

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**

**Identificação de Gargalos na Cadeia Logística  
Utilizando Técnicas de Simulação: Avaliação  
da Malha de Distribuição de GLP em São Paulo**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção  
do título de Mestre em Engenharia de Produção

**Wisley Chao**

Florianópolis  
Santa Catarina – Brasil  
Setembro de 2001

**Wisley Chao**

# **Identificação de Gargalos na Cadeia Logística Utilizando Técnicas de Simulação: Avaliação da Malha de Distribuição de GLP em São Paulo**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de  
**MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de Setembro de 2001

---

**Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.**

Coordenador do curso

Banca Examinadora:

---

**Prof. Antônio Galvão Novaes, Dr.**

Orientador

---

**Prof. Rui Carlos Botter, Dr.**

---

**Prof. Hugo T. Y. Yoshizaki, Dr.**

---

**Eng<sup>o</sup>. Carlos Augusto Arentz Pereira, Ms.**

## AGRADECIMENTOS

---

---

Se sente que lhe faltam a força e a coragem, queira Deus que o mundo possa abraçá-lo hoje com amor e calor, e que o vento possa levar-lhe uma voz que lhe diga que há amigos lhe desejando que esteja bem.  
(Anônimo)

Foi possível concluir a presente Dissertação graças ao programa de capacitação e aperfeiçoamento da Petrobras para seu quadro de profissionais. Essa oportunidade ímpar me permitiu exercitar didaticamente, os 22 anos de vivência profissional na área industrial e logística da Empresa.

No campo acadêmico, agradeço de forma especial, o professor Antônio Novaes, meu orientador, pela confiança e orientação, me proporcionando caminhos da busca bibliográfica para o desenvolvimento científico e execução do trabalho e ampliou horizontes para a pesquisa. Aos membros da banca examinadora, meus agradecimentos pelas valorosas críticas.

A pesquisa foi desenvolvida também graças à colaboração de colegas e amigos. Meus especiais agradecimentos ao Analista de Pesquisa Operacional da PETROBRAS, Sr. Cláudio Limoeiro, quem contribuiu com seus valorosos conhecimentos ao projeto de simulação. Ao amigo José Cláudio, que me incentivou em inúmeras ocasiões. Foram também meus mestres, torcedores e críticos.

A eterna gratidão aos meus pais, que sempre manifestaram o apoio, repassando os valores e princípios, o entusiasmo e exemplos de vida. À minha querida filha Amanda, de quem eu tive que dispensar tantos momentos de atenção.

## SUMÁRIO

---

	<b>Pág.</b>
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b>	
1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO ESTUDO.....	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO.....	3
1.4. LIMITAÇÕES.....	4
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA</b>	
2.1. DEFINIÇÕES E CONCEITOS DA METODOLOGIA DO VALOR.....	5
2.1.1. Essência do Conceito do Valor .....	5
2.1.2. O Processo Criativo.....	6
2.1.3. Medidas da Cadeia de Valor.....	7
2.1.4. Teoria das Restrições.....	8
2.2. ANALISANDO O AMBIENTE LOGÍSTICO.....	8
2.3. LOGÍSTICA INTEGRADA.....	9
2.4. PLANEJAMENTO LOGÍSTICO.....	11
2.4.1. Inteligência Estratégia.....	12
2.4.2. Metodologia para Desenvolver Projetos Logísticos.....	13
2.5. A REDE DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA.....	16
2.5.1. Abordagem Sistêmica de Custo Total.....	16
2.5.2. Nível de Serviço Logístico.....	17
2.5.3. O Prazo Logístico.....	18
2.6. ANALISANDO O SISTEMA LOGÍSTICO .....	18

