

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FELIPE CORRÊA DE OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES DE ITENS DE MANUTENÇÃO NA
INDÚSTRIA PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO POR MEIO DE SIMULAÇÃO

NITERÓI – RJ
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FELIPE CORRÊA DE OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES DE ITENS DE MANUTENÇÃO NA
INDÚSTRIA PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO POR MEIO DE SIMULAÇÃO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Sistemas, Apoio à decisão e Logística.

Orientador: Prof. EDUARDO UCHOA, D. Sc.

Niterói - RJ

2006

FELIPE CORRÊA DE OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES DE ITENS DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA
PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO POR MEIO DE SIMULAÇÃO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Sistemas, Apoio à decisão e Logística

Aprovada em julho de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Professor: Eduardo Uchoa, D. Sc. – Orientador
Universidade Federal Fluminense

Professor: Eduardo Siqueira Brick, Ph. D
Universidade Federal Fluminense

Professor: Gastão Coelho Gomes, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Niterói
2006

À minha família que sempre me mostra a direção certa a percorrer, sempre do meu lado nos momentos de alegria e de dificuldade, e mostrando o valor que deve ser dado às oportunidades que a vida nos oferece.

À minha namorada que acima de tudo me dá força e vontade para encarar os desafios, sempre com uma visão única e clara das dificuldades que a vida nos impõe.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Eduardo Uchoa do Departamento de Engenharia de Produção da UFF-RJ pela grande ajuda ao longo de todo o meu trabalho e possibilidade de discussão aberta sobre todos os assuntos abordados.

À empresa Cezar Sucupira Educação e Consultoria que tem me proporcionado um aprendizado único e uma nova forma de encarar os problemas existentes dentro das organizações.

Ao professor do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-RJ, Roberto Cintra Martins, Pós-Doutor em Sistemas, por sua nobre ajuda em um momento muito difícil no decorrer do estudo em questão.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 A INDÚSTRIA PETROQUÍMICA	15
1.2 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA QUÍMICA	16
1.3 CONTEXTO	24
1.4 O PROBLEMA	28
1.5 DELIMITAÇÃO	31
1.6 OBJETIVOS	32
1.6.1 Questões de Pesquisa	32
1.7 RELEVÂNCIA	33
1.8 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
1.9 METODOLOGIA DE PESQUISA	34
1.9.1 Estratégia de Pesquisa	34
1.9.2 Coleta de Dados	34
1.9.3 Análise e Interpretação dos Dados	35
1.10 ESTRUTURA DO TRABALHO	36
2 REFERENCIAL TEÓRICO	37
2.1 ESTOQUE	37
2.1.1 Tipos de Estoque	38
2.1.2 Termos frequentemente relacionados a Estoque	40
2.2 CONCEITUAÇÃO DE CUSTOS	42
2.2.1 Classificação de Custos	43
2.3 CUSTOS DE ESTOQUE	45
2.4 ESTOQUE: CUSTO DE OPORTUNIDADE E O IMPACTO SOBRE OS INDICADORES FINANCEIROS	47
2.4.1 Custo Financeiro de Estoque	47
2.4.2 Relação entre o Custo do Excesso e o Custo da Falta	49
2.5 DECISÕES DE ESTOQUE	50
2.5.1 Decisões de Volume de Ressuprimento, “Quanto pedir”	51
2.5.2 Decisões sobre Tempo, “Quando colocar um pedido”	53
2.5.3 Estoque de Segurança (ES)	54
2.6 DEMANDA	55
2.7 GESTÃO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO DE BAIXO OU BAIXÍSSIMO GIRO	57
2.8 MANUTENÇÃO	58
2.8.1 Objeto da Manutenção	58
2.8.2 Ações de Manutenção	59
2.8.3 Recursos para Manutenção	60
2.8.4 Fluxo de Materiais	61
2.8.5 Medidas de Eficácia de Aprestamento	61
2.9 PROGRAMAS DE RESPOSTA RÁPIDA EM GESTÃO DE ESTOQUES	63
2.9.1 <i>Quick Response</i> (QR):	63
2.9.2 <i>Continuous Replenishment</i> (CR)	64
2.9.3 <i>Efficient Consumer Response</i> (ECR)	64
2.9.4 <i>Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment</i> (CPFR)	65

2.7.5	<i>Vendor Managed Inventory (VMI)</i>	655
2.7.6	<i>Just in Time II (JIT II)</i>	65
2.8	ERP (ENTERPRISE RESOURCE PLANNING OU PLANEJAMENTO DOS RECURSOS EMPRESARIAIS)	66
2.8.1	Gestão de Suprimentos e ERP	68
2.9	SIMULAÇÃO	69
2.9.1	Definição	69
2.9.2	Quando pode ser usada a Simulação	69
2.9.3	Vantagens e Desvantagens do uso da Simulação	700
2.9.4	Por que Simular?	72
2.9.5	O Funcionamento da Simulação.....	733
2.9.6	Termos utilizados em Simulação.....	744
2.9.7	O Projeto de Simulação	77
2.9.8	<i>Softwares</i> para Simulação.....	822
2.9.9	<i>Softwares</i> de simulação de caráter geral.....	822
2.9.10	O <i>software</i> Arena®.....	85
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	866
3.1	A NATUREZA DA PESQUISA CIENTÍFICA.....	866
3.2	MÉTODOS CIENTÍFICOS	877
3.2.1	Classificação da Pesquisa	889
3.2.2	Estratégia de Pesquisa	900
3.2.3	Limitações da Metodologia Escolhida	922
3.2.4	Coleta e Análise de Dados.....	93
3.3	CONSIDERAÇÕES	94
4	PESQUISA DE CAMPO	95
4.1	METODOLOGIA.....	95
4.1.1	Tipo de Pesquisa.....	95
4.1.2	A unidade de Pesquisa.....	96
4.1.3	O Contexto do Problema na Unidade de Pesquisa	97
4.1.4	Estabelecimento de Objetivos	98
4.2	DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE RESSUPRIMENTO.....	99
4.2.1	Consumo Esperado	99
4.2.2	Curva de Consumo ABC	100
4.2.3	Tempo de Ressuprimento	100
4.2.4	Intervalo de Ressuprimento	101
4.2.5	Matriz de Criticidade e definição do Estoque de Segurança.....	101
4.2.6	Ponto de Ressuprimento	104
4.2.7	Lote de Compra	104
4.2.8	Cálculo do Estoque Máximo	105
4.3	O PROJETO DE SIMULAÇÃO	105
4.3.1	Formulação e Planejamento do Modelo	105
4.3.2	Coleta de Dados.....	106
4.3.3	Análise dos Resultados.....	115
5	CONCLUSÃO	131
5.1	CONCLUSÕES EM RELAÇÃO AO ESTUDO REALIZADO.....	131
5.1.1	Verificação dos Indicadores antes e depois da Nova Política	131
5.1.2	Verificação dos Indicadores antes e depois do ajuste de Parâmetros.....	132

5.1.3 Conclusões Gerais	132
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	132
6 REFERÊNCIAS	134
7 ANEXO.....	138
7.1 GRÁFICOS PARA O ITEM 3	138
7.2 GRÁFICOS PARA O ITEM 8	141
7.3 GRÁFICOS PARA O ITEM 9	144
7.4 GRÁFICOS PARA O ITEM 15	147
7.5 GRÁFICOS PARA O ITEM 21	148
7.6 GRÁFICOS PARA O ITEM 25	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das Atividades Petrolífera e Petroquímica.....	23
Figura 2 – Exemplo de cálculo de custo de oportunidade	48
Figura 3 – Relação entre Custo de Estoques e Custo da Falta de Estoques.....	56
Figura 4 – Representação Gráfica da Quantidade Econômica de pedido.....	52
Figura 5 - Decomposição dos tempos de equipamentos/sistemas.....	62
Figura 6 – Representação do Fluxo de Produtos e de Informações no QR.....	63
Figura 7 – Representação do Ressuprimento Contínuo num Programa ECR entre um varejista e um fabricante de cervejas.....	64
Figura 8 – Arquitetura de um sistema ERP.....	67
Figura 9 – Etapas de um estudo de simulação.....	79
Figura 10 – <i>Softwares</i> mais conhecidos no mercado.....	82
Figura 11 – Representatividade da Amostra.....	91
Figura 12 – Modelo de Simulação Utilizado.....	106
Figura 13 – Distribuição de Probabilidade Normal gerada pelo <i>Input Analyzer</i> ®.....	110
Figura 14 – Distribuição de Probabilidade Exponencial gerada pelo <i>Input Analyzer</i> ®.....	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Importações e Exportações Brasileiras 1990 a 2004 - Produtos químicos – (em US\$Bilhões).....	21
Gráfico 2 – Importações e Exportações Brasileiras 1990 a 2004 – Produtos Químicos de uso industrial (em US\$Bilhões).....	21
Gráfico 3 – Comparativo de Custos totais por item antes e depois da nova política.....	118
Gráfico 4 – Comparativo dos Níveis de Serviço por item antes e depois da nova política.....	118
Gráfico 5 – Variação do <i>Custo Total</i> em função do <i>Ponto de Ressuprimento</i>	121
Gráfico 6 – Variação do <i>Nível de Serviço</i> em função do <i>Ponto de Ressuprimento</i>	122
Gráfico 7 – Variação do <i>Custo Total</i> em função do <i>Lote de Compra</i>	123
Gráfico 8 – Variação do <i>Nível de Serviço</i> em função do <i>Lote de Compra</i>	123
Gráfico 9 – Variação do <i>Custo Total</i> em função do <i>Ponto de Ressuprimento e Lote de Compra</i>	125
Gráfico 10 – Variação do <i>Nível de Serviço</i> em função do <i>Ponto de Ressuprimento e Lote de Compra</i>	125
Gráfico 11 – Comparativo do Nível de Serviço por item antes e depois do método de ajuste.....	128
Gráfico 12 – Comparativo do <i>Custo Total</i> por item antes e depois do método de ajuste	128
Gráfico 13 – Redução percentual do <i>Custo Total</i> por item após o método de ajuste.....	130

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Indústria química de acordo com a CNAE.....	17
Quadro 2 – Produtos acompanhados pela ABIQUIM.....	19
Tabela 1 – Faturamento líquido da Indústria Química Brasileira (1990 – 2004).....	20
Quadro 3 – Exemplos de estoques mantidos em operações.....	26
Tabela 2 – Forças que tornam os estoques necessários.....	39
Quadro 4 – Parâmetros e atributos da Matriz de Criticidade.....	102
Tabela 3 – Parâmetros de Controle.....	107
Quadro 5 – Valores dos parâmetros de Controle antes da nova política.....	108
Quadro 6 – Valores dos parâmetros de Controle depois da nova política.....	109
Tabela 4 – Variáveis Aleatórias.....	110
Tabela 5 – Indicadores de Estoques.....	113
Quadro 7 – Resultados obtidos antes da nova política.....	116
Quadro 8 – Resultados obtidos após a nova política.....	117
Quadro 9 – Parâmetros para o item 1 após a nova política.....	120
Quadro 10 – Indicadores obtidos após a nova política.....	121
Quadro 11 – Comparação após ajuste do <i>Ponto de Ressuprimento</i> com <i>Lote de Compra</i> fixo.....	122
Quadro 12 – Comparação gradativa dos ajustes do <i>Ponto de Ressuprimento</i> e do <i>Lote de Compra</i>	124
Quadro 13 – Resultados obtidos após a Nova Política e antes do método de ajuste.....	127
Quadro 14 – Resultados obtidos após a Nova Política e após o método de ajuste.....	128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
CLM	<i>Council of Logistics Management.</i>
CNAE	<i>Classificação Nacional de Atividades Econômicas</i>
CPFR	<i>Collaborative Planning Forecasting and Replenishment.</i>
CRP	<i>Continuous Replenishment Program.</i>
ECR	<i>Efficient Consumer Response.</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
JIT	<i>Just in Time.</i>
LEC	Lote Econômico de Compra.
MCU	Margem de Contribuição Unitária.
MRO	Materiais e Equipamentos para Manutenção, Reparos e Operações ou do inglês <i>Maintenance Repairing and Operating</i>
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SKU	<i>Stock Keeping Unit.</i>
USP	Universidade de São Paulo.
VMI	<i>Vendor Management Inventory.</i>

RESUMO

O século XXI caracteriza-se pela competição globalizada, na qual sistemas de informações representam um diferencial. Neste contexto, os investimentos em estoques de itens de manutenção, característicos da indústria petroquímica, intensiva em capital, requerem atenção. De maneira que se consiga atender as necessidades inerentes às tarefas diárias da área de manutenção sem desperdícios. Esse equilíbrio deve sempre ser buscado pelas empresas, e representa o *trade-off* básico da gestão de estoques entre Custos e Nível de Serviço. A indústria petroquímica gasta anualmente 1,67% do seu faturamento com atividades de manutenção. O estudo da gestão de estoques bem como sua revisão contínua, torna-se necessário para garantir bons resultados para as empresas. Por meio da utilização da técnica de simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão, foram analisados os resultados da implantação de uma nova política de gestão de estoques, em uma grande empresa do ramo petroquímico. A análise da aplicação da nova política, por simulação, indicou redução significativa nos custos totais para a amostra selecionada e aumento do nível de serviço para a mesma amostra. Com o uso da técnica de simulação foi possível analisar os comportamentos dos indicadores de cada item selecionado, em função de variações nos parâmetros de Ponto de Ressuprimento e Lote de Compra. Com isso houve indicação de que o melhor ajuste desses parâmetros pode trazer ganhos significativos para as empresas.

Palavras chaves: Gestão de estoques. Custos de Estoques. Nível de Serviço. Simulação. Parâmetros de Ressuprimento.

ABSTRACT

The Business environment at the Petrochemical Industry at the beginning of the 21st century may be described as a global competition among large enterprises. These industries spends annually 1,67% of its earnings on maintenance activities. Considering this, decreasing the expenses in maintenance items is very important. The study addresses the problem of finding policies able to provide a reliable response to daily maintenance needs at a minimum cost. This directly related to the basic trade-off of the inventory management, between Costs and Service Level. Using simulation as a decision support tool, the implementation of a inventory management policy was analyzed over a sample of items, indicating possibilities of both inventory cost decrease and service level increase. This would follow from a better adjustment of the two parameters used in the simulation, Order Lot Size and Order Level parameters.

Key words: Inventory Management. Costs related to stock activities. Service Level. Simulation. Stock Systems Parameters.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

Tendo como base que o trabalho em questão descreve uma situação inerente a indústria petroquímica, este capítulo tem por finalidade mostrar o panorama deste setor industrial e os principais problemas enfrentados pelos gestores de estoques desta indústria. O objetivo é descrever este setor industrial e contextualizá-lo, com finalidade de fundamentar a simulação dos cenários existentes.

É apresentada uma relação dos produtos considerados químicos, pela ABIQUIM, que é a Associação Brasileira da Indústria Química, bem como algumas características técnicas gerais, tendo sempre cautela para que a estratégia de estudo definida não seja desviada.

Em seguida são apresentadas algumas peculiaridades que possibilita entender como está organizada esta cadeia e alguns desafios enfrentados por esta indústria ao longo de sua existência no Brasil.

Este apresenta capítulo os principais problemas envolvidos nas atividades de gestão de estoques. Além dos objetivos e questões que a pesquisa propõe-se a solucionar. É também apresentada a delimitação do trabalho em questão, tendo como objetivo neste momento focar o estudo sob o ponto de vista de gestão de estoques, sem se perder em detalhes inerentes as atividades da área de manutenção industrial.

Por fim, é apresentada uma breve estrutura do trabalho proposto com seus pontos principais e principais questões levantadas.

1.2 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA QUÍMICA

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM¹, o faturamento líquido da indústria química brasileira, considerando todos os segmentos que a compõem, subiu 30,5% em 2004, atingindo a cifra de US\$ 59,4 bilhões. Quando medido em reais, o faturamento líquido cresceu 24,1%, passando de R\$ 140 bilhões em 2003 para R\$ 173,8 bilhões em 2004.

A indústria química teve papel de destaque no desenvolvimento das diversas atividades econômicas do País, participando ativamente de quase todas as cadeias e complexos industriais, inclusive serviços e agricultura. No caso brasileiro, de acordo com o último dado disponível, relativo ao ano de 2003, a participação da indústria química no PIB total foi de 3,7%. A título comparativo, nos Estados Unidos (maior indústria química do mundo), a participação no PIB é de cerca de 2%. Levando em consideração a matriz industrial do Brasil, ainda segundo dados do IBGE, o setor químico ocupa a segunda posição, com quase 12% do PIB da indústria de transformação, atrás apenas do setor de alimentos e bebidas, que tem cerca de 17% do total.

A análise da indústria química deve ser antecedida pela clara divisão dos produtos em que se divide o setor. Desde o primeiro trimestre de 1998, a classificação de produtos adotada pela ABIQUIM baseia-se na Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE), utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No Quadro a seguir, serão detalhados os nove grandes grupos em que essa indústria esta dividida.

¹ Fonte: disponível em <www.abiquim.com.br>. Acesso em 21/06/2005.

Quadro 1 – Indústria Química de acordo com a CNAE

Produtos Químicos
<i>Produtos Químicos Inorgânicos</i>
Fabricação de Cloro de Álcalis Fabricação de Intermediários para Fertilizantes Fabricação de fertilizantes fosfatados, nitrogenados e potássicos Fabricação de gases industriais Fabricação de outros produtos inorgânicos
<i>Produtos Químicos Orgânicos</i>
Fabricação de produtos petroquímicos básicos Fabricação de intermediários para resinas e fibras Fabricação de outros produtos químicos orgânicos
<i>Resinas e Elastômeros</i>
Fabricação de resinas Termoplásticas Fabricação de resinas Termofixas Fabricação de Elastômeros
<i>Fios, Fibras, Cabos e Filamentos Contínuos Artificiais e Sintéticos</i>
Fabricação de fibras, fios, cabos e filamentos contínuos artificiais Fabricação de fibras, fios, cabos e filamentos contínuos sintéticos
<i>Produtos Farmacêuticos</i>
Fabricação de produtos farmoquímicos Fabricação de medicamentos para uso humano Fabricação de medicamentos para uso veterinário Fabricação de materiais para usos médicos, hospitalares e odontológicos
<i>Defensivos Agrícolas</i>
Fabricação de inseticidas Fabricação de fungicidas Fabricação de herbicidas Fabricação de outros produtos agrícolas

Continua

<i>Sabões, Detergentes, Produtos de Limpeza e Artigos de Perfumaria</i>
Fabricação de sabões, sabonetes e detergentes sintéticos Fabricação de produtos de limpeza e polimento Fabricação de artigos de perfumaria e cosméticos
<i>Tintas Vernizes, Esmaltes, Lacas e Afins</i>
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e lacas Fabricação de tintas de impressão Fabricação de impermeabilizantes, solventes e produtos afins
<i>Produtos e Preparados Químicos Diversos</i>
Fabricação de adesivos e selantes Fabricação de explosivos Fabricação de catalisadores Fabricação de aditivos de uso industrial Fabricação de chapas, filmes, papéis e outros materiais e produtos químicos para fotografia Fabricação de discos e fitas virgens Fabricação de outros produtos químicos não especificados ou não cadastrados

Fonte: Divisão 24 da CNAE, apud Anuário 2004 da ABIQUIM.

Dentro da indústria química, existem os chamados *produtos químicos de uso industrial* e a ABIQUIM possui estatísticas detalhadas sobre este subconjunto de produtos. Este segmento específico é composto pelos produtos detalhados no quadro a seguir:

Quadro 2 – Produtos acompanhados pela ABIQUIM

Produtos Químicos para Fins Industriais
<p style="text-align: center;">Produtos Químicos Inorgânicos</p> <p>Cloro e Álcalis</p> <p>Intermediários para fertilizantes</p> <p>Outros produtos inorgânicos</p>
<p style="text-align: center;">Produtos Químicos Orgânicos</p> <p><u>Produtos Petroquímicos Básicos</u></p> <p><u>Intermediários para resinas e fibras</u></p> <p>Intermediários para plásticos</p> <p>Intermediários para resinas e fibras</p> <p>Intermediários para fibras sintéticas</p> <p><u>Outros produtos químicos orgânicos</u></p> <p>Corantes e pigmentos orgânicos</p> <p>Solventes industriais</p> <p>Intermediários para detergentes</p> <p>Intermediários para plastificantes</p> <p>Plastificantes</p> <p>Outros produtos químicos orgânicos</p>
<p style="text-align: center;">Resinas e Elastômeros</p> <p>Resinas termoplásticas</p> <p>Resinas termofixas</p> <p>Elastômeros</p>
<p style="text-align: center;">Produtos e Preparados químicos diversos</p> <p>Aditivos de uso industrial</p>

Fonte: Relatório Anual do SDI – 2004 (ABIQUIM).

A ABIQUIM gera relatórios sobre a indústria, e disponibiliza estatísticas detalhadas sobre diversos tipos de produtos pertencentes ao subconjunto dos *produtos químicos para fins industriais*, cujo faturamento líquido representou 55,6% do setor em 2004. Existe um monitoramento mais detalhado para uma amostra de 220 a 225 produtos químicos para usos industriais, que compõem o chamado *painel do SDI* (Sistema Dinâmico de Informações Estatísticas)². Veja na Tabela 1, a seguir, a evolução do faturamento da indústria química no Brasil.

Tabela 1 – Faturamento líquido da Indústria Química Brasileira (1990 - 2004)

Segmentos	1990	1992	1994	1996	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	%aa
Produtos de Uso Industrial	19	17.4	19.2	19.9	18.5	17.1	22.8	19.6	19.4	24.1	33	4
Produtos Farmacêuticos	2.7	3	5	7.6	8.7	6.5	6.7	5.7	5.2	5.6	6.8	6.8
Hig. Pessoal, Perf. e Cosméticos	1.6	1.7	2.4	4.2	4.3	3.1	3.4	3	2.8	3.1	3.9	6.6
Adubos e Fertilizantes	2.3	1.7	2.2	3	2.9	2.4	3	3.2	3.3	4.3	5.6	6.6
Sabões e Detergentes	2	2	2	2.8	3.1	2.1	2.3	2.1	2.1	2.2	2.6	1.9
Defensivos Agrícolas	1.1	0.9	1.4	1.8	2.6	2.3	2.5	2.3	1.9	3.1	4.2	10
Tintas Esmaltes e Vernizes	1.7	1.7	1.8	2	2	1.4	1.5	1.4	1.1	1.3	1.5	-0.9
Outros	1.4	1.5	1.6	1.5	1.7	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	1.8
Total	31.8	29.9	35.6	42.8	43.8	36.3	43.6	38.8	37.3	45.3	59.4	4.6

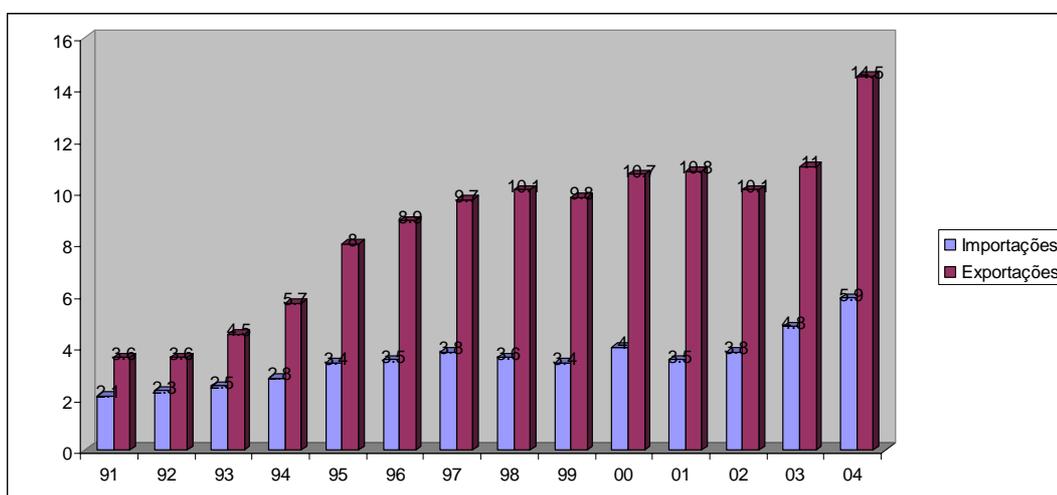
Fonte: Disponível em: <www.abiquim.com.br>. Acesso em: 29/07/2005.

Segundo dados da ABIQUIM, as exportações brasileiras de produtos químicos em 2004 foram ligeiramente superiores a US\$ 5,9 bilhões em 2004, com aumento de 23,2% em relação ao total de US\$ 4,8 bilhões exportados em 2003. Em volume, o País exportou mais de 7,4 milhões de toneladas, 3% mais do que em 2003. As vendas externas de produtos químicos representaram 6,1% do total de bens exportados pelo País, em dólares, em 2004. As importações de produtos químicos pelo País foram recorde em 2004, somando mais de US\$

² Segundo painel do SDI de dezembro de 2004, este painel é composto por produtos que apresentam faturamento global equivalente a 61% do total do segmento de produto químico de uso industrial. Portanto, o faturamento dos produtos constantes no painel do SDI, correspondeu a aproximadamente, um terço do faturamento total da indústria química nacional em 2004.

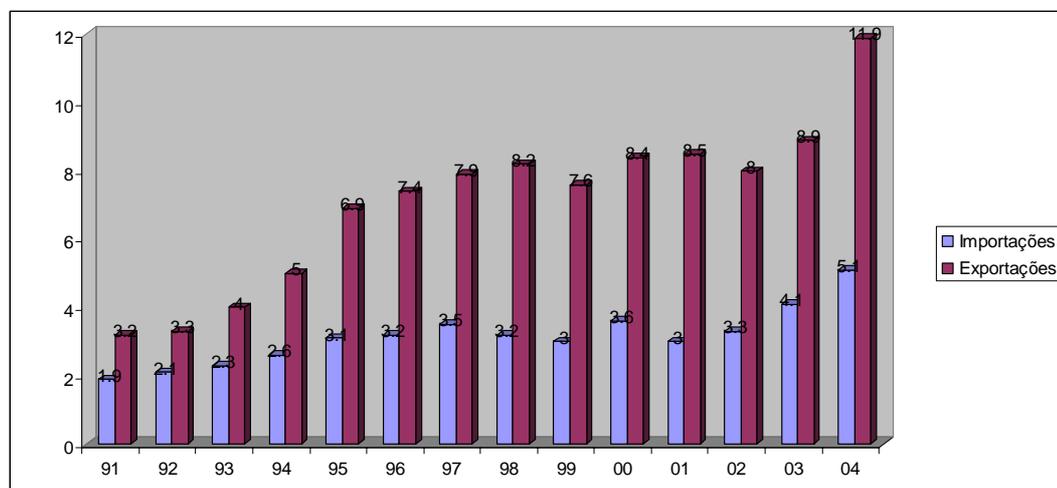
14,5 bilhões, valor 31,6% maior do que o total de US\$ 11 bilhões importados em 2003. Em volume, o País importou 24,1 milhões de toneladas de produtos químicos em 2004. As compras externas de produtos químicos responderam por 23,1%, em dólares, do total das importações brasileiras em 2004. O déficit da balança comercial brasileira de produtos químicos foi superior a US\$ 8,5 bilhões em 2004, valor 38,2% maior do que o apurado em 2003. Nos Gráficos 1 e 2, abaixo, podemos notar a evolução do setor químico brasileiro nos últimos anos. O primeiro mostra os produtos químicos em geral; o segundo, apenas os produtos químicos de uso industrial.

Gráfico 1 – Importações e Exportações Brasileiras - 1990 a 2004
Produtos Químicos - (em US\$ Bilhões)



Fonte: Disponível em: <www.abiquim.com.br>. Acesso em: 29/07/2005.

Gráfico 2 – Importações e Exportações Brasileiras - 1990 a 2004
Produtos Químicos de uso Industrial - (em US\$ Bilhões)



Fonte: Disponível em: <www.abiquim.com.br>. Acesso em: 29/07/2005.

Com base nesses valores, torna-se clara a importância do estudo em questão para o país e para o bom desempenho das exportações brasileiras. A partir de agora buscou-se delinear melhor as etapas e algumas peculiaridades da indústria petroquímica.

As matérias-primas que dão origem à cadeia química, são, em geral, de origem: (a) mineral, como petróleo, gás natural, rocha fosfática, enxofre, ferro, cobre e etc.; (b) vegetal, como óleo de soja, óleo de coco, mandioca, entre outros; (c) animal, como mucosa bovina, mucosa suína etc..

Entre estes insumos, os mais importantes são o petróleo e o gás natural, que dão origem à atividade petroquímica, que vem a constituir o mais importante ramo da indústria química³. Dada a relevância do ramo petroquímico, é apresentada, a seguir, sua estrutura. O petróleo e o gás natural são extraídos e/ou refinados pela indústria petrolífera. Os derivados do petróleo (nafta petroquímica, gasóleo e outros) e do gás natural (etano, metano, propano etc), chamados de hidrocarbonetos, são fornecidos pela indústria petrolífera à indústria química, que, então, fabrica os petroquímicos básicos, também denominados petroquímicos de primeira geração. Estes podem ser subdivididos em olefinas e aromáticos. As principais olefinas são: eteno ou etileno (o mais importante insumo da cadeia petroquímica), propeno, ou propileno e butadieno. Exemplo de aromáticos é o benzeno, o tolueno e os xilenos.

A escolha de qual hidrocarboneto utilizar depende de uma série de fatores. No caso do gás natural, o investimento para obter o eteno é menor, uma vez que se trata de um produto que não exige refino, sendo apenas extraído e consumido. Não há geração de subprodutos. A nafta, por sua vez, é obtida pelo refino do petróleo, o que gera a necessidade de construção de refinarias, aumentando conseqüentemente os investimentos (GUERRA, 1993, p. 25). Contudo, o refino do petróleo gera outros produtos, além da própria nafta, como, por exemplo, gasolina (PARISI Jr., 1994, p. 33). Além disso, a fabricação de eteno a partir da nafta produz como subprodutos outras olefinas, além do próprio eteno e aromáticos (GUERRA, 1993, p. 25).

Portanto a escolha do insumo que abastecerá a origem da cadeia petroquímica depende da disponibilidade de gás natural, da relação entre os preços da nafta e do gás natural, da demanda dos subprodutos obtidos no refino do petróleo e na produção de eteno, entre outros fatores (GUERRA, 1993, p. 25). Tendo sido realizada a opção pela nafta ou pelo gás natural,

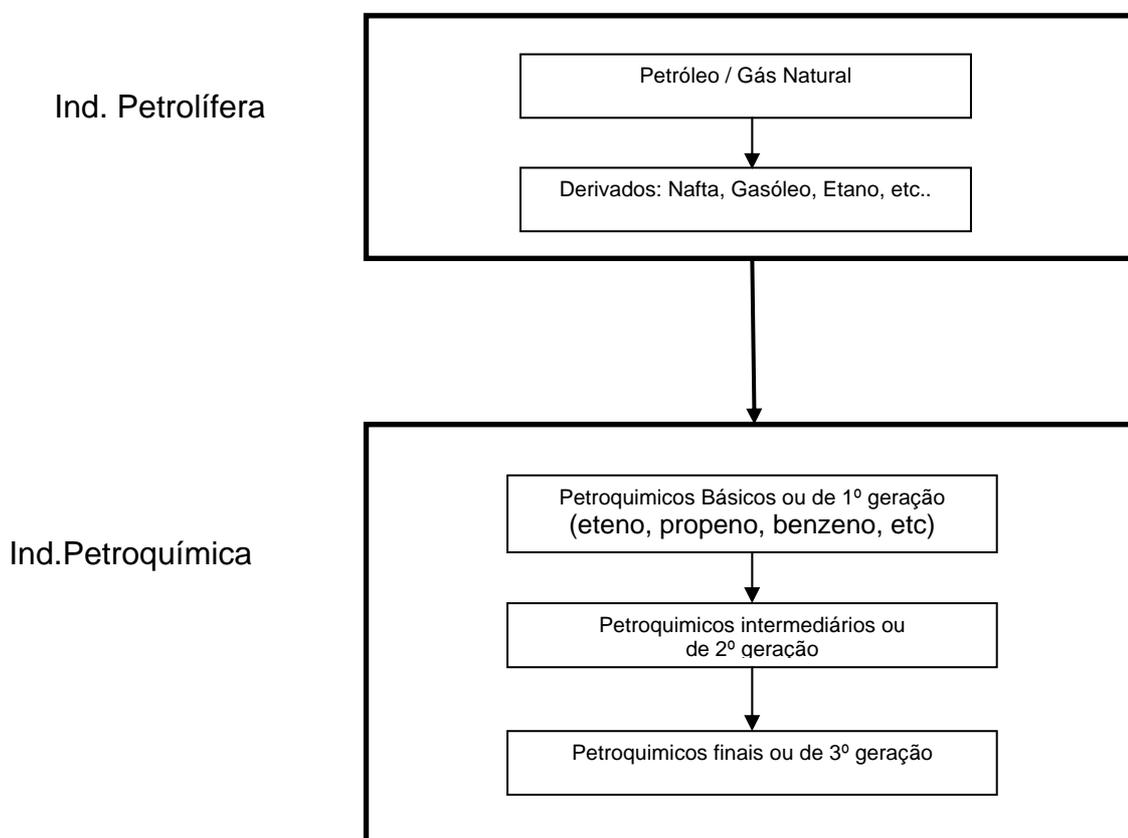
³ Segundo a ABIQUIM: “A indústria petroquímica é parte da indústria química. Caracteriza-se por utilizar um derivado do petróleo (o nafta), ou o gás natural (que tecnicamente também é petróleo) como matéria-prima básica... A ABIQUIM não utiliza o termo petroquímica em separado.”

a possibilidade de alterar a escolha do insumo sem incorrer em significativos custos é limitada, ou seja, os *sunk costs*, são expressivos.

Uma vez obtidos os petroquímicos básicos (por meio do gás natural ou da nafta), estes são utilizados na fabricação de petroquímicos intermediários, ou também denominados petroquímicos de 2ª geração. Estes, por sua vez, dão origem aos petroquímicos de 3ª geração.

A classificação entre produtos químicos de primeira, segunda ou terceira geração depende de sua posição na sua cadeia produtiva. Veja abaixo um fluxograma ilustrativo (Figura 1) das atividades petroquímica e petrolífera.

Figura 1 – Fluxograma das Atividades Petrolífera e Petroquímica



Não obstante a importância do chamado *microcomplexo* petroquímico no conjunto da indústria química, há outros importantes segmentos desta última que se originam do petróleo, do gás natural ou de seus derivados. Como exemplos, podem ser citados a produção de fertilizantes fosfatados e potássicos, cujas origens estão, respectivamente, na extração de rocha fosfática e de minerais potássicos; a produção de ácido sulfúrico, insumo usado em várias e etapas da cadeia industrial e a produção de ácidos graxo provenientes do óleo vegetal.

1.3 CONTEXTO

Atualmente, as empresas buscam novas formas de vantagem competitiva. Após praticarem a certificação nas áreas de qualidade, meio ambiente, segurança do trabalho, as grandes empresas identificaram uma nova oportunidade de redução de custo, aumento de produtividade e, por conseqüência, maior competitividade: gestão eficiente da cadeia de suprimentos.

Entretanto, percebe-se facilmente a evolução da relação cliente-fornecedor. Esta evolução se torna evidente nas mudanças de comportamento nas empresas. As primeiras empresas a sentirem a necessidade de definição da política de desenvolvimento de relação cliente-fornecedor foram as japonesas. Hoje, isto se generalizou.

Verificam-se nesta tendência os sinais de uma mudança na estratégia industrial implantada para enfrentar este novo cenário, constituindo-se em uma oportunidade de melhorar a capacidade de negociação da empresa para obter vantagens competitivas. O tradicional relacionamento entre uma firma de compra e seus fornecedores tem se caracterizado em múltiplas fontes, preços competitivos e no uso de contratos de curto prazo (HUTCHINS, 2003).

O mundo está passando por grandes transformações que deixam anacrônicas, em curto espaço de tempo, as melhores práticas dos processos empresariais. Dentro deste contínuo processo de mudanças (Globalização, Tecnologia da Informação, entre outros) só sobreviverá a empresa que tiver a capacidade de reestruturar seus negócios de acordo com o ambiente em que está inserido (HUTCHINS, 1993).

A Globalização das economias e a abertura do mercado às importações têm provocado um acirramento da competição. Os países importadores e consumidores de bens, produtos e serviços no mercado mundial, vêm adotando especificações técnicas e padrões cada vez mais exigentes, como é o caso da série ISO 9000. Em busca de melhores resultados, os setores industrial, comercial e de serviços trilham o caminho da qualidade, da produtividade, da eficiência e da capacitação.

Para alcançar níveis de desempenho em qualidade e presteza no atendimento ao cliente, é preciso realizar esforços para se obter a competência dos fornecedores, bens e serviços da empresa. É fundamental, para aprimorar a competitividade, que as empresas busquem desenvolver uma cadeia de suprimentos estável. Alguns passos são fundamentais para a empresa estruturar sua cadeia de suprimentos, entre os quais destacam-se:

- Desenvolvimento de uma área de logística;
- Implementação de um processo de sistema gerencial.

No Brasil, um país com elevado custo de capital, torna-se necessária a redução de estoques, especialmente tratando-se de itens de alto valor agregado e baixo, ou até mesmo baixíssimo giro. Em se tratando de itens de manutenção, o estoque deve ser reduzido até níveis onde não haja problemas de atendimento das necessidades de itens de reposição na planta industrial.

Segundo Pimenta (2003), o governo brasileiro, nos últimos anos, vem utilizando o aumento da taxa básica de juros como meio de frear o consumo e diminuir a inflação. Esta estratégia adotada aumenta as taxas de juros de mercado, tornando os custos de estoque elevados em relação a outros países. O estoque se destaca como sendo um possível alvo para reduções de custos dentro das grandes empresas, porque além de ter uma parcela relevante nos custos industriais, esta conta do ativo tem um grande impacto sobre o retorno dos acionistas.

Enquanto as taxas de juros pressionam os estoques para baixo, a incerteza da demanda, principalmente se falando de itens de manutenção, força as grandes empresas a manterem um estoque mínimo ou de segurança, a fim de evitar problemas com falta desses itens. Por isso, as reduções de estoques devem ser feitas de forma criteriosa, mantendo o nível de serviço adequado à operação (PIMENTA, 2003).

Para Ballou (2001), tanto a incerteza da demanda, quanto a do fornecimento fazem com que as empresas tenham necessidade de formar estoques. Ele ainda aponta quatro razões para a estocagem:

- Para reduzir custos de transporte e de produção,
- Para coordenação da oferta e da demanda,
- Para auxiliar no processo de produção,
- Para ajudar no processo de *marketing*.

Para Slack (2002, p. 380), os profissionais que lidam com estoques se deparam com um grande dilema. “Por um lado, eles são custosos, e algumas vezes eles empatam considerável quantidade de capital... Por outro, proporcionam certo nível de segurança em ambientes complexos e incertos.”

Slack (2002, p. 381) ainda define estoque como “acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação”. Mas o autor reforça que o termo estoque se destina apenas a “*recursos de entrada transformados*”. No quadro abaixo temos alguns exemplos, citados pelo autor, de estoques mantidos em operações.

Quadro 3 – Exemplos de estoques mantidos em operações

Operação	Exemplos de estoques mantidos em operações
Hotel	Itens de alimentação, itens de toalete, materiais de limpeza.
Hospital	Gaze, instrumentos, sangue, alimentos, drogas, materiais de limpeza.
Loja de Varejo	Itens a serem vendidos, materiais de embalagem.
Armazém	Itens armazenados, materiais de embalagem.
Distribuidor de Autopeças	Autopeças em depósito principal, autopeças em locais de distribuição.
Manufatura de televisor	Componentes, matéria-prima, produtos semi-acabados, televisores acabados, materiais de limpeza.
Metais preciosos	Materiais (ouro, platina, etc) que esperam ser processados, materiais completamente beneficiados.

Fonte: Slack (2002, p. 382).

A diferença mais óbvia entre as operações acima é o valor dos estoques de cada operação. Para Slack (2002), se o fornecimento fosse no mesmo momento em que ocorre a demanda, não haveria a necessidade de manter estoques. Ele cita alguns tipos básicos de estoques, o que não quer dizer que a mesma empresa apenas adote um tipo. Pode haver em uma mesma empresa mais de um tipo descrito abaixo. Segundo ele as razões para o desequilíbrio entre taxa de fornecimento e demanda em diferentes pontos das operações levam a diferentes tipos de estoques.

