R\$)			
	Período de Reposição (dias)	Fator de Segurança - distribuidores	Fator de Segurança - laboratório	Lote de produção (100*unid)	Médio	replic.1	replic.2	replic.3
C01	1	-2	-2	385	12.744	12.838	12.796	12.599
C02	1	-2	-2	1540	13.372	13.378	13.500	13.238
C03	1	-2	1	385	12.356	12.363	12.438	12.267
C04	1	-2	1	1540	13.787	13.780	13.880	13.702
C05	1	3	-2	385	4.834	4.881	4.868	4.755
C06	1	3	-2	1540	5.721	5.766	5.769	5.629
C07	1	3	1	385	4.842	4.866	4.881	4.779
C08	1	3	1	1540	6.288	6.324	6.305	6.234
C09	1	-2	-2	385	7.602	7.584	7.627	7.596
C10	15	-2	-2	1540	9.197	9.126	9.288	9.178
C11	15	-2	1	385	8.255	8.184	8.304	8.276
C12	15	-2	1	1540	9.671	9.728	9.695	9.590
C13	15	3	-2	385	10.454	10.368	10.565	10.430
C14	15	3	-2	1540	11.981	12.172	11.783	11.989
C15	15	3	1	385	11.154	11.211	11.232	11.018
C16	15	3	1	1540	12.986	12.986	12.940	13.034

Como para o cenário III, abaixo são apresentados os gráficos do custo total médio para cada uma das variáveis de decisão em seus níveis alto e baixo. A análise dos gráficos revela que o comportamento do custo em função das variáveis é o mesmo já apresentado para o cenário III.



Cenário IV

Os resultados apresentados a seguir, relativos ao delineamento de experimentos feitos para o cenário IV, foram obtidos com auxílio do software Minitab13.



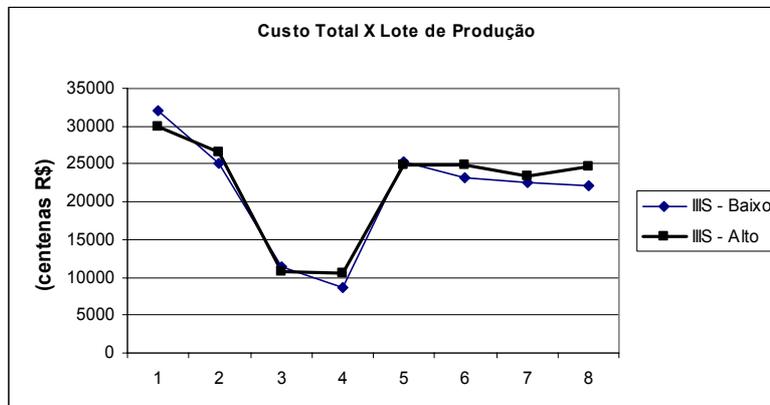
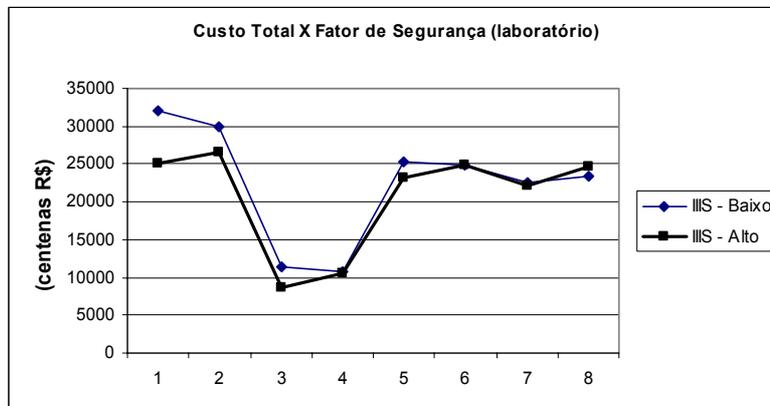
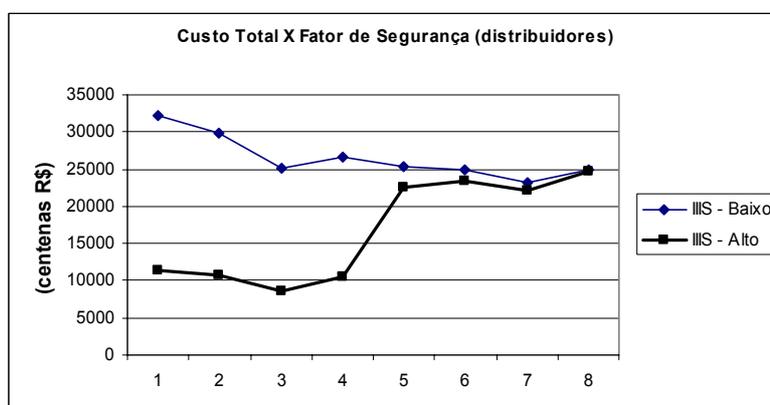
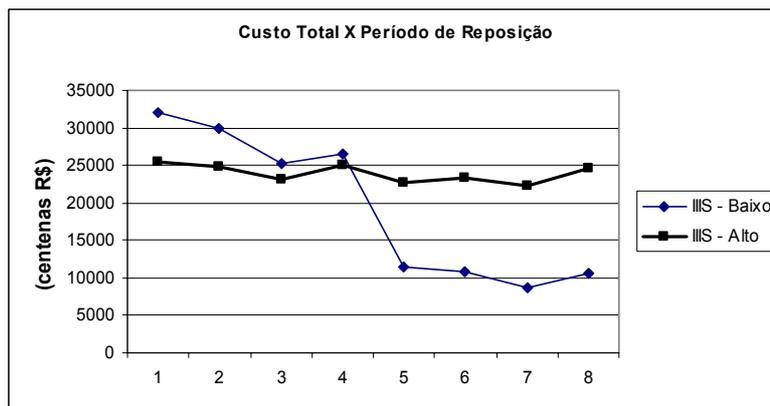
Para o cenário IV, ao nível de significância de 90%, mostraram-se importantes na definição do custo total da cadeia as variáveis de decisão tamanho do lote de produção, fator de segurança dos distribuidores e a interação entre o período de revisão dos estoques dos distribuidores e o fator de segurança dos distribuidores.

Cenário IIIS

O cenário IIIS apresentou os seguintes custos para as simulações realizadas:

CENÁRIO IIIS					Custo Total (centenas R\$)			
	Período de Reposição (dias)	Fator de Segurança - distribuidores	Fator de Segurança - laboratório	Lote de produção (100*unid)	Médio	replic.1	replic.2	replic.3
C01	1	-2	-2	385	32.123	32.371	31.903	32.096
C02	1	-2	-2	1540	29.880	30.149	29.685	29.806
C03	1	-2	1	385	25.186	25.344	25.023	25.190
C04	1	-2	1	1540	26.570	26.831	26.267	26.613
C05	1	3	-2	385	11.358	11.613	11.023	11.439
C06	1	3	-2	1540	10.787	10.844	10.854	10.662
C07	1	3	1	385	8.628	8.650	8.514	8.721
C08	1	3	1	1540	10.552	10.616	10.487	10.554
C09	1	-2	-2	385	25.369	25.570	25.052	25.485
C10	15	-2	-2	1540	24.882	25.070	24.421	25.153
C11	15	-2	1	385	23.184	23.283	22.941	23.329
C12	15	-2	1	1540	24.963	25.179	24.679	25.031
C13	15	3	-2	385	22.625	22.443	22.148	23.285
C14	15	3	-2	1540	23.386	23.423	23.246	23.489
C15	15	3	1	385	22.170	22.274	21.975	22.261
C16	15	3	1	1540	24.608	24.790	24.466	24.569

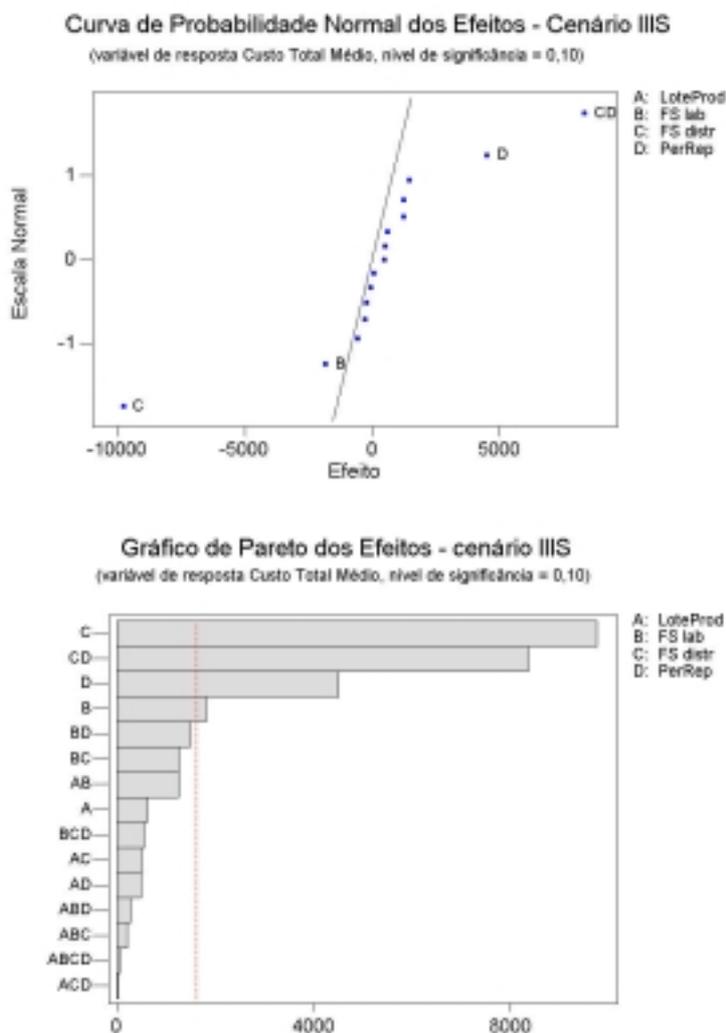
Como para os cenários III e IV, abaixo são apresentados os gráficos do custo total médio para cada uma das variáveis de decisão em seus níveis alto e baixo.



A seguir, são apresentados os gráficos com os resultados dos delineamentos para o cenário IIIS.

Cenário IIIS

Os resultados apresentados a seguir, relativos ao delineamento de experimentos feitos para o cenário IIIS, foram obtidos com auxílio do software Minitab13.