## **CAPÍTULO 3 - REVISÃO DA LITERATURA : TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO**

3.1. INTRODUÇÃO – DEFINIÇÃO DA SIMULAÇÃO.....	20
3.2. CONCEITOS SOBRE O PROCESSO DE MODELAGEM.....	21
3.2.1. Sistemas e Modelos.....	22
3.2.2. Elementos do Sistema.....	24
3.2.3. A Complexidade e as Métricas de Desempenho.....	26
3.2.4. As Variáveis do Sistema.....	29
3.2.4.1. Variáveis de Decisão.....	29
3.2.4.2. Variáveis de Resposta.....	29
3.2.4.3. Variáveis de Estado.....	30
3.3. MODELOS DE SIMULAÇÃO.....	31
3.3.1. Modelo Determinístico ou Estocástico.....	31
3.3.2. Modelo Estático ou Dinâmico.....	31
3.3.3. Evento Discreto ou Simulação Contínua.....	31
3.4. PROJETOS DE SIMULAÇÃO – ETAPAS DO PROCESSO DA MODELAGEM.....	33
3.5. APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE SIMULAÇÃO.....	35
3.5.1. Simulação na Manufatura e em Sistemas Logísticos.....	36
3.5.2. Paradigmas sobre Linguagens de Simulação e Simuladores.....	38
3.5.3. Características do Ambiente Computacional.....	38

## **CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO**

4.1. GLP – PRODUTO COMBUSTÍVEL DO PETRÓLEO.....	43
4.1.1. Características do Produto Logístico.....	43
4.2. MERCADO DO GLP.....	45
4.2.1. Principais Segmentos de Consumo.....	46
4.2.2. Características da Demanda.....	49
4.3. AMBIENTE LOGÍSTICO E INFRAESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO DO GLP.....	49
4.3.1. Sistema de Transporte.....	51
4.3.1.1. Custo de Transporte e de Sobreestadia.....	51
4.3.2. Controle do Estoque e Sistema de Armazenamento.....	52
4.4. GERENCIAMENTO DA MALHA DE DISTRIBUIÇÃO.....	54
4.4.1. Malha de Distribuição Escolhida.....	54
4.4.2. Importação do GLP.....	57
4.5. MALHA CRÍTICA DE SÃO PAULO.....	57

4.5.1. Unidade de Produção - Refinaria de Cubatão (RPBC).....	57
4.5.2. Unidade de Produção - Refinaria de Paulínia (REPLAN).....	58
4.5.3. Sistema Operacional Marítimo - Terminal de Alemoa.....	58
4.5.4. Sistema Operacional Terrestre – Terminal de Cubatão.....	58
4.5.5. Sistema Operacional Terrestre – dutos “OSSP”.....	59
4.5.6. Pool das Distribuidoras de São Paulo – Utingás.....	59
4.5.7. Sistema Operacional Terrestre - duto OBATI.....	59
4.5.8. Sistema Operacional Terrestre – Terminal de Barueri.....	59
4.6. ANÁLISE CRÍTICA DE CONDICIONANTES DA LOGÍSTICA.....	60
4.6.1. Restrições do Terminal Marítimo de Santos.....	60
4.6.2. Gargalos Operacionais nas Movimentações Terrestres.....	60

## **CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO**

5.1. INTRODUÇÃO.....	61
5.2. CONSTRUÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL.....	61
5.2.1. Definição do Problema e Objetivos.....	61
5.2.2. Formulação do Modelo Conceitual .....	62
5.2.3. Variáveis do Modelo.....	65
5.2.3.1. Variáveis de Decisão (entrada).....	65
5.2.3.2. Variáveis de Resposta (saída).....	67
5.3. COLETA DE DADOS E PREPARAÇÃO ESTATÍSTICA.....	68
5.3.1. Mercados.....	68
5.3.2. Produção das Refinarias.....	69
5.3.3. Movimentação de GLP pela Utingás e Barueri.....	70
5.3.4. Disponibilidade de GLP na Baixada Santista.....	71
5.3.5. Distribuição de Fluxos nos Oleodutos.....	71
5.4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	74
5.4.1. Seqüência de Eventos de Estado.....	74
5.4.1.1. Sub-sistema “Demanda” .....	74
5.4.1.2. Sub-sistema “Oferta” .....	76
5.4.1.3. Sub-sistema “Oleoduto” .....	78
5.4.2. Janelas do Ambiente de Modelagem.....	80

## **CAPÍTULO 6 – VERIFICAÇÃO, VALIDAÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

6.1. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO .....	82
6.2. EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO.....	83
6.2.1. Custo Logístico do Sistema.....	85
6.2.1.1. Custo de Transporte Regular.....	86
6.2.1.2. Custo do Transporte Extra.....	87
6.2.1.3. Lucro Associado ao Nível de Serviço.....	88
6.2.2. Prazo Logístico.....	89
6.3. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	90
6.3.1. Valores Econômicos do Modelo.....	91
6.3.2. Comparação dos Resultados.....	91
6.3.3. Estudo de Viabilidade dos Projetos de Melhoria.....	95