Segundo Slack (2003), os tipos de estoques são os seguintes:

1. Estoque de proteção ou estoque de segurança:

Esse tipo de estoque é também conhecido como estoque isolador. Sua principal função é compensar as incertezas inerentes a fornecimento e demanda. As operações que lidam com esse tipo de estoque vão manter sempre os estoques a um nível mínimo. Esse nível está lá

para atender a níveis de demanda maiores do que a esperada no tempo decorrido no ressurgimento. Neste estudo, por se tratar de itens de manutenção de uma complexa planta industrial, onde a operação da fábrica pode parar caso algum item sobressalente falte, esses pontos de ressurgimento devem estar bem alinhados com a criticidade de cada item para o fornecimento e para a operação da fábrica. E este é o propósito do estudo em questão.

2. Estoque de ciclo:

Este tipo de estoque ocorre quando um ou mais estágios de uma operação não podem oferecer mais de um tipo de item ao mesmo tempo. As operações devem produzir quantidades que atendam à demanda pelo item durante o período em que ele não está sendo produzido, ou seja, quando existe um lote de outro produto sendo fabricado.

3. Estoque de antecipação:

Este tipo de estoque é utilizado quando a demanda por um item sofre grandes variações, porém pode ser prevista com certa exatidão. É o caso de ovos de páscoa, por exemplo. Eles começam a ser fabricados com certa antecedência para atender a forte demanda do período de Páscoa. Este tipo de estoque também pode ser adotado em cadeias que operam com variações significativas em seu fornecimento, como é o caso da soja que é fornecida apenas em momentos de safra.

4. Estoque no canal de distribuição:

O estoque no canal de distribuição existe por que o material muitas vezes não pode ser transportado diretamente ao ponto de demanda. Este tipo de estoque também pode ser chamado de estoque em trânsito.

Neste primeiro momento, evidenciamos o contexto e a importância dos estoques para os resultados das empresas. No próximo capítulo, são detalhadas as principais decisões referentes ao gerenciamento de estoques e definiremos o problema do estudo em questão.

1.4 O PROBLEMA

A partir dos anos noventa, assuntos como cadeia de suprimentos têm recebido destaque na literatura referente à engenharia e à gestão de processos. O gerenciamento da cadeia de suprimentos representa uma nova ferramenta de gestão que considera como um dos aspectos primordiais para sua implementação, a integração entre todas as áreas funcionais da empresa. Esta integração se dá tanto no ambiente interno quanto externo. A indústria química nacional por ter grande peso para o PIB e a balança comercial, conforme visto anteriormente, também deve buscar excelência em seus processos para garantir sua sobrevivência.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM⁴, o faturamento líquido da indústria química brasileira, considerando todos os segmentos que a compõem, subiu 30,5% em 2004, atingindo a cifra de US\$ 59,4 bilhões. Quando medido em reais, o faturamento líquido cresceu 24,1%, passando de R\$ 140 bilhões em 2003 para R\$ 173,8 bilhões em 2004.

A indústria química tem papel de destaque no desenvolvimento das diversas atividades econômicas do País, participando ativamente de quase todas as cadeias e complexos industriais, inclusive serviços e agricultura. No caso brasileiro, de acordo com o último dado disponível, relativo ao ano de 2003, a participação da indústria química no PIB total foi de 3,7%. A título comparativo, nos Estados Unidos (maior indústria química do mundo), a participação no PIB é de cerca de 2%. Levando em consideração a matriz industrial do Brasil, ainda segundo dados do IBGE, o setor químico ocupa a segunda posição, com quase 12% do PIB da indústria de transformação, atrás apenas do setor de alimentos e bebidas, que tem cerca de 17% do total.

Segundo dados da ABRAMAN⁵, a indústria petroquímica brasileira gasta aproximadamente 1,67% do seu faturamento com atividades de manutenção, considerando neste valor os custos com itens de manutenção. Por isso torna-se importante uma boa gestão de estoques desse tipo de item.

Para Ching (2001), a gestão de estoques contempla o seu planejamento, o controle e a retroalimentação. Agora, esses papéis são definidos:

⁴ Fonte: disponível em: <www.abiquim.com.br>. Acesso em: 21/06/2005.

⁵ Fonte: disponível em: <www.abraman.com.br>. Acesso em: 21/06/2005.

- Planejamento de estoques: consiste na determinação dos valores que o estoque terá no decorrer do tempo. Consiste ainda na determinação das datas de entrada e saída dos materiais e na determinação dos pontos de ressuprimento.
- Controle de estoques: consiste no registro dos dados planejados mencionados anteriormente.
- Retroalimentação: consiste na comparação dos dados de controle com os dados estabelecidos no planejamento, a fim de constatar desvios e investigar possíveis causas. É papel dos gestores de estoques reverem ou corrigirem o planejamento estabelecido a fim de tornar o planejamento e o controle cada vez mais coincidentes.

Segundo Ching (2001), os objetivos de gestão são atingidos com a adoção das funções descritas abaixo:

- **Cálculo de estoque mínimo dos itens;**
- **Cálculo do lote de suprimento;**
- **Cálculo do estoque máximo;**
- Manter a ficha de estoque atualizada;
- **Replanejar os dados quando houver razões para modificações;**
- **Emitir solicitações de compra quando o nível de estoque atingir o ponto de ressuprimento;**
- Receber o material do fornecedor;
- Identificar o material e armazená-lo;
- Conservar o material em condições adequadas;
- Entregar o material mediante requisição;
- Atualizar a ficha de estoque e guardar a documentação de movimentação do material;
- Organizar o almoxarifado e manter sua organização.

Note-se que existem algumas funções em negrito na listagem acima, que serão abordadas no estudo proposto.

A empresa estudada observou prejuízos em sua gestão de estoques. Muitos itens que deveriam ser controlados com base nas funções descritas acima não eram. Outros que não

deveriam ser controlados ou não precisam ser estocados permanecem alguns anos sem giro, gerando custos desnecessários para a empresa.

Segundo Arozo (2002), o processo de gestão de estoques pode ser decomposto em quatro aspectos básicos:

- As políticas e modelos quantitativos utilizados;
- As questões organizacionais envolvidas;
- O tipo de tecnologia utilizada;
- O monitoramento do desempenho do processo.

Os indicadores de desempenho na gestão de estoques podem ser divididos em três grupos: custo, nível de serviço e conformidade do processo, compondo os dois primeiros o *trade-off* básico da gestão de estoques. Já os indicadores de conformidade mostram as razões que levaram ao desempenho alcançado.

Para minimizar esses custos, na empresa em questão será implantada uma nova política de gestão de estoques, para itens de manutenção, com base na chamada Matriz de Criticidade. Essa nova política será desenvolvida a fim de gerar novos níveis de estoque mínimo, estoque de segurança, lote de ressuprimento, estoque máximo, planejamento de estoques e pontos de ressuprimento.

O objetivo da nova política é alinhar a área de suprimentos da empresa com a área de manutenção industrial e tornar os níveis de estoques confortáveis para as duas áreas. Ou seja, os novos valores de estoque de segurança gerados pela matriz de criticidade deverão manter níveis de serviço aceitáveis (área de manutenção industrial), a custos razoáveis (área de suprimentos).

Para Arozo (2002), os indicadores de custos são os mais utilizados nas empresas. Os custos de estoques podem ser divididos em custos de manutenção de estoques e custos de falta do item. O custo de falta de estoques está ligado ao nível de serviço da empresa e muitas vezes é negligenciado, o que dificulta uma melhor análise do *trade-off* básico da gestão de estoques, citado anteriormente.

Porém, para Ballou (2002), os principais custos de estoque podem ser divididos em:

- Custos de obtenção de estoques;
- Custos de manutenção de estoques;
- E, também, custos de falta de estoques.

Para elaboração da nova política de gestão de estoques, foram pesquisados, entre os funcionários das áreas de Suprimentos e Manutenção Industrial, os atributos que deveriam ser considerados para medição da criticidade do item: confiabilidade do fornecimento, origem do item, custo do item, incerteza da demanda, quantidade do item instalado na planta industrial e criticidade do item para o funcionamento da planta industrial.

Para Ching (2001, p.38), suprimentos “inclui uma variedade de itens que não os regularmente consumidos na operação fabril. Podem ser itens para a manutenção de equipamentos, da instalação predial, e etc.” E é justamente para estes tipos de itens que será adotada a matriz de criticidade.

Esta matriz classifica os itens em: itens de Alta Criticidade e itens de Baixa Criticidade, que por sua vez gerou os parâmetros de lote de compra, estoque de segurança, ponto de ressuprimento, estoque máximo e nível de serviço desejado, e ainda definir os itens que devem obter esses parâmetros controlados pelo sistema de gestão de estoques e os itens que só devem ser comprados para uso imediato, ou seja, não devem ser estocados. Foi considerado também o consumo dos itens, utilizando-se como ferramenta a curva ABC de consumo.

Para verificar os benefícios da nova política de gestão de estoques, este trabalho propõe avaliar, por meio de simulação computacional, a nova política de gestão de estoques, alimentando o *software* de simulação Arena® com os parâmetros existentes atualmente e em seguida, alimentá-lo com os parâmetros gerados pela nova política de gestão de estoques. Por fim, foram analisados os dois cenários com simulações de custos e nível de serviço obtidos, antes e depois da adoção da nova política de gestão de estoque.

1.5 DELIMITAÇÃO

A complexidade e abrangência do problema apresentado exigem que se restrinja o alcance da pesquisa. Assim, foram estudados os aspectos relativos às políticas de estoques adotadas pela área de suprimentos da empresa em questão, utilizando-se dados do sistema de informações gerenciais da empresa. Estes dados foram coletados a partir de uma amostra de itens selecionados, esta amostra possui os 30 itens com maior giro, segundo o sistema de informações da empresa, uma vez que a empresa conta com uma variedade de aproximadamente 30.000 itens de manutenção cadastrados, sendo que muitos têm duplicidade no cadastro.

Foram analisadas as informações recolhidas sob a luz das teorias relacionadas à gestão de estoques. Não é objetivo deste trabalho analisar os critérios utilizados na elaboração da matriz de criticidade e sim o que será definido como política de estoques após sua implantação.

1.6 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi verificar os benefícios gerados com a adoção da nova política. Primeiro, foi analisado o estado atual, levantando-se dados sobre a política de gestão de estoques que é utilizada. Foram levantados pontos de ressuprimento, estoque mínimo, estoque máximo, estoque de segurança, demanda dos itens, tempo de entrega dos fornecedores e as variáveis nível de serviço e custos de estocagem. Estes parâmetros foram utilizados tanto na avaliação da política atual, quanto na avaliação do sistema após a implementação da nova política de gestão de estoques.

Para verificação dos benefícios gerados com a nova política de gestão de estoques foram avaliados os valores das variáveis, custo de estocagem e nível de serviço, obtidas com os parâmetros definidos na nova política. Para esta avaliação serão utilizadas técnicas de simulação que, segundo Banks, Carson & Nelson (1996), são indicadas quando o sistema a ser estudado é complexo e as relações entre as diversas variáveis são difíceis de serem determinadas ou mensuradas.

O estudo em questão teve como objetivo verificar, através do uso de simulação computacional, os dois cenários descritos anteriormente: antes e depois da implantação da nova política de gestão de estoques. Os dois cenários serão simulados para uma amostra de 30 itens mais significativos em consumo, segundo a classificação ABC. Alguns itens terão o estudo mais aprofundado, mostrando a possibilidade de redução de custos de estoques, mantendo-se os valores de nível de serviço em patamares aceitáveis.

1.6.1 Questões de Pesquisa

As questões que se pretende responder no estudo são:

- Os novos parâmetros de gestão de estoques utilizados representam um melhor equilíbrio entre Nível de serviço e Custos envolvidos na amostra escolhida?
- Os valores dos parâmetros utilizados na nova política poderiam sofrer ajustes que trariam reduções de custos? É possível ajustar estes parâmetros mantendo um mesmo nível de serviço?

1.7 RELEVÂNCIA

Os resultados desta pesquisa devem contribuir acadêmica e operacionalmente para o desenvolvimento dos sistemas de gestão de estoques e técnicas de simulação, possibilitando:

- Avaliar os resultados obtidos com a nova política;
- Enfatizar os resultados de produtividade adquiridos com a adequação da política de estoques;
- Ampliar a convicção da importância do dimensionamento de estoques para a melhoria de desempenho das empresas;
- Contribuir para a maior produtividade das organizações.

1.8 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Marconi & Lakatos (2002, p. 17) toda pesquisa deve basear-se em uma teoria, que deve servir como ponto de partida para a investigação, ou seja, para que o estudo tenha caráter científico exige-se que possua embasamento teórico que dê sustentação lógica ao tema escolhido, de forma que sejam possíveis sua explicação, discussão e demonstração. Severino (2003, p. 93) “A teoria, sendo instrumento da ciência, é utilizada para conceituar os tipos de dados a serem analisados. Para ser válida, a pesquisa deve apoiar-se em fatos observados e provados, resultantes do próprio processo de pesquisa”. Além disso, é preciso que haja uma estreita relação entre o material consultado e já publicado, com a pesquisa. Neste estudo será feita uma revisão de literatura utilizando-se como metodologia a pesquisa bibliográfica, que se constitui na análise de obras já publicadas em forma de livros, revistas, dissertações, teses, publicações digitais (*internet*) etc.

Deverão ser realizadas pesquisas bibliográficas envolvendo, dentre outros, os seguintes conceitos: Gestão de Estoques; Custos de Estoques; Técnicas e ferramentas de simulação.

1.9 METODOLOGIA DE PESQUISA

1.9.1 Estratégia de Pesquisa

A abordagem a respeito dos procedimentos (estratégia) do estudo proposto é uma análise temporal, na medida em que ela se fundamenta na idéia de que a análise de uma unidade de um universo escolhido possibilita segundo Gil (1999) a compreensão da generalidade do mesmo ou no mínimo, o estabelecimento de bases para uma investigação posterior.

Será realizado um estudo em uma empresa do ramo petroquímico, onde informações reais serão coletadas para simulação dos resultados esperados após a adoção da matriz de criticidade. Esses dados serão lançados no *Software Arena* ® conhecido por obter uma interface amigável. Para Prado (2002), o *Software* tem muita interatividade e satisfação nas respostas recebidas.

1.9.2 Coleta de Dados

De acordo com Marconi & Lakatos (2002), a coleta de dados para uma pesquisa científica varia segundo as circunstâncias ou tipo de investigação. As técnicas de pesquisa que serão adotadas são:

- **Pesquisa documental:** A fonte de coleta de dados é restrita a documentos, escritos ou não, e constitui-se em fontes primárias de obtenção de dados, como por exemplo, documentos públicos, atas, contratos etc. Existem também as fontes de dados secundários, que podem ser obtidas a partir de relatórios de pesquisas baseadas em trabalho de campo, análise de documentos originais, dados de recenseamento etc.

- **Observação:** Esta técnica utiliza os sentidos para obtenção de determinados aspectos da realidade. Não se trata de apenas ver e ouvir, as também de examinar os fenômenos que se deseja estudar. Para Ander Egg (1978) apud Marconi & Lakatos (2002) existem quatro tipos de observação: segundo os meios utilizados; a participação do observador; o número de observações e, o lugar onde se realiza.

1.9.3 Análise e Interpretação dos Dados

Após a coleta de dados, eles deverão ser classificados de forma sistemática, sendo selecionados para uma verificação crítica, categorizando-os mediante uma codificação ou tabulação. Uma vez manipulados tais dados e obtidos os resultados, o passo seguinte é a análise e interpretação dos mesmos. Para Marconi & Lakatos (2002, p. 34) análise e interpretação constituem-se no núcleo central de uma pesquisa, pois “representam aplicação lógica [...] do processo de investigação”. A análise e interpretação são duas atividades distintas, porém estreitamente relacionadas e, como processo, envolvem duas operações:

- **Análise:** É a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores;
- **Interpretação:** É a atividade intelectual que procura dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-as a outros conhecimentos. Significa a exposição do verdadeiro significado do material apresentado, em relação aos objetivos (geral e específico) da pesquisa. Esclarece não só o significado do material coletado, mas também tece deduções mais amplas dos dados coletados.

Portanto, a análise e interpretação dos dados da pesquisa deverão receber um tratamento qualitativo e quantitativo.

O tratamento qualitativo dos dados tem como objetivo o estabelecimento de conclusões sem ater aos aspectos numéricos, não requer o uso de procedimentos estatísticos. O ambiente natural é a fonte direta de coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. O processo e seus significados são os focos principais. Aqui se busca a análise e interpretação dos fenômenos e atribuição de significados no processo.

Quanto aos aspectos quantitativos da pesquisa, serão considerados tudo o que pode ser quantificado, buscando-se na utilização das ferramentas proporcionadas pela matemática estatística, aliadas a técnicas de simulação. Para Kossiakoff (2003), as técnicas de simulação podem incorporar aspectos físicos do sistema e podem ser menos abstratos que outras formas de modelagem existentes.

1.10 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste momento foram listados os principais passos do trabalho em questão. O Capítulo 1 é a introdução do trabalho e determinação do trabalho em questão. Tem como objetivo ressaltar a relevância, objetivos, caracterizar a indústria petroquímica e algumas considerações sobre a importância da gestão de estoques de itens de manutenção para o segmento.

No Capítulo 2 consta a pesquisa bibliográfica onde está explicitada uma parte da literatura referente à gestão de estoques, custos relevantes à tomada de decisão nessa área e a importância do uso de ferramentas de simulação no apoio a tomada de decisão neste ambiente. Foi pesquisado o que há de mais novo referente a esses temas, com o intuito de munir o leitor do embasamento teórico adequado para entendimento do estudo.

No Capítulo 3 consta a Metodologia adotada para o estudo em questão onde está descrita a estratégia de pesquisa, a coleta dos dados utilizados e a análise e interpretação dos dados coletados.

No Capítulo 4 finalmente será descrito o estudo de caso realizado, assim como o cenário em que o estudo foi realizado, a maneira como os dados foram processados e os resultados obtidos com o estudo e as simulações feitas. Por fim, no Capítulo 5 será descrita a conclusão e a proposta para estudos futuros relacionados ao assunto em questão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos e definições dos autores e pesquisadores sobre o tema em estudo, para fornecer o embasamento teórico necessário à apresentação do estudo de caso que será analisado no capítulo 4.

2.1 ESTOQUE

Os gestores têm, usualmente, uma atitude ambivalente em relação aos estoques. Por um lado eles são custosos e empenham uma quantidade significativa de capital de giro das empresas. Além do que, mantê-los aumenta o risco de perdas por roubo ou obsolescência e ainda ocupam um espaço valioso. Por outro lado, os estoques proporcionam certa segurança em ambientes complexos e incertos. No caso de MRO (*Maintenance, Repairing and Operating*), a incerteza da demanda é um dos fatores críticos para sua gestão. O grande dilema do estoque está em que, apesar de serem custosos, ele facilita o atendimento da demanda (SLACK, 2002).

Para Slack et al. (2002), estoque é definido como “*acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação*”. Porém, usualmente, o termo é usado para fazer referência a “*recursos de entrada transformados*”. Os estoques existem porque existe uma diferença entre a taxa de demanda e o ritmo de fornecimento. Se o item fosse fornecido no momento em que fosse demandado, não haveria necessidade de se formar estoques, como é o caso da tecnologia JIT (*just-in-time*), a qual será abordada mais à frente neste estudo, onde as taxas de fornecimento e demanda estão casadas e seguem o mesmo ritmo.

Para Bowersox & Closs (2001), é possível reduzir os níveis de estoques, melhorando a integração dos parceiros da Cadeia de Suprimentos. A troca de informações e o esforço gerencial podem reduzir significativamente a incerteza do fornecimento e da demanda. Porém, a reestruturação da cadeia carece de profundo conhecimento de seu funcionamento e dinâmica.

2.1.1 Tipos de Estoque

Para Slack et al. (2002) os tipos de estoque são divididos de acordo com as definições a seguir:

- Estoque de proteção (ou segurança): este tipo de estoque tem como propósito compensar as incertezas do fornecimento e da demanda. Este nível de estoque está lá para ser usado em momentos de incerteza no processo de fornecimento ou demanda. Este nível será considerado no estudo em questão.
- Estoque de ciclo: este tipo de estoque pode ocorrer porque um processo produtivo pode não conseguir fornecer simultaneamente todos os tipos de itens que produz. Os lotes devem ser grandes o bastante para garantir o fornecimento enquanto outros itens estão sendo produzidos. Portanto, mesmo que a demanda seja previsível, deve ser mantido estoque para compensar a interrupção do fornecimento.
- Estoque de antecipação: este tipo de estoque é comumente utilizado em ambiente em que existem sazonalidade por parte do fornecimento ou da demanda. Por exemplo, no caso de processos que dependem de safras de alimentos. Neste caso existem estoques para lidar com a sazonalidade do fornecimento. No caso dos ovos de Páscoa, por exemplo, faz-se estoque durante certo período do ano para atender a demanda da Páscoa. Nesse caso, existe sazonalidade da demanda.
- Estoque no canal de distribuição: Todo estoque em trânsito é considerado estoque no canal de distribuição. Quando uma loja de varejo faz um pedido a um fornecedor e ele aloca este item para a loja, este estoque, a partir daí, é considerado estoque no canal, até que este seja entregue à loja de varejo.

Por sua vez, Robenson et al. (1994) mostra os motivos e os tipos de estoques segundo a classificação na tabela abaixo.

Tabela 2 – Forças que tornam os estoques necessários

Motivo do Estoque	Tipo de Estoque
Incerteza do Fornecimento/Demanda	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

Fonte: Adaptado de Robenson et al. (1994)

Lambert, Stock & Vantine (1998) definem os tipos de estoques baseados na causa da sua existência. Ou seja, de acordo com a razão principal para ele ser acumulado:

- Estoque Cíclico: este tipo atende à demanda sob condições de relativa certeza. Ou seja, quando se conseguem prever os períodos em que ocorre a demanda pelo item.
- Estoque em Trânsito: este está em movimento, por exemplo, quando está sendo enviado aos seus clientes.
- Estoque de Segurança ou de Equilíbrio: este busca proteger a operação de variações na demanda ou no fornecimento.
- Estoque Especulativo: este estoque pode surgir quando a empresa adquire uma quantidade maior, a fim de obter descontos, ou se prevenir da falta dele no mercado. Pode também surgir buscando se antecipar a possíveis aumentos de preço no futuro.
- Estoque Sazonal: este tipo é bem parecido com o especulativo, busca manter um ritmo produtivo estável ao longo do tempo. Neste caso existe acúmulo antes da demanda.
- Estoque Parado: este surge quando não existe demanda registrada ao longo do tempo. Também pode ser chamado de estoque obsoleto.

Correa et al. (1997), por sua vez é mais simplista e aponta as seguintes razões para a formação de estoques:

- A impossibilidade ou inviabilidade de alinhamento entre o fornecimento e a demanda;
- As incertezas das previsões de demanda e fornecimento;
- O atendimento dos canais de distribuição.

2.1.2 Termos freqüentemente relacionados a Estoque.

Bowersox e Closs, 1997, definem em seu estudo alguns termos relacionados à formulação de políticas de gerenciamento de estoques. São eles:

- Política de Estoque: esta consiste em normas sobre o que comprar e o que produzir, quando comprar e quais quantidades. Inclui também decisões sobre posicionamento e alocação de estoques em fábricas e centros de distribuição. A definição da política adequada a cada empresa é a tarefa mais difícil do gerenciamento de estoques. Outro componente da política é a estratégia de gerenciamento. Uma alternativa é o gerenciamento de estoque independente em centro de distribuição; outra pode ser de centralizar a gerência dos centros de distribuição.
- Nível de serviço ao cliente: este é um objetivo fixado pela alta gerência da empresa. É um dos objetivos de desempenho que a gestão de estoques deve atingir. O nível de serviço pode ser definido em termos de tempo de ciclos de pedido ou em percentual de quantidades atendidas. No estudo proposto será utilizado o nível de serviço em termos de tempo. Será calculado o percentual do tempo em que o *nível de estoque* de determinado item for igual a zero.
- Estoque médio: O estoque médio compreende a quantidade de materiais, componentes, estoque em processo e produtos acabados normalmente mantidos em estoque. Ao se definir uma política, o nível de estoque adequado deve ser

determinado para cada instalação física. O estoque médio é formado pelos seguintes componentes: básico, segurança e trânsito.

- **Estoque básico:** esta é a porção do estoque médio que se recompõe pelo processo de ressurgimento. No início de um ciclo de atividades, este está em seu nível máximo. O atendimento diário dos clientes vai reduzindo o estoque até que seu nível chega a zero. Antes disso, ao atingir o ponto de ressurgimento é emitido um pedido. Este pedido deve ser emitido quando o estoque disponível ainda é maior ou igual à demanda durante o tempo de ressurgimento. O estoque médio existente logo após o ressurgimento é chamado estoque básico.
- **Estoque de segurança:** uma parte do estoque médio é composta pelo estoque de segurança. Este se destina a armazenar o impacto das incertezas. O estoque de segurança é utilizado no final dos ciclos de ressurgimento, quando a demanda ou o tempo de ressurgimento previstos são maiores do que os esperados. Quando existe estoque de segurança, o estoque médio é igual à metade do pedido de ressurgimento mais o estoque de segurança.
- **Estoque em trânsito:** este que é objeto de cuidados especiais, representa o estoque em viagem ou aguardando para ser transportado. Estoque em trânsito é condição necessária no processo de ressurgimento de estoque. Do ponto de vista logístico, o estoque em trânsito introduz dois fatores de complexidade na cadeia de suprimentos. O primeiro é que muitas vezes ele pode ser pago mesmo sem ainda estar disponível. O segundo é que o estoque em trânsito ainda está envolvido por um alto grau de incerteza, porque muitas vezes os embarcadores não possuem informações precisas de sua localização e de sua hora correta de entrega. Este contribui para a incerteza quanto ao tempo de ressurgimento e, por consequência, aumenta a necessidade de aumento do estoque de segurança.

2.2 CONCEITUAÇÃO DE CUSTOS

Segundo o dicionário da língua portuguesa a palavra “custo” significa uma quantia pela qual se adquiriu algo, valor em dinheiro, dificuldade, trabalho, esforço. Bórnica (2003), por sua vez, tece algumas definições básicas e ressalta que ela não é homogênea na literatura.

Gasto e desembolso – Gasto é o valor dos insumos adquiridos pela empresa, independente de terem sido utilizados ou não. Não é sinônimo de desembolso, que é o ato do pagamento e que pode ocorrer em momento diferente do gasto. Por exemplo, se for efetuada uma compra de material com 60 dias de prazo para o pagamento, o gasto ocorre imediatamente, mas o desembolso só ocorrerá dois meses depois.

Custo de Fabricação – é o valor dos insumos na fabricação dos produtos da empresa. Exemplos desses insumos são: materiais, trabalho humano, energia elétrica, máquinas e equipamentos, entre outros.

$$\text{Custos de Fabricação} = \text{MP} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

Custos de matéria-prima (MP) – relacionam-se com os principais materiais integrantes do produto, que podem ser convenientemente separados em unidades físicas específicas.

Custo de mão-de-obra direta (MOD) – são aqueles diretamente relacionados com os trabalhadores em atividades de confecção do produto, isto é, representam o salário dos operários diretamente envolvidos com a produção.

Custos indiretos de fabricação (CIF) – são todos os demais custos de produção (materiais de consumo, mão-de-obra indireta, depreciação, energia elétrica, telefone, água, etc.). Esta classificação tem origem nos primórdios da contabilidade de custos, pois inicialmente esses custos não tinham valores relevantes em relação aos de MP e MOD. Porém nos dias de hoje os CIF vêm se tornando cada vez mais relevantes em relação aos outros. Os custos de estoques de itens de manutenção compõem, junto com outros, os CIF.

Despesa – é o valor dos insumos consumidos com o funcionamento da empresa e não identificados com a fabricação. São as atividades fora do âmbito da fabricação. A despesa é comumente dividida em comercial, financeira e administrativa. Portanto, as despesas são diferenciadas dos custos de fabricação pelo fato de estarem relacionadas com a administração da empresa.

Custo gerencial – é o valor dos insumos, bens e serviços utilizados pela empresa. Os custos gerenciais englobam os custos de fabricação e as despesas. Portanto, o custo gerencial pode ser descrito, como:

$$\text{Custo Gerencial} = \text{MP} + \text{MOD} + \text{CIF} + \text{Despesas}$$

Perda e desperdício – a perda normalmente é vista, na literatura contábil, como o valor dos insumos consumidos de forma anormal. As perdas são separadas dos custos, não sendo incorporadas nos estoques. Na engenharia de produção, perda significa o trabalho que aumenta os gastos e não agrega valor ao produto. Desperdício, por sua vez, é o esforço econômico que não agrega valor ao produto nem serve para suportar diretamente o trabalho efetivo.

Investimento – é o valor dos insumos adquiridos pela empresa não utilizados no período, mas que poderão ser empregados em períodos futuros.

2.2.1 Classificação de Custos

A primeira diferenciação definida por Bórnica (2003), é feita em relação aos custos totais e o custo unitário. Custo total é o montante despendido pela empresa, em determinado período, para fabricar todos os seus produtos. O custo unitário é o custo de fabricar uma unidade de determinado produto.

$$\text{Custo unitário} = \text{Custo total} / \text{Produção total}$$

Além da classificação básica descrita anteriormente existem outros tipos de classificações de custos. Os diferentes termos usados para se classificar os custos estão listados abaixo:

Classificação pela variabilidade: esta classificação é referente à sua relação com o volume de produção e divide os custos em fixos e variáveis. Os custos fixos são aqueles que não variam no curto prazo, como o salário dos funcionários, por exemplo. Já os custos variáveis são aqueles que variam diretamente com o volume de produção da empresa, como os custos com matéria-prima, por exemplo.

Classificação pela facilidade de alocação: esta classificação divide os custos em diretos e indiretos, de acordo com a facilidade de alocação desses custos com processos, produtos, centros de trabalho ou centros de custo. Custos diretos são aqueles facilmente relacionados a produtos, centros de trabalhos, processos, clientes e etc. São exemplos de custos diretos os custos de matéria-prima e os custos diretos de fabricação. Os custos indiretos são aqueles difíceis de serem relacionados a unidades sendo necessárias alocações para isso. Em empresas modernas esse tipo de custo é cada vez mais relevante.

Classificação pelo auxílio à tomada de decisão: esta classificação divide os custos em relevantes e irrelevantes. Os relevantes são aqueles que se alteram, dependendo da decisão tomada; os custos não-relevantes, por sua vez, são aqueles que não dependem da decisão tomada. Para o modelo de Lote econômico de compra, os custos de estocagem, por exemplo, são considerados relevantes.

Classificação pela facilidade de eliminação: esta classificação define os custos em fixos elimináveis e fixos não-elimináveis. O primeiro é composto pelos custos fixos que podem ser facilmente eliminados no curto prazo quando a empresa elimina alguma atividade. Como, por exemplo, salários, energia elétrica e aluguéis. O segundo são aqueles que não podem ser eliminados no curto prazo, como depreciações das instalações, impostos e outros. Esta classificação também pode ser feita quando uma linha de produção é paralisada, por exemplo.

2.3 CUSTOS DE ESTOQUE

Para Slack (2002) os principais custos que incidem sobre os estoques estão listados abaixo. E segundo ele, esses custos, têm relação direta com o tamanho do lote de compra adquirido pelas empresas. Este assunto será mais aprofundado na seção 2.3 deste mesmo trabalho:

- **Custo de colocação de pedido:** toda vez que um pedido de compra é colocado existem custos associados a esse tipo de transação. Estes custos estão diretamente ligados aos custos incorridos pelo setor de compras, com funcionários, troca de informações, o arranjo para que se faça a entrega, o recebimento, enfim, com toda estrutura mantida para esta transação.
- **Custo de desconto de preços:** em alguns ambientes, os fornecedores podem fazer descontos para grandes pedidos, porém podem impor custos extras para pedidos pequenos.
- **Custo de falta de estoque:** a falta de itens no estoque pode incorrer em custos pela falha de fornecimento. A falta de estoques pode gerar ociosidade em operações seguintes ou perda de clientes para concorrentes. No caso de MRO, a falta de itens pode acarretar a paralisação da planta industrial, gerando assim prejuízo. Este custo é diretamente proporcional ao nível de serviço alcançado pelo sistema.
- **Custo de capital de giro:** este custo incide sobre o valor desembolsado para se adquirir estoques. Este custo tem origem nos juros cobrados sobre o valor emprestado pelo banco ou pelo não investimento em outras atividades.
- **Custos de Armazenagem:** este custo está associado à armazenagem física dos itens comprados. Refere-se a toda a estrutura utilizada para armazenar os estoques. Aluguel, iluminação e climatização do armazém, segurança contra roubos e furtos também seguros contra incêndio podem ser caros em alguns casos.

- Custos de obsolescência: quando se compram quantidades muito grandes, corre-se o risco de perder seu estoque caso eles se tornem obsoletos. Mudanças de moda, perecibilidade de alimentos ou, até mesmo, mudança de tecnologia podem gerar obsolescência.
- Custos de ineficiência da produção: altos níveis de estoques impedem que os gestores de estoques identifiquem falhas no sistema produtivo. Este argumento será abordado mais à frente.

Bowersox & Closs (2001) são mais sucintos na definição dos custos relacionados à manutenção de estoques:

- Custo de Capital: Este custo se mostra o mais controverso em sua definição. Esses valores costumam variar entre a taxa básica de juros⁶ (prime rate) e 25%⁷. O motivo para se usar uma taxa de juros básica, ou qualquer outra praticada no mercado financeiro, é que esta é uma taxa de oportunidade sobre o capital alocado, pois se admite que o mercado remuneraria tal capital de acordo com estas taxas. Também pode ser usada uma taxa mais alta de acordo com as taxas de retorno sobre o investimento (*ROI - Return on Investment*) adotadas pela empresa. Existe uma grande dificuldade em definir este custo, porém ele é de grande importância para o planejamento logístico da empresa.
- Impostos: Alguns estados dos EUA tributam os estoques enquanto eles estão armazenados ou em propriedade das empresas. Este tipo de tributação não é praticado no Brasil.
- Seguro: O custo do seguro é calculado em função do risco e exposição do estoque em determinado período de tempo. Produtos de grande valor têm custo de seguro mais elevados. Este custo pode variar também com as características e condições de segurança das instalações.

⁶ A *prime rate* é a taxa de juros nos EUA que é estipulada pelas autoridades monetárias do país.

⁷ Para uma lista de 13 alternativas usadas para alcançar este valor, ver LAMBERT, Douglas M. *The Development of an inventory costing methodology*. Chicago III. : National Council of Physical Distribution Management, 1976. p. 24-25.

- **Obsolescência:** Este custo é atribuído às perdas de utilidade dos itens armazenados. Engloba descarte e diminuição de preço dos itens estocados. Este conceito também pode ser ampliado aos produtos que são descontinuados pelo modelo. No caso de MRO, pode ocorrer obsolescência quando ocorre mudança de tecnologia no processo de fabricação da instalação industrial.

2.4 ESTOQUE: CUSTO DE OPORTUNIDADE E O IMPACTO SOBRE OS INDICADORES FINANCEIROS

Para Pimenta (2003), as empresas de classe mundial, apesar de terem nos últimos anos canalizado esforços em prol da redução de seus níveis de estoques, ainda encontram nessa conta do ativo valores considerados críticos para um bom desempenho financeiro. Porém, este esforço deve levar em consideração o *trade-off* básico da logística, relativos aos custos da atividade e o nível de serviço. Os estoques são alvos constantes de reduções, pois além de imobilizarem capital, têm impacto direto sobre o retorno dos acionistas.

Outra evidência do custo financeiro dos estoques é o mercado global do século XX, caracterizado pelas altas taxas de juros praticadas no Brasil. Apesar desse fator forçar os níveis de estoque para baixo, a incerteza entre a taxa de fornecimento e da demanda torna os estoques essenciais para manter o nível de serviço aceitável. Por isso, a redução dos níveis de estoque deve ser de forma criteriosa sem impactos sobre a disponibilidade de produtos das empresas e possível perda de clientes (*ibid.*).

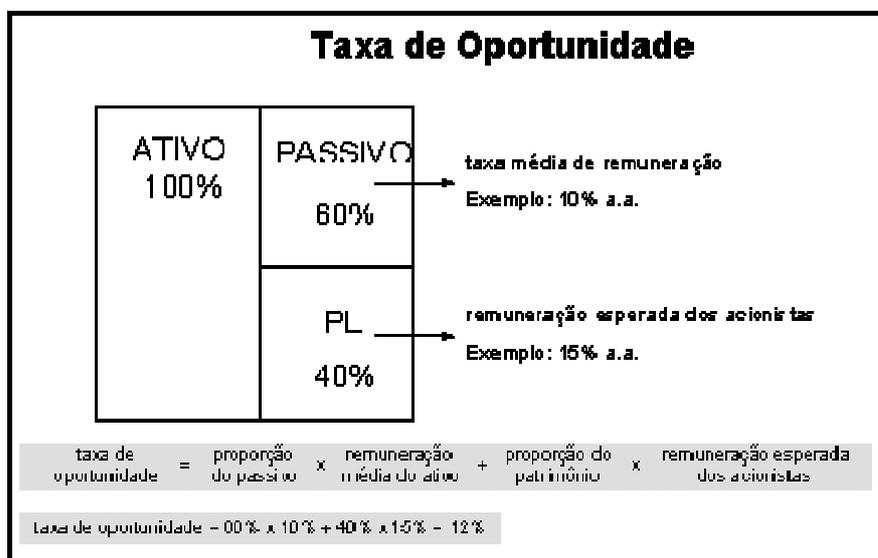
2.4.1 Custo Financeiro de Estoque

Pimenta (2003) tem o cuidado de ressaltar que o custo financeiro do estoque, por se tratar de um custo de oportunidade, não representa um desembolso por parte da empresa. Sendo assim, não aparece em nenhuma conta contábil ou nota de pagamento.

O conceito de custo de oportunidade se refere a uma perda de rendimentos conseqüente da opção por alguma outra alternativa de investimento. Seu valor pode ser obtido calculando a diferença entre duas opções distintas de investimento. Já a taxa de oportunidade é definida pelo autor como “*a média ponderada entre a taxa média de juros referente ao passivo (dívidas e obrigações) e a taxa de retorno esperada dos acionistas referentes ao*

patrimônio líquido, sendo utilizado como ponderadores as respectivas proporções desta contas sobre o ativo”. Na figura abaixo é representado esse cálculo.

Figura 2 – Exemplo de cálculo de custo de oportunidade



Fonte: Adaptado de Pimenta, 2003.

Para o autor existe também o custo envolvido com a não venda do produto, que seria definido como a perda de receita referente à falta do produto em estoque, ou a indisponibilidade do mesmo. Retomando o conceito do custo de oportunidade, a alternativa à venda perdida é a receita referente à realização da venda. Por isso, o custo da venda perdida pode ser definido como o valor que a empresa obteria com a realização da venda do produto. Quando falamos de MRO, a falta de um item pode gerar paralisação de sua planta industrial, ou seja, o custo da falta do item pode gerar consideráveis prejuízos à empresa. Em outros ambientes, o custo da venda perdida, é a Margem de Contribuição Unitária (MCU) do produto. A MCU despreza todos os custos fixos envolvidos. Além disso, a MCU não leva em consideração danos à marca da empresa ou até mesmo a perda de clientes para seus concorrentes (*Ibid.*).