Para o cenário IIIS, ao nível de significância de 90%, mostraram-se importantes na definição do custo total da cadeia as seguintes variáveis de decisão: o fator de segurança dos distribuidores, o período de revisão dos estoques dos distribuidores, o fator de segurança do laboratório, e a

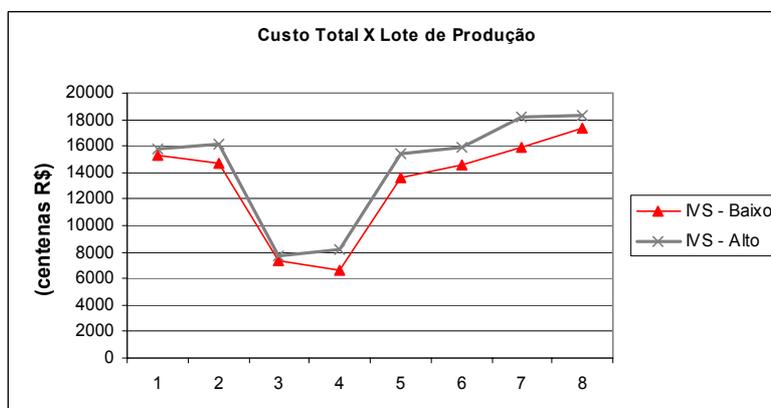
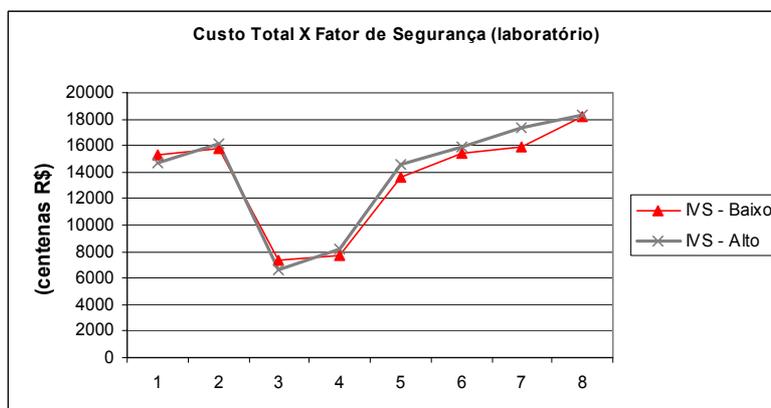
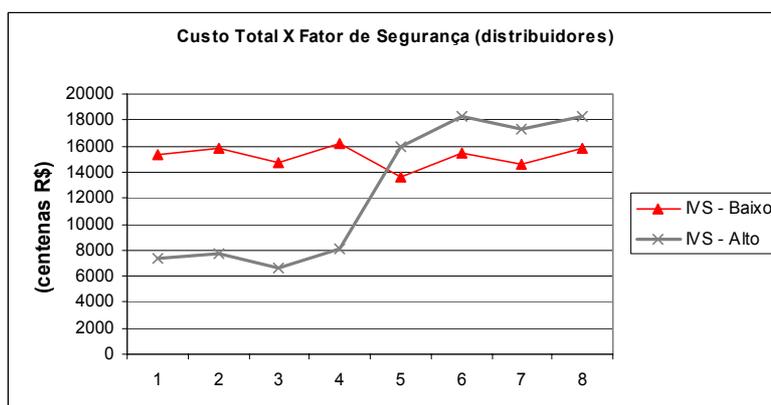
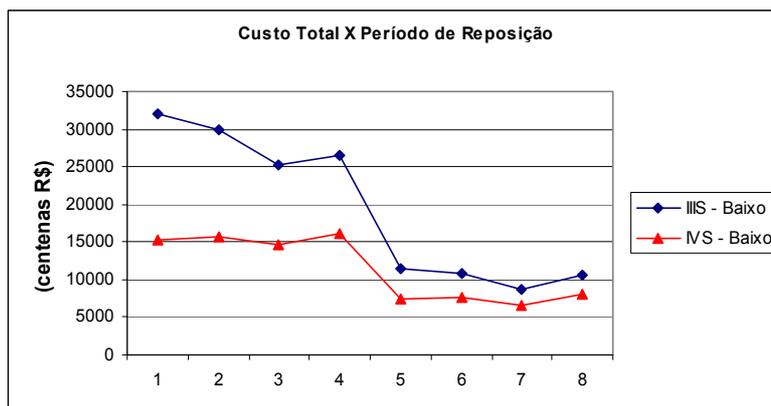
interação entre o período de revisão dos estoques dos distribuidores e o fator de segurança dos distribuidores.

Cenário IVS

O cenário IVS apresentou os seguintes custos para as simulações realizadas:

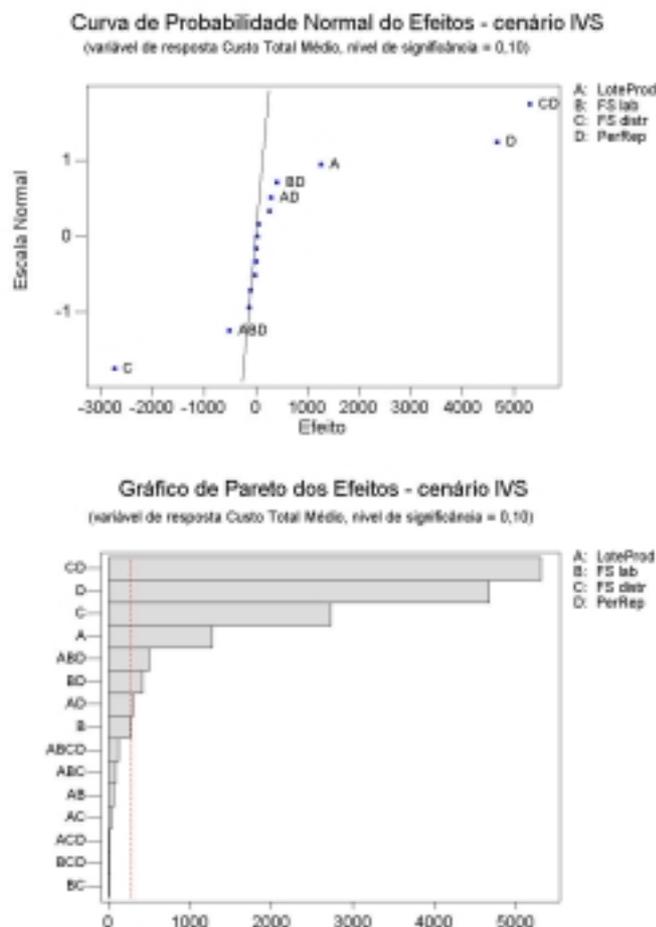
CENÁRIO IVS					Custo Total (centenas R\$)			
	Período de Revisão (dias)	Fator de Segurança - distribuidores	Fator de Segurança - laboratório	Lote de produção (100*unit)	Médio	replic.1	replic.2	replic.3
C01	1	-2	-2	385	15.344	15.622	14.677	15.732
C02	1	-2	-2	1540	15.779	16.118	15.510	15.707
C03	1	-2	1	385	14.685	14.795	14.670	14.591
C04	1	-2	1	1540	16.175	16.216	16.121	16.187
C05	1	3	-2	385	7.341	7.419	7.235	7.370
C06	1	3	-2	1540	7.738	7.744	7.883	7.586
C07	1	3	1	385	6.580	6.697	6.523	6.521
C08	1	3	1	1540	8.157	8.355	8.136	7.980
C09	1	-2	-2	385	13.647	14.129	13.446	13.366
C10	15	-2	-2	1540	15.401	15.819	15.466	14.917
C11	15	-2	1	385	14.553	14.958	14.354	14.347
C12	15	-2	1	1540	15.851	16.261	15.707	15.584
C13	15	3	-2	385	15.950	15.978	15.855	16.016
C14	15	3	-2	1540	18.241	18.212	18.034	18.476
C15	15	3	1	385	17.304	17.434	17.242	17.235
C16	15	3	1	1540	18.284	18.227	18.149	18.476

Como para os cenários III, IV e IIIS, abaixo são apresentados os gráficos do custo total médio para cada uma das variáveis de decisão em seus níveis alto e baixo.



Cenário IVS

Os resultados apresentados a seguir, relativos ao delineamento de experimentos feitos para o cenário IVS, foram obtidos com auxílio do software Minitab13.



Para o cenário IVS, ao nível de significância de 90%, mostraram-se importantes na definição do custo total da cadeia o período de revisão dos estoques dos distribuidores, fator de segurança dos distribuidores, tamanho do lote de produção no laboratório e as seguintes interações entre as variáveis de decisão: tamanho do lote de produção no laboratório com o fator de segurança dos distribuidores com o período de revisão dos estoques dos distribuidores, o fator de segurança dos distribuidores com o período de revisão dos estoques dos distribuidores e o tamanho do lote de produção no laboratório com o período de revisão dos estoques dos distribuidores.

Para detalhes sobre a teoria associada ao delineamento de experimentos fatorial completo consulte Montgomery (1983).

ANEXO IV

**RESULTADOS DAS
SIMULAÇÕES
DA PARAMETRIZAÇÃO
DA POLÍTICA DE REPOSIÇÃO**

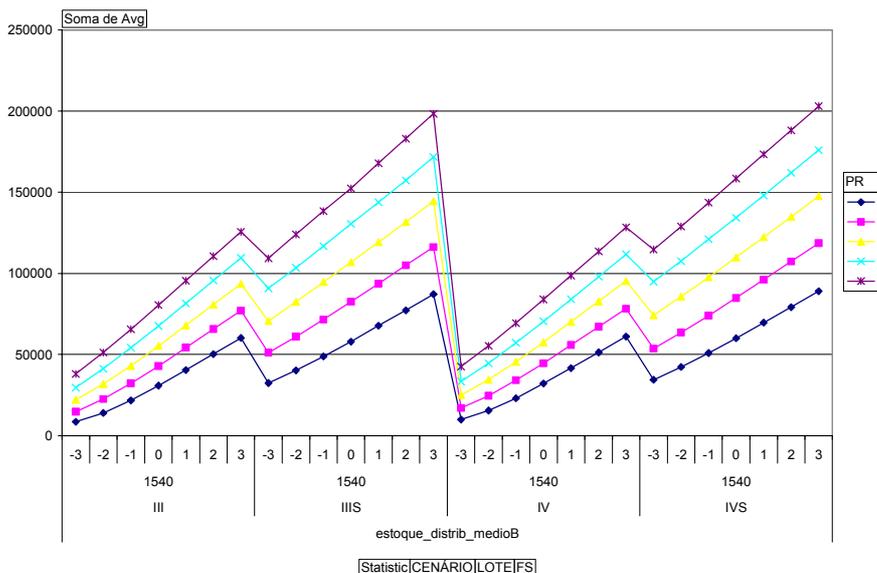
Os gráficos a seguir apresentam os resultados de todas parametrizações feitas em cada um dos quatro cenários simulados (III, IV, IIIS, IVS)

Os parâmetros variados em cada cenário foram:

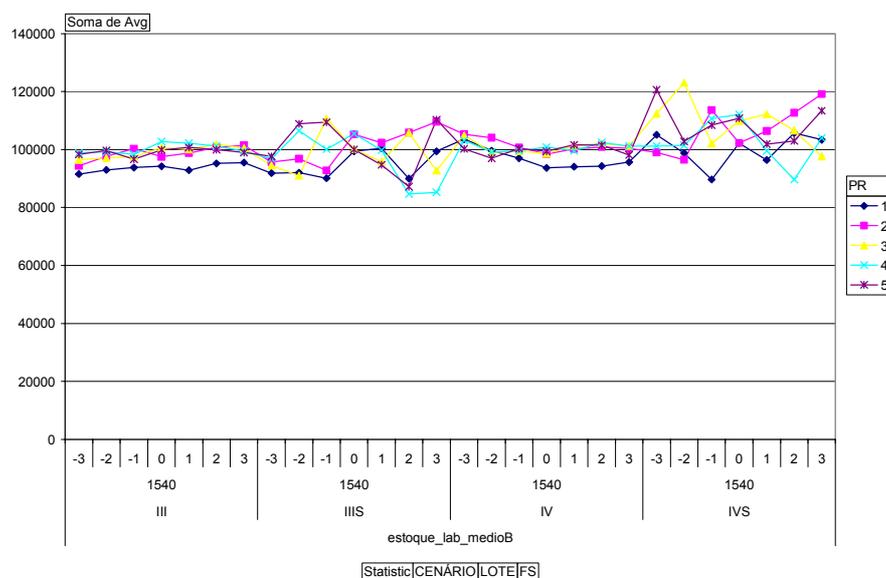
- Período de revisão dos estoques dos distribuidores (PR) – o período de revisão assume valores de 1, 2, 3, 4 e 5 dias
- Fator de segurança dos distribuidores (FS) – o fator de segurança assume valores de -3, -2, -1, 0, 1, 2 e 3.

NOTA PARA LEITURA DOS GRÁFICOS: em todos os gráficos deste anexo o eixo das ordenadas apresenta na seqüência o Fator de segurança dos distribuidores (FS), o tamanho de lote de produção (em centenas de unidades) e o cenário de simulação (CENARIO). PR é o período de revisão dos estoques dos distribuidores.