## **CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

7.1. SÍNTESE DA PESQUISA.....	97
7.2. CONCLUSÕES.....	98
7.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	100
7.4. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	102

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>103</b>
--	------------

## **ANEXOS**

ANEXO A (Dados de Entrada do Modelo sobre Produção de GLP).....	106
ANEXO B (dados de Entrada do Modelo sobre Descarga de Navios em Santos).....	109
ANEXO C (Planilhas de Avaliação Econômica das Melhorias Propostas).....	114

## LISTA DE FIGURAS

---

		<b>Pág.</b>
<b>Figura 2.1.</b>	Processo Criativo – abordagem de Simon/Brightman/Van Gundy.....	6
<b>Figura 2.2.</b>	Critério de “Valor” do Cliente.....	7
<b>Figura 2.3.</b>	Operações Logísticas Integradas.....	10
<b>Figura 2.4.</b>	Fazendo Decisões Logísticas.....	12
<b>Figura 2.5.</b>	Triângulo Decisório da Logística.....	13
<b>Figura 2.6.</b>	Processo de Pesquisa Logística.....	14
<b>Figura 2.7.</b>	Metodologia para o Planejamento do Nível de Serviço.....	17
<b>Figura 3.1.</b>	Uma ilustração sobre os Elementos de um Sistema.....	24
<b>Figura 3.2.</b>	Comparação das Variáveis de Estado.....	32
<b>Figura 3.3.</b>	Ilustração do Processo Iterativo.....	34
<b>Figura 3.4.</b>	Tabela de Edição de Locais do ProModel.....	41
<b>Figura 3.5.</b>	Tabela da Subrotina de do Promodel.....	42
<b>Figura 4.1.</b>	Evolução do Consumo no Segmento Industrial.....	47
<b>Figura 4.2.</b>	A Logística de Distribuição Física do “GLP” .....	50
<b>Figura 4.3.</b>	Malha de Distribuição do GLP Região SP/Centro-Oeste.....	55
<b>Figura 5.1.</b>	Configurações Básicas de Fluxos do GLP.....	63
<b>Figura 5.2.</b>	Diagrama de Fluxos da Malha Logística de GLP.....	64
<b>Figura 5.3.</b>	Menu Build do Promodel acessando às variáveis do modelo.....	66
<b>Figura 5.4.</b>	Janela do Promodel para alterar os parâmetros de simulação .....	67
<b>Figura 5.5.</b>	Ilustração da Interação dos três sub-sistemas.....	73
<b>Figura 5.6.</b>	Rotina de geração da necessidade do GLP.....	75
<b>Figura 5.7.</b>	Sub-sistema “Oferta” para determinar a disponibilidade do GLP.....	76
<b>Figura 5.8.</b>	Sub-sistema que distribui fluxos de GLP para mercados .....	78
<b>Figura 5.9.</b>	Layout do modelo de distribuição do GLP.....	79
<b>Figura 5.10.</b>	Acesso à janela de parâmetros do modelo.....	80
<b>Figura 5.11.</b>	Condições opcionais de simulação do modelo.....	80
<b>Figura 5.12.</b>	Ralatório estatístico da simulação.....	81
<b>Figura 5.13.</b>	Taxa de utilização dos locais da simulação.....	81
<b>Figura 6.1.</b>	Evolução do Custo Total Logístico e Nível de Serviço.....	94

## LISTA DE TABELAS

---

---

	<b>Pág.</b>
<b>Tabela 3.1.</b> Exemplos de Variabilidade do Sistema.....	27
<b>Tabela 4.1.</b> Capacidade de armazenamento de GLP no País.....	53
<b>Tabela 4.2.</b> Projeção de Demanda, Produção e Importação da região.....	54
<b>Tabela 4.3.</b> Tancagem Nominal Consolidada.....	56
<b>Tabela 4.4.</b> Balanço de oferta Refinaria e demanda da área de influência.....	57
<b>Tabela 5.1.</b> Dados de Entrada - Mercado de GLP.....	69
<b>Tabela 5.2.</b> Balanço de Oferta e Demanda local.....	69
<b>Tabela 5.3.</b> Dados de Entrada - Média e Desvio das Produções de GLP.....	70
<b>Tabela 5.4.</b> Capacidade de Escoamento.....	72
<b>Tabela 6.1.</b> Valores Econômicos para o Estudo Comparativo.....	91
<b>Tabela 6.2.</b> Comparativo da Taxa de Utilização dos Recursos.....	92
<b>Tabela 6.3.</b> Comparativo dos Resultados de Simulação.....	93
<b>Tabela 6.4.</b> Resumo do Custos Logísticos e Nível de Serviço Aplicado.....	94
<b>Tabela 6.5.</b> Resultados da Avaliação Econômica dos Projetos de Melhoria.....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