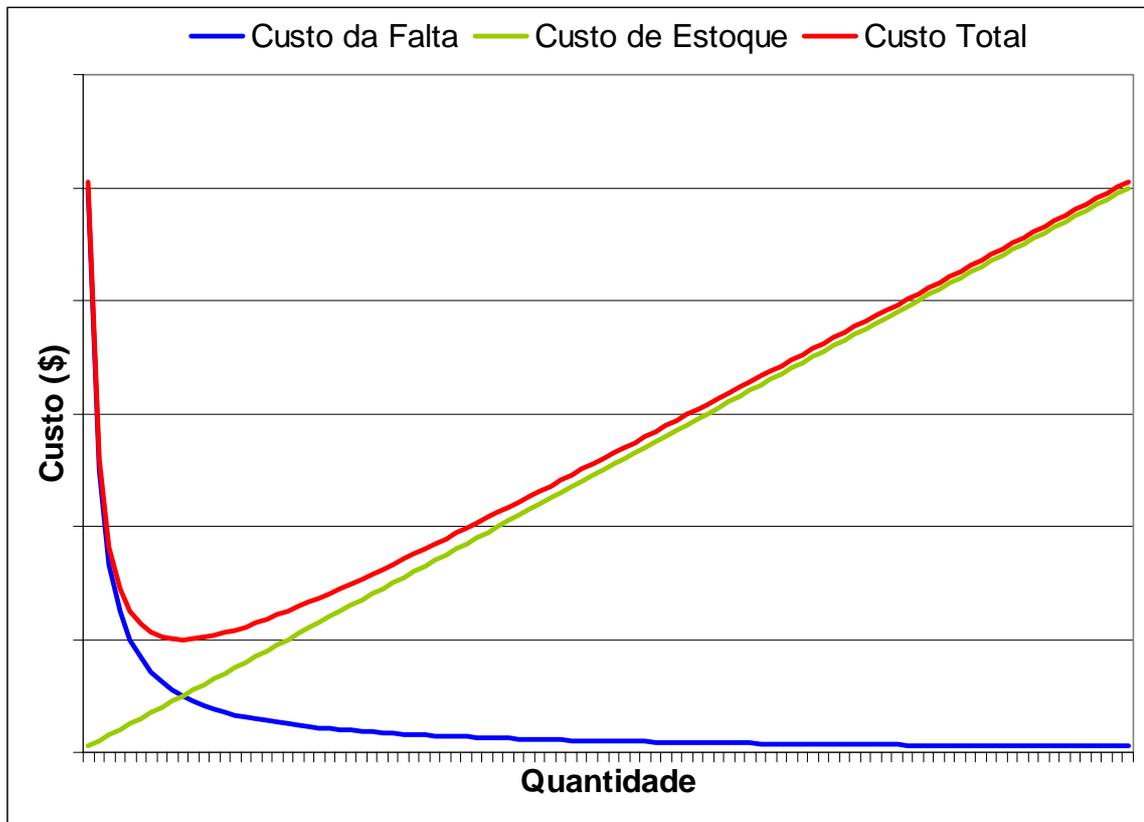
2.4.2 Relação entre o Custo do Excesso e o Custo da Falta

Segundo Pimenta (2003), o custo do excesso refere-se ao custo referente à sobra de itens em estoque, enquanto o custo da falta refere-se ao custo referente à falta de itens em estoque. Note que ambos podem ser definidos como custos de oportunidade. É o equilíbrio entre estes dois custos que define a parametrização dos sistemas de gestão de estoques e compõe o *trade-off* básico da gestão de estoques.

Quanto maior for o custo do excesso em relação ao custo da falta, menor vai ser o estoque de segurança utilizado. Em contrapartida, quanto menor for o custo do excesso em relação ao custo da falta, maior será o estoque de segurança adotado para absorver as incertezas de fornecimento e demanda. Tendo como base este conceito, o nível de disponibilidade de um item varia de acordo com a relação entre o custo financeiro de estoque e a Margem de contribuição unitária (MCU) do item. Empresas com maior parcela de custo fixo tendem a trabalhar com níveis de estoques mais altos do que as empresas com parcela de custos variáveis relativamente maiores. Ou seja, quanto mais próximo do consumidor final menores tendem a ser os níveis de estoques adotados, uma vez que os custos de excesso são relativamente maiores que o custo da falta, quando comparado às indústrias (*ibid.*).

Em estudo realizado sobre o tema, Arozo (2002) confeccionou a figura a seguir. Nesta figura, estão relacionados o custo de estocagem e o custo de falta de estoques, de modo geral. Ou seja, quanto mais se gasta com estoque, menor será a ocorrência de falta de itens. Note também que neste modelo existe um ponto de equilíbrio, onde o custo total tem seu valor mínimo.

Figura 3 – Relação entre Custo de Estoque e o Custo de falta de Estoques



Fonte: Adaptado de Arozo, 2002.

No caso da indústria petroquímica de segunda e terceira geração, que tem uma grande parcela de custos fixos, e por sua vez o custo do excesso é relativamente baixo em relação ao custo da falta, tem-se uma grande tendência para a formação de estoques. Este fator é agravado quando falamos de itens de manutenção (MRO), onde, em alguns casos, a falta pode acarretar paralisação da planta industrial, ou seja, alto custo da falta em relação ao custo do excesso. E este é o universo do estudo em questão.

2.3 DECISÕES DE ESTOQUE

Para Slack et al. (2002), os gestores de estoques se deparam diariamente com decisões referentes a “Quanto pedir”, “Quando pedir” e “Como controlar o sistema”.

2.3.1 Decisões de Volume de Ressuprimento, “Quanto pedir”.

Esta decisão baseia-se em equilibrar o custo de colocação do pedido e o custo de manter itens em estoques.

LEC (Lote Econômico de Compra)

Em seu livro, Slack et al. (2002) aponta a fórmula do lote econômico de compra como a abordagem mais comum para definir quanto pedir de um determinado item. Essa abordagem tenta alcançar o equilíbrio entre as vantagens e desvantagens de se manter estoques. Para os autores, esta fórmula equilibra o custo de colocação de pedidos e o custo de estocagem e tem como resposta a quantidade ótima (Q_0) que deve ser comprada a fim de se minimizar o Custo Relevante Total.

$$\mathbf{LEC = \sqrt{2C_P D / C_E}}$$

Onde:

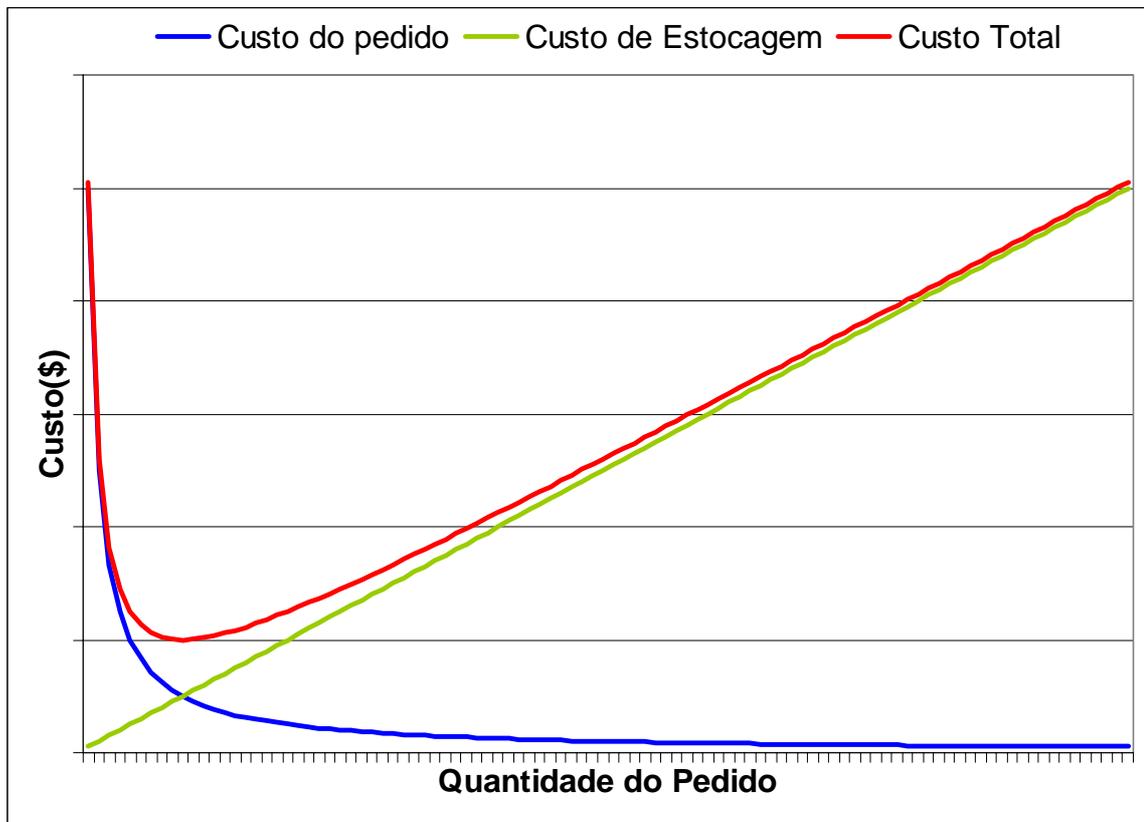
C_P = Custo de emissão de pedido (em unidades monetárias / pedido);

D = Demanda anual ou uso do produto (número de unidades);

C_E = Custo anual do estoque (como custo total com estocagem).

Na figura a seguir, temos uma representação gráfica da variação dos custos de estocagem e o custo de colocação do pedido em função da quantidade pedida. O ponto de equilíbrio entre esses custos, ou seja, o custo mínimo obtido é o chamado lote econômico de compra. Note também que o lote econômico de compra é o ponto de interseção entre a reta do custo de colocação do pedido com a do custo de estocagem.

Figura 4 – Representação Gráfica da Quantidade Econômica de pedido



Fonte: Adaptado de Slack et al. (2002), pág. 389.

Para Lambert, Stock e Vantine (1998), para se obter a minimização dos custos relevantes ao sistema de estoque usa-se uma fórmula similar, porém mais detalhada. Para os autores, o cálculo de LE é dado por:

$$LE = \sqrt{2PD / CV}$$

Onde:

P = Custo de emissão de pedido (em unidades monetárias / pedido);

D = Demanda anual ou uso do produto (número de unidades);

C = Custo anual do estoque (como uma porcentagem do custo ou valor do produto).

V = Custo ou valor médio de uma unidade do estoque.

Note que as duas abordagens baseiam-se nos mesmos conceitos, porém com níveis de detalhamento distintos.

Porém, os autores admitem que a abordagem do LEC tenha suas falhas e as críticas dizem respeito aos pressupostos incluídos no modelo, aos custos reais de estoques e ao uso do modelo como instrumento prescritivo.

Quanto aos pressupostos assumidos no modelo, para manter o modelo relativamente simples assume-se que as variáveis são estáveis e facilmente identificáveis e mensuráveis. Quanto aos custos de estoques, à medida que eles aumentam, maior é a tendência de se comprar mais vezes quantidades menores. Em relação ao uso do LEC como uma prescrição, os gestores tendem a agir de forma reativa ao invés de buscar mudanças em seus processos que diminuam os níveis de estoques necessários (Slack et al., 2002).

2.3.2 Decisões sobre Tempo, “Quando colocar um pedido”.

Segundo Slack (2002), o ponto de ressuprimento “é o ponto onde o estoque vai cair para zero menos o *lead time* do pedido”, onde o *lead time* é o tempo entre a colocação do pedido e a entrega por parte do fornecedor. Porém, esta abordagem assume que, tanto a demanda durante o *lead time*, quanto o *lead time*, são constantes o que, obviamente, não acontece na realidade. Para lidar com a incerteza acerca dessas duas variáveis, existe o estoque isolado ou o estoque de segurança. Este faz com que o ponto de ressuprimento ou o ponto em que o pedido é emitido ao fornecedor seja antecipado.

Lambert, Stock & Vantine (1998) a esse respeito afirmam:

As incertezas associadas à demanda e ao prazo de entrega fazem com que os gerentes se concentrem mais em *quando* pedir, e não na quantidade do pedido. A quantidade do pedido é importante a ponto de influenciar o número de pedidos, e conseqüentemente, no número de vezes que a empresa está exposta a uma falta de estoque potencial ao final de cada ciclo de pedido. O ponto no qual o pedido é colocado é o principal determinante da futura habilidade de preencher a demanda, enquanto se espera a reposição do estoque.

Para Bowersox e Closs (1997), o Ponto de Ressuprimento (PR) é um determinado nível de estoque, que, quando atingido, dá início ao processo de ressuprimento. Ou seja, ao ser atingido esse valor em unidades de itens em estoque, uma solicitação de compra é emitida ao setor de compras, contando-se a partir dessa solicitação o tempo de ressuprimento (TR).

Então, para um sistema com demanda média constante (D_m), temos o seguinte valor para o PR:

$$PR = D_m \times TR$$

Onde:

PR = Ponto de Ressuprimento em unidades

D_m = Demanda média constante

TR = Tempo de ressuprimento constante

2.3.3 Estoque de Segurança (ES)

O nível de estoque, bem como o consumo, não obedece a funções lineares na vida real. Para lidar com a incerteza da demanda e do fornecimento, mantendo-se certo nível de segurança, as empresas determinam os estoques de segurança. Então, para um sistema com demanda média variável, ou tempo de ressuprimento variável, temos o seguinte valor para o PR:

$$PR = D_m \times TR + ES$$

Onde:

PR = Ponto de Ressuprimento em unidades

D_m = Demanda média constante

TR = Tempo de ressuprimento constante

ES = Estoque de segurança em unidades

O estoque de segurança admite em sua formulação que, a partir do momento em que um pedido é efetuado, a empresa está sujeita a dois riscos:

1. A demanda poderá alcançar um valor maior do que o esperado, e, por isso, o nível de estoque pode atingir o nível zero, sem que a demanda seja atendida totalmente;
2. O tempo de ressuprimento (TR) pode ser também maior do que o esperado, e por isso o nível de estoque pode atingir o nível zero, sem que a demanda seja atendida

totalmente. Isto pode ocorrer por questões mercadológicas ou por atrasos por parte dos fornecedores.

O estoque de segurança é, então, uma quantidade de estoque projetada para atender a um aumento na demanda, principalmente durante o tempo de ressuprimento. Para Bowersox & Closs (2001), o estoque de segurança é usado somente no fim do ciclo de ressuprimento, quando há demanda mais alta do que era previsto ou quando o período de ressuprimento é mais longo. Ele ainda demonstra a seguinte fórmula para o estoque de segurança:

$$ES = K \times \sigma_C$$

Onde:

ES = estoque de segurança expresso em quantidades

K= fator K que corresponde a f(k)

σ_C = desvio-padrão combinado, considerando-se incertezas de demanda e de ciclo de fornecimento

f(k) = uma função da distribuição normal acumulada que indica a probabilidade à direita.

2.4 DEMANDA

Em se tratando de um estudo relacionado à gestão de estoque e o mesmo ter uma relação bem estreita com o perfil de demanda que deve ser satisfeita, torna-se necessária uma abordagem do conceito de demanda no estudo proposto.

Para Ballou (1999), a necessidade de projeções de demanda é uma necessidade geral ao longo do processo de produção. Para o autor, prever níveis de demanda é vital à empresa porque são essas previsões que fornecem as entradas básicas para planejamento e controle de todas as áreas funcionais, incluindo a logística, o marketing, a produção e finanças.

Os níveis de demanda e seu sincronismo afeta profundamente os níveis da capacidade, as necessidades financeiras e a estrutura geral dos negócios. Cada área funcional tem seus problemas especiais de previsão. A previsão logística diz respeito à natureza temporal, bem como espacial, da demanda, à extensão de sua variabilidade e ao seu grau de aleatoriedade.

Para o autor, existem três grupos de métodos de previsão de demanda, cada um com certo grau de precisão. São eles:

- Qualitativo: os métodos qualitativos contam com a intuição e são, de certa maneira, subjetivos. Utiliza-se de técnicas comparativas para produzir estimativas quantitativas. Conseqüentemente, existem dúvidas sobre sua eficiência e precisão.
- Histórico: estes são usados quando há dados históricos e são intensivos em modelos matemáticos e estatísticos. A premissa básica é que o futuro é uma projeção do passado. Nestes modelos são calculados fatores sazonais e tendências nas séries temporais.
- Causal: os métodos causais partem da premissa de que a variável de previsão tem influencia de outras variáveis relacionadas. Por exemplo, como as variações climáticas influenciam em vendas de casacos, se tivermos conhecimento da previsão do tempo para determinada época do ano, é possível estimar a demanda por casacos.

Bowersox e Closs (2001) defendem que é importante conhecer a natureza da demanda e os componentes de sua previsão. Eles classificam a demanda como dependente e independente.

Os itens com demanda dependente têm sua demanda calculada com base nas previsões de consumo de outros itens. Estes itens podem ser componentes ou matérias-primas.

Os itens de demanda independente são aqueles itens em que a demanda não tem relação com nenhum outro item ou atividade da organização. Alguns exemplos de itens com demanda independente podem ser produtos acabados. A demanda por esses itens pode ser prevista com base em fatores mercadológicos, desempenho de seus concorrentes, porém não pode ser calculada (*ibid.*).

Outro exemplo de itens com demanda independente são os itens sobressalentes. É muito difícil a previsão de quando o item vai quebrar e, conseqüentemente, ser demandado. Mas é importante ressaltar que a demanda é independente quando falamos de itens de manutenção corretiva. Os itens de manutenção preventiva, que são trocados de tempos em tempos, de acordo com sua taxa de falhas, podem ter sua demanda calculada com base nos planos de manutenção preventiva.

Para Bowersox e Closs (2001) as previsões devem ser feitas pelos altos executivos da empresa de forma integrada e vários fatores devem ser considerados nas estimativas. Eles ainda listam seis componentes que devem ser utilizados nas previsões e formulam o seguinte cálculo:

$$P_t = (N_t * S_t * T * C_t * M_t) + I$$

Onde:

P_t = quantidade prevista para o período t

N_t = nível de vendas para o período t

S_t = fator sazonal para o período t

T = tendência de crescimento ou queda nas vendas

C_t = fator cíclico para o período t

M_t = fator promocional para o período t

I = fator aleatório.

2.5 GESTÃO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO DE BAIXO OU BAIXÍSSIMO GIRO

Para Wanke (2003), a gestão de estoques de peças de reposição constitui um capítulo à parte da gestão de estoques, quando comparadas aos bens de consumo não-duráveis e suas matérias-primas, devido aos fatores listados abaixo:

- Alto custo de aquisição;
- Longos tempos de resposta;
- Baixo Giro, consumo entre 1 e 300 unidades anuais;
- Distribuição de demanda, em sua maioria, não aderente à distribuição normal.

Para este tipo de item, a impossibilidade de aproximar a sua demanda da distribuição normal torna difícil a determinação de seu ponto de ressuprimento, bem como de seu estoque de segurança, a fim de manter um alto nível de serviço. Como dimensionar esses dois parâmetros a fim de manter uma probabilidade de falta relativamente baixa (*ibid.*)?

Uma das abordagens mais comumente utilizadas é admitir que esse tipo de item tem um perfil de demanda aderente à distribuição de Poisson. Por exemplo:

- A distribuição de Poisson é discreta, por isso é possível calcular a probabilidade da ocorrência de uma demanda de X itens em um determinado espaço de tempo;
- A distribuição de Poisson pressupõe independência entre eventos, ou seja, o nível de consumo de um determinado mês independe do consumo do mês anterior;
- Na distribuição de Poisson, a variância é igual ao consumo médio em um determinado mês.

Em estudo feito em uma empresa de eletroeletrônicos de Taiwan, Yeh (1997) adotou a distribuição Gama. Em seu estudo, mais da metade dos 10 mil itens analisados haviam apresentado consumo menos de dez vezes por ano, o que inviabilizou a aderência à distribuição normal. A distribuição de Poisson usada como alternativa da distribuição normal em casos de itens de baixo consumo, também foi descartada. Segundo o autor, a distribuição de Poisson tem aderência quando a razão entre a média e a variância da demanda está entre 0,9 e 1,1.

2.6 MANUTENÇÃO

Como o trabalho em questão consiste em um estudo de caso com itens de manutenção de uma organização, torna-se necessária a abordagem de alguns conceitos básicos inerentes a esta atividade dentro das organizações.

2.6.1 Objeto da Manutenção

Segundo Brick (2006), “*a finalidade de um sistema de apoio é garantir o aprestamento dos componentes materiais da estrutura de um sistema*”. Os componentes podem ser sistemas, equipamentos ou itens. Entretanto existem diferentes categorias de equipamentos, e que essas categorias são, muitas vezes, tratadas de forma diferenciada na documentação e nas análises logísticas. Para os sistemas militares, a MIL-STD-280 estipula os seguintes níveis:

- **Parte:** componente elementar de um equipamento, que não pode ser desmontado sem ser destruído. Estes normalmente são descartados quando falham Ex.: parafuso, porca, resistor, transistor, microcircuito.
- **Submontagem:** combinação de duas ou mais partes que pode ser desmontada. Menor nível de um equipamento em que ações de manutenção com substituição de partes podem ser feitas. Uma submontagem não é capaz de executar uma função específica, de forma independente. Ex.: cartão de circuito impresso.
- **Montagem:** combinação de submontagens e partes que pode executar uma função específica, de forma independente. Um item pode ser classificado como montagem e uma aplicação e submontagem em outra. Ex.: fonte de alimentação, cartão de circuito impresso, bomba de combustível.
- **Unidade:** é o menor nível de equipamento que é capaz de operar normalmente, de forma independente em mais de uma aplicação. Normalmente executa uma função específica. Ex.: motor elétrico, unidade de disco rígido, transmissão de um veículo.
- **Grupo:** executa funções complexas, mas não é capaz de executar uma operação independente. Este só existe em sistemas muito complexos. Ex.: grupo motor de gerador.
- **Conjunto:** combinação de unidades e grupos capaz de executar uma função operacional independente. Ex.: radar, radiotransmissor.
- **Subsistema:** uma grande divisão de um item complexo. Executa uma grande função dentro do sistema. Ex.: subsistema radar, subsistema de propulsão.

Apesar desta classificação buscar estabelecer um padrão para a área e logística, em algumas organizações podem existir diferenças. O autor ressalta que o importante é entender que a estrutura de um equipamento é em árvore e que o próprio equipamento é o nível 0.

2.6.2 Ações de Manutenção

As ações de manutenção que garantem a disponibilidade dos equipamentos. Estas ações podem ser *preventivas* (planejadas) ou *corretivas* (emergenciais).

Uma *ação preventiva* é aquela empreendida em um equipamento que ainda não apresenta mal funcionamento. Esta ação é feita com o propósito de evitar que falhas atrapalhem o funcionamento dos sistemas. Os intervalos dessas ações podem ser definidos

utilizando-se calendários ou outros indicadores (tempo de uso, quantidade de eventos, quilometragem e etc.). A manutenção planejada também pode ser dividida em dois tipos: serviços programados e manutenções programadas. Os serviços programados são ações exigidas pelas características do sistema (Ex.: lubrificação, regulagem, calibração.). Já as manutenções programadas, são compostas por ações corretivas executadas de modo programado. Estas podem de dois tipos: inspeções programadas e remoções programadas que, por sua vez se dividem em dois outros tipos: Inspeção programada em condição e a inspeção programada para procura de falhas. As remoções programadas também podem ser divididas em remoções para retrabalho e remoções para descarte (Brick, 2006).

As *ações corretivas* são executadas após ocorrência de falha que impede o funcionamento do equipamento. O estudo em questão tem como universo os itens de ações corretivas da área de manutenção da Dexxa S.A..

2.6.3 Recursos para Manutenção

Para Brick (2006), as ações de manutenção são realizadas com a utilização de ativos e dispêndio de insumos. Os insumos podem ser lubrificantes, graxas, detergentes, itens sobressalentes descartáveis e os consumíveis. Os sobressalentes podem ser reparáveis ou descartáveis. Já os ativos necessários para a execução das ações de manutenção são os seguintes:

- Qualificações
- Facilidades
- Instrumentos
- Documentação
- Sobressalentes reparáveis

A utilização dos ativos deve ser levada em consideração para o planejamento das ações de manutenção, pois no período em que a ação é executada estes ficam impossibilitados de serem utilizados. Os insumos e os sobressalentes reparáveis por sua vez devem estar disponíveis em locais próximos a sua utilização.

2.6.4 Fluxo de Materiais

Segundo Brick (2006), existem basicamente quatro fluxos de materiais a se considerar. São eles:

- O fluxo de matérias-primas e componentes usados na fabricação dos equipamentos/sistemas (dos fornecedores para os fabricantes);
- O fluxo de itens sobressalentes que serão utilizados pela organização em ações de manutenção;
- O fluxo de sobressalentes entre órgãos de apoio a organização;
- O fluxo de partes reparáveis entre órgãos de apoio ou entre estes e os fornecedores e/ou fabricantes.

Um fluxo importante a ser dimensionado é o de componentes de um sistema que podem ser objeto de ações de manutenção, e que circulam pelas diversas organizações que compõem a área de manutenção. Para que se possam dimensionar corretamente os recursos que devem ser alocados a essas organizações devem ser conhecidas, entre outras coisas, como se distribui a demanda por ações de manutenção entre elas.

No estudo em questão, além da demanda pelos itens de manutenção foram estudadas questões como fornecimento, tempos de ressuprimento, criticidade do item para a planta industrial, além de quantas unidades desse item estão em funcionamento dentro da fábrica.

2.6.5 Medidas de Eficácia de Aprestamento

A medida de eficácia global para aprestamento de um sistema pode ser expressa pelo produto de dois componentes: a **disponibilidade** e a **confiabilidade**.

A **Disponibilidade** é a probabilidade de o componente, ou sistema estar pronto para exercer uma função quando solicitado. Esta é usualmente representada pela letra “A” do inglês *Availability*.

A **Confiabilidade** é a probabilidade de que dado componente, ou o sistema, caso esteja pronto para exercer sua função, continuará a exercê-la, sem falhas, por um período de tempo determinado. Esta é usualmente representada por “R(t)” do inglês *Reliability*. Onde a

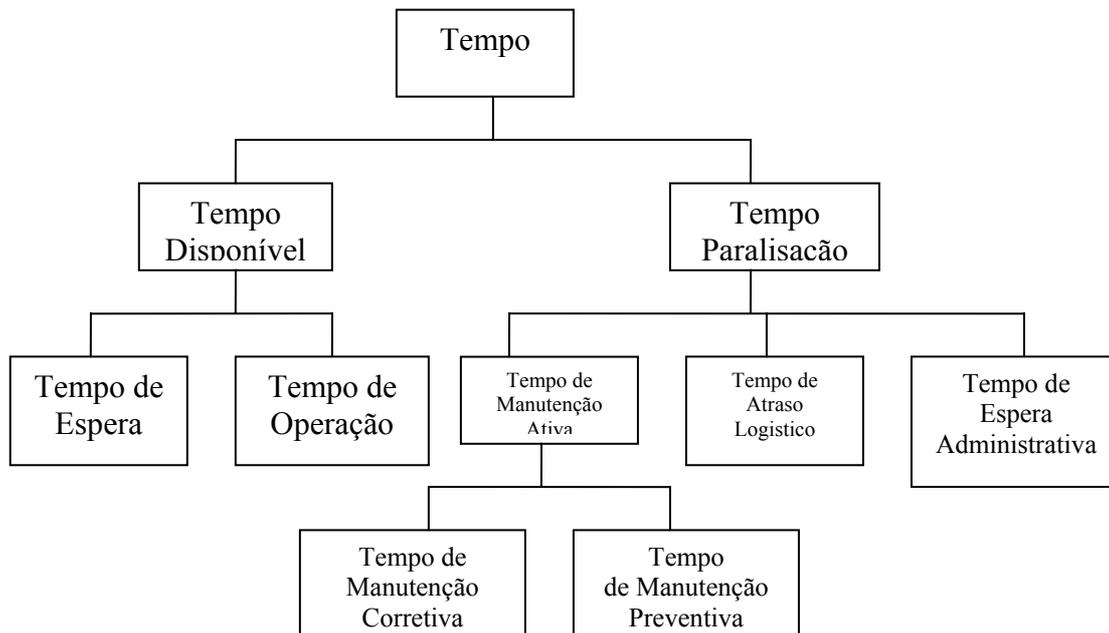
confiabilidade varia em função do tempo de funcionamento em que o equipamento deverá operar.

O **Aprestamento** é, portanto, a possibilidade de um sistema ou componente, estar pronto para exercer a sua função, quando solicitado e continuar exercendo-a, sem falhas ou interrupções, durante um período de tempo determinado “T”. A fórmula a seguir busca expressar este conceito:

$$\text{Aprestamento} = A \times R(T)$$

Como pôde ser verificado a variável tempo tem grande importância para o cálculo do aprestamento dos equipamentos. Para cada equipamento/sistema o tempo pode ser decomposto da seguinte forma.

Figura 5 – Decomposição dos tempos de equipamentos/sistemas



Fonte: Brick, 2006.

No estudo em questão a falta de algum item, é um atraso logístico, o que por sua vez aumenta o tempo de paralisação do equipamento. Por isso a importância de buscar valores de nível de serviço aceitáveis, tendo como finalidade minimizar o tempo de atraso logístico.

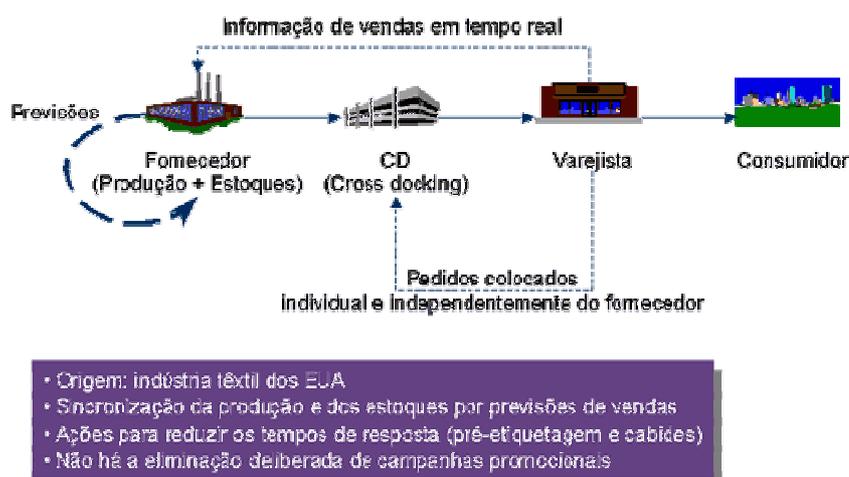
2.7 PROGRAMAS DE RESPOSTA RÁPIDA EM GESTÃO DE ESTOQUES

Nos últimos anos, fornecedores e clientes buscam melhores formas de integração ao longo da cadeia de suprimentos. Para esse redesenho de processos e maior fluxo de informações, deu-se o nome de Programas de Resposta Rápida (PRR's). No âmbito fabricante-varejista, surgiram: ECR, CRP, VMI, CPFR, QR etc. Já no fabricante-fornecedor, surgiu o JIT II (*just-in-time* II). Estes tipos de relações possibilitam maior eficiência das empresas em seu planejamento e tomada de decisões referentes à gestão de estoques (WANKE, 2003).

2.7.1 Quick Response (QR)

Neste programa, os fornecedores usam dados do ponto de venda do cliente para melhorar suas previsões de demanda e programações de produção. Os clientes continuam colocando pedidos de ressuprimento. O QR surgiu no setor têxtil e de confecções dos EUA. Além de impactos na produção, também gera impactos na distribuição, reduzindo-se a armazenagem e passando a existir apenas estações de Cross-Docking⁸. Esse programa reduz ciclos de pedido e, conseqüentemente, os níveis de estoque (Ver Figura 5).

Figura 6 – Representação do Fluxo de Produtos e de Informações no QR



Fonte: Adaptado de Wanke (2003).

⁸ Segundo o CSCMP (*Council of Supply Chain Management Professionals*), a expressão *Cross-Docking* é utilizada quando um sistema de distribuição opera sem armazenagem. Os itens chegam ao depósito são imediatamente separados e já são enviados para o cliente. Esse modo de operação requer uma grande sincronização de todas as operações de distribuição. Como elimina a armazenagem este modo de operação reduz significativamente os custos de distribuição.

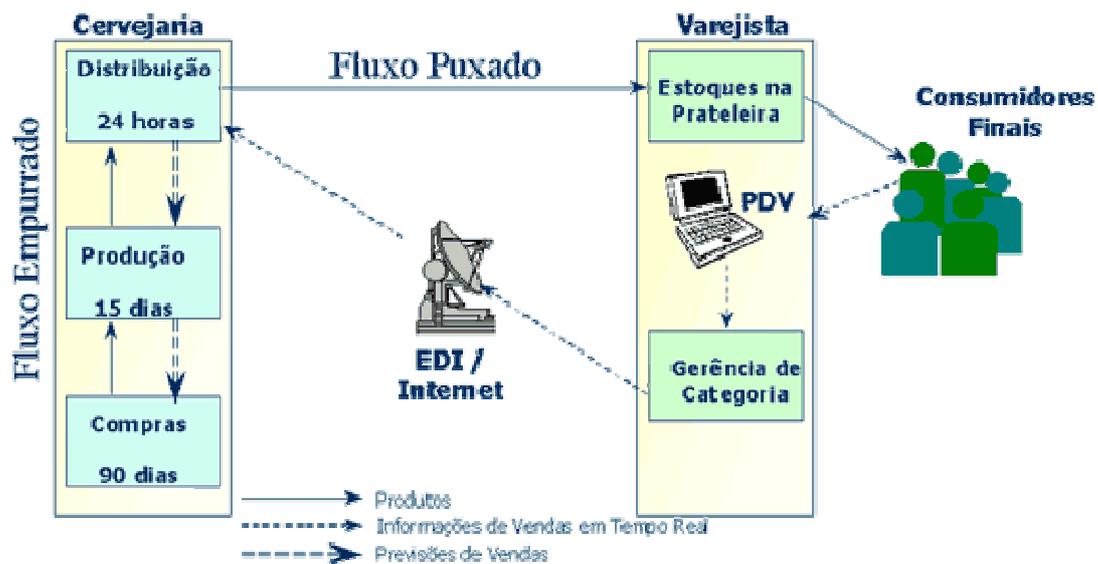
2.7.2 Continuous Replenishment (CR)

Este programa é muito parecido ao QR. O fornecedor também usa os dados do ponto de venda para manter os estoques em níveis estáveis no cliente, sem muita flutuação, sempre entre níveis pré-estabelecidos de máximos e mínimos. Apesar de ter surgido antes do ECR - *Efficient Consumer Response*, alguns autores apontam o CR como uma das cinco ações do ECR. Ele surgiu nos EUA e foi uma iniciativa da *Pampers* e do *Wal-Mart* para o ressurgimento de fraldas.

2.7.3 Efficient Consumer Response (ECR)

A estratégia básica do ECR define que os fornecedores e clientes devem cooperar em cinco áreas: o compartilhamento de informações em tempo real, o gerenciamento de categorias, a reposição contínua, o custeio baseado em atividades e a padronização (Ver figura X). Segundo o próprio ECR Brasil, “é uma estratégia na qual o varejista, o distribuidor e o fornecedor trabalham muito próximos para eliminar custos excedentes da cadeia de suprimentos e melhor servir ao consumidor”.

Figura 7 – Representação do Ressurgimento Contínuo num Programa ECR entre um varejista e um fabricante de cervejas



Fonte: Adaptado de Wanke (2003).

2.7.4 Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR)

O CPFR constitui uma extensão do CRP/ECR e tem como objetivo principal determinar qual ponto da cadeia tem previsões mais precisas para um determinado item, para um determinado horizonte de planejamento e em uma determinada região. Este programa foi uma iniciativa da empresa de alimentos Nabisco, partindo do pressuposto de que apenas coletar informações no ponto de venda não era o suficiente para obter uma boa utilização do CRP e de todas as operações da empresa.

2.7.5 Vendor Managed Inventory (VMI)

O VMI ocorre quando o poder de barganha dos fornecedores é maior em relação aos clientes. Os fornecedores gerenciam seus estoques no cliente, sendo, assim, capazes de gerenciar melhor suas operações. Eles são motivados por altos custos de oportunidade de manter estoques ou por altos custos fixos de distribuição. Caso o poder de barganha do cliente seja maior que o do fornecedor, pode haver consignação.

Esta iniciativa não deixa de ser uma política de estoques empurrada. Neste programa, as revisões de reposições são feitas periodicamente pelos fornecedores, que fazem a reposição dos itens consumidos entre as reposições. No VMI, o controle de estoques é centralizado pelo fornecedor.

2.7.6 Just in Time II (JIT II)

No JIT II o fornecedor disponibiliza um funcionário seu dentro da planta do cliente. Este funcionário é conhecido como *in-plant* e o mesmo participa do planejamento da produção e aquisição de insumos, além de participar de projetos de engenharia simultânea. Esta função pode substituir as funções do comprador e planejador do cliente e o vendedor do fornecedor. Porém, esta substituição tem de ser precedida por um estudo das funções dentro da empresa. Esta iniciativa foi primeiro utilizada pela *Bose Corporation* a fim de estreitar a relação entre comprador e vendedor, eliminar esforços redundantes e melhorar a resposta do fornecedor.

2.8 ERP (*ENTERPRISE RESOURCE PLANNING* OU PLANEJAMENTO DOS RECURSOS EMPRESARIAIS)

Os anos 90 assistiram a um crescimento da utilização de sistemas ERP no mercado. Com o aumento da competitividade seguido por um aumento da necessidade de controle de sua cadeia de valores, a adoção de ERP's tornou-se inevitável para um melhor controle e planejamento de todas as atividades e processo empresariais. Os ERP's têm como principal função justamente integrar e coordenar todas as atividades empresariais, reunindo todas as informações importantes para a sobrevivência do negócio em uma base de dados única.

Esses sistemas são normalmente divididos em módulos que se comunicam e atualizam uma única base de dados central. Estes pacotes podem ainda gerar simulações de cenários, sendo utilizados como ferramentas de apoio à decisão no planejamento empresarial. A Deloitte Consulting define ERP como, *“um pacote de software de negócios que permite a uma companhia automatizar e integrar a maioria de seus processos de negócio, compartilhar práticas e dados comuns através de toda a empresa e produzir e acessar informações em um ambiente de tempo real”*.

A sigla ERP foi criada por uma empresa de pesquisa, o *Gartner Group*. A intenção era definir esses sistemas como uma evolução do MRP II (*manufacturing resource planning*, ou planejamento dos recursos de manufatura), estes muito ligados ao controle do chão de fábrica. De acordo com Correa e Giansi (1994):

O princípio básico do MRP II é o princípio do cálculo de necessidades, uma técnica de gestão que permite o cálculo, viabilizado pelo uso de computador, das quantidades e dos momentos em que são necessários os recursos de manufatura (materiais, pessoas equipamentos entre outros), para que se cumpram os programas de entregas de produtos com um mínimo de formação de estoques.

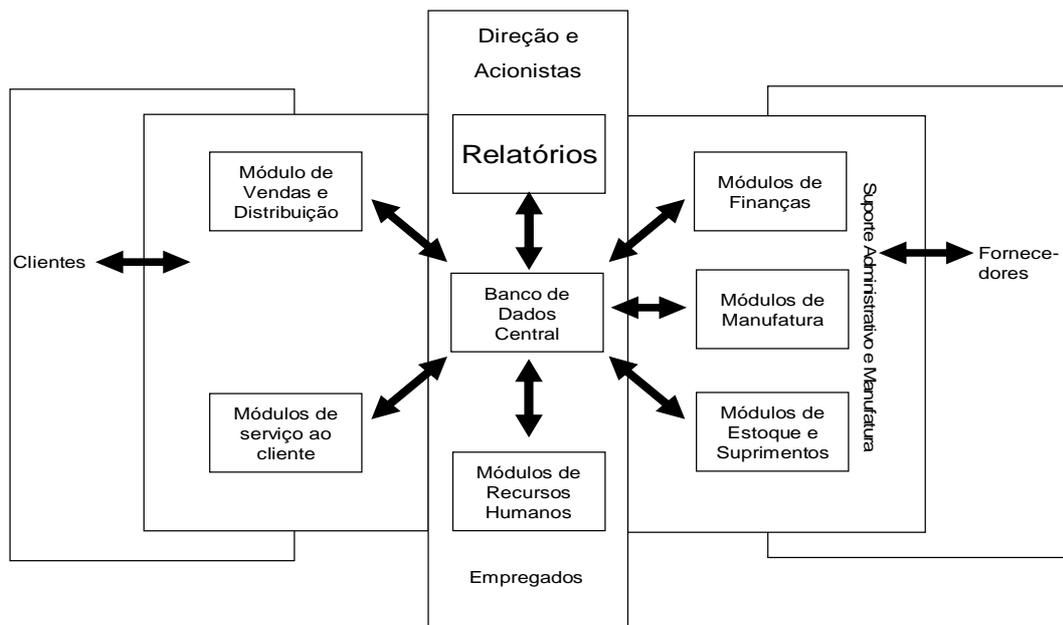
Portanto, os sistemas ERP podem ser considerados uma evolução dos sistemas MRP II, porém com novos módulos incorporados (finanças, recursos humanos, vendas, distribuição, etc.).