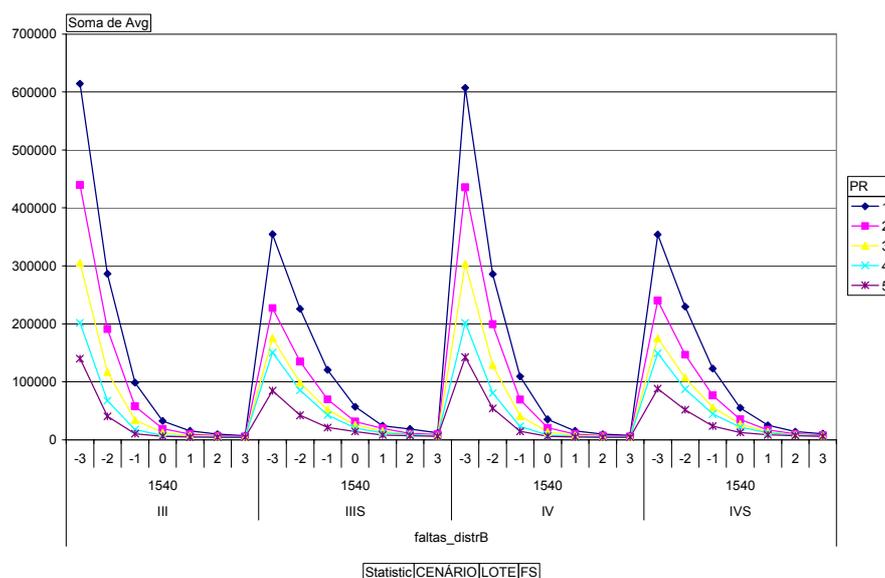
O gráfico abaixo apresenta o comportamento do estoque médio nos distribuidores. Para todos cenários pode-se verificar o aumento do estoque médio com o aumento do fator de segurança e do período de revisão. Os cenários que possuem sazonalidade na demanda (IIIS e IVS) também apresentam nos distribuidores valores de estoque médio superiores em relação aos cenários sem sazonalidade (III e IV).



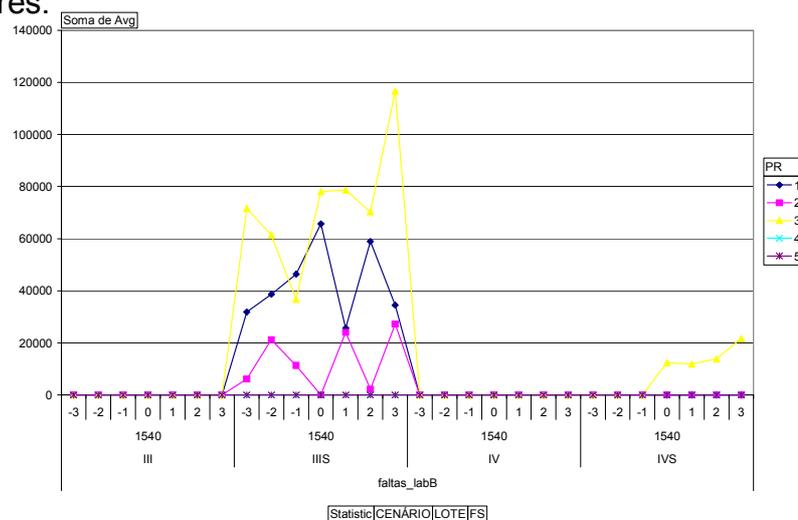
O gráfico abaixo apresenta o comportamento do estoque médio no laboratório. Uma vez que o tamanho do lote de produção foi mantido constante e igual a 154.000 unidades, não se observa variação significativa no estoque do laboratório em cada cenário.



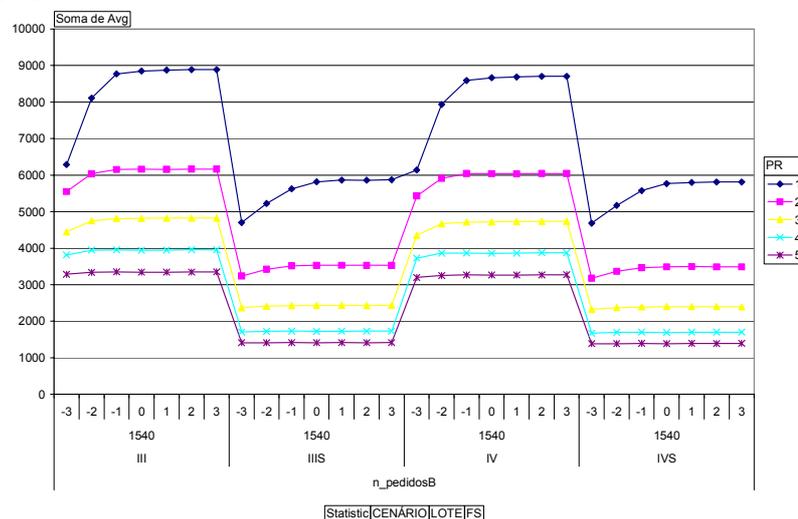
O gráfico abaixo apresenta a demanda não atendida pelos distribuidores. A análise desse gráfico indica que as simulações em que o fator de segurança é inferior a 'um' são soluções pouco interessantes, pois têm alto valor de vendas perdidas.



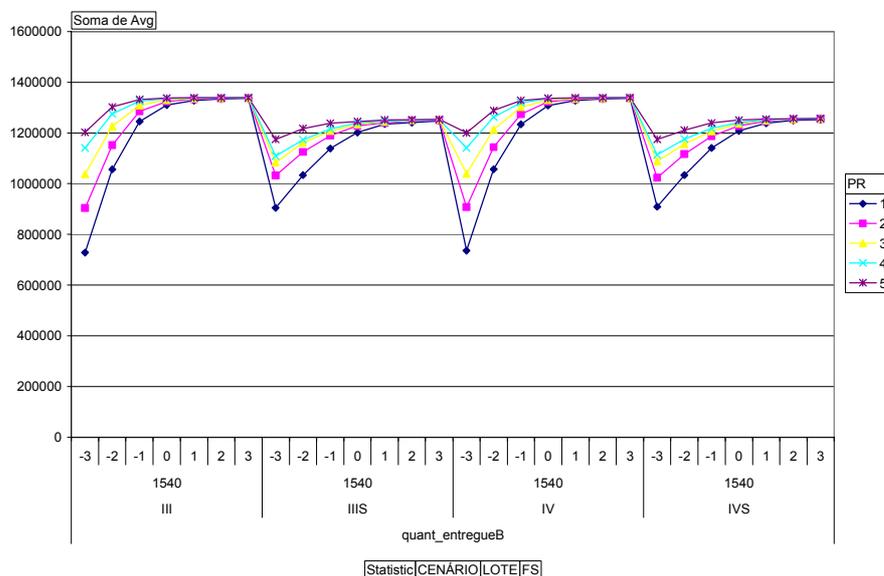
O gráfico abaixo apresenta a demanda atendida com atraso pelo laboratório. Uma vez que o fator de segurança do laboratório foi mantido constante e igual a 1, não houve grande variação nessa variável. A exceção é o cenário IIS no qual houve falta devido a sazonalidade da demanda. Para o cenário IVS esse efeito foi menor, pois sua previsão de vendas é construída com base no histórico de demanda das farmácias e não dos pedidos dos distribuidores.



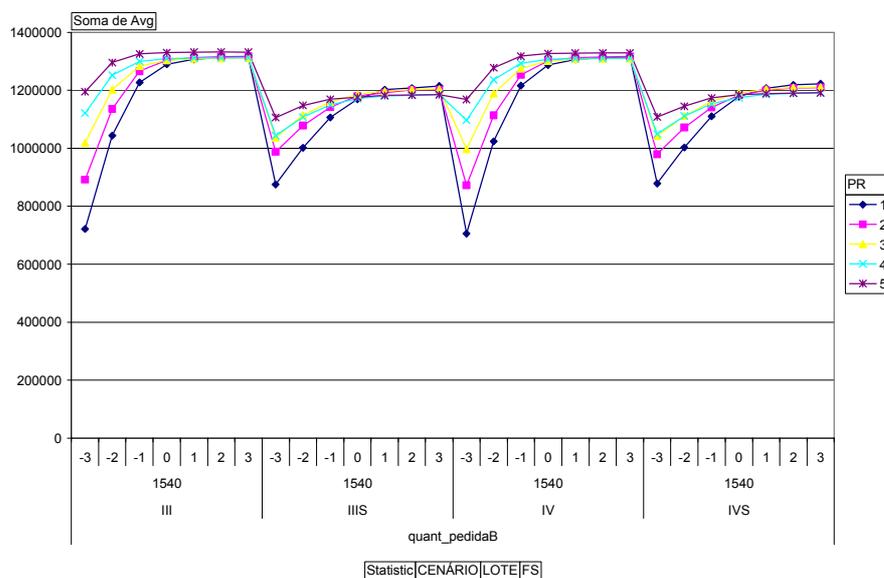
O gráfico abaixo apresenta o número de pedidos recebidos pelo laboratório durante a simulação. Como se pode observar o período de reposição é o principal fator que influi sobre a quantidade de pedidos no ano. O aumento na quantidade de pedidos tem impacto sobre o custo de transporte devido o custo fixo de uma carga. Entretanto, o menor número de pedidos leva a pedidos maiores e conseqüentemente a maiores estoques médios. A soma desses efeitos pode ser analisada no gráfico do custo total, apresentado mais adiante.



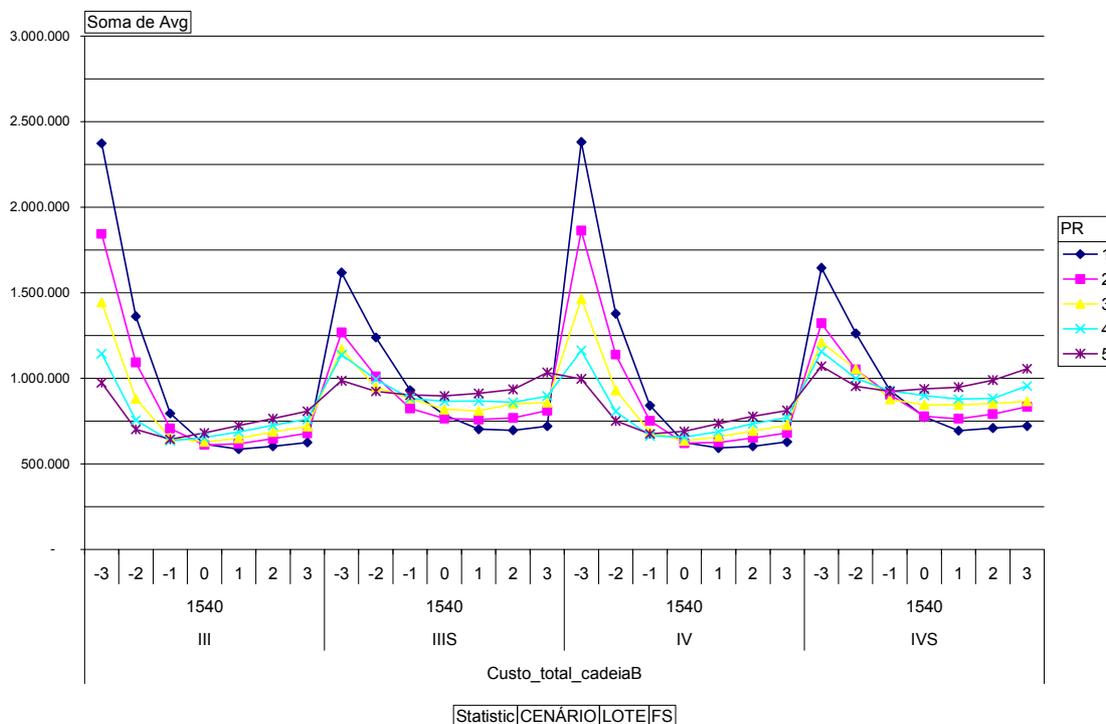
O gráfico abaixo apresenta a quantidade de produtos entregues pelos distribuidores às farmácias.