Para Slack (2002), outras características o transformam em uma ferramenta poderosa de planejamento e controle:

- É baseada na arquitetura cliente/servidor, quer dizer, o acesso aos sistemas de informação é aberto a qualquer pessoa cujo computador esteja ligado aos computadores centrais (servidores).
- Pode incluir facilidades de apoio à decisão, que permitem aos que participam do processo decisório sobre a produção considerar as mais recentes informações.
- É, geralmente ligado aos sistemas externos, como os sistemas de intercâmbio eletrônico de dados (EDI), que se ligam aos parceiros da empresa, facilitando, entre outras coisas, os PRR's (VMI, CPFR, CRP, etc.), citados anteriormente, neste Capítulo.
- Pode ser interfaceado com programas de aplicação padrão comumente usados por um grande número de gerentes, como as planilhas de cálculos.
- Geralmente, esses sistemas são capazes de operar em plataformas bastante comuns, como Windows e Linux.

Na figura abaixo podemos ter uma idéia melhor sobre a integração das diferentes áreas da empresa facilitadas pelo ERP.

Figura 8 – Arquitetura de um sistema ERP



Fonte: Davenport, 1998.

2.8.1 Gestão de Suprimentos e ERP

Segundo Alves (2001), a tecnologia de informação possibilita a transferência de informações e documentos, apoiando a convergência entre materiais vindo dos canais de suprimentos e dos bens e serviços oferecidos pela empresa, ou por alguma área funcional dela. A coordenação interna dos fluxos, físico e de informação, se dá pela integração dos processos, compostos por atividades subordinadas a diferentes áreas funcionais da empresa. Nesta situação, o ERP é uma ferramenta de grande valia, oferecendo consistência na base de dados requeridos pelos processos gerenciais das empresas.

Para Martins (1999), cada empresa componente de uma determinada cadeia de suprimentos busca materiais para fabricação e distribui seus produtos ao mercado final, ou seja, para outras empresas que utiliza esse produto final como insumo produtivo ou componente em sua fabricação. O fluxo de materiais flui pela empresa, passando pela estrutura de suprimento, que se responsabiliza pela seleção de fornecedores e atividade de compras de materiais para satisfazer aos requisitos do negócio. O módulo de Compras do ERP, de acordo com Correa et al. (2001), é responsável por controlar as ordens de compras de materiais, fazendo a interface entre o planejamento da produção e os fornecedores de componentes, matérias-primas e insumos produtivos.

Para Slack (2002) e Martins (1999), a área de Compras tem como objetivos básicos as atividades abaixo:

- **Custo:** quanto maior é a proporção dos custos de materiais em relação aos custos totais, maior é o efeito da redução de custos de materiais na lucratividade da empresa.
- **Prazo de entrega e quantidade:** proporcionar aos fornecedores informações das necessidades atuais e futuras, facilitando a programação do fornecedor, além do fornecimento estabelecido; estabelecer relações entre necessidades e entregas, de acordo com a capacidade do fornecedor, para conhecer com exatidão o cumprimento de prazo do fornecedor.
- **Qualidade:** a qualidade do material adquirido é fundamental para a qualidade do produto final. Desta forma, os fornecedores são parceiros no processo de gerenciamento de qualidade.

- **Flexibilidade dos fornecedores de componentes:** capacidade de se adequar à variedade de produtos e suas variantes; capacidade de se adaptar a mudanças de projetos e de novos produtos; capacidade de ajustar-se às flutuações de demanda nos vários produtos sem modificar o tamanho da força de trabalho; capacidade de atender exigências futuras; capacidade de entregas rápidas e frequentes para o cliente.

Sem dúvida alguma, o advento da informação e dos sistemas de informação integradas agilizam e aumentam rapidez de resposta das empresas às mudanças ocorridas no dia-a-dia. Isso acabou facilitando a integração entre os módulos de gestão de estoques das empresas e os fornecedores dos itens controlados.

2.9 SIMULAÇÃO

2.9.1 Definição

Para Harrel (1997) “*simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno*”. Blanchard (1981), por sua vez, define sistema como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico.

2.9.2 Quando pode ser usada a Simulação

Para Shannon (1975) simulação é uma ferramenta para solução de problemas que consiste em um método de modelagem utilizado para analisar um procedimento real, em computadores ou protótipos. É uma forma de criar as condições do sistema real em menor tempo e menor custo, permitindo uma melhor previsão do que vai acontecer com custos menores.

Para Harrel (1997) a simulação é uma ferramenta útil para verificar todos os inter-relacionamentos entre os fatores que contribuem para o sucesso ou fracasso de um projeto.

Com a simulação, várias alternativas podem ser testadas e seus resultados podem convergir para a solução ótima.

Segundo Strack (1984) o uso da simulação deve ser considerado quando uma ou mais das seguintes condições existirem:

- Não há uma formulação matemática completa para o problema;
- Não há uma solução analítica para o problema;
- A obtenção de resultados é mais fácil de alcançar com a simulação do que com o modelo analítico;
- Não existe habilidade pessoal para a resolução do modelo matemático por técnicas analíticas ou numéricas;
- É necessário observar o processo desde o início até os resultados finais, mas não necessariamente detalhes específicos;
- A experimentação no sistema real é difícil ou até mesmo impossível;
- É interessante estudar longos períodos de tempo ou alternativas que os sistemas reais ainda não possuem.

2.9.3 Vantagens e Desvantagens do uso da Simulação

Para Harrel (1997), em um ambiente onde as organizações buscam otimizar seus recursos, a simulação pode propiciar os subsídios necessários para bons resultados financeiros no curto e longo prazo, apesar deste não ser o escopo da simulação. Ainda assim, com os avanços obtidos nos *softwares* de simulação, as informações financeiras passaram a ser consideradas obtendo-se soluções mais próximas do ponto ótimo. Agora, o grande desafio passa a ser obter essas informações de maneira confiável. Para o autor, ao inserir aspectos financeiros em um modelo de simulação, algumas perguntas devem ser feitas:

1. Quais informações de custos e de rendimentos são necessárias?
2. Onde essas informações podem ser obtidas?
3. Como esses dados podem ser processados?
4. Como os resultados financeiros serão interpretados após a simulação?

Para Andrade (1989) dentro de uma empresa ou em algum setor específico da mesma, a simulação pode ser utilizada para estudar e experimentar as possíveis interações em seus sistemas e subsistemas. Ele ainda cita algumas vantagens da técnica:

- Na simulação podem ser estudados efeitos de possíveis variações do ambiente no sistema.
- O exercício de construção do modelo e realização da simulação leva a uma melhor compreensão do sistema, o que traz melhorias para o mesmo.
- A simulação pode ser usada para a experiência de novas situações, sobre as quais não se tem informação suficiente ou até mesmo nenhuma informação.
- A simulação pode ser usada para o delineamento de políticas e diretrizes utilizadas no sistema real, sem que haja o ônus de testá-la fisicamente no sistema real.

Strack (1987) enumera alguns tipos e problemas que podem ser enfrentados em um estudo de simulação:

1. Custos
2. Pessoas e treinamento adequados
3. Materiais e equipamentos utilizados
4. Delimitação física do sistema simulado
5. Projeto e determinação de objetivos experimentais
6. Nível de detalhe do modelo utilizado
7. Grau de precisão que se deseja alcançar com o modelo
8. Validação dos resultados obtidos experimentalmente

Correa (2001) por sua vez lista algumas desvantagens do uso da simulação, são elas:

- Um bom modelo de simulação pode se tornar caro e demandar meses para ficar pronto;
- A simulação não é uma técnica otimizante, apesar de alguns *softwares* possuírem ferramentas de busca pra alcance de bons resultados;
- A montagem e alimentação do modelo requerem um trabalho árduo e criterioso, a simulação não é eficiente quando não tem *inputs* adequados;
- Cada modelo de simulação é único, dificilmente é possível utilizar o mesmo modelo em situações diferentes isto impossibilita ganhos de escala.

2.9.4 Por que Simular?

Para Harrel (1997), existem razões cruciais para o uso da simulação como ferramenta de decisão:

1. Simulação pode prever resultados sem danos ao sistema real:

A simulação faz com que as pessoas envolvidas entendam de forma clara a maneira como os sistemas funcionam, operam e respondem às mudanças no ambiente em que estão inseridos. Alternativas podem ser geradas para se testar a real efetividade do sistema proposto. Além disso, tais alternativas e testes podem ser gerados sem modificar o sistema real. Embora a realização de testes no sistema real seja o ideal, nem sempre ele é possível, pois o custo associado à mudança de um sistema pode ser alto, tanto em termos de recursos utilizados na mudança, quanto à perda resultante na paralisação da operação.

2. A simulação leva em conta as variações do sistema:

Nos sistemas reais, os eventos dificilmente se repetem da mesma forma e a simulação pode lidar com as variações impostas ao sistema, como, por exemplo, quebra de máquinas, atrasos no fornecimento de matérias-primas, incerteza da demanda, entre outras. Quando o sistema é composto por pessoas, essas variações são potencializadas. Os modelos matemáticos estáticos não consideram essas variações, pois suas variáveis e parâmetros são constantes, utilizando muitas vezes valores médios, sem considerar as variações inerentes ao sistema. Além disso, modelos matemáticos estáticos desprezam o impacto dos processos estocásticos, pois não incluem o papel do tempo ao analisar o sistema.

3. A simulação promove soluções totais

Muitas vezes, as abordagens para solução de problemas dividem os mesmos em subproblemas e estes são comumente categorizados de acordo com o departamento organizacional afim. Para desenvolver um projeto de simulação, deve ser conhecido o funcionamento do sistema como um todo, sem que sua abordagem seja “departamentalizada”. O bom processo de formulação de um modelo de simulação traz consigo um amplo

conhecimento do sistema como um todo. Ao invés de uma única solução, o modelo de simulação pode trazer ao gestor uma ampla visão de como o sistema funciona e possíveis áreas para investigação, ou seja, uma variedade de soluções que nos guia ao alcance de uma solução total.

4. A simulação pode ser financeiramente viável

Com o avanço da tecnologia e dos processadores de PC, os altos custos de processamento em estudos de simulação vêm sendo eliminados. Além disso, os *softwares* mais novos reduziram o tempo de formulação do modelo, tornando a necessidade de uso de linguagens complexas de programação menos utilizadas. Quando uma grande empresa investe em um projeto de simulação, no primeiro momento existe um custo inicial referente à formulação do modelo. Com o uso contínuo deste modelo, estes custos não são incorridos novamente, sendo assim rateados ao longo do tempo. O uso da simulação também vem se mostrando uma excelente ferramenta educacional. Os modelos têm o poder de educar seus usuários, criar experiência e permitir que todo o funcionamento do sistema seja visualizado mais facilmente. Da mesma forma que uma companhia aérea usa simuladores de vôo para seus pilotos, as empresas de serviços e manufatura também utilizam modelos de simulação para promover o entendimento do sistema dinâmico a seus colaboradores. Sem dúvida o uso da simulação reduz significativamente o tempo de aprendizado dentro das empresas, possibilitando mais rapidamente a seus colaboradores tomarem decisões corretas.

2.9.5 O Funcionamento da Simulação

Para Harrel et al. (1997), as quantificações são o componente mais importante na maioria dos estudos analíticos. As quantificações são medições do sistema, do processo ou do problema em questão. Os elementos de um sistema podem ser freqüentemente descritos em termos de variáveis quantificáveis. O tempo de ciclo de uma peça em uma estação de trabalho, o tempo médio em que uma requisição de serviço ou peça é feita, o tempo médio de entrega de um fornecedor são exemplos de variáveis do sistema e influenciam no funcionamento do mesmo. O autor ainda define a simulação como: “*Simulação de eventos discretos é um processo repetitivo de um conjunto de instruções que podem incluir elementos estocásticos ou determinísticos*”.

Para ele, a mudança dos valores das variáveis é alterada pelas instruções de acordo com as mudanças nas condições do sistema. Por exemplo, o ponto de ressuprimento em um sistema de gestão de estoques define que um pedido deve ser feito ao fornecedor quando o número de peças em estoque atingir certo nível. As condições do sistema mudam de acordo com a ocorrência de eventos, como, por exemplo, a demanda por peças.

Um modelo de simulação efetua interativamente uma seqüência de instruções como é listado a baixo:

1. Determina que tipo de evento ocorrerá na seqüência;
2. Ajusta uma variável temporal de simulação num valor igual ao tempo do evento em questão;
3. Atualiza, onde necessário, todas as variáveis estatísticas;
4. Efetua ações (cálculos) associadas ao evento atual;
5. Programa um tempo (intervalo) para a próxima ocorrência daquele tipo de evento;

2.9.6 Termos utilizados em Simulação

A técnica de simulação, como qualquer outra, tem seu vocabulário próprio. Nesta seção, os seus termos mais comuns serão definidos para melhor entendimento dos leitores. Embora não contenha todos os termos utilizados, listaremos algumas palavras-chave que todos os modelistas deveriam conhecer.

Sistema e estado do sistema

Para Harrel et al., **sistema** pode ser definido como “*o conjunto de entidades, tais como pessoas, equipamentos, métodos e peças, que trabalham juntos em direção a um objetivo específico.*” Para Kossiakoff (2003), uma definição de sistema pode ser “*um conjunto de componentes inter-relacionados, trabalhando juntos para o alcance de um objetivo comum*”. Já o **estado do sistema** “*é um conjunto de variáveis estocásticas (podem mudar aleatoriamente) e determinísticas (não influenciadas pela probabilidade), que contém toda a informação necessária para descrever um sistema em determinado instante*”.

Para Kelton et al. (2002), existem três dimensões para classificar modelos de simulação. São elas:

- Estática versus Dinâmica;
- Contínua versus discreta;
- Determinística versus estocástica.

Estática versus Dinâmica

Em **modelos estáticos** o tempo não influencia o estado do modelo. Em **modelos dinâmicos** o estado do sistema muda ao longo do tempo. As fábricas, sistemas de gestão de estoque, filas de banco, são exemplos de modelos dinâmicos.

Contínua versus Discreta

Em um **modelo contínuo**, o estado do sistema se altera continuamente ao longo do tempo. É uma ação que não cessa, ele continua ininterruptamente ao longo do tempo. A temperatura da água em um lago, por exemplo, é um evento contínuo. Um modelo de simulação contínuo permite que as variáveis do sistema variem continuamente de acordo com o relógio de simulação.

Em um **modelo discreto** ocorrem ações instantâneas que ocorrem em um único momento depois cessam e podem ocorrer novamente. Uma entrega chegando a uma fábrica, um processo de fabricação de uma peça, um pedido de ressuprimento a um fornecedor. A ocorrência desses eventos pode alterar o estado do sistema.

Em **modelos mistos contínuos e discretos** os dois tipos de eventos podem estar presentes em um mesmo sistema. O exemplo pode ser tanto uma indústria petroquímica que tem eventos contínuos em suas tubulações, como o enchimento de vasos e aumento de pressão e esses vasos sofrem paradas para manutenção que são eventos discretos.

Determinística versus estocástica

Os **modelos determinísticos** não contam com variáveis aleatórias. Este tipo de modelo é muito difícil de ser encontrado, ainda mais quando existem pessoas envolvidas no sistema.

Os **modelos estocásticos** são os mais encontrados na engenharia de produção. São modelos que operam com entradas aleatórias ao longo do seu funcionamento.

Mais uma vez, alguns sistemas podem ter entradas determinísticas e aleatórias.

Harrel et al. (1997), por sua vez, ainda define mais duas dimensões ao classificar modelos de simulação. São elas:

- Modelos de *loop* aberto e de *loop* fechado;
- Simulações “*Steady-State*” e “*Terminating*”.

Modelos de *loop* aberto e fechado

Os **modelo de *loop* aberto** é um tipo de modelo onde as saídas do sistema não influenciam na simulação que está sendo gerada, ou seja, não existe retroalimentação do sistema com as saídas obtidas. Obviamente, nos modelos de *loop* fechado, existe retroalimentação com as saídas da simulação. Os resultados da operação são reenviados, alternando o funcionamento do sistema.

Simulações “*Steady-State*” e “*Terminating*”.

Na **simulação *steady-state*** o estado inicial do sistema não influencia no sistema. O modelista aguarda o alcance das condições *steady-state* e, a partir daí, analisa as saídas do modelo nesta condição. Por exemplo, ao se jogar dados, várias vezes a média obtida dos valores encontrados tende a 3,5. O ponto em que isso ocorre representa uma condição *steady-state*. Alguns sistemas podem nunca alcançar essa condição devido a sua instabilidade.

Na **simulação *terminating***, espera-se que um determinado evento ocorra, ou ele roda por um período determinado. As análises e conclusões são baseadas nos valores obtidos no ponto de parada. Esses resultados são, usualmente, dependentes das condições iniciais do sistema. Por isso, torna-se importante refletir fielmente as condições reais iniciais do sistema nesse tipo de estudo.

2.9.7 O Projeto de Simulação

Como todo projeto de engenharia, existe uma metodologia utilizada para se construir e obter um modelo de simulação em funcionamento. A atividade de estruturar o modelo no computador é apenas uma parte do esforço de um projeto de simulação. Para Harrel et al., existem alguns passos a serem seguidos em um projeto de simulação. São eles:

A. A definição do problema e o estabelecimento de objetivos.

Por melhor que seja o estudo, ele pode ter sua importância desvalorizada, caso não vislumbre uma necessidade real, ou seja, não atenda a um problema que tenha relevância. Os modelos mais eficazes são aqueles que atacam as partes do sistema que, realmente, precisam sofrer uma intervenção ou que tenha um problema potencial ou existente. A inclusão desnecessária de detalhes irrelevantes trará um alto custo de modelagem devido ao aumento de complexidade do mesmo, além de tornar lento o estudo do modelo.

Determinar o problema que deve ser estudado não é uma tarefa fácil no ambiente empresarial. Normalmente, o modelista não é o único interessado nas respostas do estudo. Engenheiros, gerentes, o pessoal operacional, cada um tem seus interesses específicos de acordo com sua visão do problema em questão. Porém, buscar um acordo comum sobre a natureza do problema pode otimizar a satisfação com os resultados, além de facilitar a coleta de dados das áreas envolvidas.

Os objetivos do modelo surgirão naturalmente a partir do momento em que o problema é definido. Apesar da definição de objetivos ser importante para direcionar o estudo do problema, esses objetivos não podem ser estreitamente estabelecidos, para justamente deixar livre a geração de alternativas, que é um dos propósitos dos estudos de simulação. O modelista deve ter, como objetivo, prazos e marcos no projeto de simulação. Assim ele terá um compromisso com a conclusão do projeto. Caso contrário, o projeto perde o comprometimento com o gerenciamento.

B. Formulação e planejamento do modelo.

A partir de agora o modelista começa a desenvolver uma estrutura conceitual do modelo. Eventos e elementos fundamentais devem ser representados. O uso de croquis e

layouts do sistema têm grandes vantagens para melhor entendimento do modelo. A representação de todos os componentes do sistema ajuda na definição de quais dados serão necessários para alimentar o sistema. Fluxogramas e a representação do movimento de peças, pessoas ou o arranjo do sistema também têm grande importância para o melhor entendimento do modelo e posterior apresentação aos interessados no mesmo. A representação das inter-relações também é de vital importância para entendimento do funcionamento do sistema.

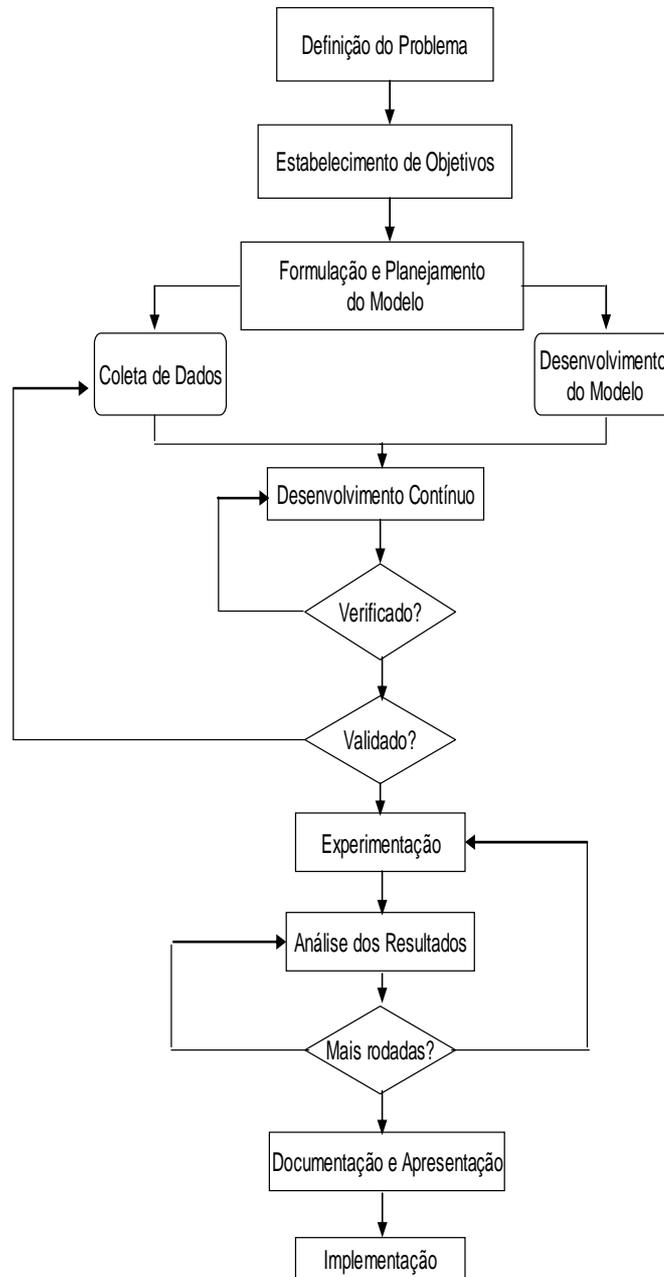
A precisão dos dados utilizados tem grande importância para o sucesso do projeto. E uma definição de quais dados deverão alimentar o sistema, qual origem dos dados e como devem ser obtidos é de grande importância. O modelista experiente tem como papel ajudar os outros participantes do projeto a entenderem qual informação é relevante e quais dados devem ser levados em consideração.

C. Coleta de dados.

No estudo de simulação, é necessário buscar levantar todos os dados relevantes para a modelagem do sistema em questão. Caso algumas informações não estejam disponíveis ou ao alcance do modelista ele deve tomar as seguintes ações: A) conseguir assistência adicional daqueles mais familiarizados com o sistema, B) reunir informações por si próprio, ou C) estar determinado a acreditar e se apoiar em alguns pressupostos na construção do modelo. Em alguns casos dentro da mesma organização, alguns dados podem estar bem claros para o modelista e outros não. A ênfase deve ser dada à busca de fatos fundamentais, informações e estatísticas que podem se referir a “dados macro”. O dado macro lança bases para determinação dos parâmetros de entrada do modelo e ajuda a selecionar onde se deve entrar a fundo nos dados micro. Um grande desafio para o modelista é a coleta de dados para sistemas que ainda não existem. Sendo assim, não existe a possibilidade de observação e estatísticas. Dados de sistemas similares, informações de fornecedores, ajuda de especialistas podem ser algumas das alternativas para se obter dados de entrada do modelo.

Apesar de todo projeto de simulação se beneficiar quando os dados são fartos e confiáveis, isso é muito difícil de acontecer na vida real. Porém a coleta de dados, como todos os esforços do projeto, é custosa e demanda tempo. Um dos desafios é saber o ponto em que a coleta de dados já não traz benefícios relevantes para o projeto. A interação com usuários, ou outro beneficiário do estudo é fundamental para determinação deste limite.

Figura 9 – Etapas em um estudo de simulação



Fonte: Adaptado de Harrel et al. (1997), pág. 37.

D. Desenvolvimento do modelo.

O modelo, inicialmente, começará como uma abstração conceitual do sistema em que os níveis de detalhes são adicionados ao longo do seu desenvolvimento. O modelo conceitual se tornará um modelo lógico à medida que os eventos e os relacionamentos entre eles são

estabelecidos. A construção do modelo pode ocorrer paralelamente à coleta de dados. O fato de incluírem-se as entradas de outros participantes interessados neste momento ajuda a assegurar o apoio de fontes potenciais para dados que serão úteis no futuro. O envolvimento de usuários finais no desenvolvimento do modelo é de grande importância. A interação com o cliente na definição de detalhes ajudará a garantir que o modelo permaneça verdadeiro para a intenção do projeto e com credibilidade para futuras implementações e melhorias sugeridas.

E. Verificação.

É dito que um modelo está pronto para ser verificado quando ele atende o que o modelista pretendia. A verificação do modelo pode ser efetuada rodando-se a simulação e monitorando-se de perto sua operação. Modelos complexos devem passar pelo menos por uma verificação a fim de verificar de forma acurada a intenção do modelista. Estudo de variáveis e outros contadores do sistema, plotando-se seus valores na tela, são bons indicadores de que o modelo está funcionando de acordo com os anseios do modelista. A comparação das variáveis de saída com modelos analíticos disponíveis também pode ajudar bastante nesta verificação. Uma outra ferramenta de verificação é mostrar o modelo a um modelista experiente.

Uma opção de rastreamento de todas as etapas e eventos do modelo também pode ajudar muito nesta verificação e alguns pacotes contam com esta funcionalidade.

F. Validação.

A validação, por definição, é o processo de se assegurar que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo, de tal forma que dê encaminhamento ao problema definido. A validação deve ser um esforço conjunto entre modelistas, usuários e clientes do modelo. Na validação, o modelista apresenta os pressupostos adotados no modelo, e compara as similaridades do modelo com o sistema que foi modelado. Nesta fase, ele recebe uma retroalimentação sobre os pressupostos utilizados, por parte dos usuários e/ou clientes.

Isso pode ser feito usando-se animações do modelo e análise de sensibilidade entre as variáveis de entrada e, de saída, para verificar se o modelo responde como esperado às variações impostas a ele.

G. Experimentação.

O ideal é que o modelista e outros membros do projeto tenham algumas idéias acerca das alternativas de soluções a serem avaliadas. Antes de avaliar cada uma com o modelo, o especialista em simulação irá determinar a extensão necessária de tempo a ser simulado e o tempo para se atingir o estado de regime (quando aplicado), visando a resultados aceitáveis. Avaliando a aleatoriedade dos números de saída, o modelista determinará a quantidade de replicações necessárias para obter uma amostragem estatística confiável.

O **Projeto Experimental** é o desenvolvimento de procedimentos e testes para analisar e comparar alternativas. Seu propósito é maximizar a utilidade da informação obtida, minimizando o esforço necessário para obtê-las.

H. Análise dos resultados e apresentação.

Cada configuração do modelo e seus resultados de saída associados devem ser bem documentados. Além de facilitar relatos eventuais, o armazenamento cuidadoso dos registros irá auxiliar o modelista a determinar não apenas que alternativa atinge o melhor resultado, como também indicará tendências que possibilitarão ao modelista sugerir alternativas de melhorias no sistema real.

Infelizmente, alguns modelistas ficam tão entretidos com a construção e desenvolvimento do modelo que esquecem do seu propósito inicial, o de responder às questões do mundo real e solucionar problemas. O uso de animação, gráficos e relatórios são de grande poder para a exposição aos tomadores de decisão de alto nível.

I. Implementação.

A implementação começa, na verdade, com o início do projeto de simulação. A extensão na qual as recomendações do estudo são colocadas em prática depende, amplamente, da efetividade de cada uma das etapas anteriores. O apoio dos envolvidos na implantação é diretamente proporcional ao envolvimento dos mesmos desde o início do projeto. O estabelecimento de cronogramas e prazos para implantação do projeto também se torna importante.

2.9.8 *Softwares* para Simulação

Para Saliby (1997), a crescente difusão da técnica de simulação para o apoio à decisão contribui para o aumento da disponibilidade de *softwares* de simulação no mercado. Como a aquisição desses tipos de *softwares* é dispendiosa, sua seleção deve ser feita da melhor maneira possível, buscando sempre sucesso nos projetos de simulação. Por isso, essa seleção deve basear-se em critérios cada vez mais objetivos, levando-se em consideração não só as características do produto, mas também a aplicação para a qual ele é destinado. Como em qualquer situação de tomada de decisão, a boa informação é um fator chave para se tomar a melhor decisão.

2.9.9 *Softwares* de simulação de caráter geral

Para Saliby (1997), os *softwares* de simulação podem ser divididos em dois grandes grupos, são eles:

- De natureza geral;
- De aplicação específica, tais como de manufatura, serviços, telecomunicações e etc.

Na figura a seguir estão listados alguns *softwares* de caráter geral, mais conhecidos no mercado, junto com os respectivos *sites* de seus fornecedores para a coleta de mais informações.

Figura 10 – *Softwares* mais conhecidos no mercado

Produto	Empresa	Endereço da HomePage	Representante
ARENA	Rockwell Automation	www.arenasimulation.com	Sim
AutoMod	Brookssoftware	www.brookssoftware.com	Não
Extend	Imagine That	www.imaginethatinc.com	Não
GPSS H	Wolverine Software	ND*	Sim
Micro Saint	Micro Analysis & Design	www.madboulder.com	Sim
ProModel	ProModel Corporation	www.promodel.com	Sim
SIMPLE ++	AESOP (Alemanha)	www.aesop.de	ND*
Simscrip II.5 e SIMPROCESS	CACI Products Company	www.caciasl.com	ND*
Flexsim	Flexsim Software Products	http://flexsim.com	ND*
VisSim	Visual Solutions	www.vissim.com	Sim

Fonte: Autor, 2006.

Jerry Banks (1997) tece algumas sugestões sobre os fatores críticos que se deve levar em consideração ao selecionar um *software* de simulação. São eles:

- **Entradas (*Inputs*):**

Recurso de apontar *mouse* e clicar;

Utilização de desenhos CAD;

Importação de arquivos;

Exportação de arquivos;

Sintaxe compreensível;

Controle interativo de execução;

Interface com outra linguagem;

Recurso para análise de dados de entrada.

- **Processamento:**

Possibilidade de modelagem complexa (*Powerful constructs*);

Velocidade;

Flexibilidade de execução de corridas;

Geração de valores aleatórios;

Reinicialização de estatísticas e geradores (*Reset*);

Replicações independentes;

Variáveis globais e de atributo;

Programação: flexibilidade lógica;

Portabilidade.

- **Saída (*Output*):**

Relatórios padronizados;

Relatórios personalizados ("customizados");

Geração de gráficos;

Manutenção de bancos de dados;

Coleta do resultado de expressões matemáticas;

Medidas de desempenho específicas da aplicação ("customizadas");

Saída em arquivos.

- **Ambiente:**

Facilidade de uso;

Facilidade de aprendizado;

Qualidade da documentação;

Recursos de animação;

Versão "*Run Time*".

- **Fornecedor do *software*:**

Estabilidade;

História;

"*Track Record*";

Suporte.

- **Custo:**
Aquisição de licença;
Atualizações;
Treinamento e suporte.

O *Software* Arena® foi selecionado por obter a melhor combinação dos fatores descritos acima.

2.9.10 O *software* Arena®

No estudo proposto será utilizado como ferramenta para simulação o *software* comercial Arena®, devido a sua interface amigável e grande flexibilidade para geração de cenários. O Arena possui todas as ferramentas necessárias para o estudo proposto. Com o Arena é possível verificar os diferentes cenários a que o sistema pode estar sujeito. Pode-se também testar a pergunta sempre feita em um estudo de simulação “e se?”. Com o Arena®, o ambiente empresarial proposto para estudo pode ser modelado e imitado de forma fidedigna; os dados e parâmetros do sistema de gestão de estoque em questão podem ser inseridos e estudados de forma que as decisões e os cenários possíveis sejam analisados.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta os métodos e procedimentos técnicos utilizados no estudo. Buscando-se suporte teórico na literatura científica especializada, são abordados os itens relativos aos procedimentos metodológicos de pesquisa, a classificação e tipo de tais procedimentos, bem como as técnicas utilizadas na coleta, tabulação e tratamento dos dados coletados.

3.1 A NATUREZA DA PESQUISA CIENTÍFICA

Segundo Kerlinger (1980), a ciência preocupa-se com o conhecimento e a compreensão de fenômenos da natureza. Para o autor, a palavra compreender deve ser interpretada num sentido amplo, isto é, ao se afirmar que se compreende um determinado fenômeno, deve-se entender que se conhecem suas características – pelo menos algumas – o que o produz e quais as suas relações com outros fenômenos. Kerlinger (1980) afirma que, compreende-se um fenômeno quando for possível explicá-lo. Para Severino (2002), explicar é tornar evidente o que estava implícito, obscuro ou complexo; é descrever, classificar e definir.

Na visão dos teóricos positivistas a ciência tem duas características importantes: a objetividade e a natureza empírica. A objetividade é um aspecto metodológico importante da ciência porque sua implementação possibilita ao pesquisador a realização de testes das suas idéias fora de si próprios. Isto quer dizer que a objetividade de uma pesquisa deve obedecer a um critério que permita a um outro pesquisador, com um mínimo de competência, repetir o experimento e obter resultados iguais ou semelhantes. Em outras palavras, “a objetividade ajuda o pesquisador a conseguir condições publicamente replicáveis e, conseqüentemente, descobertas publicamente averiguáveis” (KERLINGER, 1980, p. 11).

Para Kerlinger (1980), ser objetivo não significa ser científico, um procedimento pode ser objetivo e conter observações enganosas e conclusões falsas. Por isso, além da objetividade, a ciência deve ter natureza empírica. Neste estudo, o emprego do termo “empírico” significa: guiado pela evidência obtida em pesquisa científica sistemática e controlada. Segundo Kerlinger (1980), é óbvio que se buscam sempre evidências para qualquer afirmativa, porém é comum, surgirem camuflagens que podem acobertar tais evidências, como por exemplo, o sistema de crenças – religiosas, políticas, econômicas, educacionais – o qual pode guiar o comportamento e não a evidência.

A definição de conhecimento científico, segundo Demo (2000), depende da metodologia escolhida – positivista, dialética, alternativa, moderna ou pós-moderna – e conforme essa escolha obtém-se resultados muito diferentes e por vezes irreconciliáveis. Assim, seja qual for a metodologia escolhida o aspecto mais característico do procedimento científico é a análise. Para este autor analisar significa decompor um todo em partes, desfiando cada uma delas e especialmente as tidas como mais importantes. Assim para Demo (2000, p. 15):

A análise é uma atividade de ‘desconstrução’ que admite ser o todo apenas um ajuntamento das partes, tanto assim que, desfazendo parte por parte, nada resta do todo a não ser suas partes. Fazendo-se o caminho de volta, ao ajuntar as partes, obtém-se de novo o todo, de maneira reversível

O conhecimento científico, sobretudo no ambiente acadêmico, por mais que este seja essencial a realização de análises como estratégia de aprendizagem, dificilmente gera-se um tipicamente novo. O que mais se faz é retomar o conhecimento disponível e refazê-lo com mão própria. Porém, não se trata somente da compilação de idéias de autores sem qualquer elaboração própria. Reconstruir conhecimento significa, portanto, pesquisar e elaborar. “A pesquisa deve ser entendida tanto como procedimento de fabricação de conhecimento, quanto procedimento de aprendizagem, sendo parte integrante de todo processo reconstutivo de conhecimento” (DEMO, 2000, p. 20).

3.2 MÉTODOS CIENTÍFICOS

De acordo com Lakatos & Marconi (1988) a preocupação do homem em explicar os fenômenos da natureza remonta aos primórdios da humanidade. No início, a ocorrência dos

fenômenos era atribuída a entidades de caráter sobrenatural, onde a verdade era impregnada de forças supra-humanas e a explicação fundamentava-se em motivações humanas, atribuídas a potências sobrenaturais. Em seguida, o conhecimento religioso acrescenta que essas ocorrências tinham um caráter transcendental além da vida e a verdade passa a revestir-se de dogmas, baseados em revelações de divindade. Segue-se então que a explicação sobre o homem e a natureza passa a ser aceita sem crítica, o que desloca o foco das atenções para a explicação da natureza da divindade. Surgem, assim, os filósofos que partem para “a investigação racional na tentativa de captar a essência imutável do real, através da compreensão da forma e das leis da natureza”.

Assim somente a partir do Século XVI, é que se iniciou uma linha de pensamento que se propunha encontrar um conhecimento melhor embasado.

Não se buscam mais as causas absolutas ou a natureza íntima das coisas, procura-se compreender as relações entre elas, assim como a explicação dos acontecimentos, através da observação científica, aliada ao raciocínio (LAKATOS & MARCONI, 1988, p. 42).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Gil (1999) afirma que a ciência tem como objetivo chegar à veracidade dos fatos, porém, para que o conhecimento adquirido se torne científico é necessário determinar qual o método que possibilitou chegar-se a esse conhecimento, ou seja, não há ciência sem o emprego de um método científico. Assim, para o autor, o método pode ser definido como o caminho para se chegar a um determinado fim e será considerado método científico se for adotado um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos para se atingir o conhecimento.

Lakatos & Marconi (1988, p. 41) apud Grawitz (1975), acrescenta que: “A característica distintiva do método é a de ajudar a compreender, no sentido mais amplo, não os resultados da investigação científica, mas o próprio processo de investigação.”

Marconi & Lakatos (1988) esclarecem que a maioria dos autores faz distinção entre “método” e “métodos”, sendo o primeiro de cunho mais amplo e de âmbito filosófico, com um grau de abstração mais elevado e o segundo diz respeito a etapas de caráter prático, ou seja, possui finalidade mais restrita. Para efeito deste estudo, adota-se a classificação que fala em métodos de procedimentos, que são aqueles que visam a proporcionar os meios técnicos para garantir sua objetividade e precisão.

Para Cervo & Bervian (1996) a pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas, usando-se métodos científicos. Assim, pode-se definir metodologia como o caminho que segue o pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade.

Uma dissertação de mestrado tem como objetivo solucionar um problema real através de conhecimento científico, e por, essa razão, a escolha da metodologia e das técnicas apropriadas de pesquisa são fatores primordiais para o alcance dos objetivos do estudo. As questões metodológicas referem-se à classificação da pesquisa e aos procedimentos necessários à sua realização, bem como aos métodos de coleta e análise de dados.

3.2.1 Classificação da Pesquisa

O presente estudo classifica-se quanto a sua natureza como uma pesquisa aplicada, pois tem o objetivo de solucionar um problema identificado no campo da gestão de estoques de itens de MRO, em uma empresa do ramo petroquímico.

Para Gil (1999), a pesquisa aplicada caracteriza-se pelo interesse prático e os resultados podem ser aplicados de forma imediata, ou quando tem como meta a aplicação aos tipos de pesquisa relacionados às necessidades imediatas dos diferentes campos da atividade humana.

Quanto a sua forma de abordagem, pode ser classificada como qualitativa e quantitativa, pois, em algumas fases do estudo, serão utilizados indicadores verificáveis matematicamente e, em outras etapas, ocorrerão análises predominantemente qualitativas.

Segundo Deslandes (2000), a pesquisa qualitativa caracteriza-se pela apresentação de soluções a questões particulares, trabalhando com um nível de realidade que não poder ser totalmente quantificado, isto é, com motivos, crenças, valores, comportamentos e percepções individuais. Sua principal diferença do método quantitativo é que este utiliza instrumental estatístico como base para analisar o problema, uma vez que a quantificação, em certos casos, apresenta limitações ao tentar explicitar problemas complexos, pois é voltado para a medição.

Esta pesquisa é exploratória, pois segundo Gil (1999), este tipo de pesquisa tem como objetivo prover o pesquisador de maior conhecimento sobre o problema, esclarecendo e modificando conceitos e idéias, especialmente com vistas à formulação de questões e hipóteses mais precisas para estudos posteriores. Ainda, tem um viés explicativo, porque, segundo Gil (1999), nas pesquisas desse tipo, pretende-se buscar a razão e o porquê das

coisas, ou melhor, verifica-se uma preocupação com identificação dos fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

É importante acrescentar que este estudo também carrega uma abordagem crítica. Segundo Alves-Mazotti & Gewandsznajder (2001), a palavra “crítica” assume pelo menos dois sentidos: o primeiro se refere à crítica interna, isto é, à análise rigorosa da argumentação e do método, focalizando o raciocínio teórico e os procedimentos de seleção, coleta e avaliação dos dados, buscando-se consistência lógica entre argumentos, procedimentos e linguagem.