O gráfico abaixo apresenta a quantidade de produtos pedidos pelos distribuidores ao laboratório. Essa variável tem impacto sobre o custo de transporte, pois o peso e o volume transportados do laboratório para os distribuidores define o custo do frete. Observa-se uma queda na quantidade entregue com a diminuição do fator de segurança, conseqüência das vendas perdidas nessas simulações.



O gráfico abaixo apresenta o custo total da cadeia durante as simulações realizadas em todos os cenários.



Nos gráficos a seguir as componentes do custo total são apresentadas individualmente. No computo geral pode-se perceber que as principais componentes responsáveis pela variação no custo total da cadeia são o custo de estoque dos distribuidores e o custo de vendas perdidas dos distribuidores. Os outros custos apesar de significativos para composição do custo total da cadeia tiveram importância relativamente menor durante a parametrização da política de reposição.

O mercado da empresa analisada neste estudo possui duas características que influem sobre os resultados: o alto valor agregado dos produtos e a alta margem de lucratividade. O alto valor agregado do produto aumenta a importância do custo de estoques, sobretudo para os distribuidores onde está a maior parte do estoques da cadeia. Por outro lado, a alta margem de

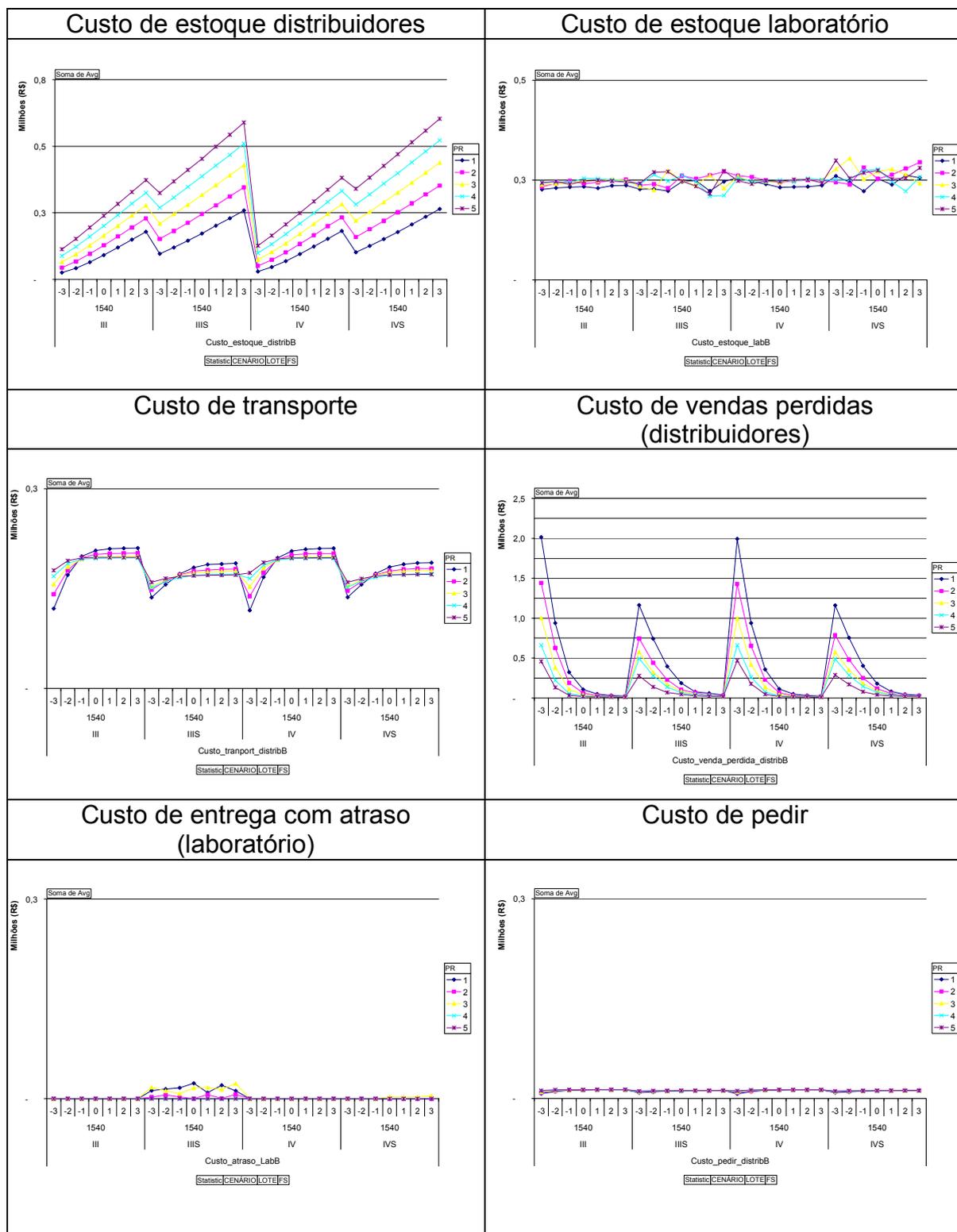
lucratividade carrega o custo de venda perdida que inibe a operação dos distribuidores com baixos estoques.

O custo de estoque dos distribuidores aumenta tanto com o fator de segurança dos distribuidores como com o período de revisão de seus estoques. Isso é consequência direta da formulação do estoque-alvo (ou estoque-máximo). Como pode ser visto na Equação (7) (no tópico '4.3.Formulação e planejamento do modelo') o estoque-alvo está diretamente ligado ao período de revisão e ao estoque de segurança. O estoque de segurança, por sua vez, é definido pela variabilidade da demanda de cada distribuidor e pelo fator de segurança dos distribuidores – Equação (8) (no tópico '4.3.Formulação e planejamento do modelo').

Já o custo de vendas perdidas diminui com o aumento do estoque médio, ou seja, diminui com o aumento do período de revisão e com o aumento do fator de segurança dos distribuidores.

Apesar de significativo na composição do custo total da cadeia, o custo de estoque do laboratório é pouco significativo para parametrização dos cenários, dado que o tamanho do lote de produção e o fator de segurança do laboratório foram mantidos constantes. As consequências relacionadas à variação do tamanho do lote de produção estão apresentadas no tópico '5.4. Influência do tamanho do lote de produção sobre o sistema'.

O custo de transporte é menor para as simulações com valores baixos de fator de segurança dos distribuidores pois, nesses casos ocorreu significativa perda de vendas que, conseqüentemente, não foram transportadas. Com relação ao período de revisão, sua diminuição faz o custo de transporte aumentar pois, nesses casos há uma diminuição no tamanho médio dos pedidos e um aumento na quantidade de viagens para transportar o mesmo volume total. Como uma parte do custo de transporte é fixa, esse aumento na quantidade de viagens causa um aumento no custo total.



ANEXO V
RESULTADOS DAS
SIMULAÇÕES
COM VARIAÇÃO NO TAMANHO
DO LOTE DE PRODUÇÃO

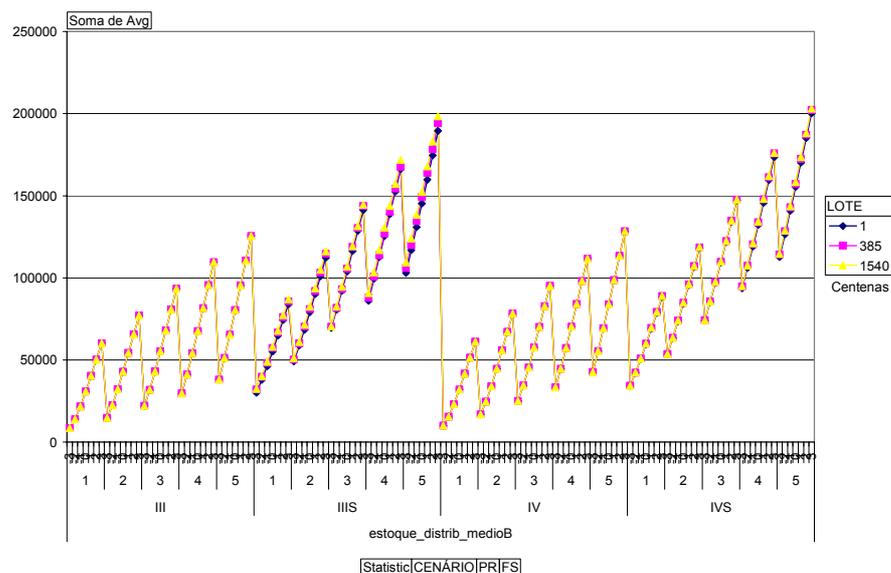
Os gráficos a seguir apresentam os resultados das simulações realizadas para os quatro cenários simulados (III, IV, IIIS, IVS), com a variação dos seguintes parâmetros:

- Período de revisão dos estoques dos distribuidores (PR) – o período de revisão assume valores de 1, 2, 3, 4 e 5 dias
- Fator de segurança dos distribuidores (FS) – o fator de segurança assume valores de -3, -2, -1, 0, 1, 2 e 3.
- Tamanho do lote de produção do laboratório (LOTE) – o tamanho do lote assume os valores de 100, 38.500 e 154.000.

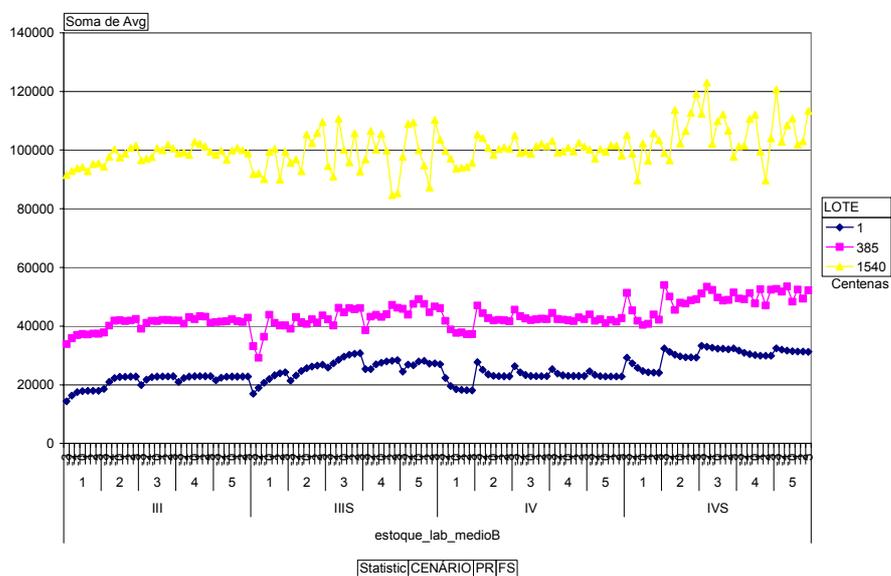
Como pode ser visto nos gráficos a seguir, com exceção do gráfico de estoque médio do laboratório, do número de preparações da linha de produção (*setups*) e da quantidade de itens atendidos com atraso, não há diferença entre os indicadores físicos do modelo com a variação do tamanho de lote.

NOTA PARA LEITURA DOS GRÁFICOS: Em todos os gráficos deste anexo o eixo das ordenadas apresenta na seqüência o fator de segurança dos distribuidores (FS), o período de revisão dos estoques dos distribuidores (PR) e o cenário de simulação (CENÁRIO).