O segundo sentido diz respeito à ênfase na análise das condições de regulação social, desigualdade e poder, ou seja, a preocupação é a de que o papel do pesquisador não pode ser apenas intelectual, mas sim deve ter uma participação direta nos esforços para mudar as relações sociais, transformando-se em parceiro na formação das agendas sociais através de sua prática científica. Assim, para Alves-Mazotti & Gewandsznajder (2001, p. 139):

A abordagem crítica é essencialmente relacional: procura-se investigar o que ocorre nos grupos e instituições relacionando as ações humanas com a cultura e as estruturas sociais e políticas, tentando compreender como as redes de poder são produzidas, mediadas e transformadas. Parte-se do pressuposto de que nenhum processo social pode ser compreendido de forma isolada, como uma instância neutra acima dos conflitos ideológicos da sociedade. Ao contrário, esses processos estão sempre profundamente vinculados às desigualdades culturais, econômicas e políticas que dominam nossa sociedade.

3.2.2 Estratégia de Pesquisa

A abordagem a respeito dos procedimentos (estratégia) do estudo proposto é um estudo de caso, na medida em que ele se fundamenta na idéia de que a análise de uma unidade de um universo escolhido possibilita, segundo Gil (1999), a compreensão da generalidade do mesmo ou no, mínimo, o estabelecimento de bases para uma investigação posterior.

O estudo de caso se caracteriza pelo estudo exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a conhecer todos os seus detalhes, o que para os outros procedimentos torna-se uma tarefa praticamente impossível. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é um procedimento empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, em especial quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência. Os principais propósitos de um estudo de caso são:

- Explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- Descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

O universo da pesquisa é a área de suprimentos em uma empresa do ramo petroquímico e a amostra a ser selecionada compõe-se de itens com maior representatividade para a gestão de estoques, segundo o método ABC de priorização. Foram agrupados os 30 itens de maior consumo para a empresa, de 01/01/2003 até 01/01/2006. Foram selecionados da amostra de 30 itens, 7 itens para um estudo mais aprofundado. Este método tem como objetivo demonstrar a possibilidade de maiores reduções de custos totais mantendo o mesmo nível de serviço. A unidade estudada conta com um total de 10.954 itens, porém 7.596 são itens de uso direto, ou seja, não possuem consumo recorrente; eles são comprados mediante demanda real e não são estocados. Dos 3.358 restantes, 1.254 são itens comprados para ampliações na planta industrial, 1.153 são itens para manutenções preventivas e o restante 951 são itens de consumo recorrente destinados a manutenções não esperadas. Estes itens correspondem a um valor total de R\$ 10.958.565,23 imobilizados em estoque. A seguir, pode ser visualizada uma figura com a representação da amostra obtida:

Figura 11 – Representatividade da Amostra

Itens de uso direto	Total de 7596 itens	Itens com consumo recorrente	Total de 3358 itens
Itens para Ampliação 2228 itens		Itens para Ampliação 1254 itens	
Itens para manutenção preventiva 1998 itens		Itens para manutenção preventiva 1153 itens	
Itens para manutenção emergente 3370 itens		Itens para manutenção emergente 951 itens Valor: R\$ 10.958.565,23	

Amostra 30 itens

Dados reais serão coletados para simulação dos resultados esperados após a adoção da nova política de gestão de estoques. Estes dados serão lançados no *Software Arena*® conhecido por obter uma interface amigável. Para Prado (2002), o *Software* tem muita interatividade e satisfação nas respostas recebidas.

3.2.3 Limitações da Metodologia Escolhida

O estudo de caso apresenta limitações por envolver aspectos objetivos e subjetivos. Lazarini (1995) afirma que as limitações do método de estudo de caso são: o tamanho da amostra; a ausência de critérios de amostragem rigorosos e a natureza subjetiva do processo de medição. Estas questões podem ser relacionadas com o “rigor científico” e Yin (2001) chama a atenção para o fato de que os procedimentos não são, normalmente, “rotinizados”, o que faz com que o pesquisador possua habilidades muito maiores do que as exigidas por outros métodos, de forma que o autor afirma que o estudo de caso, como estratégia de pesquisa, é difícil de ser conduzido.

Lazarini (1995) acrescenta que a experiência, a personalidade do pesquisador, assim como o seu preparo – no método – e a sua inteligência vão, parcialmente, determinar a sua efetividade na condução da pesquisa. Desta forma, a estratégia de abordagem por meio de um estudo de caso considera e concebe a subjetividade da interpretação pessoal do pesquisador que interferirá no resultado final do estudo.

A principal limitação do método de pesquisa de estudos de caso está relacionada com a validação externa dos resultados, ou seja, com o nível de generalização dos resultados obtidos com o estudo. A generalização requer processos de amostragem rigorosos e testes estatísticos não possíveis numa pesquisa baseada em estudos de caso.

Outra limitação do método está relacionada à confiabilidade, que indica se as operações envolvidas no estudo de caso (coleta e análise de dados) podem ser repetidas com os mesmos resultados.

Conforme destaca Gil (1999), a confiabilidade pode ser verificada se o mesmo estudo, conduzido por outro pesquisador, produzir os mesmos resultados. Entretanto, o método de casos pode ser útil no auxílio ao aprimoramento de teorias, conforme já mencionado, sendo esta a situação da presente pesquisa.

3.2.4 Coleta e Análise de Dados

No estudo em questão pretende-se adotar os seguintes passos: levantamento e leitura bibliográfica, levantamento e análise documental, levantamento de dados sobre o “estado da arte” em artigos publicados em periódicos e *Internet*, elaboração dos capítulos da revisão bibliográfica e, finalmente, uma pesquisa de campo.

Para Gil (1999) a qualidade de uma pesquisa depende, dentre outros aspectos, dos processos de medição a serem empregados. A medição, via de regra, é feita por meio da comparação e quando, por exemplo, se deseja medir a extensão de um objeto, basta o uso de uma fita métrica-padrão, para determinarem-se quantas frações do padrão este inclui. Porém, quando se trata de variáveis sociais, como no presente estudo, a complexidade aumenta.

Nas pesquisas de campo, nem todas as variáveis podem ser medidas com escalas tão simples como a linear e, também, não existem padrões de comparação medidos universalmente definidos e aceitos. Gil (1999) esclarece que, nesse caso, é necessário escolher uma escala que seja amplamente reconhecida ou elaborar uma escala que seja adaptada às suas necessidades específicas. Para o autor, escala é um contínuo de valores ordenados entre um ponto inicial e outro final. Com base nesse intervalo de valores, ficam estabelecidos os limites de mensuração e pode-se concluir a elaboração de uma escala, mediante a definição de pontos intermediários.

Segundo Mattar (2001), existem quatro tipos básicos de escalas de medidas: nominais, ordinais, intervalares e razão. As escalas nominais servem para nomear, identificar e (ou) categorizar dados sobre pessoas, objetos ou fatos. Nesse tipo de escala, a única operação possível é a contagem. A escala ordinal é aquela em que os números servem para, além de nomear, identificar e (ou) categorizar, ordenar, segundo um processo de comparação, as pessoas, objetos ou fatos, em relação a determinada característica. A escala intervalar é aquela em que os intervalos entre os números indicam a posição e em que os objetos, pessoas ou fatos estão distantes entre si em relação a uma determinada característica. As escalas razão contêm as mesmas propriedades da escala intervalar, com o acréscimo do zero absoluto.

Quanto aos aspectos quantitativos da pesquisa, serão considerados tudo o que pode ser quantificado, buscando-se na utilização das ferramentas proporcionadas pela matemática estatística, aliadas a técnicas de simulação. Para Kossiakoff (2003), as técnicas de simulação podem incorporar aspectos físicos do sistema e podem ser menos abstratos que outras formas de modelagem existentes.

3.3 CONSIDERAÇÕES

Este capítulo abordou os aspectos referentes à metodologia adotada no estudo e, a seguir, o capítulo 4 é dedicado à apresentação do estudo de caso, o seu detalhamento e a análise dos resultados da pesquisa.

4 PESQUISA DE CAMPO

4.1 METODOLOGIA

Os métodos específicos das ciências, segundo Gil (1987), têm como objetivo proporcionar ao pesquisador os meios técnicos para garantir objetividade e precisão no estudo, ou melhor, visam a orientar a realização da pesquisa nos aspectos referentes à obtenção, processamento e validação dos dados pertinentes ao problema investigado.

A abordagem adotada neste Estudo pode ser considerada, segundo definição de Gil (1987) como uma combinação de três métodos: o observacional, o comparativo e o estatístico. O primeiro consiste na simples observação de algo que acontece ou já aconteceu; o segundo procede pela investigação de fenômeno ou fato, com vistas a ressaltar as diferenças e similaridades entre eles; e o último fundamenta-se na aplicação da teoria estatística, de modo a dotar a pesquisa de certo grau de probabilidade de acerto de determinadas conclusões, bem como a margem de erro dos valores numéricos obtidos.

4.1.1 Tipo de Pesquisa

Feitas as considerações sobre a abordagem metodológica, o passo seguinte é o enquadramento do trabalho num tipo ou nível de pesquisa.

Mattar (2001) classifica as pesquisas segundo o seu objetivo, o grau em que o problema está cristalizado e a natureza dos relacionamentos das variáveis estudadas.

Elas podem ser Exploratórias, Descritivas ou Causais. Considerando essa classificação, o presente Estudo constitui-se numa combinação de pesquisa exploratória e descritiva.

A presente pesquisa é exploratória porque visa prover o pesquisador de maior conhecimento sobre o tema ou problema, esclarecendo e modificando conceitos e idéias, especialmente com vistas à formulação de problemas mais precisos e hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Também é descritiva, pois o seu objetivo primordial é a descrição das características de determinado fato ou fenômeno. (Gil: 1987).

4.1.2 A unidade de Pesquisa

Conforme relatado no Capítulo 1, a Introdução, este Estudo tem como aplicação a Indústria Petroquímica no Brasil. Por solicitação da empresa, será utilizado um nome fictício para a empresa, Dexxa S.A., porém o andamento do estudo de caso em questão não será influenciado. A indústria química tem papel de destaque no desenvolvimento das diversas atividades econômicas do País, participando ativamente de quase todas as cadeias e complexos industriais, inclusive serviços e agricultura. No caso brasileiro, de acordo com o último dado disponibilizado pela ABIQUIM⁹, relativo ao ano de 2003, a participação da indústria química no PIB total foi de 3,7%. A título comparativo, nos Estados Unidos (maior indústria química do mundo), a participação no PIB é de cerca de 2%. Levando em consideração a matriz industrial do Brasil, ainda segundo dados do IBGE, o setor químico ocupa a segunda posição, com quase 12% do PIB da indústria de transformação, atrás apenas do setor de alimentos e bebidas, que tem cerca de 17% do total.

Foi estudada a área de suprimentos da Dexxa S.A., que tem como clientes a área de Engenharia de todas as unidades industriais da empresa. A gestão de estoque de itens de manutenção tem seu controle feito a partir de uma das unidades da empresa presente no Pólo Petroquímico de Camaçari, Bahia. Porém algumas atividades como gestão de almoxarifados e compras de menores valores são feitas nas unidades por todo o Brasil. Cada unidade da empresa conta com um ou mais almoxarifados e uma das conseqüências da nova política de gestão de estoques seria a tentativa de centralização desses almoxarifados em unidades da empresa nos pólos petroquímicos de Camaçari - BA e Triunfo - RS.

O estudo tem como objetivo verificar os resultados obtidos com a nova política de gestão de estoques de MRO implementada no final de 2005 na área de suprimentos.

⁹ Fonte: disponível em: <www.abiquim.com.br>. Acesso em: 21/06/2005.

O estudo em questão será realizado em uma das unidades de negócio da Dexxa S.A., situada no Pólo Petroquímico de Triunfo, Rio Grande do Sul. O autor do estudo teve a oportunidade de participar da implantação da nova política de gestão de estoques no período de maio de 2005 a fevereiro de 2006.

Como foi dito antes, a estrutura organizacional e números sobre a empresa serão negligenciados por questões éticas. Apenas para ilustrar a importância da empresa no cenário nacional, ela tem faturamento anual da ordem de 15 bilhões de reais (Relatório de resultado anual da Dexxa).

4.1.3 O Contexto do Problema na Unidade de Pesquisa

A empresa em questão verificou que seus saldos de estoque estavam aparentemente altos, porém ao mesmo tempo, a área de manutenção industrial se queixava constantemente da área de suprimentos. Segundo eles, a disponibilidade e o nível de serviço da área de suprimentos não atendiam às necessidades da planta industrial. Por outro lado para uma empresa de capital aberto, altos níveis de estoque não representam uma boa indicação de saúde financeira da empresa.

Em meados de 2005, antes da implantação da nova política, os saldos de estoque de itens de manutenção giravam em torno de 200 milhões de reais, representando com isso um alto custo de oportunidade, além da necessidade de uma quantidade considerável de estruturas de armazenagem. Mesmo assim, o nível de serviço apresentado pela área de suprimentos estava longe do ideal. Isso indica que o *trade-off* básico da gestão de estoque não estava em equilíbrio. Pois, mesmo com uma razoável parcela do ativo empenhado em estoques de itens de manutenção, a área de suprimentos sofria seguidas reclamações de seus clientes internos.

Neste momento, a Diretoria de Logística e Suprimentos se viu obrigada a rever sua política de gestão de estoques a fim de alcançar o equilíbrio necessário e adequado entre custo de estoque e nível de serviço.

Antes da nova política, quem determinava os parâmetros de ressuprimento dos estoques eram os profissionais da área de manutenção sem a adoção de qualquer estudo prévio da natureza dos itens. A área de manutenção, simplesmente, determinava o ponto de ressuprimento, o estoque de segurança e a criticidade do item, forçando a área de suprimentos a atender suas solicitações. A área de suprimentos, por sua vez, também não tinha conhecimento da natureza dos parâmetros tanto de fornecimento, quanto de criticidade para a

planta industrial e se via obrigada a atender as solicitações da área de manutenção industrial. Ou seja, não tinham ferramentas adequadas para definir esses parâmetros, ou até mesmo justificar eventuais mudanças.

Ao se falar de natureza dos itens, pode-se citar criticidade de fornecimento, criticidade do item para a planta industrial e perfil de consumo. A nova política se baseia nestes aspectos e busca determinar os novos parâmetros de ressurgimento do sistema de gestão de estoques com base nessas informações. Um determinado item pode ser crítico para a planta industrial, porém sua entrega é imediata. Por outro lado, o item pode ser de baixa criticidade para o funcionamento da planta industrial, mas seu tempo de ressurgimento é longo. Além dos itens críticos com longo tempo de ressurgimento, também existem os de baixa criticidade e com fornecimento imediato. Em resumo, baseando-se nesses confrontos, foi elaborada a política de gestão de estoque, que, por sua vez, traduziu em parâmetros de gestão de estoques a natureza de cada item. Essa conjugação será vista mais adiante, no item 4.3.5 Matriz de Criticidade e definição de estoque de segurança.

Em paralelo a este processo, foi elaborado um projeto de saneamento do cadastro dos itens no ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa, sistema este que gerencia os estoques da Dexxa S.A.. No cadastro desses itens, constam duplicidades, ou seja, o mesmo item era cadastrado mais de uma vez com códigos diferentes. Isso gerava um crescimento desnecessário nos níveis de estoques, pois cada engenheiro de manutenção solicitava o item em um código diferente, e o mesmo item por sua vez, tinha dois registros de estoques. Para isso, foi elaborado um projeto de PDM (Padronização de Cadastro de Materiais) que tem como objetivo principal reduzir essas duplicidades. A falta de PDM também contribuiu para o mau funcionamento da gestão de estoques, porém não é o foco do trabalho em questão. Por isso, sua análise não será aprofundada.

4.1.4 Estabelecimento de Objetivos

O estudo em questão teve como objetivo verificar, através do uso de simulação computacional, os dois cenários descritos anteriormente: antes e depois da implantação da nova política de gestão de estoques. Os dois cenários serão simulados para uma amostra de 30 itens mais significativos em consumo, segundo a classificação ABC. Alguns itens terão o estudo mais aprofundado, mostrando a possibilidade de redução de custos de estoques mantendo-se os valores de nível de serviço em patamares aceitáveis.

4.2 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE RESSUPRIMENTO.

Neste momento, serão definidas todas as variáveis e parâmetros que foram inseridos no ERP da empresa para implantação da nova política de gestão de estoques proposta. Vale ressaltar que nem todos os valores foram respeitados para a execução do estudo em questão. Isso se dá justamente pela natureza dos dois ambientes. Para o estudo acadêmico, alguns valores, como consumo e tempo de ressuprimento foram mais bem elaborados atribuindo-se a eles valores probabilísticos e não determinísticos, como veremos a seguir. Isto se tornou necessário para melhor explorar as funcionalidades do Simulador utilizado e tentar buscar maior aderência do estudo de caso em questão à situação real. Já no ambiente empresarial torna-se muito difícil e custoso realizar estudos estatísticos específicos. Porém, em nosso estudo, por se tratar de uma pequena amostra do universo de itens presentes, essa análise tornou-se viável.

4.2.1 Consumo Esperado

Mensalmente, o ERP calcula o consumo por item no mês, o consumo médio mensal, o consumo médio diário e o consumo médio esperado para cálculo do ponto de ressuprimento (parâmetro de gestão). Abaixo, está descrito como cada um é calculado.

1. Consumo por item no mês: Somatório de todo o consumo real no mês em questão.
2. Consumo médio mensal: Média do consumo real nos últimos doze meses calculado por item.
3. Consumo médio diário: é o valor total consumido nos últimos doze meses por item dividido por 365 dias.
4. Consumo médio esperado: é uma projeção para cálculo do ponto de ressuprimento e é calculado obtendo-se o valor médio dos três últimos consumos.

No estudo realizado, este valor não foi considerado na simulação. Para obtenção desse valor foi feito um estudo no perfil de consumo do item chegando assim a uma distribuição de probabilidade real, com auxílio da ferramenta *Input analyzer* do Arena®.

4.2.2 Curva de Consumo ABC

Mensalmente o sistema ERP classifica os itens em “A”, “B” ou “C”. Este cálculo é feito para definir quais itens estão tendo maior impacto sobre o capital empenhado em estoques.

Processamento da curva ABC de consumo:

1. O sistema ERP relaciona todos os itens que tiveram consumo nos últimos 12 meses;
2. Para cada item com consumo, o sistema ERP calcula o produto entre a quantidade consumida e o custo médio inserido no sistema;
3. Com o valor total de cada item consumido calculado, o sistema ERP indexa os itens de modo decrescente, do maior valor de consumo para o de menor valor de consumo;
4. O sistema ERP classificará o item como A, se ele estiver contido nos maiores valores de consumo (classificados na ordem decrescente), de forma que seu somatório corresponda a 80% do consumo total;
5. O sistema ERP classifica o item como B se ele estiver contido no próximo agrupamento de maior consumo (classificados na ordem decrescente), de forma que seu somatório corresponda à faixa entre 80% e 95% do consumo total;
6. Os itens restantes são classificados como “C” e representam 5% do valor total do Estoque.

A partir da classificação ABC, o Gestor de Estoque estabelece os intervalos entre compras (Intervalo de Ressuprimento) para os itens A, B e C.

4.2.3 Tempo de Ressuprimento

O sistema ERP calcula o tempo médio dos três últimos processos de compra do item, que vai desde a Solicitação de Compra até o efetivo Recebimento no Almoxarifado.

Esta média de tempos para recebimentos será o Tempo de Ressuprimento. Caso não tenha três processos de compras completados, a média é calculada com as duas ou a única efetuada. Caso não tenha processo de compra completado, é usado o tempo de ressuprimento

padrão de 30 dias para o item. Se este tempo estiver em branco, é considerado o tempo de ressuprimento padrão de 30 dias *default* informado no sistema ERP.

Para a simulação utilizada no estudo, foi obtido o valor real do Tempo de Ressuprimento. Os valores presentes no sistema foram inseridos na ferramenta *Input Analyzer* presente no *software* Arena®, obtendo-se assim uma distribuição de probabilidade para inserção no modelo utilizado. Isto será detalhado mais à frente.

4.2.4 Intervalo de Ressuprimento

De posse da classificação ABC, o Gestor de Estoques estabelece os Intervalos de ressuprimento em número de dias (Intervalo de Compra) para os itens A, B e C. Com base no custo dos pedidos, custo médio do item e os objetivos de giro de estoques e cobertura definidos pela diretoria da empresa, essa decisão é tomada. Porém, as orientações gerais que foram dadas ao departamento de compras são as seguintes:

- Para itens Classe A de consumo – Menor Intervalo de Compra.
- Para itens Classe B de consumo – Médio Intervalo de Compra.
- Para itens Classe C de consumo – Maior Intervalo de Compra.

4.2.5 Matriz de Criticidade e definição do Estoque de Segurança

Para definição da criticidade de reposição dos itens, e, por sua vez, para a determinação dos estoques de segurança para cada item foi elaborada a matriz de criticidade. A combinação entre esses parâmetros determinará se o item tem criticidade “A” ou “B”. No quadro a seguir, estão agrupados esses parâmetros e seus respectivos atributos.

Quadro 4 – Parâmetros e atributos da Matriz de Criticidade

ATRIBUTO	PARÂMETROS	SETOR A SER ENVOLVIDO NA ANÁLISE
Fornecimento	Imediato (I)	Compras
	Normal (N)	
	Lento (L)	
Origem	Nacional (N)	Compras
	Importado (I)	
Aplicação	Crítico (C)	Manutenção
	Não crítico (N)	
Parque Instalado	Alto (A)	Manutenção
	Normal (N)	
	Baixo (B)	
Valor	Alto (A)	Gerência de suprimentos
	Médio (M)	
	Baixo (B)	

Cabe aqui ressaltar que, periodicamente, o gestor de estoques deve analisar os itens com base nos parâmetros presentes na matriz de criticidade. As faixas de valores dos atributos, parque instalado, fornecimento e valor devem ser revistos periodicamente pela área de suprimentos da empresa. Os atributos e seus parâmetros são definidos abaixo:

- **Fornecimento:** Este atributo diz respeito ao tempo de ressurgimento do item. Ele pode ser lento, normal ou imediato. Cabe à área de Compras determinar este parâmetro com base nas faixas de valores para cada classificação.
- **Origem:** Este atributo determina se o item é importado ou nacional. Os itens de origem importada estão associados a um maior risco de fornecimento. Cabe à área de Compras informar a origem do item.

- Aplicação: O item pode ser de aplicação crítica ou não-crítica. Este atributo está relacionado à planta industrial. Ou seja, se a falha ou a falta do item ocasionar parada na planta industrial, acidentes graves com risco de vida aos funcionários ou danos ao meio ambiente, o item é considerado de aplicação crítica. Caso contrário, ele é considerado não-crítico. É papel da área de manutenção determinar este parâmetro.
- Parque instalado: Este atributo determina se o item tem alto, médio ou baixo parque instalado, ou seja, ele determina a quantidade que está em operação na planta industrial. Quanto maior esse valor, maior é a probabilidade de falha e, por sua vez, maior é a demanda prevista por este item. É responsabilidade da área de manutenção industrial determinar o valor desse parâmetro para cada item.
- Valor: Este atributo está relacionado ao valor de mercado do item. O item pode ser de baixo, médio ou alto valor. Esta informação está relacionada ao valor que está sendo empenhado em estoque com a compra do item e, conseqüentemente, com o custo de oportunidade incorrido com a permanência do item em estoque. É responsabilidade da gerencia de suprimentos determinar este parâmetro.

Portanto tendo como base os atributos acima, a combinação desses atributos pode gerar classificações de criticidade de fornecimento, como exemplificado abaixo:

- Um item com Fornecimento lento, de Origem importada, Aplicação crítica, Parque instalado alto e Valor alto deve ser classificado como de “criticidade alta”;
- Um item com Fornecimento imediato, Origem nacional, Aplicação não crítica, Parque instalado baixo e Valor baixo deve ser classificado como “criticidade baixa”.

As combinações entre os parâmetros descritos anteriormente geraram 108 possibilidades de classificação para os itens. Destas 108 possíveis, 36 foram definidas como de criticidade “A”, as outras 72 possibilidades foram consideradas de criticidade “B”.

Para definição do estoque de segurança, mensalmente a matriz de criticidade é aplicada. Os itens com criticidade de ressurgimento “A” tiveram seu estoque de segurança equivalente a 15 dias de cobertura (determinístico). Já os itens com criticidade de consumo

“B” tiveram seu estoque de segurança equivalente a 5 dias de cobertura (determinístico). O estoque de segurança foi calculado pelo ERP da Dexxa S.A., com base na fórmula a seguir:

$$ES = CMd \times Dc$$

Onde,

ES = Estoque de Segurança

CMd = Consumo médio diário

Dc = Dias de cobertura

4.2.6 Ponto de Ressuprimento

Calculado pela fórmula:

$$PR = ES + TR \times D$$

Onde:

PR = Ponto de Ressuprimento

ES = Estoque de Segurança

TR = Tempo de Ressuprimento

D = Demanda ou Consumo Médio Diário (CMd)

4.2.7 Lote de Compra

Calculado pela fórmula:

$$LC = CMd \times IC$$

Onde:

LC = Lote de Compra

CMd = Consumo Médio Diário

IC = Intervalo de Compra.

4.2.8 Cálculo do Estoque Máximo

Calculado pela fórmula:

$$E_{\text{máx}} = ES + LC$$

Onde:

$E_{\text{máx}}$ = Estoque máximo

ES = Estoque de segurança

LC = Lote de compra

Os valores citados anteriormente foram calculados pelo próprio ERP da Dexxa S.A.. Esses valores são utilizados para gerar sugestões de compra, ou seja, pedidos de ressuprimento. Para o estudo de caso em questão os valores de demanda e tempos de ressuprimento foram analisados gerando-se distribuições estatísticas que foram inseridas no *Software Arena*®.

Cabe ressaltar que apesar de algumas variáveis, como Ponto de Ressuprimento e Estoque de Segurança terem influência direta desses parâmetros, como visto anteriormente, os valores dessas duas variáveis calculados pelo sistema foram respeitados e usados na simulação. Esta atitude teve o intuito de reproduzir com fidelidade o funcionamento do sistema de gestão de estoques estudado. O Ponto de Ressuprimento que inicia um processo de compra tem seu valor calculado pelo ERP com base em valores determinísticos de Tempo de Ressuprimento e Demanda, estes também calculados pelo sistema.

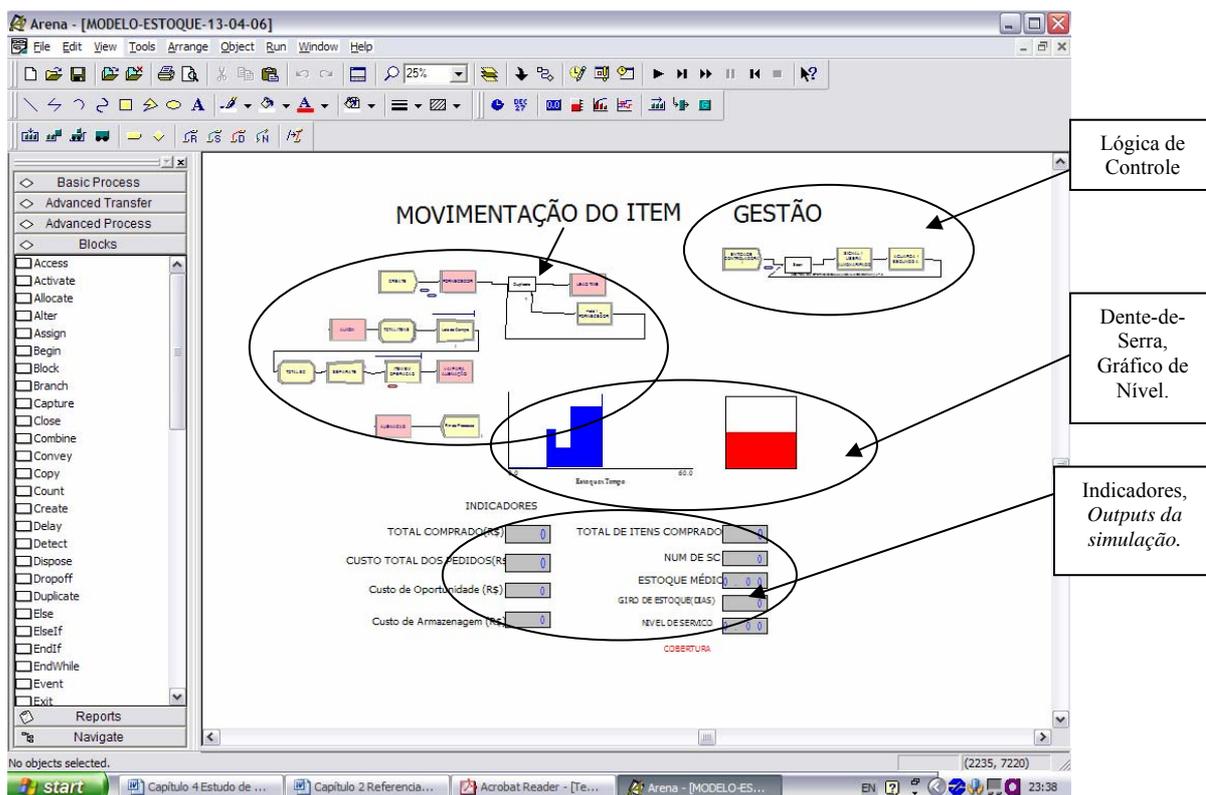
4.3 O PROJETO DE SIMULAÇÃO

4.3.1 Formulação e Planejamento do Modelo

O modelo construído busca retratar um sistema de controle de estoques, reproduzindo a movimentação dos itens desde o fornecedor, transporte, estocagem, uso e alienação. Este é o modelo mais adequado para o ambiente em questão e retrata fielmente o “caminho” que os itens percorrem desde o fornecedor de primeira camada até seu descarte. Existe também a

lógica de controle criada justamente para designar o papel do ponto de ressuprimento. No mesmo modelo, podem ser observados os gráficos, Dente-de-Serra e de nível, utilizados para melhor entendimento e análise do comportamento do sistema. Os indicadores utilizados como resposta das simulações também podem ser visualizados em tempo real.

Figura 12 – Modelo de Simulação Utilizado.



4.3.2 Coleta de Dados

Neste momento, serão descritos todos os dados necessários para a modelagem do sistema em questão. Para Harrel (2003), caso alguma informação não esteja clara para o modelista, é necessário tomar as seguintes ações:

1. Conseguir assistência adicional daqueles mais familiarizados com o sistema;
2. Reunir informações por si próprio ou;
3. Estar determinado a acreditar e se apoiar em alguns pressupostos para a construção do modelo.

Os valores importantes para a alimentação do modelo de simulação, podem ser separados em: parâmetros de controle, estes *inputs* manipulados e definidos pelo ERP da Dexxa S.A.; variáveis externas, estes *inputs* compostos por variáveis aleatórias, ou seja, valores que, *a priori*, não são de controle exclusivo da empresa e têm sua origem em fatores externos; por fim, variáveis de resposta ou indicadores, *outputs* que podem sofrer influências dos valores inseridos no sistema. Estes últimos que irão direcionar e possibilitar a avaliação dos cenários criados.

1. Parâmetros de Controle ou Parâmetros de Gestão:

Estes Parâmetros são diretamente calculados pelo ERP da Dexxa S.A. e são os controladores do sistema. Abaixo, é possível observar uma listagem e uma breve definição de cada um deles.

Tabela 3 – Parâmetros de Controle

Parâmetro	Descrição
<i>Código do Item</i>	<i>Código cadastrado do Item no sistema ERP</i>
<i>Ponto de Ressuprimento</i>	<i>Esse define quando colocar um pedido de compra. É o nível de estoque que quando atingido, um pedido de compra é gerado automaticamente.</i>
<i>Estoque de Segurança</i>	<i>Quantidade definida pela Matriz de Criticidade com finalidade de absorver a incerteza da demanda e do fornecimento.</i>
<i>Preço Médio</i>	<i>Este parâmetro define o preço médio de determinado item em estoque</i>
<i>Nível de Estoque</i>	<i>Nível de Estoque de um determinado item em determinado momento.</i>
<i>Estoque em pedido</i>	<i>Quantidade de itens referentes a pedidos já colocados por item</i>
<i>Lote de Compra</i>	<i>Lote de Compra do Fornecedor determinado pelo Intervalo de Compras, em dias, multiplicado pelo Consumo Médio diário.</i>

No Quadro a seguir, é possível observar esses parâmetros antes da implantação da nova política de gestão de estoques na Dexxa S.A..

Quadro 5 – Valores dos parâmetros de Controle antes da nova política

Item	Est Pedido	Preço Médio(R\$)	Estoque Segurança Antes	PR Antes	LC=IR*Dm
1	0	692,35	0	20	10
2	20	43,66	10	15	10
3	0	1819,25	12	13	30
4	0	9,2	5	6	5
5	0	20,28	10	11	6
6	0	5,64	2	6	10
7	0	528,94	5	6	5
8	52	144,88	50	60	20
9	0	19,07	10	11	20
10	0	20,5	9	10	4
11	12	25	6	7	11
12	0	3,06	10	11	25
13	0	14,36	10	11	13
14	0	37,59	8	9	13
15	0	4	5	6	1
16	0	35,97	16	17	50
17	0	4,36	12	14	6
18	0	13,13	10	11	10
19	0	84,34	12	20	13
20	0	7,42	5	6	12
21	13	27,29	2	3	13
22	0	204,5	6	7	5
23	0	16,92	15	18	19
24	0	16,26	5	6	13
25	0	10,55	6	8	38
26	0	24,96	2	5	36
27	0	10,4	0	40	30
28	0	64,81	8	9	25
29	0	56,73	10	11	24
30	0	48,49	50	55	28

Fonte: Dexxa S.A. Dezembro 2005.

No Quadro a seguir temos esses parâmetros após a implantação da nova política de gestão de estoques na Dexxa S.A.. Apenas os valores de Ponto de Ressuprimento e de Estoque de Segurança sofreram alterações. Em negrito, foram realçados os valores de Ponto de Ressuprimento, que sofreram acréscimo em quantidade de itens.

Quadro 6 – Valores dos parâmetros de Controle depois da nova política

Itens	Est Pedido	Preço Médio(R\$)	Estoque Segurança Depois	PR Depois	LC=IR*Dm
1	0	692,35	4	39	10
2	20	43,66	1	5	10
3	0	1819,25	1	9	30
4	0	9,2	1	2	5
5	0	20,28	1	2	6
6	0	5,64	1	2	10
7	0	528,94	1	2	5
8	52	144,88	1	25	20
9	0	19,07	1	7	20
10	0	20,5	1	4	4
11	12	25	1	5	11
12	0	3,06	1	4	25
13	0	14,36	1	2	13
14	0	37,59	1	5	13
15	0	4	1	2	1
16	0	35,97	2	7	50
17	0	4,36	1	3	6
18	0	13,13	1	2	10
19	0	84,34	1	6	13
20	0	7,42	1	2	12
21	13	27,29	3	17	13
22	0	204,5	1	3	5
23	0	16,92	1	6	19
24	0	16,26	1	4	13
25	0	10,55	1	7	38
26	0	24,96	1	5	36
27	0	10,4	1	4	30
28	0	64,81	1	5	25
29	0	56,73	1	7	24
30	0	48,49	2	11	28

Fonte: Dexxa S.A. Dezembro 2005.

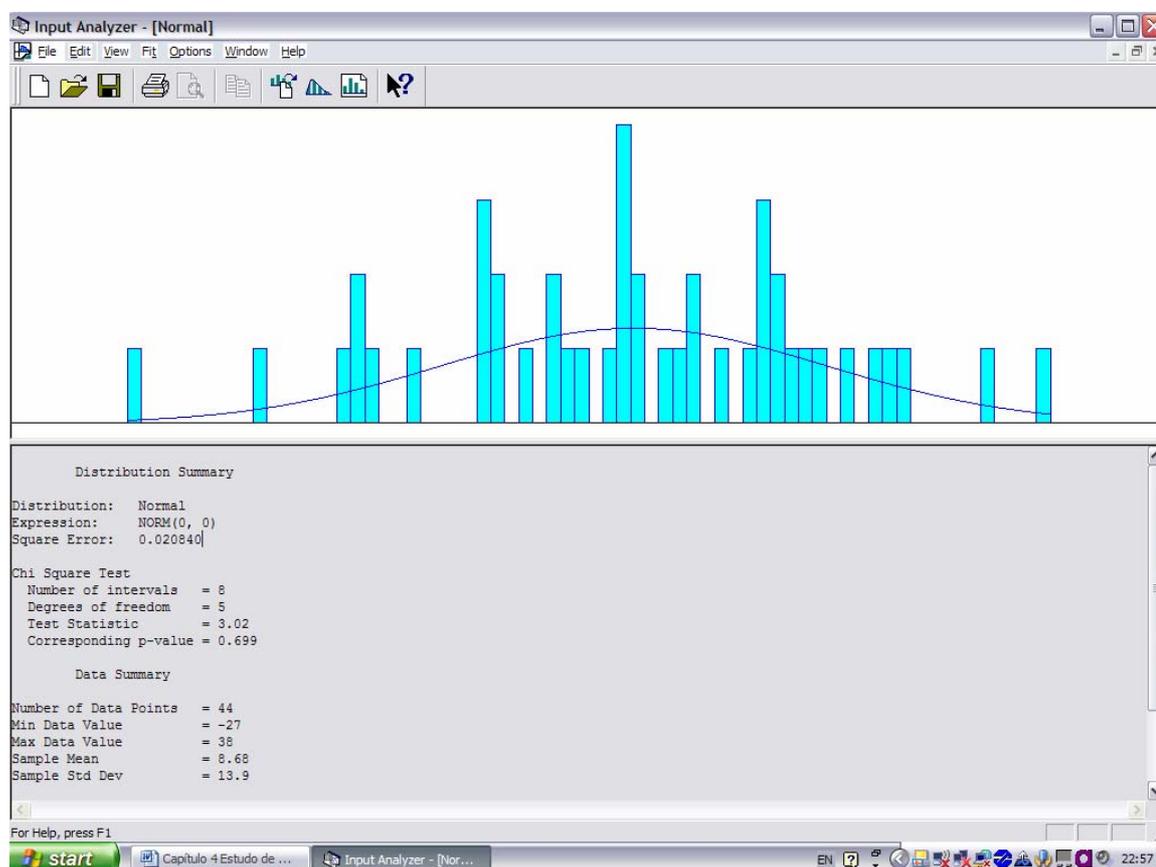
2. Variáveis Aleatórias

Estas são variáveis aleatórias, por isso foram inseridas no modelo via distribuições de probabilidade. Essas variáveis tiveram que receber tratamento especial para serem geradas. Segue, a seguir, a descrição dessas variáveis:

Tabela 4 – Variáveis Aleatórias

<i>Variável</i>	<i>Descrição</i>
<i>Tempo de Ressuprimento</i>	<i>Tempo entre a emissão do pedido ao fornecedor e a disponibilização do item para uso. Antes da implantação da política tinham seus tempos arbitrados.</i>
<i>Demanda pelo item</i>	<i>Tempo entre demandas por item. Para o Arena® é necessário calcular a demanda em tempo por item e não itens por unidade de tempo como convencionalmente é expresso o valor da demanda.</i>

Para determinação da distribuição de probabilidade do *Tempo de Ressuprimento*, foi necessário obter o histórico das ordens de compra. A diferença entre a data de emissão da ordem de compra e a disponibilização do item para uso no almoxarifado foi calculado por ordem de compra, por item, obtendo-se, assim, uma amostra com os valores dos *Tempos de Ressuprimento* no período de 01/01/2004 até 01/01/2006. Os valores obtidos com esse cálculo foram inseridos na ferramenta *Input Analyzer*®. A seguir, podemos observar uma das 30 distribuições geradas.

Figura 13 – Distribuição de Probabilidade Normal gerada pelo *Input Analyzer*®

Para os Tempos de Ressuprimento apenas foram encontrados valores de distribuição Normal. Segundo Barros (2001), a distribuição normal é contínua e tem a seguinte fórmula:

$$f(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \right) \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Onde:

μ = média.