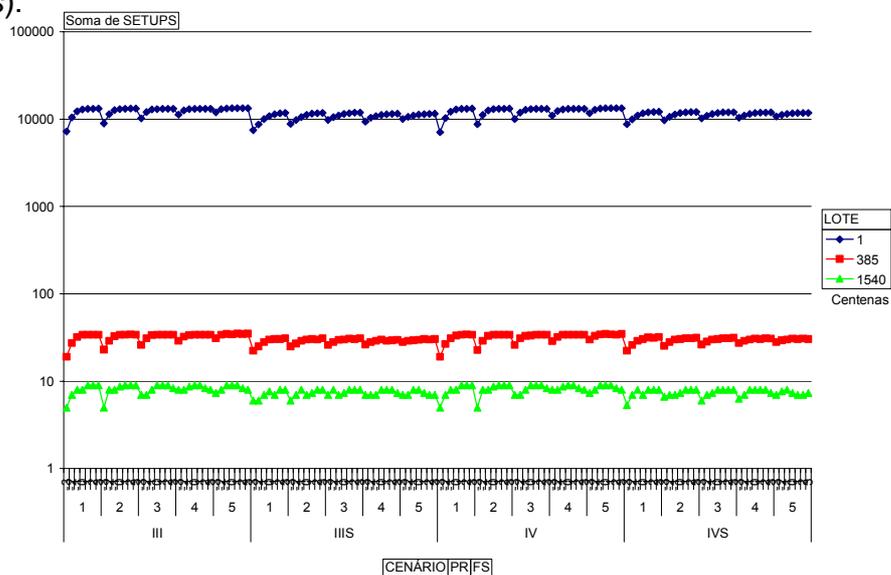
O gráfico abaixo apresenta o estoque médio dos distribuidores.



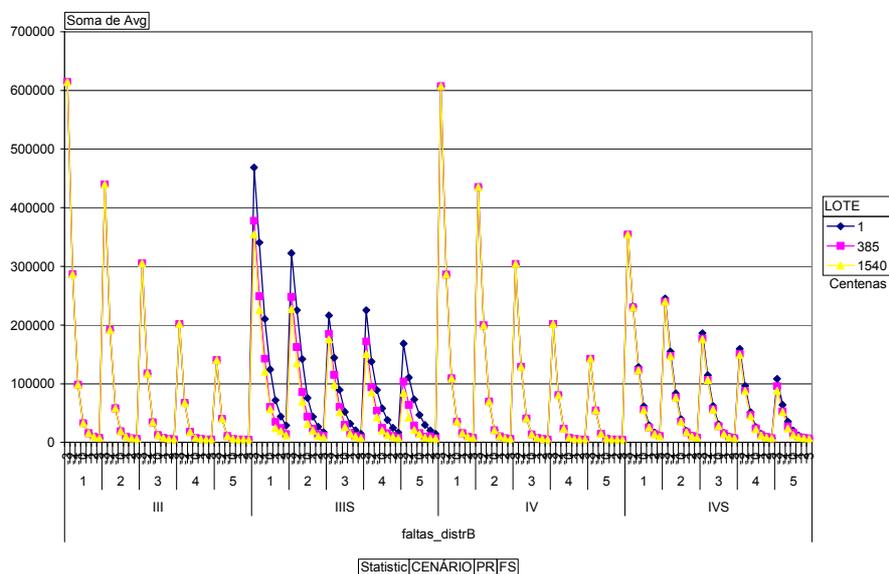
O gráfico abaixo apresenta o comportamento do estoque médio no laboratório.



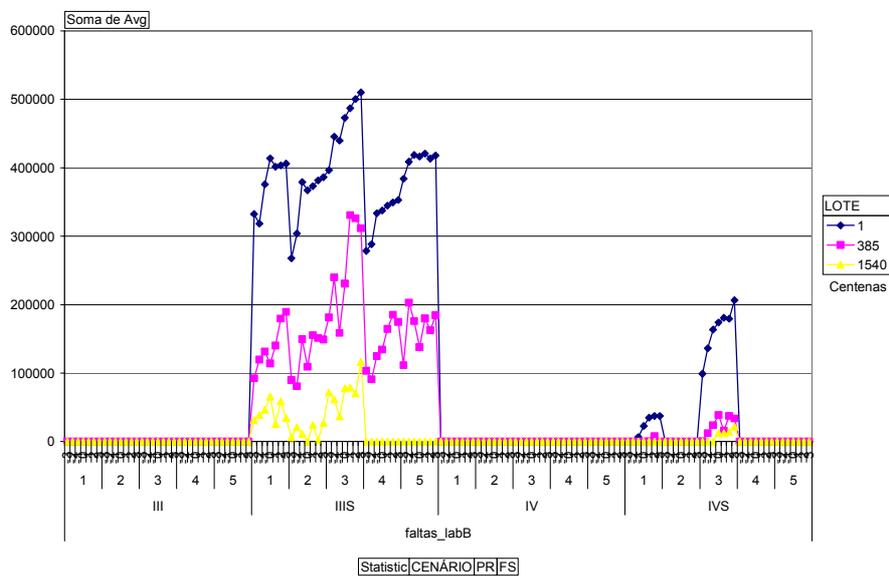
O gráfico abaixo apresenta o número de preparações da linha de produção (*setups*).



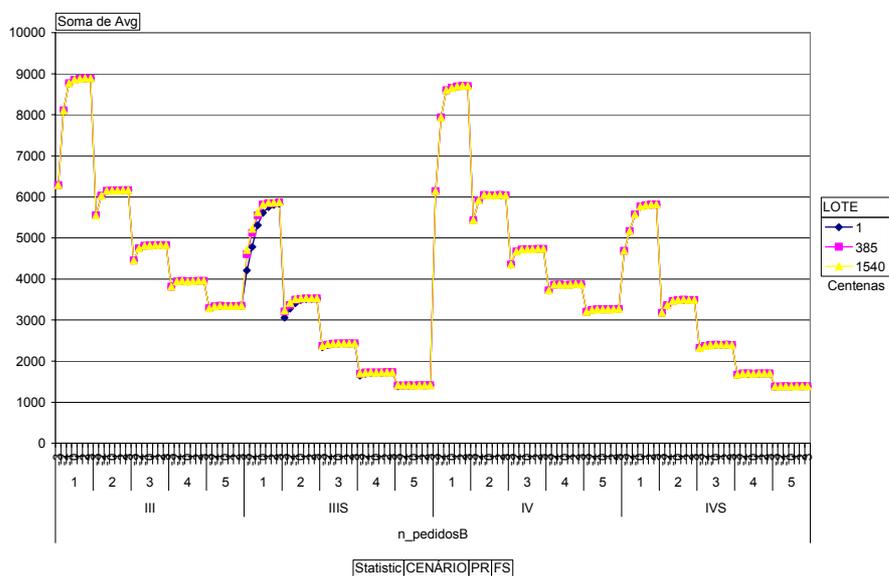
O gráfico abaixo apresenta a demanda não atendida pelos distribuidores em cada simulação.



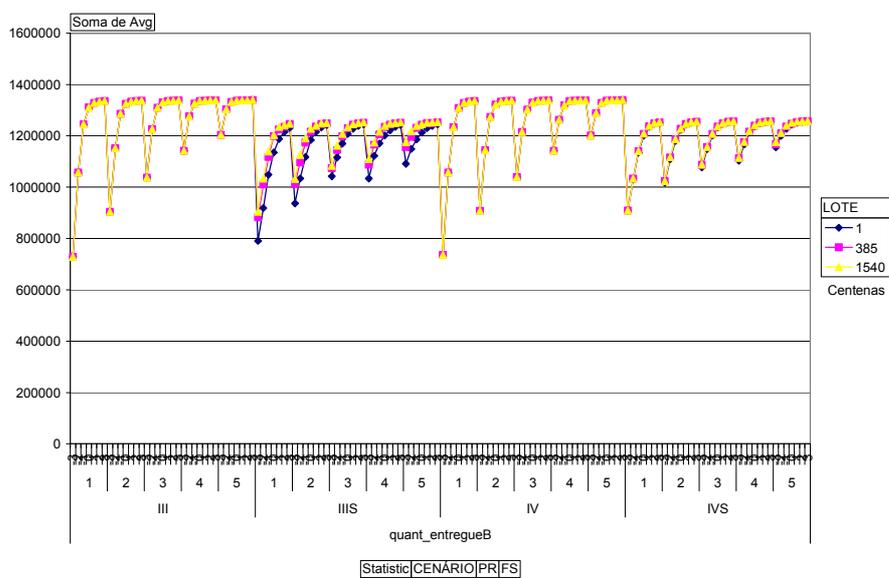
O gráfico abaixo apresenta a quantidade de itens atendidos com atraso pelo laboratório em cada simulação.



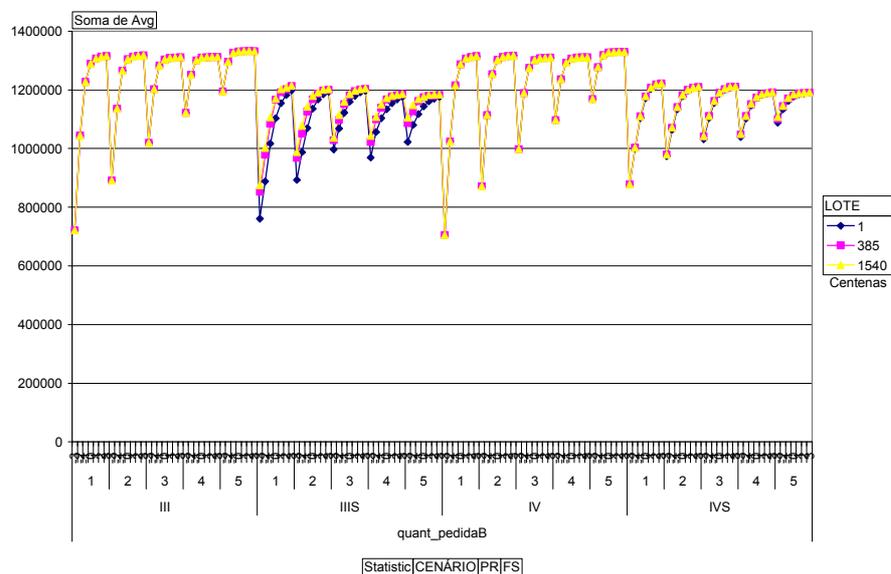
O gráfico abaixo apresenta o número de pedidos recebidos pelo laboratório durante cada simulação.



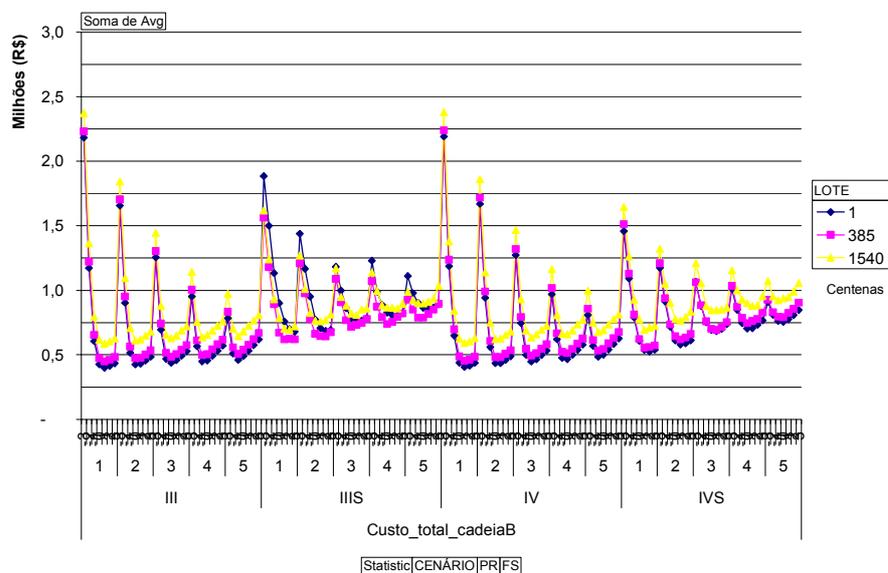
O gráfico abaixo apresenta a quantidade de produtos entregues pelos distribuidores às farmácias em cada simulação.



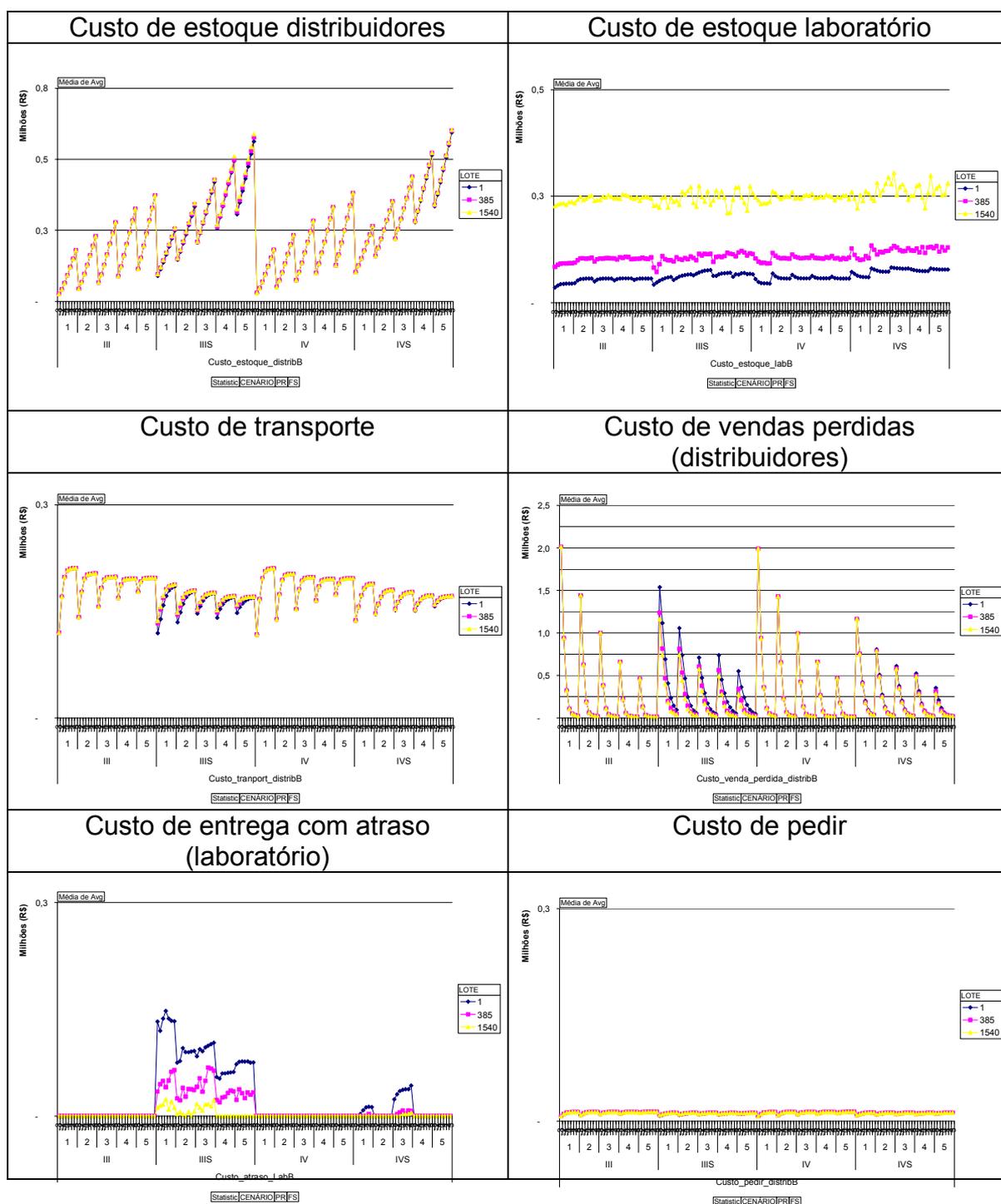
O gráfico abaixo apresenta a quantidade de produtos pedidos pelos distribuidores ao laboratório.



O gráfico abaixo apresenta o custo total da cadeia durante as simulações realizadas em todos os cenários.



A tabela abaixo apresenta as curvas das componentes de custo total da cadeia para cada lote de produção simulado.



ANEXO VI

CUSTO DE TRANSPORTE

O custo de transporte é calculado como a soma de 5 componentes:

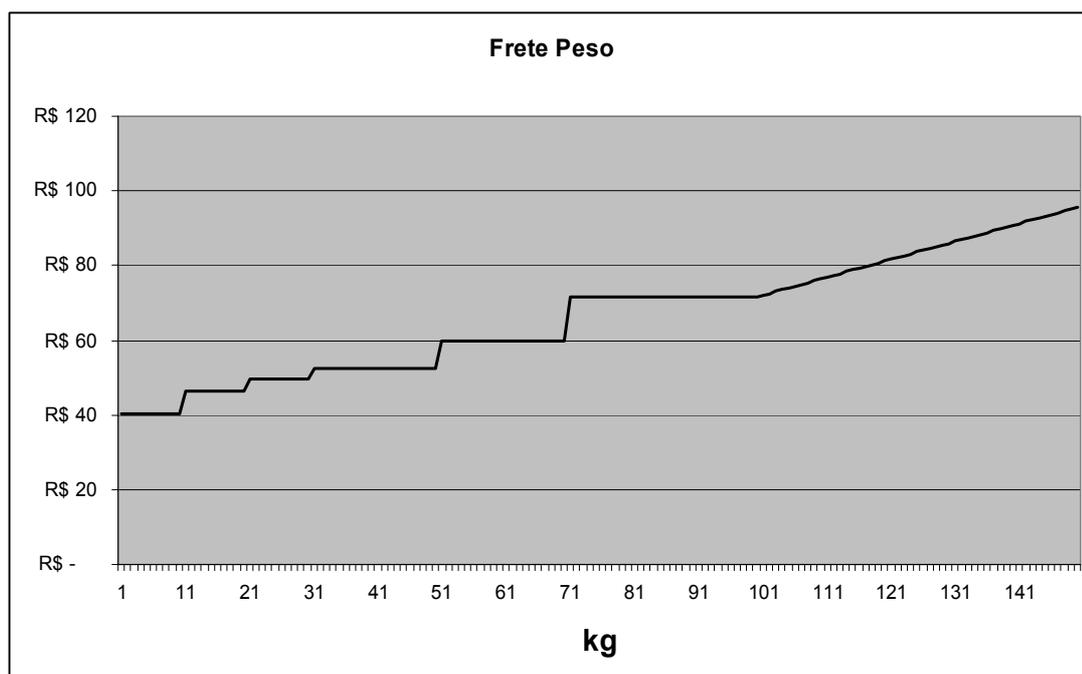
- Frete peso
- Gerenciamento de Risco (GRIS)
- AD Valorem
- Pedágio

Para definição de cada uma das componentes foi considerada a distância média entre o laboratório e os distribuidores.

Frete peso

A tabela abaixo apresenta os valores do frete peso de acordo com o peso em kg da carga.

Peso da Carga (kg)	Frete Peso (R\$)
até 10	40,15
de 10 até 20	46,44
de 20 até 30	49,59
de 30 até 50	52,51
de 50 até 70	59,69
de 70 até 100	71,60
acima de 100	$71,60 + [\text{peso da carga} - 100] * 0,48$



Gerenciamento de Risco (GRIS): a componente de gerenciamento de risco é igual a 0,23% do valor da nota fiscal.

AD Valorem: a componente de AD Valorem é igual a 0,13% do valor da nota fiscal.

Pedágio: o pedágio também é calculado com base no peso da carga. Para cada fração de 100kg é cobrado R\$ 1,01 como pedágio.

APÊNDICE I

PROGRAMAÇÃO DO

MODELO DE SIMULAÇÃO

NO PROMODEL


```

row=1
while row<53 do
  {
    read ped_sem_lab, serie_prev_ped_labB[row]
    inc row
  }
ORDER estoque_inicial_lab peca TO labB
n_aux=0
Termination Logic:
i=1
while i<277 do
  {
    if pedidos_dia[i]>-1 then
      {
        inc ped_med_dia, pedidos_dia[i]
        inc n_aux
      }
    inc i
  }
ped_med_dia=ped_med_dia/n_aux

i=1
while i<277 do
  {
    if pedidos_dia[i]>-1 then
      inc var_pedidos, (pedidos_dia[i]-ped_med_dia)**2/(n_aux-1)
    inc i
  }
n_aux=0
i=1
while i<277 do
  {
    if vendas_dia[i]>-1 then
      {
        inc vend_med_dia, vendas_dia[i]
        inc n_aux
      }
    inc i
  }
vend_med_dia=vend_med_dia/n_aux

i=1
while i<277 do
  {
    if vendas_dia[i]>-1 then
      inc var_vendas, (vendas_dia[i]-vend_med_dia)**2/(n_aux-1)
    inc i
  }

Ibullwhip=var_pedidos/var_vendas

```

```

*****
*                               *
*                               *
*****

```

```

Name      Cap Units Stats  Rules      Cost
-----
lab       inf 1   Time Series Oldest, ,
labB     inf 1   Time Series Oldest, ,
#
#Linha de produção do LabB
LinhaB   1 1   Time Series Oldest, ,
aux      inf 1   Time Series Oldest, ,
farmacia1B inf 1   Time Series Oldest, , First
farmacia2B inf 1   Time Series Oldest, ,
farmacia3B inf 1   Time Series Oldest, ,
farmacia4B inf 1   Time Series Oldest, ,
farmacia5B inf 1   Time Series Oldest, ,
farmacia6B inf 1   Time Series Oldest, ,
farmacia7B inf 1   Time Series Oldest, , First
farmacia8B inf 1   Time Series Oldest, , First
farmacia9B inf 1   Time Series Oldest, , First