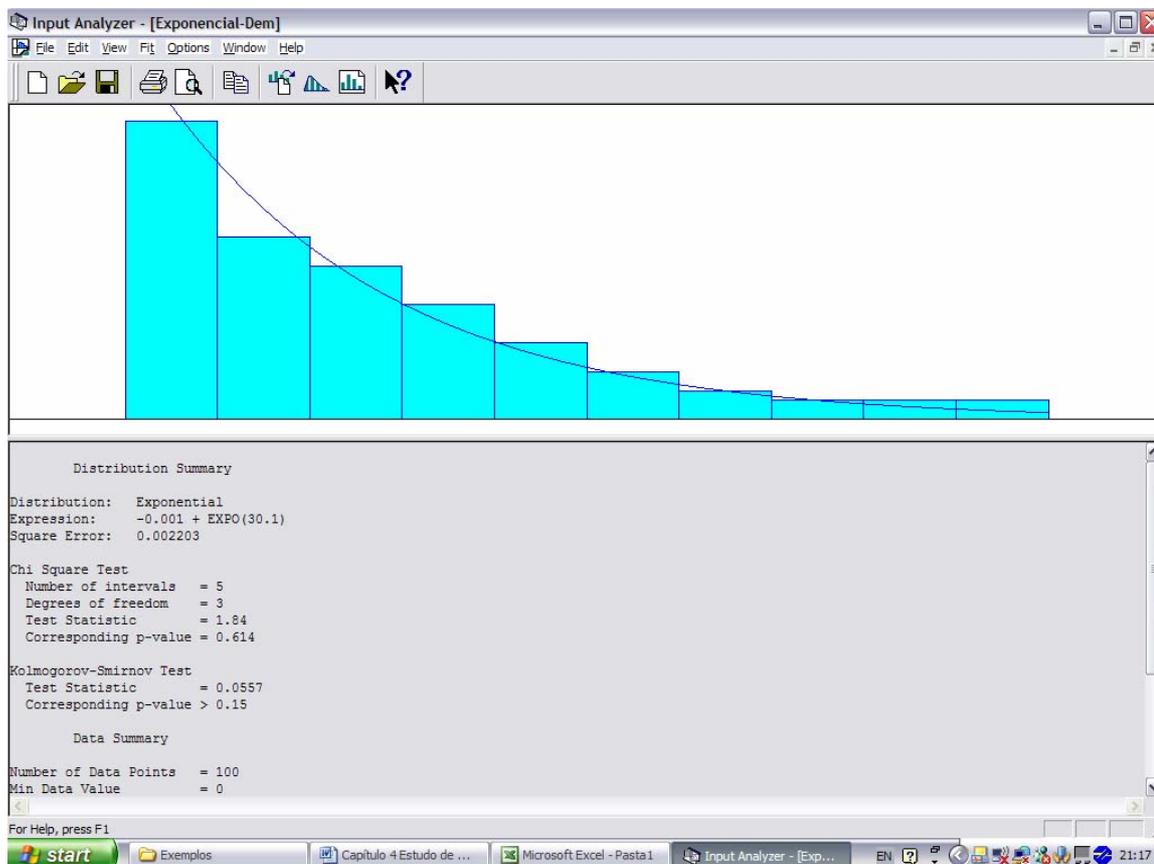
σ = variância e $\sigma > 0$.

Para Barros(2001), as principais propriedades da distribuição Normal são:

1. $f(x)$ integra a 1.
2. $f(x) \geq 0$ sempre.
3. Os limites de $f(x)$ quando x tende a $+\infty$ ou $-\infty$ são iguais a zero.
4. A densidade $N(\mu, \sigma)$ é simétrica em torno de μ .
5. O valor máximo de $f(x)$ ocorre em $x = \mu$.
6. Os pontos de inflexão de $f(x)$ são $x = \mu + \sigma$ e $x = \mu - \sigma$.

Para determinação dos valores referentes à demanda pelos itens, foi realizado um procedimento idêntico, porém, foram utilizados os valores de tempo entre consumos por item no período de 01/01/2004 até 01/01/2006. Estes valores também foram lançados na ferramenta *Input Analyzer*®. A seguir, um exemplo de uma das distribuições encontradas. Neste caso, também foram obtidas além de distribuições normais, distribuições exponenciais.

Figura 14 – Distribuição de Probabilidade Exponencial gerada pelo *Input Analyzer*®



Para Barros (2001), a distribuição Exponencial é muito utilizada para modelar tempos de duração de equipamentos. A distribuição exponencial é contínua e é dada pela seguinte fórmula: (Nota-se que esta distribuição depende do parâmetro λ , que é a média dos valores de tempo entre consumos)

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, \text{ para } x \geq 0$$

3. Variáveis de resposta, ou indicadores.

Esses valores são os indicadores que direcionaram as conclusões obtidas com as simulações geradas. Com o resultado desses valores que foram respondidas às questões levantadas no Capítulo 1, A Introdução. Eles foram divididos em indicadores de nível de serviço ao cliente e indicadores de estoque. Com esses dois grupos de indicadores, foi

possível verificar o *trade-off* básico da gestão de estoques, o equilíbrio entre nível de serviço e custo.

A. Indicadores de Nível de Serviço ao cliente

Para Bowersox e Closs (1997), este é um objetivo fixado pela alta gerência da empresa. É um dos objetivos de desempenho que a gestão de estoques deve atingir. O nível de serviço pode ser definido em termos de tempo de ciclos de pedido ou em percentual de quantidades atendidas. No estudo proposto foi utilizado o nível de serviço em termos de tempo. Foi calculado o percentual do tempo em que o *nível de estoque* de determinado item foi igual a zero.

B. Indicadores de Estoque

Estes indicadores são relevantes para determinação dos níveis de estoque alcançados com a nova política. A seguir, temos a listagem desses indicadores, que serão detalhados:

Tabela 5 – Indicadores de Estoque.

Indicador	Descrição
<i>Estoque médio</i>	<i>Estoque médio do item no período simulado</i>
<i>Custo de Oportunidade</i>	<i>Custo referente a manter R\$ 1 em estoque por determinado período de tempo. Calculado com base na taxa Selic de Juros de Janeiro de 2006, de 16,75%.</i>
<i>Custo de Armazenagem</i>	<i>Custo incorrido pela presença de um item em estoque por ano. Calculado com base na área destinada à armazenagem, de cada item.</i>
<i>Custo de Estocagem</i>	<i>Somatório dos custos de Armazenagem e os de Oportunidade.</i>
<i>Custo do pedido</i>	<i>Custo referente a emissão de um pedido de compra ao fornecedor. E calculado com base no custo total referente ao funcionamento da área de compras</i>
<i>Custo Total</i>	<i>Somatório dos custos do pedido e os de armazenagem</i>

Estoque médio

Este indicador é o valor médio do nível de estoque no período de cinco anos, tempo decorrido em cada simulação. Este indicador serviu de base para o cálculo de outros indicadores utilizados no estudo.

Custo de Oportunidade ou Custo de Capital de Giro

Para Slack (2002), este custo incide sobre o valor desembolsado para se adquirir estoques. Este custo é originado pelos juros sobre o valor emprestado pelo banco ou pelo não investimento em outras atividades. Para utilização no modelo, este custo foi calculado multiplicando-se o valor do item em estoque pela taxa Selic referente a cinco anos. Em janeiro de 2006, essa taxa tinha o valor de 16,75%. Portanto, o cálculo feito para determinação do custo de oportunidade está descrito a seguir:

$$\text{Custo de oportunidade (R\$)} = \text{Preço Médio (R\$/un.)} \times \text{Estoque Médio (un.)} \times (16,75\%)^5$$

Custo de Armazenagem

Para Slack (2002), este custo está associado à armazenagem física dos itens comprados. Toda a estrutura utilizada para armazenar os estoques. Aluguel, iluminação e climatização do armazém podem ser caros em alguns casos, assim como segurança contra roubos e furtos e seguros contra incêndio. Para cálculo deste custo, foram levantados todos os custos referentes ao funcionamento das áreas de armazenagem da empresa. Porém, existiam, na empresa, itens pequenos, médios e grandes, cada um com uma necessidade média de área para armazenagem de cada item, na unidade de Triunfo - RS da Dexxa S.A.. O custo foi rateado pelos diferentes tipos de itens proporcionalmente à necessidade de área que cada um necessita. O cálculo do custo de armazenagem foi calculado de acordo com a fórmula a seguir. Note que este é o custo para cinco anos de simulação, por item.

$$\text{Custo de Armazenagem(R\$)} = \text{Necessidade de área (m}^2\text{)} \times (\text{Custo/m}^2\text{/ano)} \times \text{Estoque médio (un.)} \times 5 \text{ (anos)}$$

Custo de Estocagem

Este custo nada mais é do que a soma do *Custo de Armazenagem* e o *Custo de Oportunidade*.

Custo do pedido

Para Slack (2002), toda vez que um pedido de compra é colocado, existem custos associados a esse tipo de transação. Estes custos estão diretamente ligados aos custos incorridos pelo setor de compras, com funcionários, troca de informações, o arranjo para que se faça a entrega, o recebimento, enfim, com toda estrutura mantida para esta transação. Para utilização no modelo proposto, foram levantados os custos envolvidos com as atividades descritas por Slack (2002). O cálculo a seguir demonstra como foi feito:

$$\text{Custo do pedido (R\$)} = (\text{Despesas de compras (R\$) / ano}) / (\text{Número de ordens de compra geradas/ano})$$

Foi estimado um valor de R\$ 87,50 por ordem de compra emitida aos fornecedores

Custo Total

Nada mais é que o somatório do custo total de todos os pedidos gerados, mais o custo de armazenagem do item em cinco anos de simulação. A seguir, este custo é detalhado:

$$\text{Custo Total} = (\text{Custo do pedido (R\$)} \times \text{Número de pedidos}) + \text{Custo de oportunidade (R\$)} + \text{Custo de Armazenagem}$$

4.3.3 Análise dos Resultados

Com base nos indicadores descritos na Seção anterior, foram analisados os resultados obtidos nas simulações realizadas. Na simulação inicial, foram inseridos os parâmetros de ressurgimento antes da implantação da nova política. A seguir, podem ser observados os resultados obtidos nas simulações realizadas com os trinta itens:

Quadro 7 – Resultados obtidos antes da nova política

Itens	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo Armazenagem	Total
1	96,13%	874	27277	7518	35669
2	99,85%	1485	1694	7345	10524
3	80,09%	437	47614	4953	53004
4	99,87%	2447	146	3014	5607
5	99,87%	2534	518	1373	4425
6	99,55%	1048	115	3884	5047
7	99,30%	2010	8153	828	10991
8	99,05%	4807	17208	6382	28397
9	95,37%	3670	450	1267	5387
10	99,83%	1048	452	1273	2773
11	99,92%	1398	427	1204	3029
12	99,49%	611	784	2209	3604
13	99,33%	1136	643	1811	3590
14	99,37%	524	1201	7171	8896
15	96,25%	9439	38	1836	11313
16	98,40%	524	2481	13055	16060
17	99,68%	524	153	6680	7357
18	99,85%	1223	418	6025	7666
19	99,19%	961	4401	2812	8174
20	99,09%	1136	166	1206	2508
21	99,45%	174	415	818	1407
22	96,12%	1748	2514	2327	6589
23	99,01%	786	858	11383	13027
24	99,30%	1048	354	4123	5525
25	98,14%	524	502	10680	11706
26	98,27%	524	1033	7839	9396
27	99,18%	1136	1058	5470	7664
28	99,37%	699	2366	8189	11254
29	99,10%	874	2285	2164	5323
30	99,39%	2185	5901	6539	14625
Total	98,23%	R\$47.534,00	R\$131.624,48	R\$141.378,80	R\$320.537,28

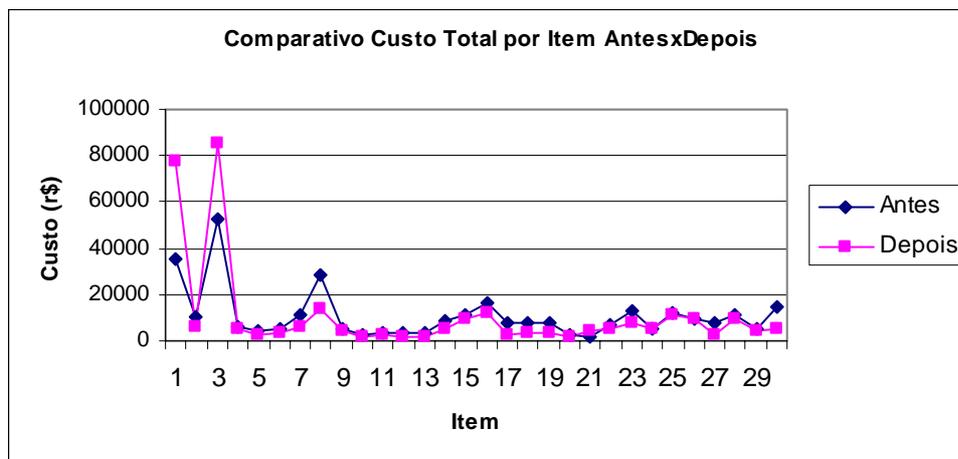
Note que todos os itens, exceto um deles, obtiveram valores aceitáveis de Nível de Serviço acima de 95%. O custo total para a Amostra é de R\$ 320.537,28. A seguir, podem ser observados os indicadores gerados com os parâmetros de ressuprimento gerados após da nova política de gestão de estoques.

Quadro 8 – Resultados obtidos após da nova política

Itens					
	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo Armazenagem	Total
1	99,40%	874	60346	16396	77616
2	99,16%	1660	742	3219	5621
3	99,30%	611	76386	7946	84943
4	99,84%	2534	137	2819	5490
5	97,02%	2359	151	401	2911
6	98,07%	961	70	2372	3403
7	99,03%	1573	3665	372	5610
8	99,36%	4632	6426	2383	13441
9	85,33%	3321	331	933	4585
10	99,05%	786	207	543	1536
11	99,33%	1223	407	875	2505
12	98,36%	437	88	1540	2065
13	99,10%	874	195	734	1802,7
14	99,05%	349	743	4436	5528
15	99,29%	9177	14	705	9896
16	96,39%	437	1863	9804	12104
17	99,45%	524	47	2077	2648
18	97,32%	1223	168	2432	3823
19	99,29%	699	1758	1131	3588
20	99,17%	874	106	767	1747
21	99,85%	349	1272	2506	4127
22	99,96%	1922	1825	1689	5436
23	99,34%	611	474	6291	7376
24	99,14%	1048	297	3465	4810
25	99,15%	524	468	9953	10945
26	98,00%	524	1027	7789	9340
27	95,20%	1048	309	1598	2955
28	99,28%	699	1938	6710	9347
29	99,43%	786	1764	1671	4221
30	98,15%	2010	1503	1665	5178
Total	98,30%	R\$44.649,00	R\$164.726,85	R\$105.221,15	R\$314.597,00

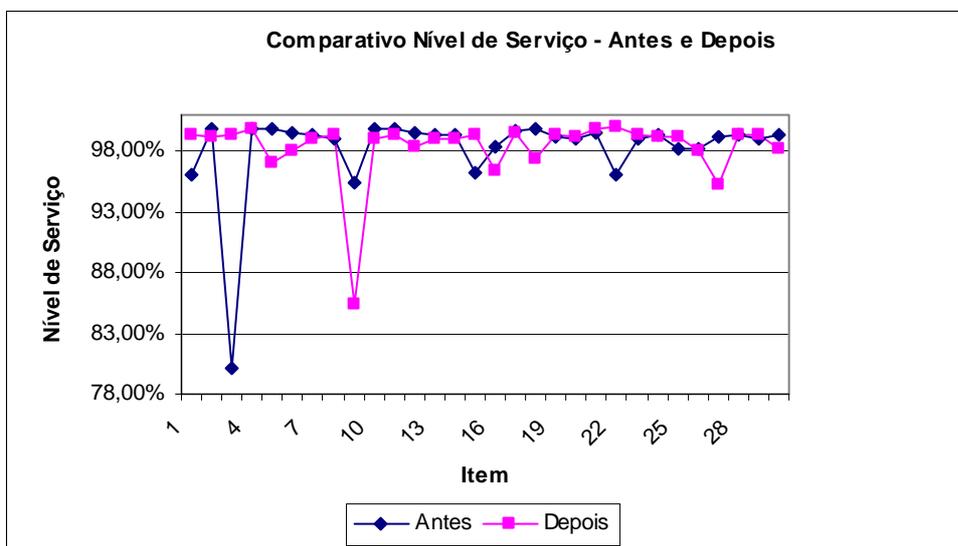
Note que todos os itens, exceto um deles, obtiveram valores aceitáveis de Nível de Serviço acima de 95%. O custo total para a Amostra é de R\$ 314.597,00, uma redução para o custo total da amostra de 1,75%, ou de R\$ 5.940,28. Porém, o valor do nível de serviço médio para a amostra aumentou de 98,23% para 98,30%. No gráfico a seguir pode ser verificado um comparativo dos custos totais por item.

Gráfico 3 – Comparativo de Custos totais por item antes e depois da nova política



Pode ser observado que, dos 30 itens simulados apenas três não obtiveram redução de custos totais de estoque. Estes, por sua vez, com certa representatividade em relação ao valor total da amostra. A seguir, pode ser observado um gráfico comparativo em relação ao nível de serviço por item, antes e depois da implantação da nova política.

Gráfico 4 – Comparativo dos Níveis de Serviço por item antes e depois da nova política



Pode ser verificado, que na amostra de 30 itens, houve indicação de aumento do Nível de Serviço atingido com os novos parâmetros, sendo que um deles obteve um valor abaixo do nível aceitável de 95% com um valor de 85%. Ou seja, em cinco anos simulados, pelo menos

em cinquenta e quatro dias o cliente ficou desabastecido. É importante ressaltar o aumento do nível de serviço médio da amostra de 98,23% para 98,30%.

Com os resultados obtidos até esta fase do estudo, a primeira questão levantada no Capítulo 1, A Introdução, quanto à possibilidade de melhor equilíbrio entre Nível de Serviço e Custos Totais, foi satisfeita. Com a melhoria do nível de serviço médio da amostra e redução de 1,75 % no custo total dos itens, conclui-se que houve melhoria nesses dois indicadores. Portanto, o equilíbrio entre custo e nível de serviço foi melhorado. Após essa primeira fase do estudo, tiramos as seguintes conclusões:

A. Houve melhoria no equilíbrio entre Nível de Serviço e Custo Total dos itens.

B. As outras questões levantadas no Capítulo 1, A Introdução, não foram satisfeitas.

Os valores dos parâmetros utilizados na nova política poderiam sofrer ajustes que trariam reduções de custos? É possível ajustar esses parâmetros mantendo um mesmo nível de serviço?

A partir deste momento, o esforço do estudo de caso em questão será voltado para a satisfação da questão levantada. Para simplificação do estudo foram selecionados sete itens, da amostra de 30 itens, com potencial de redução. Para isso, duas variáveis foram escolhidas para serem analisadas, o *Ponto de Ressuprimento* e o *Lote de Compra*.

Para Ching (2001), o *Ponto de Ressuprimento* é que determina quando pedir. No momento em que o nível de estoque atinge o *Ponto de Ressuprimento*, imediatamente uma ordem de compra é disparada, iniciando assim o processo de reposição do estoque do item. A fórmula teórica do *Ponto de Ressuprimento* é a seguinte:

$$PR = ES + TR \times D$$

Onde:

PR=Ponto de Ressuprimento em unidades

ES=Estoque de segurança em unidades

TR=Tempo de Ressuprimento

D= Demanda pelo item por unidade de tempo

Ao serem definidos os parâmetros de ressuprimento na elaboração da nova política, um dos parâmetros, o *Estoque de Segurança*, teve seu valor arbitrado. Foi definido que itens

com criticidade “A” de gestão teriam 15 dias de *Estoque de Segurança* e os itens com criticidade “B” de gestão teriam 5 dias de *Estoque de Segurança*. Assim sendo, o *Estoque de Segurança*, por contribuir para o aumento ou decréscimo do *Ponto de Ressuprimento* (vide fórmula anterior), foram escolhidos para serem analisados quanto à sensibilidade dos custos totais do sistema em relação ao *Estoque de Segurança*, e, por conseqüência, o *Ponto de Ressuprimento*.

O *Lote de Compra*, por sua vez, é a variável de decisão presente no modelo LEC (Lote Econômico de Compra), e conforme já foi visto no Capítulo 2, O Referencial Teórico. Por isso, também foi escolhido para ser analisado e para verificação da sua variação para redução do *Custo Total*.

Portanto, com o desenvolvimento do estudo e entendimento do modelo, a questão levantada no Capítulo 1, A Introdução, “Os valores dos parâmetros utilizados na nova política poderiam sofrer ajustes que trariam reduções de custos? É possível ajustar esses parâmetros mantendo um mesmo nível de serviço?”, poderia ser substituída por “Os valores do *Ponto de Ressuprimento* e do *Lote de Compra* poderiam ser ajustados possibilitando um mesmo *Nível de Serviço* e reduzindo os *Custos Totais*?”. A partir de agora, com base nas informações presentes, os itens 1, 3, 8, 9, 15, 21 e o 25 da amostra selecionada serão estudados sofrendo variações em seus *Pontos de Ressuprimento* e *Lotes de Compra*. Os **Itens 1 e 3** representam 51% do *Custo Total* obtido na simulação para a amostra de 30 itens após a implantação da Nova Política. Isso justifica a importância do ajuste de seus parâmetros de ressuprimento para avaliação do resultado do estudo proposto.

Item 1

Este item foi o primeiro a ser analisado, seus valores de *Ponto de Ressuprimento* e *Lote de Compra*, após a Nova Política, estão listados a seguir:

Quadro 9 – Parâmetros para o item 1 após a nova política

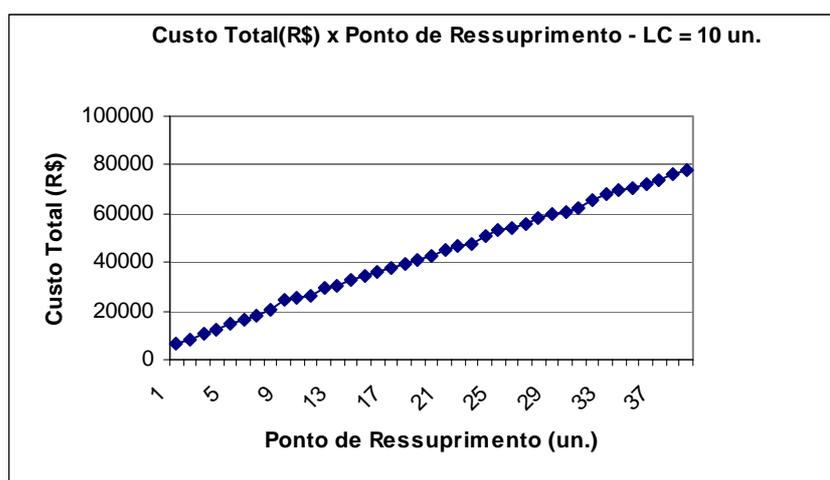
Item	PR Depois	Lote de Compra
1	39	10

Os indicadores obtidos com a nova política de gestão de estoques para este item foram os seguintes:

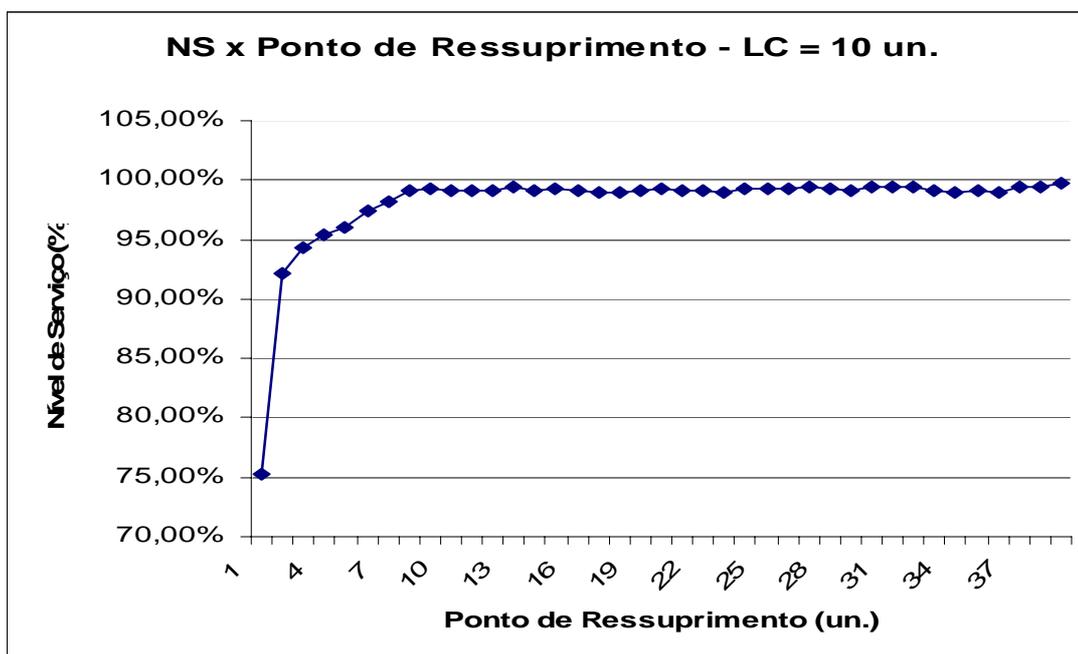
Quadro 10 – Indicadores obtidos após a nova política

Item	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo de Armazenagem	Total
1	99,77 %	874	60346	16396	77616

No primeiro momento, foi analisado o impacto do *Ponto de Ressuprimento* sobre os indicadores acima. O primeiro gráfico, com a variação do custo total em função do *Ponto de Ressuprimento*, pode ser visto a seguir:

Gráfico 5 – Variação do *Custo Total* em função do *Ponto de Ressuprimento*

Neste primeiro gráfico, pôde ser verificado que a redução do *Ponto de Ressuprimento* traz redução de custos, porém o gráfico, a seguir, mostra a variação do *Nível de Serviço* em função também do *Ponto de Ressuprimento*. Este gráfico é que restringirá a redução do parâmetro, pois o objetivo é manter o mesmo *Nível de Serviço*.

Gráfico 6 – Variação do *Nível de Serviço* em função do *Ponto de Ressuprimento*

Este gráfico deixa claro que a partir de determinado valor do *Ponto de Ressuprimento*, começa a haver declínio significativo em relação ao *Nível de Serviço*. Este valor é o limite de redução para o *Ponto de Ressuprimento*. No quadro a seguir, pode ser verificada a redução de custo obtida, mantendo-se o *Nível de Serviço* acima de 99%.

Quadro 11 – Comparação após ajuste do *Ponto de Ressuprimento* com *Lote de Compra* fixo.

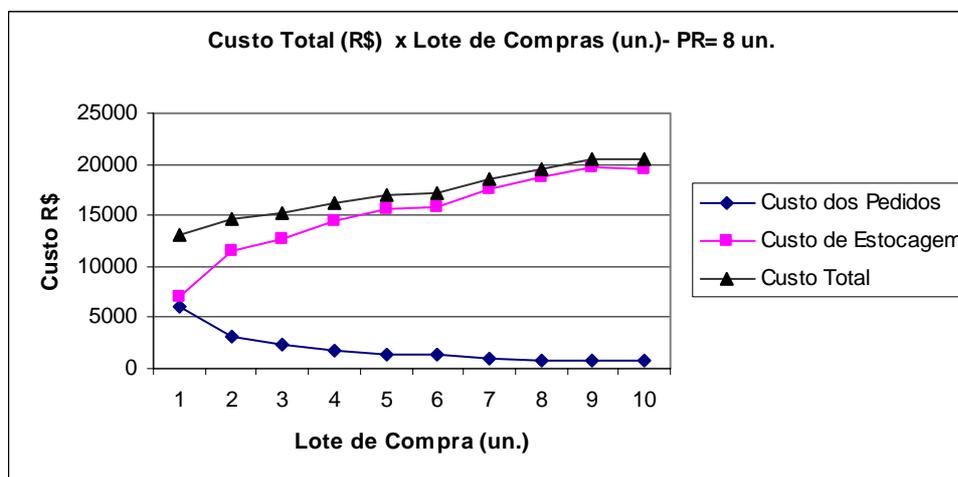
PR	LC	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo de Armazenagem	Custo de Estocagem	Total
39	10	99,77%	874	60346	16396	76742	77616
8	10	99,19%	874	15350	4196	19546	20420

O quadro anterior demonstra que a simulação indica que diminuindo o *Ponto de Ressuprimento* de 39 unidades para 8 unidades, é possível reduzir de R\$ 77.616,00 para R\$ 20.420,00 o *Custo Total* em relação ao item. Uma diminuição de 73,7%. É claro que isso é apenas uma indicação proveniente das simulações realizadas.

Agora, será analisado o impacto do *Lote de Compra* em relação ao custo total. O gráfico a seguir demonstra o comportamento do *Custo do Pedido*, do *Custo de Manutenção de*

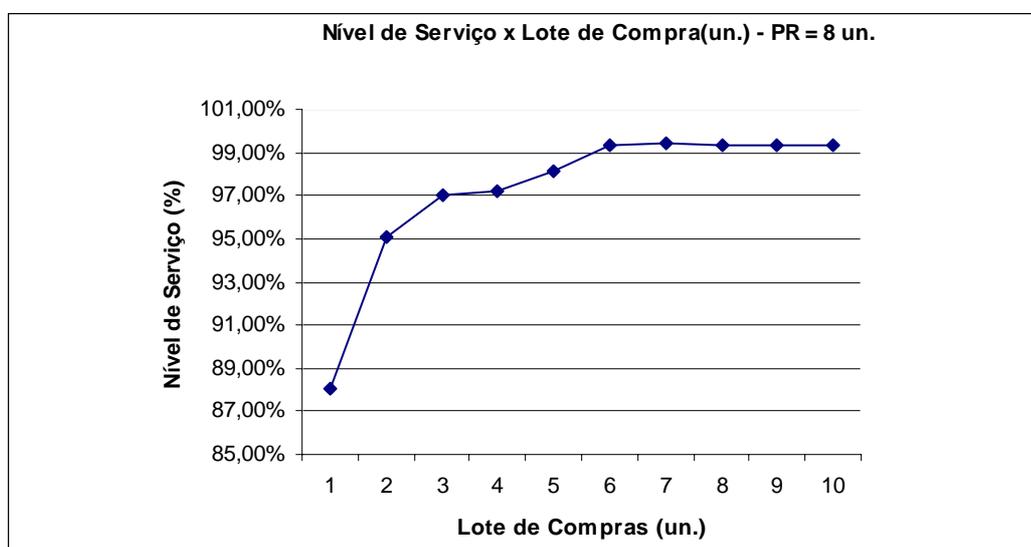
Estoque e do *Custo Total* na simulação, já utilizando o valor ajustado do *Ponto de Ressuprimento* de 8 unidades.

Gráfico 7 – Variação do *Custo Total* em função do *Lote de Compra*



Nota-se claramente que a simulação indica que a redução do valor do *Lote de Compra*, partindo-se do seu valor inicial de 10 unidades, também pode trazer reduções significativas do *Custo Total*. Porém o próximo gráfico de *Nível de Serviço* em função do *Lote de Compra*, indicará até que valor pode ser reduzido o *Lote de Compra* para manter o mesmo *Nível de Serviço*.

Gráfico 8 – Variação do *Nível de Serviço* em função do *Lote de Compra*



Como pôde ser verificado, as simulações indicam, que a partir do valor de 6 unidades, adotado para o *Lote de Compra*, o valor do Nível de Serviço sofre uma queda significativa. Portanto, na simulação, o *Custo Total* varia de R\$ 20.420,00 com um *Lote de Compra* de 10 unidades, para um valor de R\$ 17.096,00 com um *Lote de Compra* de 6 unidades. Uma redução prevista de 16%.

A simulação indica, que para o *Item 1*, os ajustes do *Ponto de Ressuprimento* e do *Lote de Compra* podem trazer reduções de custos mantendo-se o mesmo *Nível de Serviço* de 99%. O quadro a seguir demonstra a redução total obtida, variando-se, primeiramente, o *Ponto de Ressuprimento*, depois o *Lote de Compra*, para o mesmo item:

Quadro 12 – Comparação gradativa dos ajustes do *Ponto de Ressuprimento* e do *Lote de Compra*

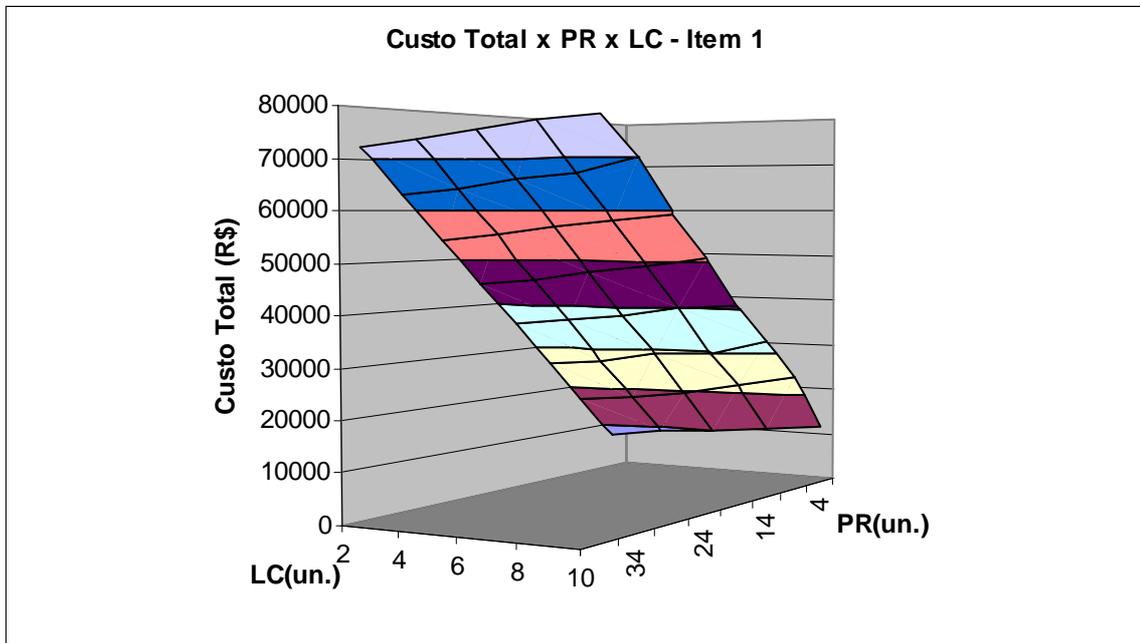
PR	LC	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo de Armazenagem	Custo de Estocagem	Total
39	10	99,77%	874	60346	16396	76742	77616
8	10	99,13%	874	15350	4196	19546	20420
8	6	99,34%	1311	12397	3388	15785	17096

Como pode ser visto no quadro anterior, a simulação indica uma redução de R\$ 77.616,00, para R\$ 17.096,00. Obteve-se então uma redução prevista total de 78%.

Verificação do “poder de otimização” do método

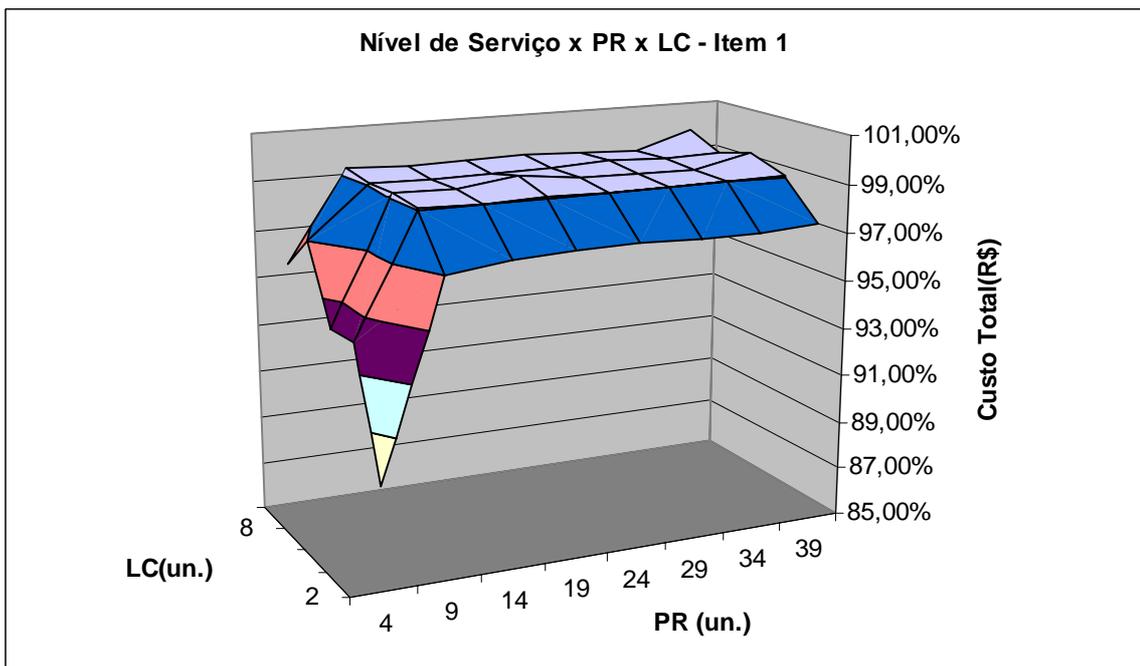
Como pode ser observado, para ajuste dos parâmetros de ressuprimento, *Lote de Compra* e *Ponto de Ressuprimento*, foi utilizado um método que, primeiro, analisa a sensibilidade dos indicadores de custos totais e de nível de serviço, em relação ao *Ponto de Ressuprimento*; em seguida, a mesma análise é feita para o *Lote de Compra*. Para verificação se este método indica um ponto ótimo, foram analisados os comportamentos do *Nível de Serviço* e *Custo Total* em função de duas variáveis em conjunto. Esta análise resultou em visualizações 3-D dos indicadores em função de duas variáveis, *Ponto de Ressuprimento* e *Lote de Compra*. O gráfico de *Custo Total* para o *Item 1* pode ser verificado a seguir:

Gráfico 9 – Variação do *Custo Total* em função do *Ponto de Ressuprimento* e *Lote de Compra*



Nota-se, no gráfico anterior que com a redução, tanto do valor do *Ponto de Ressuprimento*, quanto do *Lote de Compra*, indica-se uma redução do *Custo Total* do sistema. No gráfico a seguir, pode ser visualizado o *Nível de Serviço* em função das mesmas variáveis.

Gráfico 10 – Variação do *Nível de Serviço* em função do *Ponto de Ressuprimento* e *Lote de Compra*



O gráfico anterior indicou que o *Nível de Serviço* sofreu redução proporcional ao *Ponto de Ressuprimento* e *Lote de Compra*. Porém, verificou-se que a redução, em relação ao primeiro, parece ser mais significativa. Este gráfico indica uma região viável onde os valores do *Nível de Serviço* são maiores do que 99,00%, que está representada pela região plana no topo do gráfico.

Analisando o gráfico em relação à validade do método utilizado, existe a indicação de que os valores de 8 unidades para o *Ponto de Ressuprimento* e de 6 unidades para o *Lote de Compra* fazem parte da região viável e representam os menores valores possíveis em relação ao *Custo Total* presentes nessa região. Esta constatação indica que, para o *item 1*, o método utilizado é válido. Quanto ao poder de otimização do método, é mais difícil de ser definido por se tratar de um estudo de simulação, pois para Harrel et al. (2002), encontrar valores ótimos utilizando-se da técnica de simulação não é uma tarefa impossível, mas “*pode ser como encontrar uma agulha num palheiro*”. O mesmo autor ainda ressalta que esta tarefa pode ser facilitada pelo uso de Algoritmos Evolutivos, do inglês *Evolutionary Algorithms (EA)*, porém este não é o propósito do estudo em questão. No modelo utilizado, esta tarefa foi facilitada pela presença de apenas duas variáveis na análise.

As questões levantadas no Capítulo 1, A Introdução, definem que o objetivo do estudo não é o de encontrar valores ótimos para os indicadores estudados, mas sim, de verificar se esses indicadores poderiam ser “melhorados”, ajustando-se os parâmetros presentes no modelo utilizado. Quando se utiliza a palavra “melhorados”, significa melhor equilíbrio para o *trade-off* básico da gestão de estoques entre *Nível de Serviço* e *Custo Total* do sistema. Os gráficos 3-D para os demais itens ajustados podem ser verificados no Anexo do estudo em questão, em conjunto com os outros gráficos gerados.