```

farmacia10B inf 1 Time Series Oldest, , First
 ...
 farmacia97B inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia98B inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia99B inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia100B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib1B inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib2B inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib3B inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib4B inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib5B inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib6B inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib7B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib8B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib9B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib10B inf 1 Time Series Oldest, , First
 ...
 Distrib97B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib98B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib99B inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib100B inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia1 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia2 inf 1 Time Series Oldest, ,
 farmacia3 inf 1 Time Series Oldest, ,
 farmacia4 inf 1 Time Series Oldest, ,
 farmacia5 inf 1 Time Series Oldest, ,
 farmacia6 inf 1 Time Series Oldest, ,
 farmacia7 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia8 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia9 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia10 inf 1 Time Series Oldest, , First
 ...
 farmacia97 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia98 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia99 inf 1 Time Series Oldest, , First
 farmacia100 inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib1 inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib2 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib3 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib4 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib5 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib6 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib7 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib8 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib9 inf 1 Time Series Oldest, ,
 Distrib10 inf 1 Time Series Oldest, ,
 ...
 Distrib97 inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib98 inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib99 inf 1 Time Series Oldest, , First
 Distrib100 inf 1 Time Series Oldest, , First


```

Custo_estoque_lab = Custo_estoque_lab+ CONTENTS(loc(lab))* custo_unit_lab *
((1+taxa_de_juros_mensal)**(1/30)-1)

Custo_total_cadeia=Custo_estoque_distrib+Custo_estoque_lab+Custo_pedir_distrib+Custo_tranport_distrib
Custo_estoque_distribB = Custo_estoque_distribB + estoque_distribB * custo_unit_distrib *
((1+taxa_de_juros_mensal)**(1/30)-1)
Custo_estoque_labB = Custo_estoque_labB + CONTENTS(loc(labB))* custo_unit_lab *
((1+taxa_de_juros_mensal)**(1/30)-1)

Custo_total_cadeiaB=Custo_estoque_distribB+Custo_estoque_labB+Custo_pedir_distribB+Custo_tranport_distribB
+Custo_venda_perdida_distribB+Custo_atraso_LabB+Custo_fixo_producaoB

inc dia
if dia=8 then
{
dia=1
i=1
while i<101 do
{
D[i]=(D[i]*5*n_prev_distr-pedidos[52+semana-
n_prev_distr,i]+pedidos[52+semana,i])/(5*n_prev_distr)
Emax[i]=ROUND((D[i]+1)*indic_sazonalidade[semana]*(LT+PR)+FS*DESV[i]*SQRT(LT+PR))
inc i
}
serie_prev_ped_labB[semana+52]=pedB
inc semana
ped_semanal=ped
ped=0
ped_semanalB=pedB
pedB=0
}

if (dia=6) OR (dia=7) then
{
pedidos_dia[dias_corridos]=-1
vendas_dia[dias_corridos]=-1
}

est_distr=estoque_distrib
est_distrib=estoque_distribB

transito=0
i=1
while i<=n_distrib do
{
transito=transito+estoque_transitoB[i]
inc i
} 1 ent_dia EXIT FIRST 1
ent_reposicao_lab aux i=1
prev_ped_diario_labB=0
while i<=n_prev_lab do
{
prev_ped_diario_labB=prev_ped_diario_labB+serie_prev_ped_labB[semana+52-i]
inc i
}
prev_ped_diario_labB= round((prev_ped_diario_labB/n_prev_lab)/5)
if CONTENTS(loc(lab))<ponto_reposicao_lab then
{
ORDER lote_de_producao peca TO lab
Custo_fixo_producaoB=Custo_fixo_producaoB+Custo_fixo_prod
}
ponto_reposicao_labB = prev_ped_diario_labB*(LTproducaoB+PR_LAB)+SSlabB
WHILE (CONTENTS(loc(labB))+est_labB_processo-atrasado_LabB)<ponto_reposicao_labB
DO
{
ORDER lote_de_producaoB peca TO LinhaB
inc est_labB_processo, lote_de_producaoB
}
1 ent_reposicao EXIT FIRST 1
ent_reposicao aux i=1
while i<=n_distrib do
{

```



```

inc n_pedidosB
if dia<6 then
    inc pedidos_dia[dias_corridos], pedidoB
inc pedB, pedidoB
Custo_pedir_distribB = Custo_pedir_distribB + custo_pedido_fixoB/100 +
custo_pedidoB * custo_unit_distrib * pedidoB

if 100*(10*pedidoB)*peso_unit<10
then
    {
    frete_pesoB=40.15
    }
else
    {
    if 100*(10*pedidoB)*peso_unit<20 then
        {
        frete_pesoB=46.44
        }
    else
        {
        if 100*(10*pedidoB)*peso_unit<30 then
            {
            frete_pesoB=49.59
            }
        else
            {
            if 100*(10*pedidoB)*peso_unit<50 then
                {
                frete_pesoB=52.51
                }
            else
                {
                if 100*(10*pedidoB)*peso_unit<70
then
                    {
                    frete_pesoB=59.69
                    }
                else
                    {
                    if
100*(10*pedidoB)*peso_unit<100 then
                        {
                        frete_pesoB=71.6
                        }
                    else
                        {
                        if
100*(10*pedidoB)*peso_unit>=100 then
                            {
                            frete_pesoB=71.6+(100*(10*pedidoB)*peso_unit-100)*0.48
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
Custo_transport_distribB = Custo_transport_distribB + (frete_pesoB +
custo_unit_distrib * (10*pedidoB) * (0.0023+0.0013)+ TRUNC(1+(10*pedidoB)*peso_unit/100)*1.01)/100/10
}
inc i
}
}
1 ent_reposicao EXIT FIRST 1
peca LinhaB 1 peca labB FIRST 1 move for LTproducaoB
dec est_labB_processo
venda Distrib1 send quant_venda peca to farmacia1

Sub_Distrib_venda
1 venda EXIT FIRST 1
venda Distrib2 send quant_venda peca to farmacia2
Sub_Distrib_venda

```

```

1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib3  send quant_venda peca to farmacia3
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib4  send quant_venda peca to farmacia4
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib5  send quant_venda peca to farmacia5
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib6  send quant_venda peca to farmacia6
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib7  send quant_venda peca to farmacia7
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib8  send quant_venda peca to farmacia8
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib9  send quant_venda peca to farmacia9
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1

[.....]

1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib98  send quant_venda peca to farmacia98
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib99  send quant_venda peca to farmacia99
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda       Distrib100 send quant_venda peca to farmacia100
              Sub_Distrib_venda
1 venda      EXIT      FIRST 1
peca        Distrib1  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia1  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib2  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia2  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib3  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia3  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib4  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia4  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib5  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia5  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib6  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia6  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib7  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia7  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib8  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia8  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib9  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia9  SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib10 Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia10 SEND 1  Sub_Distrib_move

[.....]

peca        Distrib97  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia97 SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib98  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia98 SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib99  Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia99 SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        Distrib100 Sub_Distrib_peca  1 peca   farmacia100 SEND 1  Sub_Distrib_move
peca        farmacia1  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia2  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia3  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia4  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia5  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia6  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia7  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia8  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia9  Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia10 Sub_farmac      1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit

[.....]

peca        farmacia97  Sub_farmac 1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia98  Sub_farmac 1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia99  Sub_farmac 1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
peca        farmacia100 Sub_farmac 1 peca   EXIT      FIRST 1  Sub_farmac_exit
venda       Distrib1B  Sub_DistribB_venda
              if CONTENTS(loc(location()), peca)>(quant_venda-1) then
                  send quant_venda peca to farmacia1B
              if CONTENTS(loc(location()), peca)<quant_venda then

```



```

                send quant_venda peca to farmacia99B
                if CONTENTS(loc(location()), peca)<quant_venda then
                send CONTENTS(loc(location()), peca) peca to farmacia99B
1 venda      EXIT      FIRST 1
venda        Distrib100B Sub_DistribB_venda
                if CONTENTS(loc(location()), peca)>(quant_venda-1) then
                send quant_venda peca to farmacia100B
                if CONTENTS(loc(location()), peca)<quant_venda then
                send CONTENTS(loc(location()), peca) peca to farmacia100B
1 venda      EXIT      FIRST 1
peca         Distrib1B  Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia1B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib2B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia2B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib3B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia3B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib4B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia4B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib5B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia5B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib6B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia6B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib7B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia7B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib8B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia8B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib9B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia9B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib10B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia10B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib11B Sub_DistribB_peca

```

[.....]

```

peca         Distrib97B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia97B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib98B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia98B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib99B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia99B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         Distrib100B Sub_DistribB_peca
1 peca       farmacia100B SEND 1 Sub_DistribB_move
peca         farmacia1B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia2B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia3B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia4B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia5B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia6B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia7B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia8B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia9B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia10B Sub_farmacB     1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit

```

[.....]

```

peca         farmacia97B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia98B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia99B Sub_farmacB      1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit
peca         farmacia100B Sub_farmacB     1 peca   EXIT    FIRST 1 Sub_farmacB_exit

```

* Arrivals *

Entity	Location	Qty each	First Time Occurrences	Frequency	Logic
peca	lab	1	0	estoque_inicial_lab	1
peca	labB	1	0	estoque_inicial_lab	1
ent_reposicao_lab	aux	1	0	INF	PR_LAB
ent_reposicao	aux	1	0	INF	PR
ent_dia	aux	1	inf	1 day	
venda	Distrib1B	1	INF	1 day	if dia>5

```

then
  quant_venda=0
else
  do
    quant_venda=round((251.7*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./5.147))/100)
    while quant_venda<0
venda  Distrib2B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(232.4*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.611)/100)
        while quant_venda<0
venda  Distrib3B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(144.3*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.868)/100)
        while quant_venda<0
venda  Distrib4B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(151.1*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.237)/100)
        while quant_venda<0
venda  Distrib5B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      quant_venda=round(chegada_distrib5B()/100)

venda  Distrib6B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(20.53*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.352)/100)
        while quant_venda<0
venda  Distrib7B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(83.97*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.851)/100)
        while quant_venda<0
venda  Distrib8B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(173.1*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.132)/100)
        while quant_venda<0

venda  Distrib9B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(34.6*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.227)/100)
        while quant_venda<0

venda  Distrib10B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then
      quant_venda=0
    else
      do
        quant_venda=round(256.3*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.14)/100)
        while quant_venda<0

venda  Distrib11B 1 0 INF 1 day if dia>5
    then

```

```

        quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(W(1.639, 13.74)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib12B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(122.1*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./5.215)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib13B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(28.37*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.893)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib14B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(34.08*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.725)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib15B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(67.78*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.858)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib16B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(33.22*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.143)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib17B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(62.82*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.637)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib18B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(47.68*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.216)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib19B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(77.16*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.701)/100)
    while quant_venda<0
venda    Distrib20B 1    0    INF        1 day    if dia>5
    then
    quant_venda=0

```

```

else
do
quant_venda=round(49.14*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.103)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib21B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(ER(15.25, 15.25)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib22B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(W(1.776, 45.59)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib23B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(24.47*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.244)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib24B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(29.53*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.249)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib25B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(26.5*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.033)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib26B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(38.11*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.379)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib27B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(66.74*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.679)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib28B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(53.09*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.177)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib29B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else

```

```

                                quant_venda=round(chegada_distrib29B()/100)
venda      Distrib30B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(175*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.661)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib31B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(142.7*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.28)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib32B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(45.48*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.314)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib33B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(33.85*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.909)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib34B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            quant_venda=round(chegada_distrib34B()/100)
venda      Distrib35B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(52.48*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.31)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib36B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(179*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.318)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib37B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(152.2*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.793)/100)
            while quant_venda<0
venda      Distrib38B 1      0      INF          1 day   if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(39.69*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.493)/100)
            while quant_venda<0

```

```

venda      Distrib39B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(104.9*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.13)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib40B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(44.72*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.404)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib41B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           quant_venda=round(chegada_distrib41B()/100)

venda      Distrib42B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(88.64*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.067)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib43B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(6.192*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.175)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib44B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(W(3.236, 211.3)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib45B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(39.62*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.894)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib46B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(77.71*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.521)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib47B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then
           quant_venda=0
           else
           do
           quant_venda=round(36.85*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.661)/100)
           while quant_venda<0

venda      Distrib48B 1      0      INF      1 day   if dia>5
           then

```

```

        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(W(3.662, 223.7)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib49B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(14.84*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.738)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib50B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(6.695*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./1.674)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib51B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(115.1*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.172)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib52B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(43.05*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.355)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib53B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(16.98*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.33)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib54B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(17.34*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.329)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib55B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(77.78*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.255)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib56B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0
        else
        do
        quant_venda=round(66.24*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.589)/100)
        while quant_venda<0
venda      Distrib57B 1      0      INF      1 day  if dia>5
        then
        quant_venda=0

```

```

else
do
quant_venda=round(61.02*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.041)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib58B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(N(31.52, 16.39)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib59B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(21.96*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.076)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib60B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(135.5*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.671)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib61B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(W(1.138, 134.7)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib62B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(N(56.48, 33.5)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib63B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
quant_venda=round(chegada_distrib63B()/100)
venda      Distrib64B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(259.8*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.331)/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib65B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
quant_venda=round(chegada_distrib65B()/100)
venda      Distrib66B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(30.47*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.18)/100)
while quant_venda<0

```

```

venda      Distrib67B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(107.1*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.627)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib68B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(36.77*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.756)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib69B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(44.91*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.158)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib70B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(13.26*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.18)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib71B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(88.39*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.83)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib72B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            quant_venda=round(chegada_distrib72B()/100)

venda      Distrib73B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(33.23*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.291)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib74B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(43.7*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.17)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib75B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then
            quant_venda=0
            else
            do
            quant_venda=round(N(56.39, 34.9)/100)
            while quant_venda<0

venda      Distrib76B 1    0    INF        1 day  if dia>5
            then

```

```

        quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(104.5*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.57)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib77B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(W(1.346, 34.59)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib78B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(53.37*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.166)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib79B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(63*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./5.076)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib80B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(99.07*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.881)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib81B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(42.93*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.467)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib82B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(34.6*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./4.227)/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib83B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(0/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib84B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0
    else
    do
    quant_venda=round(0/100)
    while quant_venda<0

venda      Distrib85B 1      0      INF      1 day  if dia>5
    then
    quant_venda=0

```

```

else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib86B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib87B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib88B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib89B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib90B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib91B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib92B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib93B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else
do
quant_venda=round(0/100)
while quant_venda<0
venda      Distrib94B 1      0      INF      1 day  if dia>5
then
quant_venda=0
else

```

```

do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0
venda      Distrib95B 1    0    INF      1 day  if dia>5
  then
  quant_venda=0
  else
  do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0
venda      Distrib96B 1    0    INF      1 day  if dia>5
  then
  quant_venda=0
  else
  do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0
venda      Distrib97B 1    0    INF      1 day  if dia>5
  then
  quant_venda=0
  else
  do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0
venda      Distrib98B 1    0    INF      1 day  if dia>5
  then
  quant_venda=0
  else
  do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0
venda      Distrib99B 1    0    INF      1 day  if dia>5
  then
  quant_venda=0
  else
  do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0
venda      Distrib100B 1    0    INF      1 day  if dia>5
  then
  quant_venda=0
  else
  do
  quant_venda=round(0/100)
  while quant_venda<0

```

 * Attributes *

ID	Type	Classification
pedido_distrib	Integer	Entity
venda_distrib	Integer	Entity
quant_venda	Integer	Entity
quant_pedido	Integer	Entity

 * Variables (global) *

ID	Type	Initial value	Stats
dia	Integer	1	Time Series

semana	Integer	1	Time Series
quant_vendida	Integer	0	Time Series
quant_vendidaB	Integer	0	Time Series
quant_entregueB	Integer	0	Time Series
quant_pedida	Integer	0	Time Series
quant_pedidaB	Integer	0	Time Series
faltas_lab	Integer	0	Time Series
faltas_labB	Integer	0	Time Series
atrasado_labB	Integer	0	Time Series
faltas_distr	Integer	0	Time Series
faltas_distrB	Integer	0	Time Series
dias_corridos	Integer	1	Time Series
i	Integer	0	Time Series
estoque_distrib	Integer	0	Time Series
estoque_distribB	Integer	0	Time Series
estoque_distrib_medio	Real	0	Time Series
estoque_distrib_medioB	Real	0	Time Series
estoque_lab_medio	Real	0	Time Series
estoque_lab_medioB	Real	0	Time Series
n_distrib	Integer	quant_de_distrib	Time Series
NSdistr	Real	0	Time Series
NSdistrB	Real	0	Time Series
NSlab	Real	0	Time Series
NSlabB	Real	0	Time Series
n_pedidos	Integer	0	Time Series
n_pedidosB	Integer	0	Time Series
Custo_estoque_distrib	Real	0	Time Series
Custo_estoque_distribB	Real	0	Time Series
Custo_estoque_lab	Real	0	Time Series
Custo_estoque_labB	Real	0	Time Series
Custo_pedir_distrib	Real	0	Time Series
Custo_pedir_distribB	Real	0	Time Series
Custo_transport_distrib	Real	0	Time Series
Custo_transport_distribB	Real	0	Time Series
Custo_atraso_LabB	Real	0	Time Series
Custo_venda_perdida_distribB	Real	0	Time Series
Custo_fixo_producaoB	Real	0	Time Series
Custo_total_cadeia	Real	0	Time Series
Custo_total_cadeiaB	Real	0	Time Series
LT	Real	Lead_Time	Time Series
PR	Real	Periodo_Reposicao	Time Series
FS	Real	Fator_Seguranca	Time Series
PR_LAB	Integer	Periodo_Reposicao_LabB	Time Series
pedidoB	Integer	0	Time Series
transito	Integer	0	Time Series
estoque_lab	Integer	0	Time Series
estoque_labB	Integer	0	Time Series
est_distr	Integer	0	Time Series
est_distrib	Integer	0	Time Series
entrega	Integer	0	Time Series
entregaB	Integer	0	Time Series
ped	Integer	0	Time Series
pedB	Integer	0	Time Series
ped_semanal	Integer	0	Time Series
ped_semanalB	Integer	0	Time Series
frete_peso	Real	0	Time Series
utilizada para o cálculo do frete peso de cada pedido dos distribuidores			
frete_pesoB	Real	0	Time Series
est_labB_processo	Integer	0	Time Series
SSlabB	Integer	Desv_pad_labB*Fator_Seguranca_LabB	Time Series
ponto_reposicao_labB	Integer	0	Time Series
prev_ped_diario_labB	Integer	0	Time Series
warmup_time	Integer	100	Time Series
warmup_status	Integer	1	Time Series
n_aux	Integer	0	Time Series
var_pedidos	Real	0	Time Series
var_vendas	Real	0	Time Series
ped_med_dia	Real	0	Time Series
vend_med_dia	Real	0	Time Series
lbullwhip	Real	0	Time Series

```

*                               Arrays                               *
*****
ID          Dimensions  Type
-----
pedidos      110,100   Integer
Emax         100       Integer
D            100       Real
DESV         100       Real
estoque_do_distribB 100   Integer
estoque_transitoB 100   Integer
indic_sazonalidade 110   Real
backlog_vendaB 100   Integer
serie_prev_ped_labB 110   Integer
pedidos_dia  280      Integer
vendas_dia   280      Integer

*****

*                               Subroutines                       *
*****

ID          Type      Parameter Type      Logic
-----
Sub_farmac      None
Sub_Distrib_venda None          inc quant_vendida,quant_venda

  if CONTENTS(loc(location()), peca)<quant_venda then
  {
    inc faltas_distr, (quant_venda-CONTENTS(loc(location()), peca))
  }

Sub_Distrib_peca None
Sub_Distrib_move None          inc entrega
  move for 01

Sub_farmacB     None
Sub_DistribB_venda None        inc quant_vendidaB, quant_venda
  inc pedidos[52+semana,location()-104], quant_venda
  if dia<6 then
    inc vendas_dia[dias_corridos], quant_venda
  if CONTENTS(loc(location()), peca)>(quant_venda-1) then
  {
    inc quant_entregueB,quant_venda
  }
  else
  {
    inc faltas_distrB, (quant_venda-CONTENTS(loc(location()), peca))
      inc Custo_venda_perdida_distribB,
      (custo_unit_venda_perdida_distribB*(quant_venda-CONTENTS(loc(location()),
      peca)))
    inc quant_entregueB, CONTENTS(loc(location()), peca)
  }

Sub_DistribB_peca None          IF dias_corridos<>0 THEN
  dec estoque_transitoB[location()-loc(Distrib1B)+1]
Sub_DistribB_move None          inc entregaB
  move for 01

Sub_move_lab    None            dec estoque_lab
  move for LT

Sub_move_labB   None            dec estoque_labB
  move for LT
  if atrasado_labB>0 then
  {
    dec atrasado_labB
  }

Sub_farmac_exit None
Sub_farmacB_exit None
Sub_warmup      None            IF dias_corridos=warmup_time then
  IF warmup_status=1 then
  {
    warmup_status=0
    dias_corridos=1
    custo_estoque_distribB=0
    Custo_estoque_labB=0
  }

```

```

Custo_atraso_LabB=0
custo_pedir_distribB=0
Custo_transport_distribB=0
custo_venda_perdida_distribB=0
Custo_fixo_producaoB=0
custo_total_cadeiaB=0
quant_vendidaB=0
quant_entregueB=0
quant_pedidaB=0
faltas_labB=0
faltas_distrB=0
estoque_distrib_medioB=0
estoque_lab_medioB=0
n_pedidosB=0
i=1
while i<warmup_time do
  {
    pedidos_dia[i]=0
    vendas_dia[i]=0
    inc i
  }
}

```

 * Arrival Cycles *

ID	Qty / %	Cumulative	Time (Hours)	Value
Cyc1	Percent	No		

 * User Distributions *

ID	Type	Cumulative	Percentage	Value
chegada_distrib5B	Continuous	Yes	0	1
		031.1	19.3	
		043.0	37.6	
		044.7	55.9	
		045.9	74.2	
		049.8	92.5	
		058.3	110.8	
		066.0	129.1	
		075.3	147.4	
		084.2	165.7	
		088.9	184	
		093.6	202.3	
		094.9	220.6	
		095.3	238.9	
		097.0	257.2	
		097.4	275.5	
		098.3	293.8	
		099.1	312.1	
		099.6	330.4	
		099.6	248.7	
		100	367	
chegada_distrib29B	Continuous	Yes	0	7
		014	64.2	
		022	121.4	
		044.5	178.6	
		067	235.8	
		083.5	293	
		090.3	350.2	
		093.2	407.4	
		094.5	464.6	
		097	521.8	
		097.9	579	
		097.9	636.2	
		098.7	693.4	

	099.2	750.6		
	099.6	807.8		
	100	865		
chegada_distrib34B	Continuous	Yes	0	0
	008.9	16.27		
	012.1	32.53		
	013	48.8		
	021.9	65.07		
	037.7	81.33		
	056.7	97.6		
	074.9	113.9		
	085.4	130.1		
	090.3	146.4		
	094.3	162.7		
	096	178.9		
	098.4	195.2		
	098.4	211.5		
	098.8	227.7		
	100	244		
chegada_distrib41B	Continuous	Yes	0	0
	011.3	15.67		
	012.1	31.33		
	014.1	47		
	025	62.67		
	039.1	78.33		
	052.8	94		
	070.6	109.7		
	079.8	125.3		
	087.9	141		
	092.3	156.7		
	094.8	172.3		
	096	188		
	098	203.7		
	099.2	219.3		
	100	235		
chegada_distrib63B	Continuous	Yes	0	0
	011.1	22.33		
	018.2	44.67		
	019.4	67		
	030.8	89.33		
	050.2	111.7		
	068.4	134		
	084.2	156.3		
	092.5	178.7		
	096.4	201		
	098	223.3		
	098.4	245.7		
	100	268		
chegada_distrib65B	Continuous	Yes	0	0
	022.7	16.6		
	044.2	33.2		
	048.3	49.8		
	050.3	66.4		
	051.5	83		
	053.1	99.6		
	058	116		
	063.6	133		
	067.3	149		
	071.3	166		
	073.8	183		
	080.6	199		
	084.7	216		
	086.3	232		
	089.1	249		
	091.6	266		
	092.8	282		
	093.6	299		
	094.4	315		
	095.6	332		
	096.4	349		
	097.2	365		
	098	382		
	098	398		

	098	415		
	098.8	432		
	099.2	448		
	099.2	465		
	099.7	481		
	100	498		
chegada_distrib72B	Continuous	Yes	0	1
	037	12.85		
	042	24.7		
	043.5	36.55		
	044.2	48.4		
	046.4	60.25		
	052.2	72.1		
	057.2	83.95		
	064.5	95.8		
	072.5	107.6		
	077.5	119.5		
	081.2	131.3		
	084.8	143.2		
	088.4	155		
	090.6	166.9		
	092	178.7		
	093.5	190.6		
	095.7	202.4		
	097.8	214.3		
	097.8	226.1		
	100	238		