Generalização do Método

Para os outros itens foi utilizado o mesmo método utilizado para o *Item 1*. O método consiste em:

Passo 1: Variar o *Ponto de Ressuprimento*

Passo 2: Verificar variação do *Custo Total*.

Passo 3: Verificar variação do *Nível de Serviço*.

Passo 4: Fixar valor do *Ponto de Ressuprimento* onde o Custo Total é mínimo, restrito ao valor em que o *Nível de Serviço* começa a ter redução linear e é maior que a 95%.

Passo 5: Variar *Lote de Compra*

Passo 6: Verificar variação do *Custo Total*.

Passo 7: Verificar redução do *Nível de Serviço*

Passo 8: Fixar valor do *Lote de Compra* onde o Custo Total é mínimo, restrito ao valor em que o *Nível de Serviço* começa a ter redução linear e é maior que a 95%.

Este método é útil tanto para reduzir os níveis de estoque, mantendo-se o mesmo *Nível de Serviço*, quanto para aumentar o nível de estoque caso o *Nível de Serviço* tenha sido reduzido ou esteja abaixo de 95%. Isto serve também para o *Lote Compra*. Ao variar o *Lote de Compra*, pode ser traçado o mesmo gráfico do modelo do *LEC (Lote Econômico de Compra)*, que para Slack (2002), busca o valor ótimo Q_0 , o equilíbrio entre o *Custo dos Pedidos* e o *Custo de Manutenção de Estoques*, minimizando o *Custo Total*, porém, no estudo em questão, o valor do *Nível de Serviço* também está sendo considerado.

Os gráficos gerados por este método para os demais itens podem ser visualizados no Anexo do estudo em questão, porém os resultados obtidos serão descritos a seguir. No quadro a seguir, podem ser verificados os valores iniciais dos itens que sofreram ajustes em seus parâmetros.

Quadro 13 – Resultados obtidos após a Nova Política e antes do método de ajuste.

Item	PR	LC	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo Armazenagem	Custo de Estocagem	Total
1	39	10	99,77%	874	60346	16396	76742	77616
3	9	30	99,26%	611	76386	7946	84332	84943
8	25	20	99,45%	4632	6426	2383	8809	13441
9	7	20	85,39%	3321	331	933	1264	4585
15	2	1	99,14%	9177	14	705	719	9896
21	17	13	99,96%	349	1272	2506	3778	4127
25	7	38	99,15%	524	468	9953	10421	10945
Total			97,32%	R\$19.488,00	R\$145.242,97	R\$ 40.821,65	R\$186.064,62	R\$205.552,62

Pode ser verificado que um dos itens, o número 9, tem seu valor abaixo do aceitável de 95%. O método utilizado de ajuste dos parâmetros busca também corrigir o indicador de

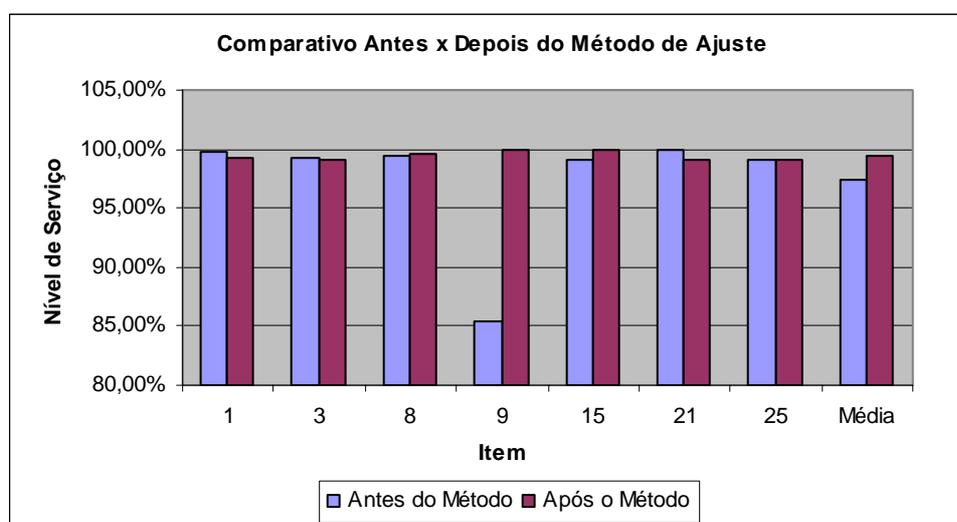
Nível de Serviço e os indicadores de custos, buscando, dessa forma, o equilíbrio entre custos e nível de serviço. No quadro abaixo, podem ser verificados os resultados obtidos após utilização do método de ajuste:

Quadro 14 – Resultados obtidos após a Nova Política e após o método de ajuste.

Item	PR	LC	NS	Custo dos Pedidos	Custo Oportunidade	Custo Armazenagem	Custo de Estocagem	Total
1	8	6	99,34%	1311	12397	3388	15785	17096
3	7	9	99,01%	1660	32028	3331	35359	37019
8	20	34	99,56%	2622	5205	1930	7135	9757
9	15	34	99,94%	2010	684	1866	2550	4560
15	2	7	99,89%	1223	38	1806	1844	3067
21	2	6	99,01%	349	230	453	683	1032
25	7	10	99,15%	1835	201	4281	4482	6317
Total			99,41%	R\$11.010,00	R\$50.783,00	R\$ 17.055,00	R\$67.838,00	R\$78.848,00

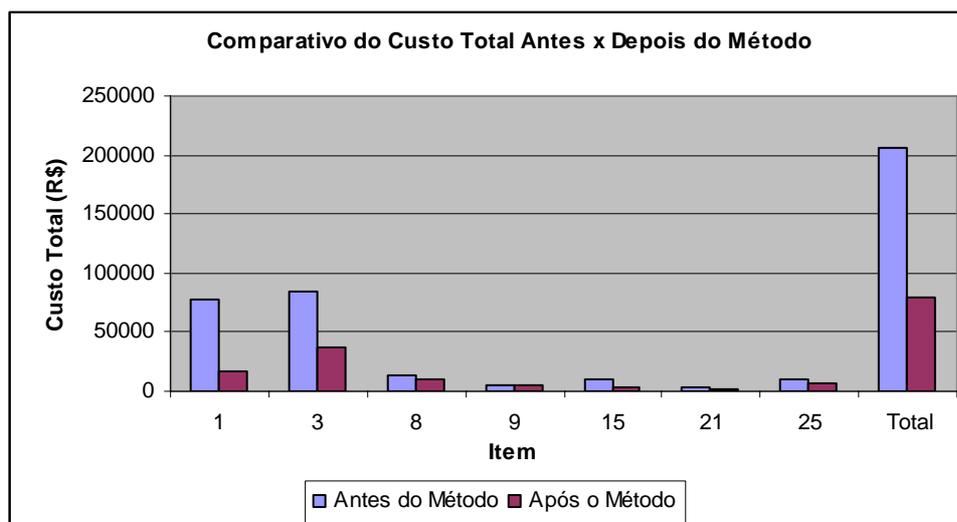
O quadro anterior demonstra uma indicação de melhoria na média do *Nível de Serviço* de 97,32% antes do método de ajuste para 99,41%, após o ajuste. Além disso, há uma indicação de redução no *Custo Total* de R\$ 205.552,62 antes do método para R\$ 78.848,00, após o método de ajuste, indicando uma redução prevista de 62% nos sete itens ajustados. O gráfico, a seguir, demonstra um comparativo item a item em relação ao *Nível de Serviço* antes e depois do ajuste.

Gráfico 11 – Comparativo do *Nível de Serviço* por item antes e depois do método de ajuste

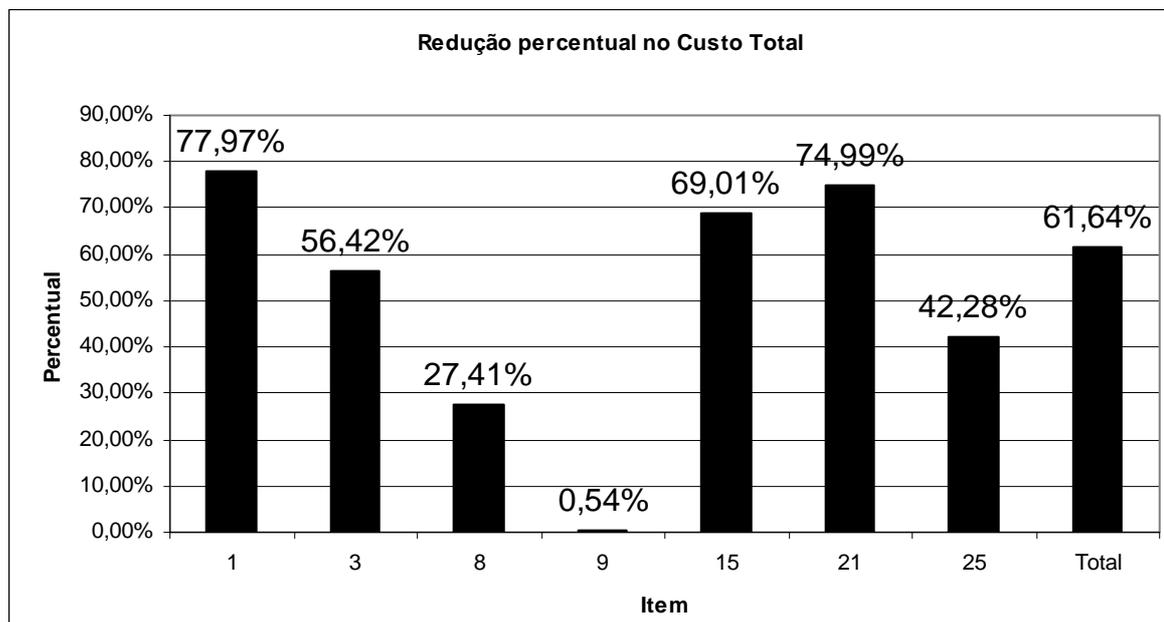


O gráfico anterior demonstra que existe uma indicação de aumento ou manutenção do Nível de Serviço em todos os itens, inclusive na média dos sete itens. Destaca-se o **Item 9**, que teve um aumento de *Nível de Serviço* do valor de 85,39% para 99,94%. No gráfico a seguir, pode ser visto o comparativo item a item em relação ao *Custo Total*.

Gráfico 12 – Comparativo do *Custo Total* por item antes e depois do método de ajuste



Este gráfico demonstra que a simulação realizada indica redução, ou manutenção do *Custo Total* em todos os sete itens ajustados pelo método. Destaque para os itens 1, 3 e 9. Os **Itens 1 e 3** devido à representatividade de 51% dos seus *Custos Totais* para amostra de 30 itens. O item 9 por ter seu *Custo Total* reduzido apesar do seu *Nível de Serviço* ter sido aumentado. Isto porque o foco da redução de custos deste item foi na variação no *Lote de Compra*, seguindo o conceito do LEC (Lote Econômico de Compra), (SLACK, 2002). Os gráficos gerados no método podem ser verificados no Anexo. O gráfico, a seguir, demonstra a redução ou manutenção, em percentuais, dos *Custos Totais* dos sete itens utilizados no método.

Gráfico 13 – Redução percentual do *Custo Total* por item após o método de ajuste

Com os resultados vistos neste Capítulo, O Estudo de Caso, podem ser verificados os seguintes resultados:

1. Há indicação que a Nova Política de Gestão de Estoques poderá reduzir os Custos Totais mantendo-se o mesmo *Nível de Serviço* Global.
2. Há indicação de que os parâmetros, *Ponto de Ressuprimento* e *Lote de Compra*, redefinidos na Nova Política de Gestão de Estoques, ao serem ajustados, seguindo o método proposto nesse mesmo capítulo, podem melhorar o equilíbrio entre *Nível de Serviço* e Custos Totais.
3. A técnica de simulação é uma poderosa ferramenta para a tomada de decisão e geração de cenários possíveis na vida real.

5 CONCLUSÃO

Este Capítulo tem como objetivo descrever as conclusões obtidas com o estudo de caso realizado, bem como sugerir propostas para trabalhos a serem realizados futuramente, os quais enriqueceriam o conhecimento acadêmico das disciplinas em questão.

5.1 CONCLUSÕES EM RELAÇÃO AO ESTUDO REALIZADO

Conforme proposto no item 1.6, Objetivo, foram estudados os benefícios gerados para a Dexxa S.A. com a adoção da nova política de gestão de estoques pela área de Suprimentos da empresa.

Por meio da aplicação do modelo de simulação foram verificados os resultados obtidos com a nova política de gestão de estoques para os itens de manutenção da empresa. O estudo foi baseado na análise dos indicadores de *Custo Total* e *Nível de Serviço* antes e depois da nova política. O estudo foi realizado em duas etapas.

5.1.1 Verificação dos Indicadores antes e depois da Nova Política

A primeira etapa do estudo mostrou indicação de um melhor equilíbrio entre os indicadores estudados. O estudo indicou que houve redução dos *Custos Totais* do sistema para a amostra de 30 itens e aumento no *Nível de Serviço Médio* para os mesmos itens estudados.

A redução de estoques é significativa para a saúde financeira da empresa. Estes custos têm impacto direto na avaliação da empresa por parte de seus acionistas, além de reduzir o montante empenhado em estoques pela empresa estudada. O aumento do *Nível de Serviço* tem impacto direto sobre o sentimento segurança da área de manutenção da empresa em relação

ao desempenho da área de Suprimentos, o que gera maior confiabilidade nos processos produtivos da empresa. Para a área de Suprimentos, existe indicação de que a gestão de estoques se tornará mais produtiva, pois ela atenderá melhor seus “clientes” com custos menores.

5.1.2 Verificação dos Indicadores antes e depois do ajuste de Parâmetros

Após primeira rodada de simulações, que buscou analisar os dois cenários, antes e depois da aplicação da nova política, foi verificado que seria possível melhorar o equilíbrio entre *Custo Total e Nível de Serviço* para 7 itens presentes na amostra de 30 itens. Esta análise indicou que é possível ajustar os parâmetros de *Ponto de Ressuprimento e Lote de Compra*, melhorando o equilíbrio dos indicadores de resposta do sistema.

Verificou-se, ainda, o poder de otimização do método de ajuste utilizado. Esta verificação indicou que o método guiou o estudo para soluções ótimas e viáveis em relação aos valores de *Custos Totais e Níveis de Serviço* obtidos com as simulações.

5.1.3 Conclusões Gerais

O estudo demonstrou a relevância da indústria petroquímica para a economia do país, além de demonstrar a quantia significativa de capital empenhado em estoques para a empresa em questão. Ressaltou-se também o que existe no meio acadêmico em relação às técnicas de simulação e de gestão de estoques presentes nos dias de hoje.

Estes levantamentos mostram a importância da eficácia necessária aos gestores de estoques para o atingimento de resultados e garantia de retorno para os acionistas da empresa. Dentro desse contexto, a técnica de simulação mostrou-se muito importante para o apoio à tomada de decisão, não só no ambiente estudado, mas em outros ramos e atividades empresariais.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a realização deste Estudo, podem-se destacar algumas questões que apresentam relevância para futuras pesquisas que não foram abordadas pelo fato de não fazer

parte do seu escopo, mas que podem contribuir para enriquecer a pouca literatura encontrada sobre o assunto. Neste sentido, dentre esses temas associados, ao estudo se destacam para futuros estudos:

- Um estudo voltado para a real criticidade dos itens para a planta industrial, considerando, com base nos dados provenientes da manutenção, a real disponibilidade necessária para os itens estudados. Esta análise levaria em consideração taxas de falhas, custo de falta do item, e etc..
- Análise dos indicadores de *Custo Total* do sistema e *Nível de Serviço* com a implantação de programas de resposta rápida (PRR's), analisando o impacto dos tempos de ressurgimento e sua incerteza nesses indicadores.
- Sofisticação do modelo de simulação, utilizando-se de técnicas que buscam soluções ótimas com base em modelos de simulação, podendo ser utilizados Algoritmos Evolutivos para facilitar essa busca.

6 REFERÊNCIAS

ALVES M. R. Logística Agroindustrial. In: BATALHA M. O. et al. *Gestão Agroindustrial*. São Paulo: Atlas, 2001.

ALVES-MAZZOTTI, A. J; GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira Thonson Learning, 2001.

ANDRADE, Eduardo L. *Introdução à Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p.156-171, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. *Anuário da Indústria Química Brasileira*, São Paulo, vários anos.

_____. *Relatório do SDI Sistema Dinâmico de Informações Estatísticas*, São Paulo, vários anos.

AROZO, Rodrigo. *Monitoramento de desempenho na gestão de estoques*. Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br>, Rio de Janeiro, 2002.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B. *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1996.

BANKS, J.; GIBSON, R. R. *Selecting Simulation Software*. IIE Solutions, 30-32 (Maio, 1997).

BARROS, M. *Probabilidade: Um curso Introdutório*. Papel Virtual Editora. Rio de Janeiro, 2001.

BORNIA, Antonio C. *Análise gerencial de custos em empresas modernas*. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logistical Management: the integrated supply chain process*. New York: McGraw Hill, 1996.

BRICK, Eduardo S. *Apostila do Curso Sistemas de Apoio Logístico*. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

CHING, Hong Y. *Gestão de Estoque na Cadeia de Logística Integrada*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CORREA, H.; GIANESI I.; CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da Produção. MRP II /ERP Conceitos, Uso e Implantação*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

DAVENPORT, Thomas H. "Putting the Enterprise into the Enterprise System". Harvard Business Review. Julho-Agosto de 1998. Pág. 121-131.

DELOITTE CONSULTING (1998). *ERP's Second Wave: Maximizing the value ERP-Enabled Process*. Relatório de pesquisa publicado pela *Deloitte Consulting*.

DEMO, P. *Metodologia do conhecimento científico*. São Paulo: Atlas, 2000.

DESLANDES, S. F. *Pesquisa social: Teoria, métodos e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2000.

ECR BRASIL. *Glossário de Termos*. Disponível em: <www.ecrbrasil.com.br>. São Paulo, 2006.

GARTNER GROUP (1998). "Pacotes de aplicativos empresariais: Em busca de limites" Apostila da 3ª Conferência anual sobre o futuro da tecnologia da informação. São Paulo, Agosto de 1998.

GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GUERRA, O. F. (1993), "Estudo da competitividade na indústria brasileira: competitividade da indústria petroquímica." Instituto de Economia UNICAMP, Instituto de Economia Industrial/UFRJ, Fundação Dom Cabral e FUNCEX (consórcio), documento elaborado para o estudo da competitividade da indústria brasileira (ECIB).

HUTCHINS, D. *Just in Time*. São Paulo: Ed. Atlas; 1993.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, A. D. *Simulation with Arena*. 2. ed. McGraw-Hill series industrial engineering and management science, 2002.

KERLINGER, F. N. *Metodologia de pesquisa em ciências sociais*. São Paulo: EPU, 1980.

KLINE, C. (1976) “*Maximizing Profits in Chemicals*”. Chemtec: 110-117, February.

KOSSIAKOFF A.; SWEET William N. *Systems Engineering: Principles and Practice*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2003.

LAMBERT, D.M.; STOCK, J. R. *Strategic Logistics Management*. Third Edition, Richard D. Irwin Inc., Boston, 1993.

LAZZARINI, S. *Estudos de caso: aplicabilidade e limitações do método para fins de pesquisa*. São Paulo: Economia & Empresa, V. 2, n. 4, 1995.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa: Planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. São Paulo, Atlas, 2002.

MARTIN, Christopher. *Integrating Logistics Strategy in the Corporate Financial Plan*, em J. F. Robenson (eds), *The Logistics Handbook*, capítulo 11.

MARTINS M. F. *Análise da função suprimentos nas empresas de manufatura: o caso das empresas da linha branca*. São Carlos SP. Universidade Federal de São Carlos. Tese de Doutorado, 1999.

MATTAR, F. N. *Pesquisa de marketing*. São Paulo: Atlas, 2001.

PARAGON TECNOLOGIA LTDA. *Família Arena*. Disponível em: <www.paragon.com.br>, São Paulo, 2006.

PARISI Jr., C. “*O problema da competitividade da indústria petroquímica brasileira: um estudo sobre o padrão de integração das firmas*”. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo. 1994.

PIMENTA, Mauricio. *Estoque: Custo de Oportunidade e Impacto sobre os Indicadores Financeiros*, disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br>. Rio de Janeiro, 2003.

PRADO, Darci. *Usando Arena em Simulação*. 2. ed. Belo Horizonte: INDG, 2002.

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

SALIBY, Eduardo. *Softwares para simulação*. Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br>, Rio de Janeiro, 1997.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do Trabalho Científico*. São Paulo: Cortez, 1996.

_____. *Metodologia do Trabalho Científico*. 22. ed. Ver. e ampl. De acordo com a ABNT – São Paulo: Cortez, 2002.

SHANNON, Robert E. *Systems Simulation: the art and science*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1975.

SLACK N.; CHAMBERS S.; JOHNSTON R. *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STRACK, Jair. *GPSS: modelagem e simulação de sistemas*. Rio de Janeiro: LTC, Cap. 2 ao 4, 1984.

WANKE, P. *Uma Revisão dos Programas de Resposta Rápida: ECR, CRP, VMI, CPFR, JIT II*, Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br>. Rio de Janeiro, 2005.

_____. *Metodologia para Gestão de estoques de peças de reposição: um estudo de caso em empresa brasileira*. Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br>. Rio de Janeiro, 2005.

YEH, R. K. *A practical implementation of gamma distribution to de reordering decision of an inventory control problem*. Production and inventory Management Journal. v.38, n. 1, pp. 51-57, 1997.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

7 ANEXO

7.1 GRÁFICOS PARA O ITEM 3

Gráfico do Custo Total em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 3

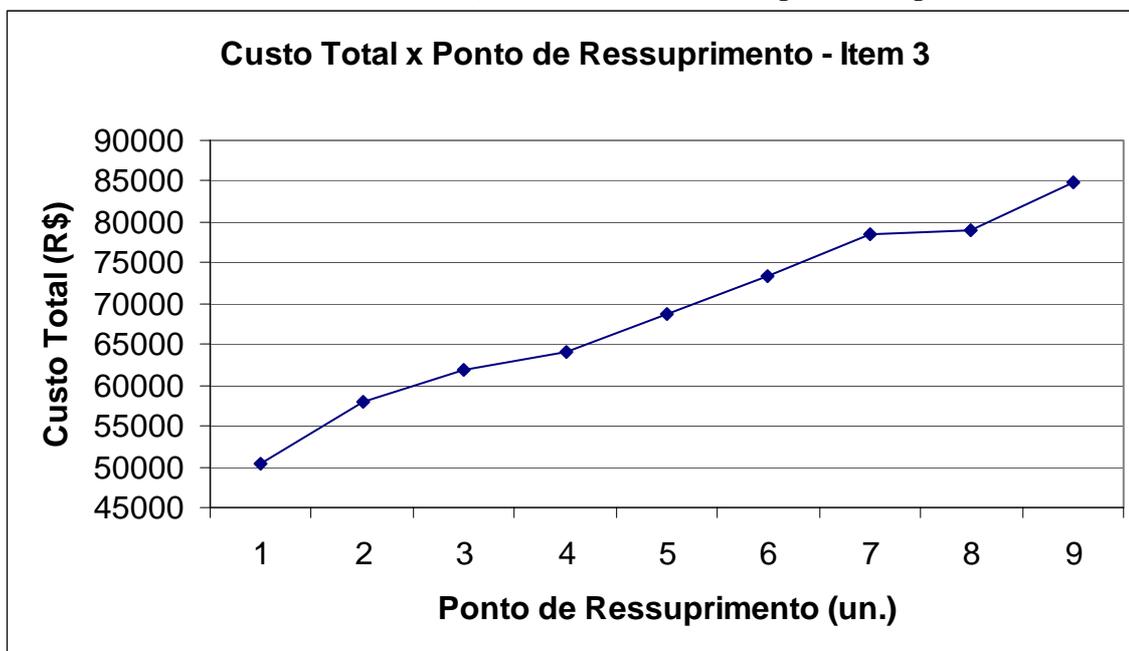


Gráfico do Nível de Serviço em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 3

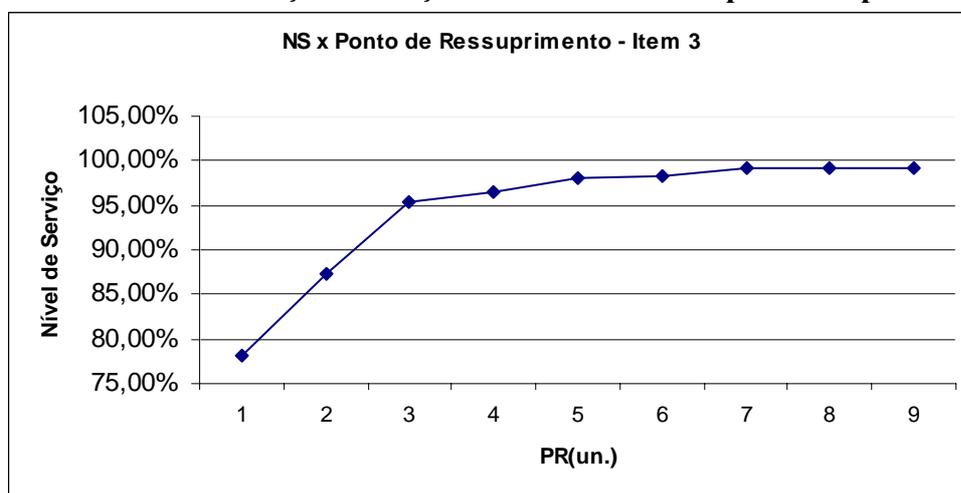


Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra para o Item 3

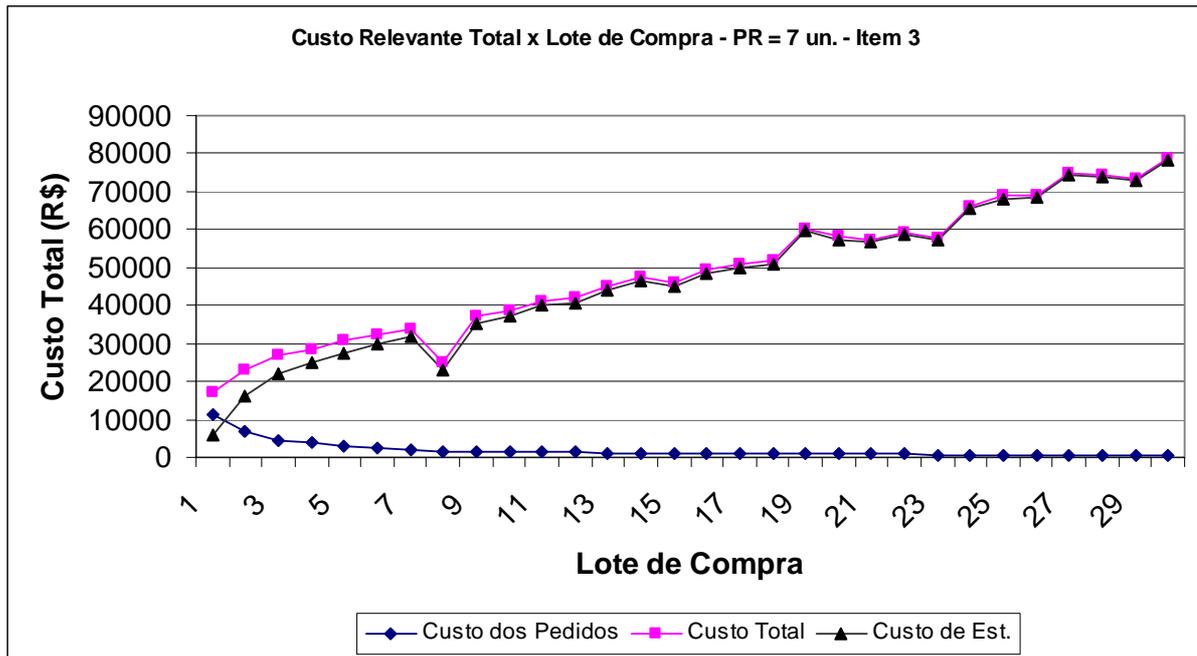


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra para o Item 3

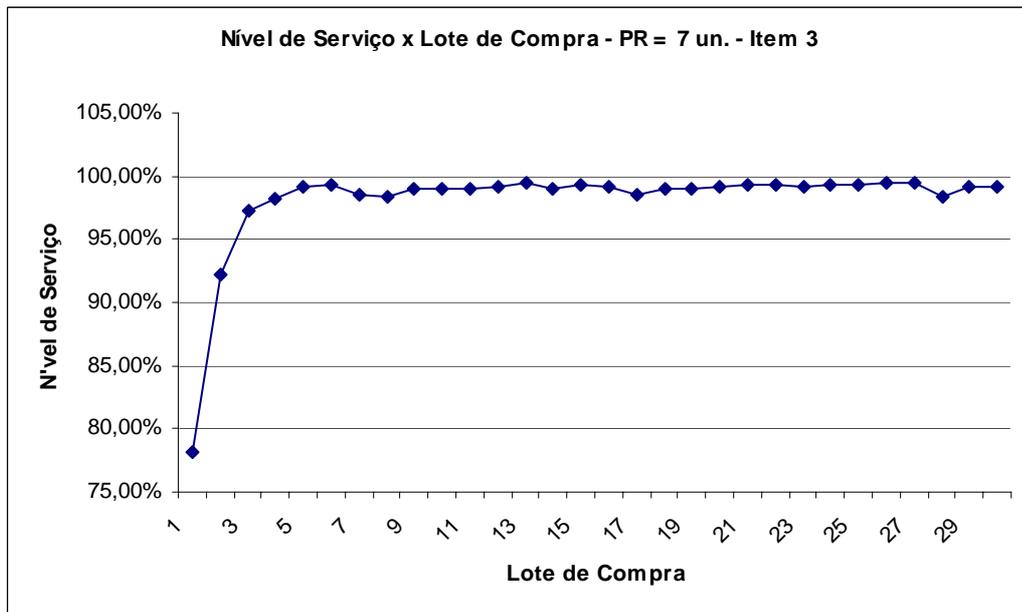


Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 3

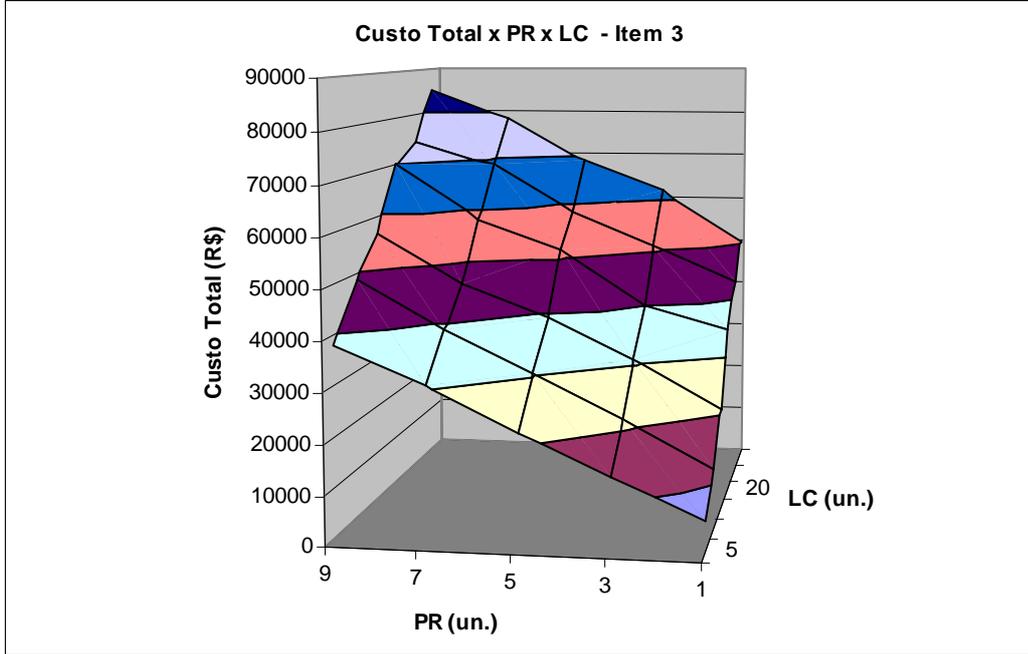
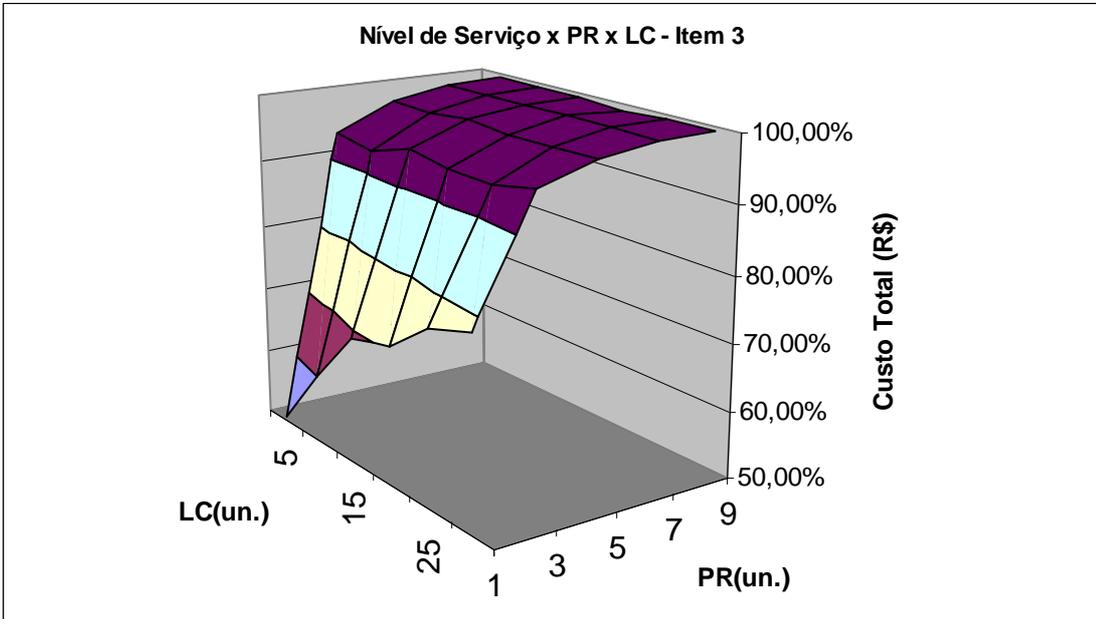


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 3



7.2 GRÁFICOS PARA O ITEM 8

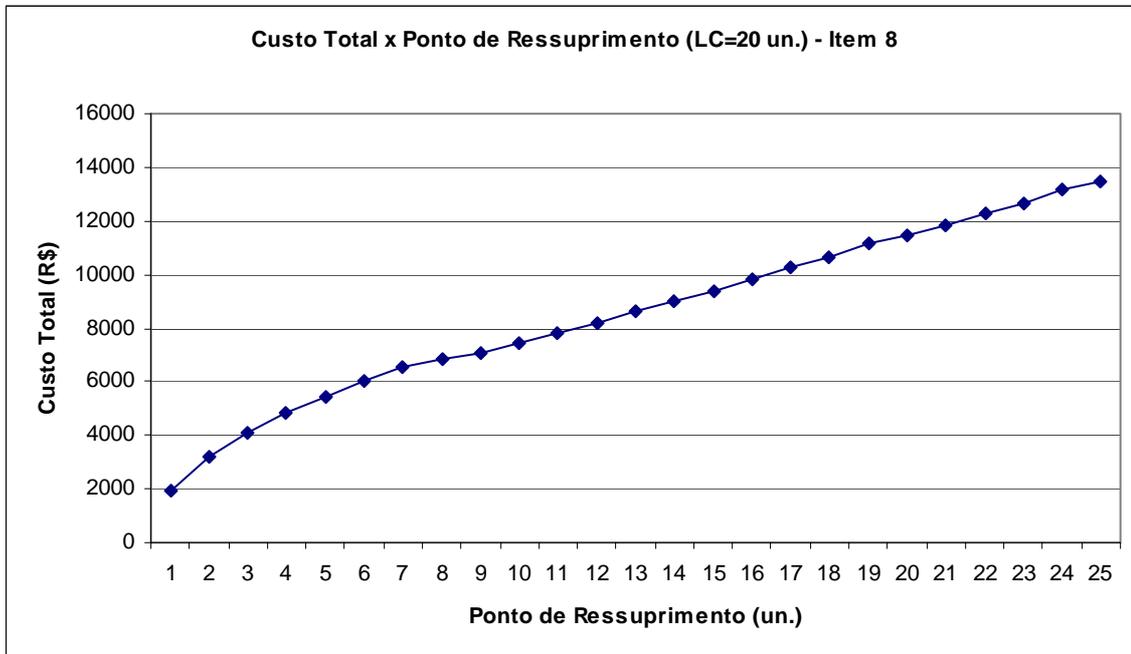
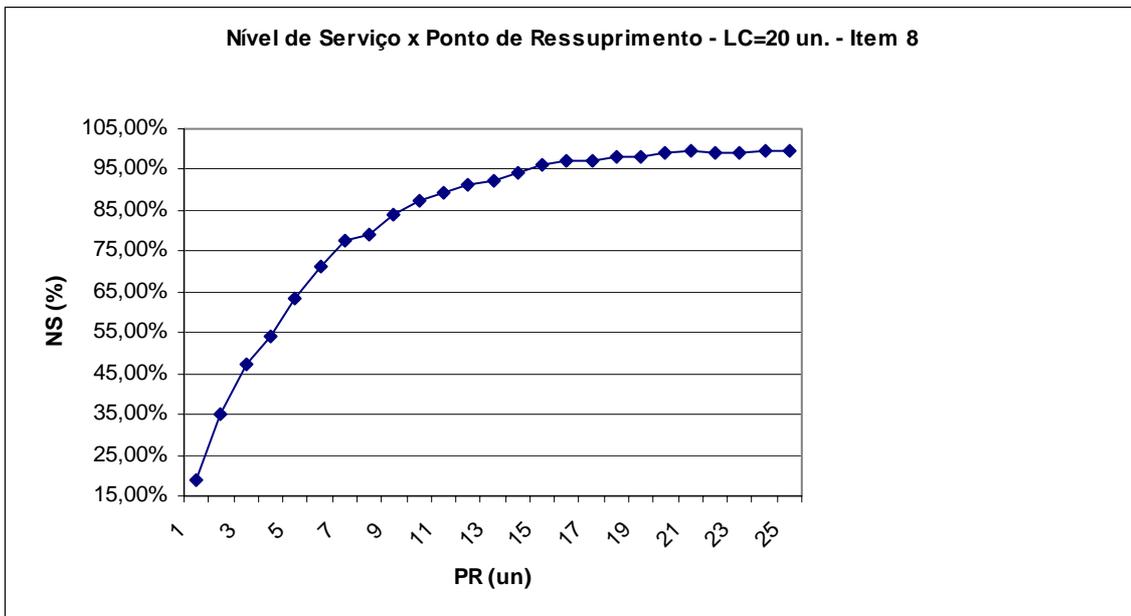
Gráfico do Custo Total em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 8**Gráfico do Nível de Serviço em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 8**

Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra para o Item 8

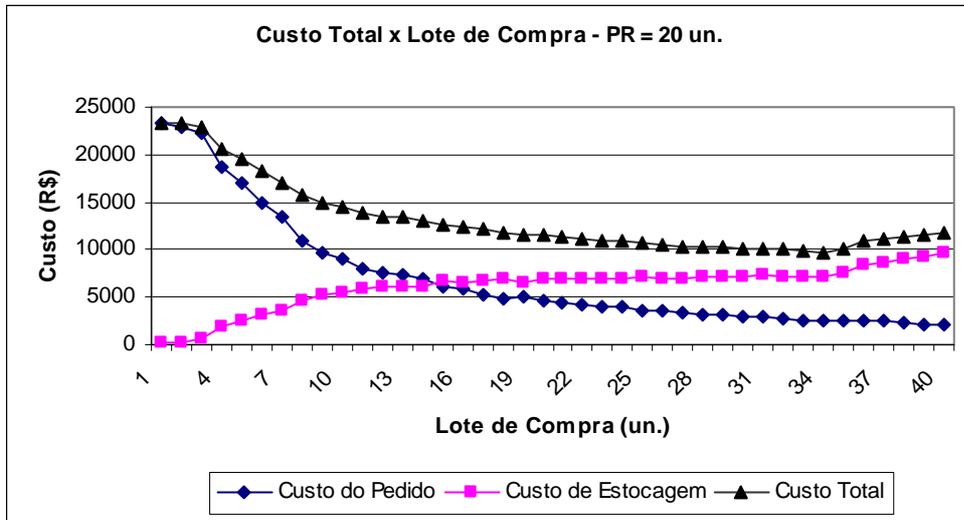


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra para o Item 8

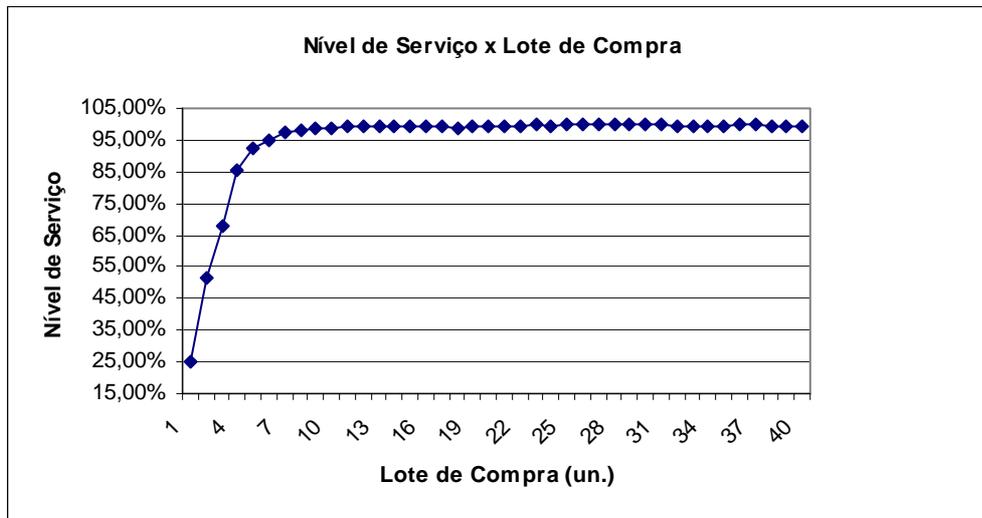


Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 8

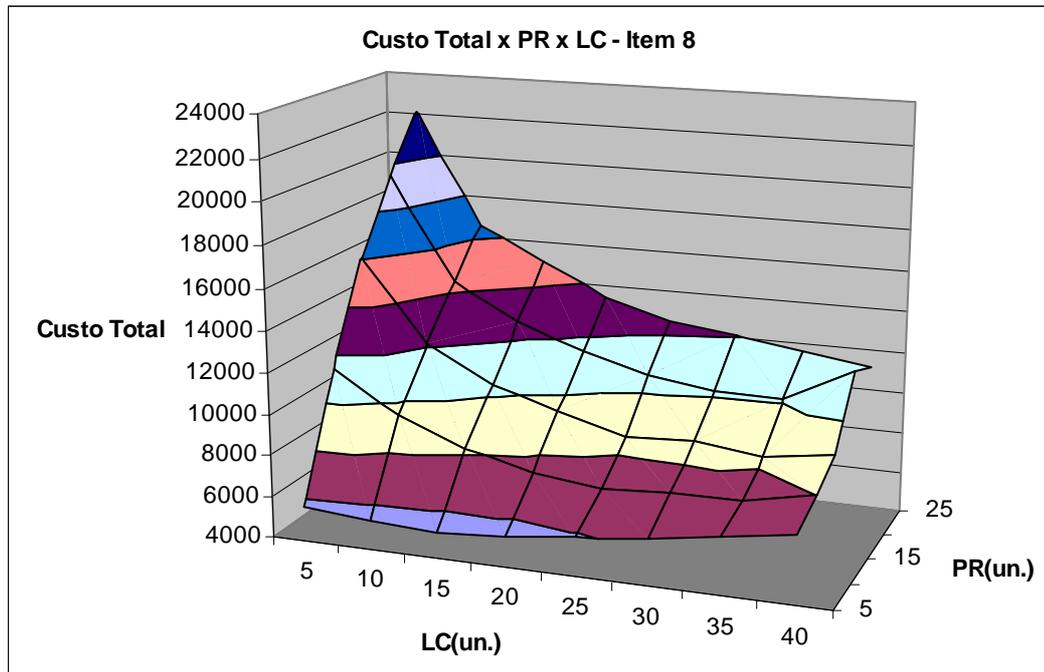
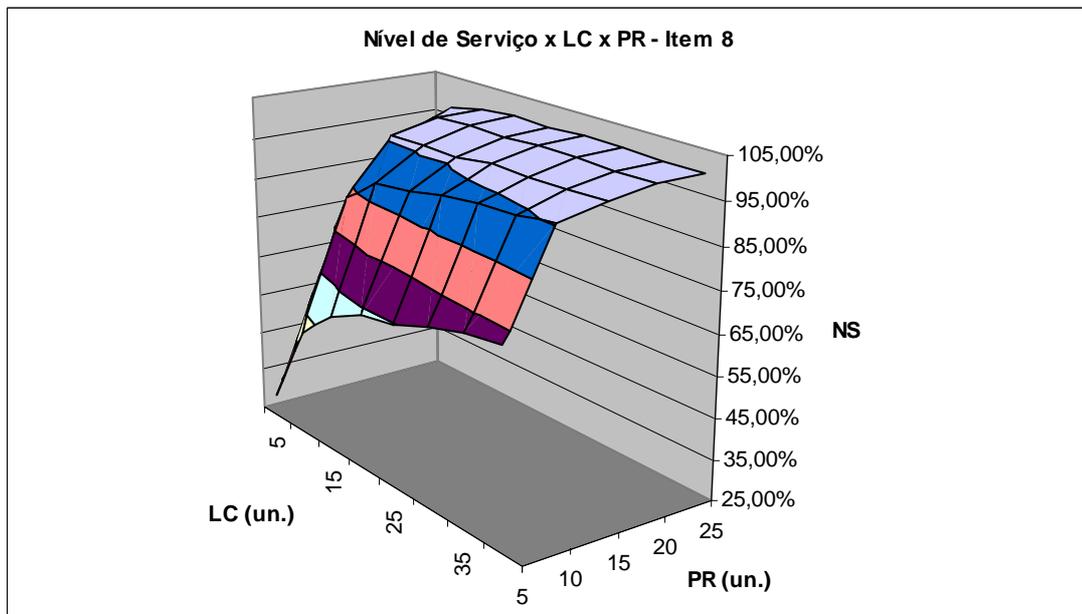


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 8



7.3 GRÁFICOS PARA O ITEM 9

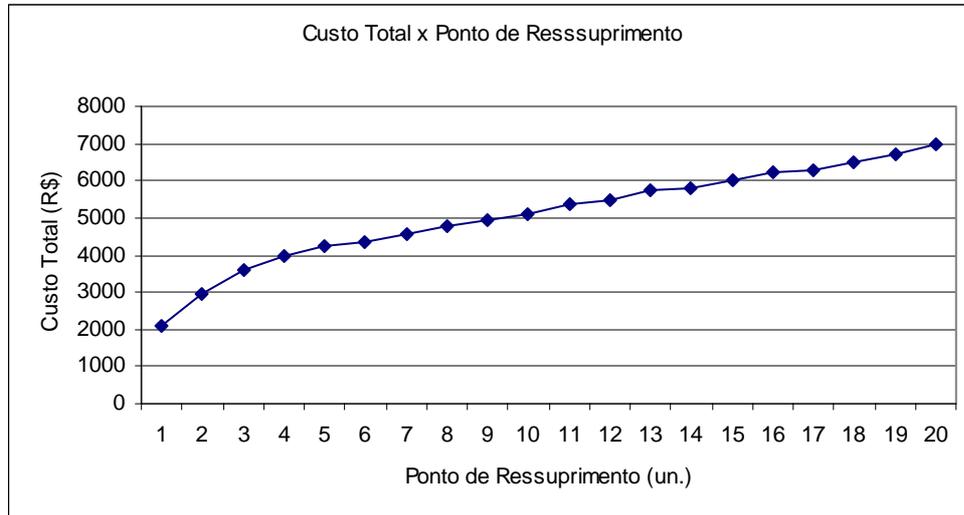
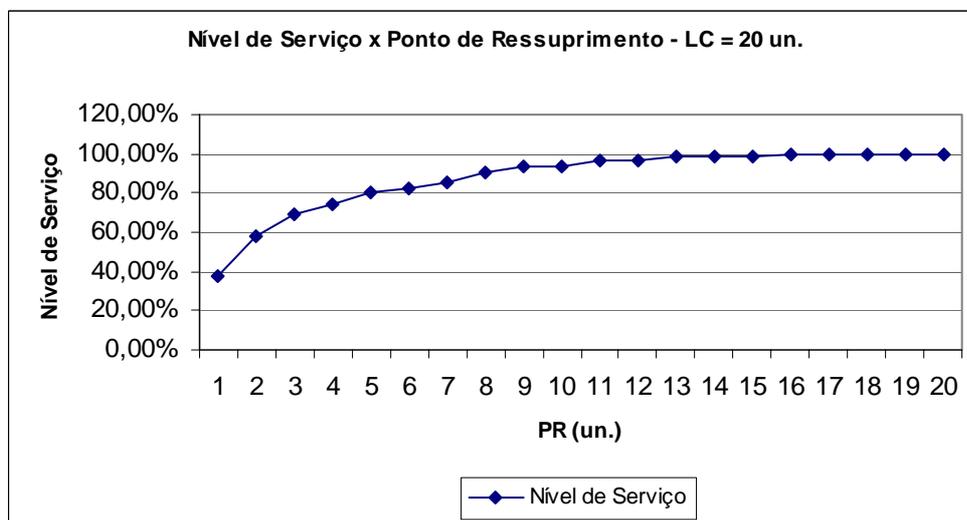
Gráfico do Custo Total em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 9**Gráfico do Nível de Serviço em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 9**

Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra para o Item 9

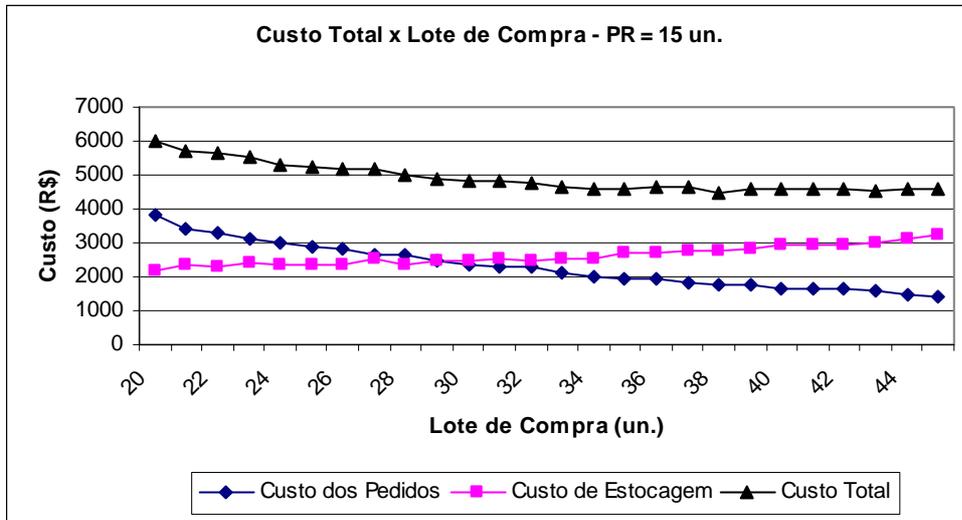


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra para o Item 9

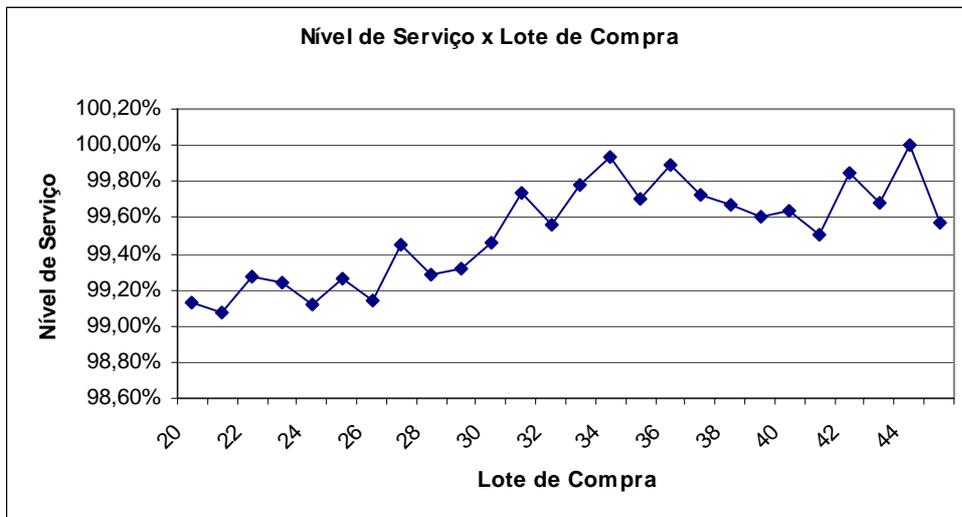


Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 9

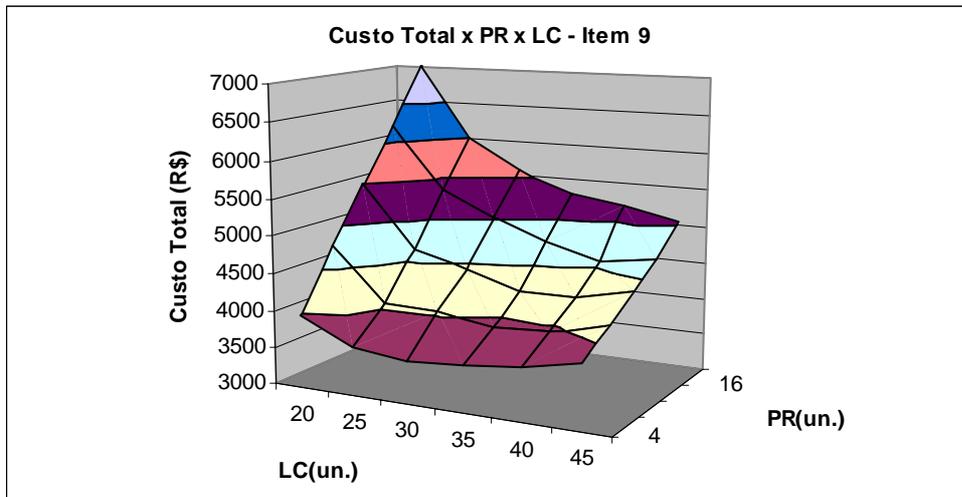
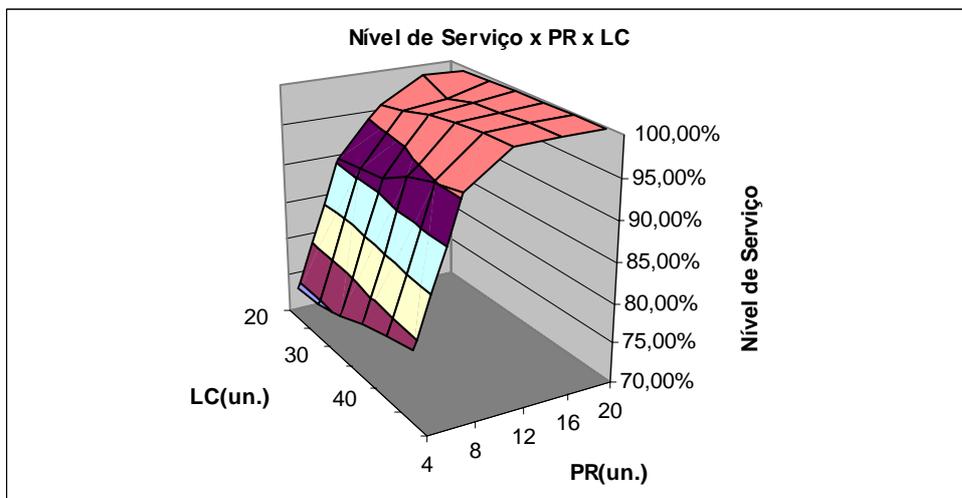
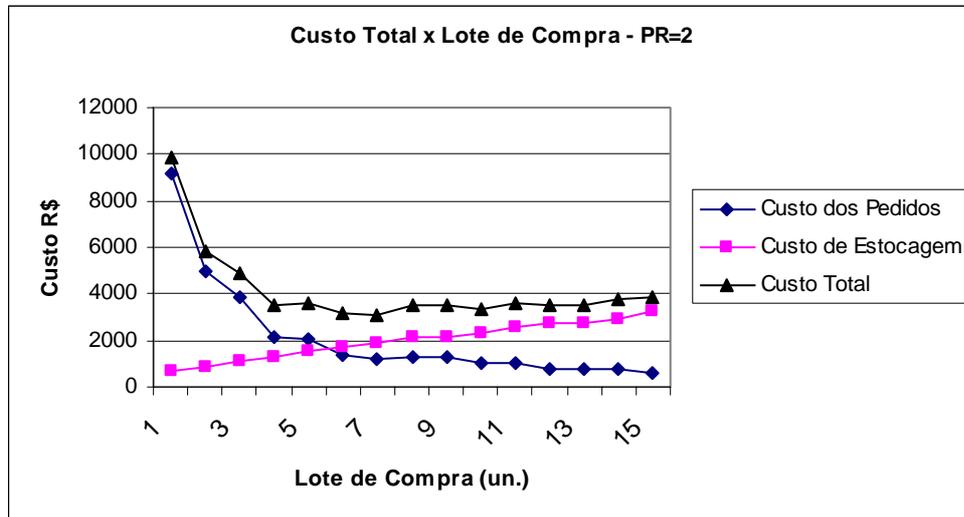
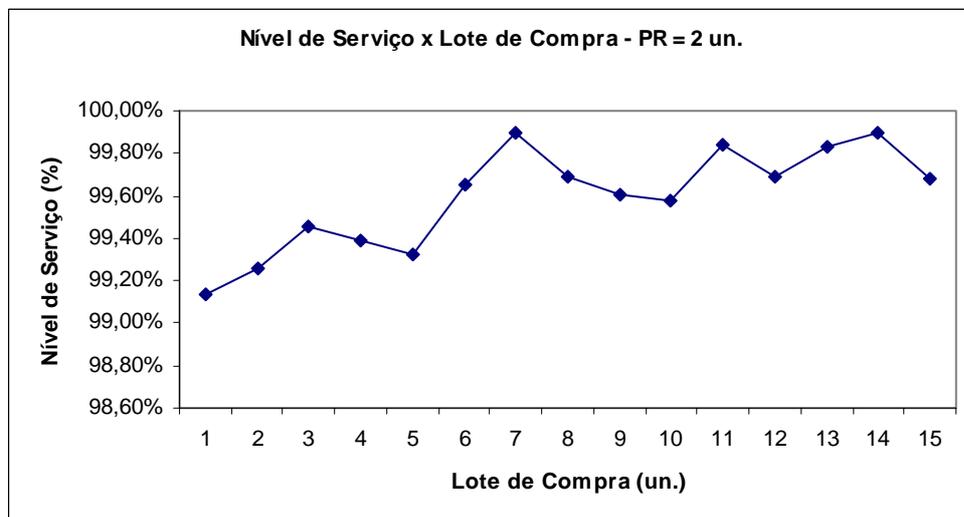


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 9



7.4 GRÁFICOS PARA O ITEM 15¹⁰**Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra para o Item 15****Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra para o Item 15**

¹⁰ Para o Item 15 não houve variação do Ponto de Ressuprimento, pois este valor após a política era de 2 unidades. Assim sendo também não foi necessária a geração dos gráficos 3D que representam a variação dos parâmetros em conjunto.

7.5 GRÁFICOS PARA O ITEM 21

Gráfico do Custo Total em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 21

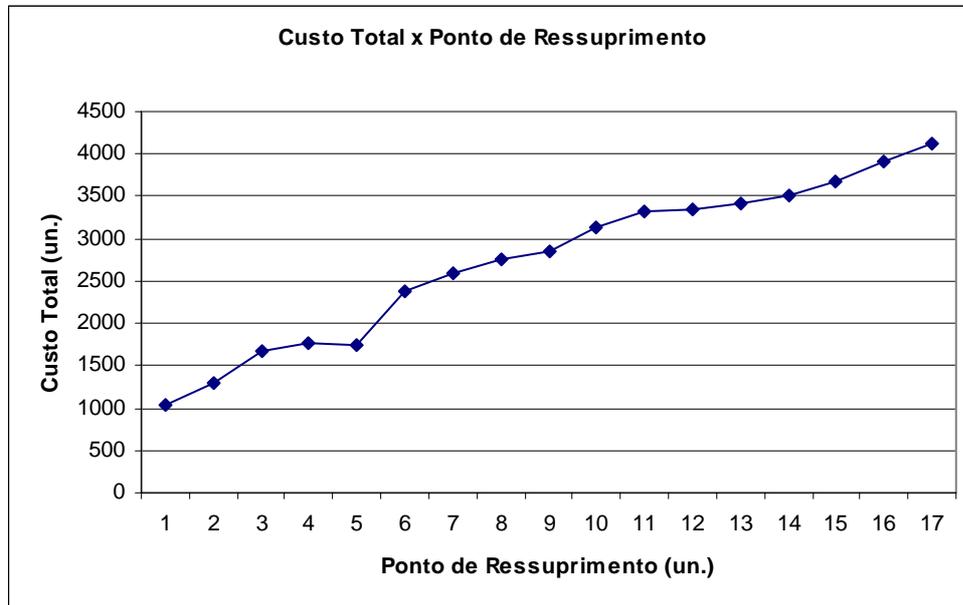


Gráfico do Nível de Serviço em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 21

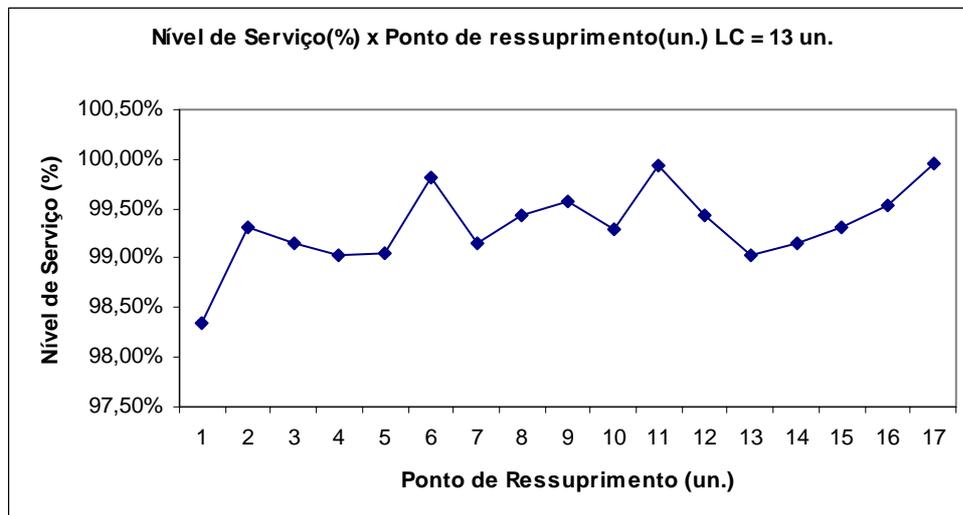


Gráfico do Custo total em função do Lote de Compra para o Item 21

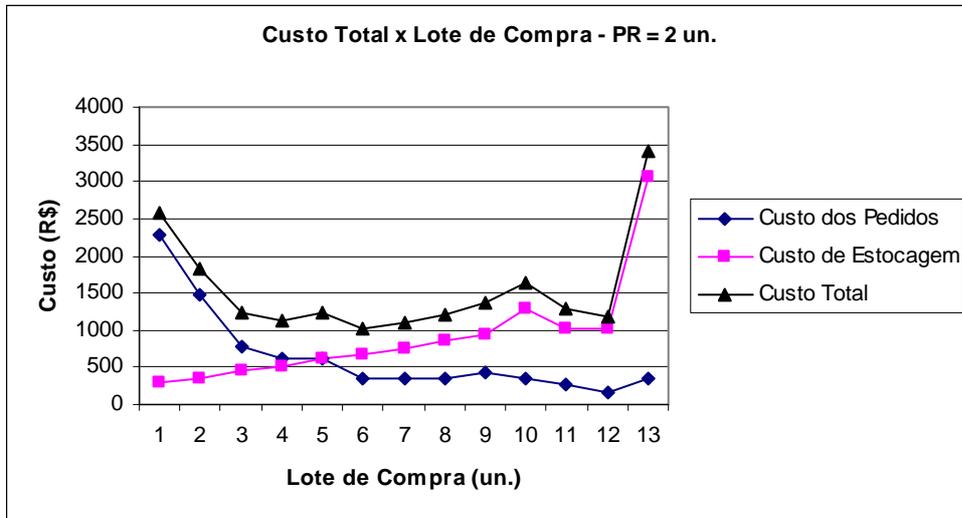


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra para o Item 21

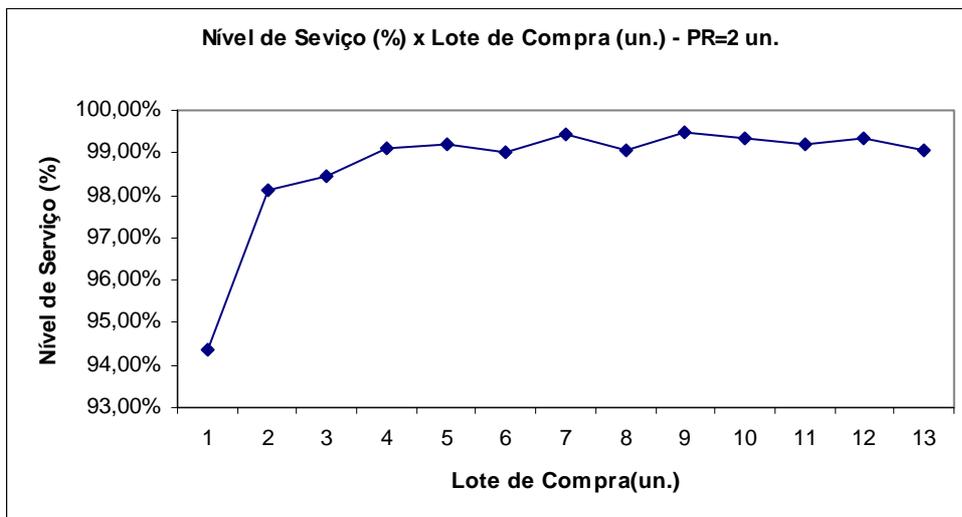


Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 21

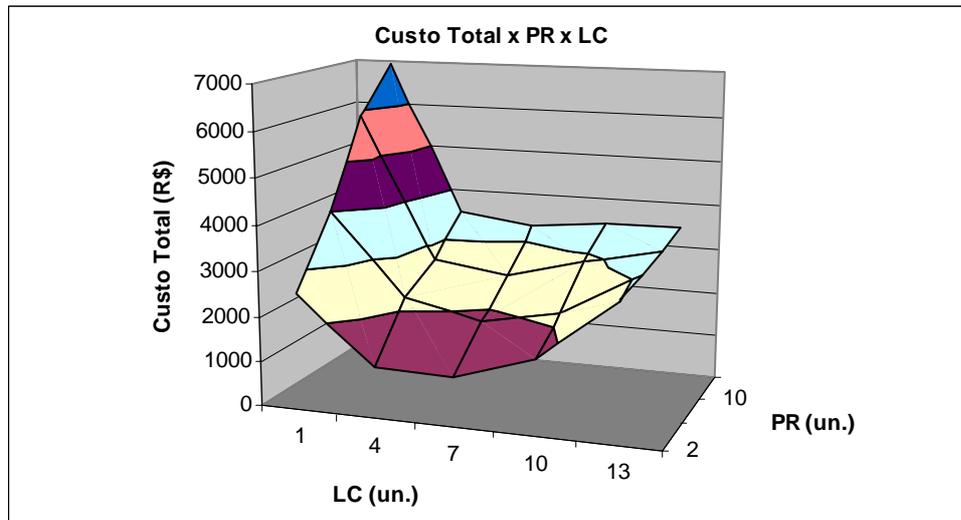
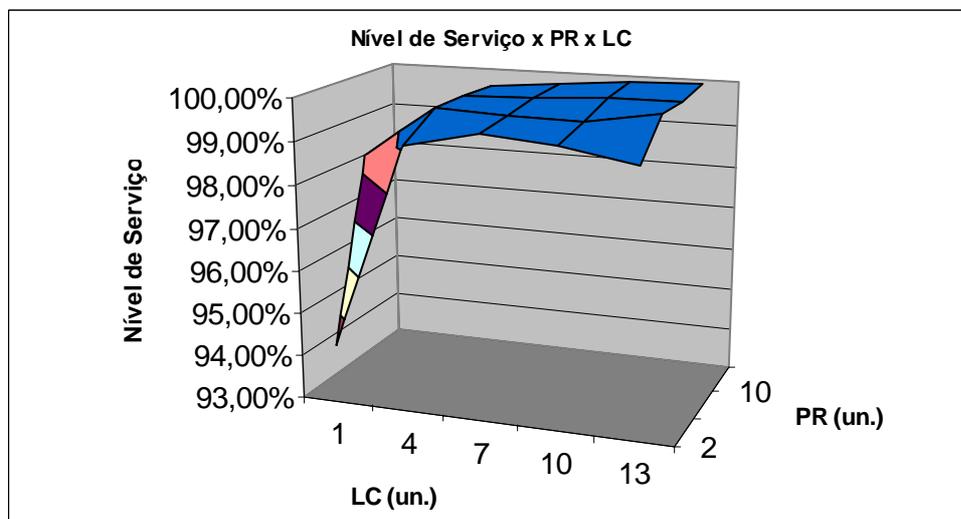


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 21



7.6 GRÁFICOS PARA O ITEM 25

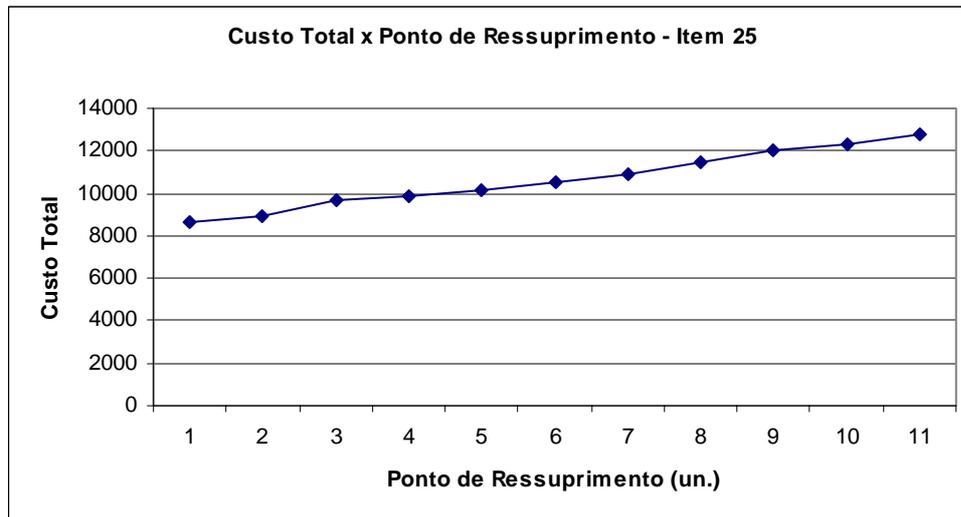
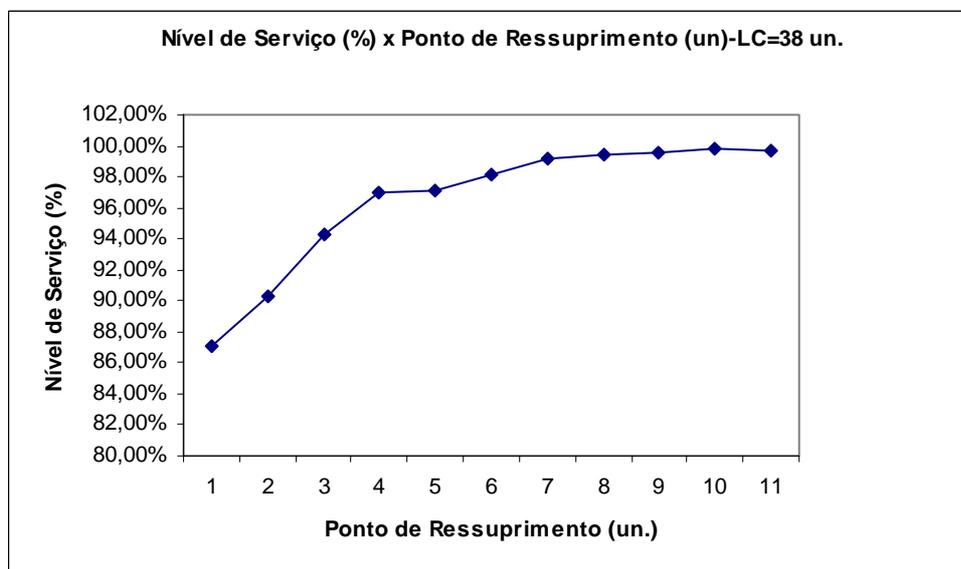
Gráfico do Custo Total em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 25**Gráfico do Nível de Serviço em função do Ponto de Ressuprimento para o Item 25**

Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra para o Item 25

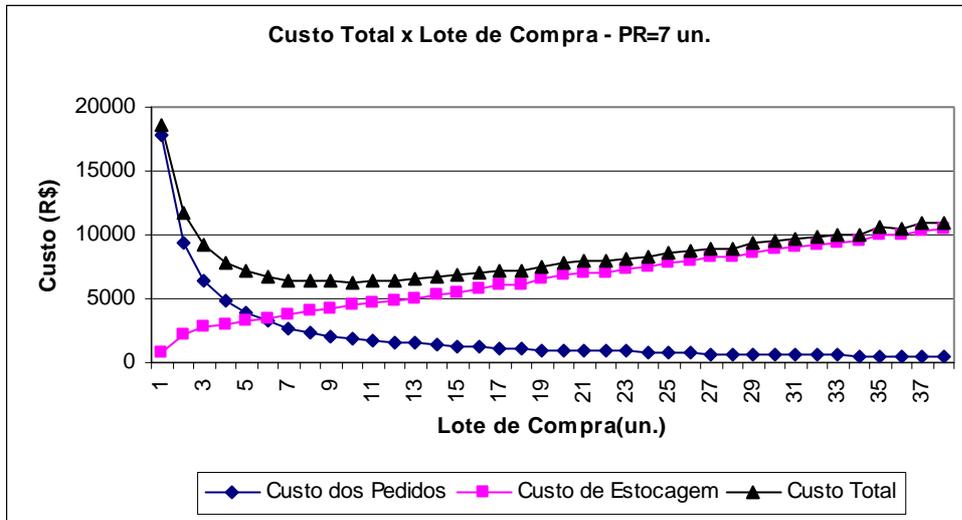


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra para o Item 25

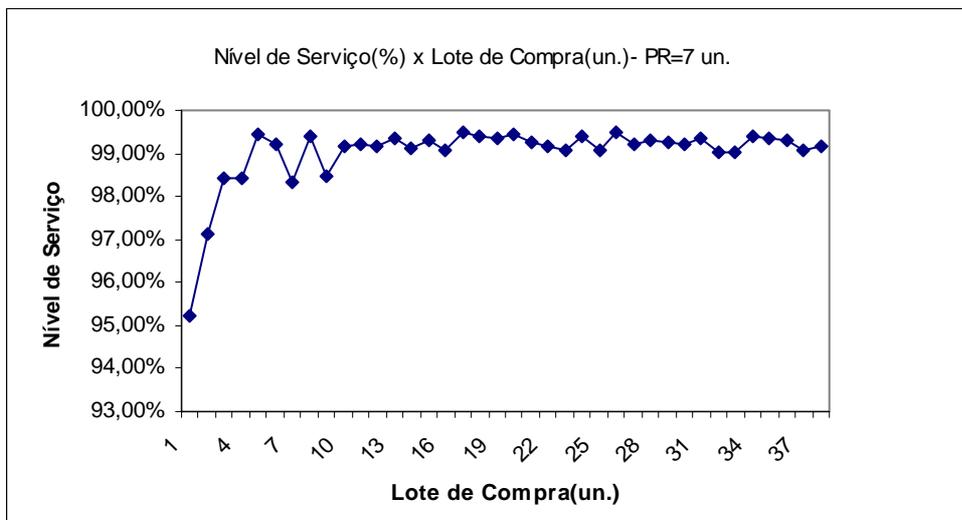


Gráfico do Custo Total em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 25

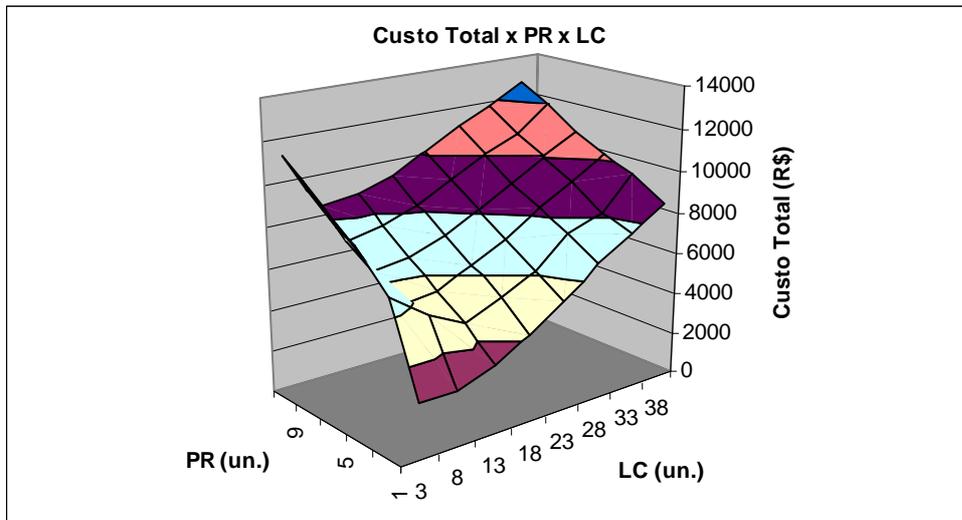
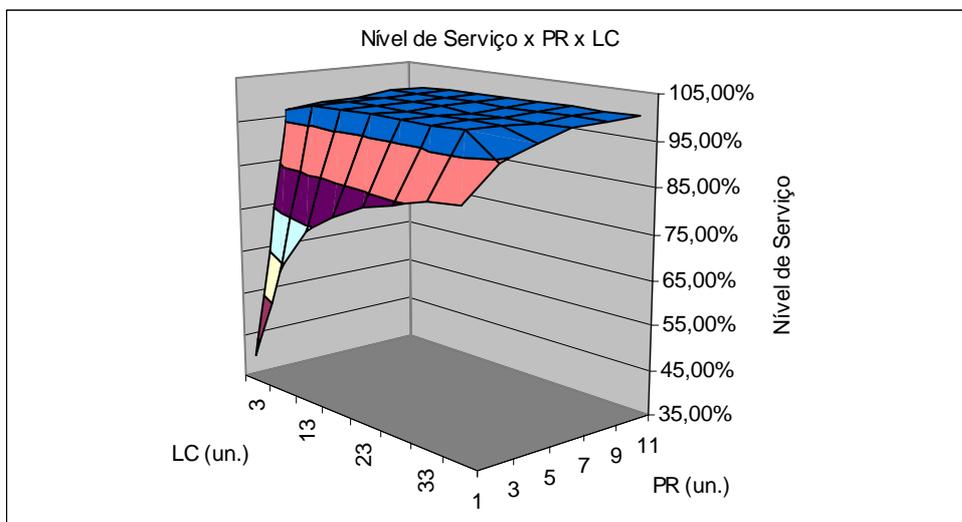


Gráfico do Nível de Serviço em função do Lote de Compra e Ponto de Ressuprimento em conjunto para o Item 25



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)