---

ANP – Agência Nacional de Petróleo

CIF – Cost Insurance Freight

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

INV – Montante do Investimento

OSSP – Oleodutos Sistema Santos-São Paulo

OBATI – Oleoduto Barueri-Utinga

PIB – Produto Interno Bruto

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

POOL – Combinação de Recursos, inglês

RPBC – Refinaria Presidente Bernardes

REPLAN – Refinaria de Paulínia

PROMODEL – Pacote de software de Simulação

ROA – Retorno do Investimento

STAT:FIT – Módulo de Tratamento Estatístico do ProModel

TRI – Taxa de Retorno do Investimento

UTINGÁS – Base Operacional das Distribuidoras de Utinga

VLP – Valor Presente Líquido

VCP – Voyage Charter Party

## RESUMO

---

---

A logística de suprimento e de distribuição do GLP no Brasil é realizada de forma integrada, através de uma rede complexa de movimentações. Para que funcione a contento, o processo logístico necessita ser coordenado e otimizado continuamente, dadas as flutuações na produção, e as condições voláteis e sazonais de mercado. Dada a complexidade das operações da cadeia logística e ausência de trabalhos conhecidos, para avaliar essas restrições sistêmicas, criam dúvidas sobre os benefícios das ações que vem sendo tomadas nas operações logísticas. Foi escolhido para esta proposta, a técnica de simulação, como a ferramenta metodológica. O interesse está na capacidade de geração de cenários e de indicar as possíveis implicações, refletindo nos custos logísticos. As medidas de desempenho servirão como parâmetros para apoiar estudos técnico-econômicos de melhoria para remoção de gargalos operacionais. Foi possível estabelecer as relações de “trade-off” entre os custos logísticos. O presente estudo consiste na aplicação de duas áreas de conhecimento, integrando os conceitos da logística empresarial à ferramenta de simulação. O modelo foi traduzido utilizando o software de simulação PROMODEL.

## ABSTRACT

---

---

The logistics to supply and to distribute LPG in Brazil is accomplished in an integrated way, through a complex network of movements. In order to have the supply and distribution net working satisfactorily, the logistics process needs to be coordinated and optimized continually, given to the wavering in the production, and the volatile and seasonal conditions of the market. Given the complexity of the operational logistics chain and the absence of known studies for the purpose to evaluate the systemic restrictions, there are doubts about the effectiveness of the benefit of the actions once taken of that integrated chain. It was chosen for this proposal, the simulation technique, as the methodological tool. The interest in this approach is due to the capacity of a simulator to generate sceneries and to indicate the possible consequences, that would deflect in the logistics costs. The measures of performance will be used as the parameters to support the technical and economical studies of the improvement proposals to remove the operational bottlenecks.

It was possible to establish the "trade-off" relationships among the logistics costs. The present study consists of the application of two areas of knowledge to integrate the concepts of the business logistics to the simulation tool. The model was translated into the mathematical environment inside of the simulation software PROMODEL.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

---

Bem longe, lá na luz do sol, estão minhas altas aspirações. Talvez eu não as alcance, mas posso olhar para cima e ver sua beleza, acreditar nelas e tentar seguir para onde apontam. (Louisa May Alcott)

### 1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O presente trabalho pretende examinar meios de avaliação para aprimorar processos de identificação de gargalos operacionais na logística de movimentação de produtos combustíveis. A avaliação das instalações de operação existentes, para diferentes estratégias de atuação, pode resultar na aplicação de medidas corretivas de melhoria, com o intuito de eliminar as restrições identificadas no sistema logístico, para uma expectativa de melhoria no desempenho, e com isso, aumento na receita da empresa. A maioria das propostas normalmente sugerem novos investimentos. Para decidir, é salutar procurar mecanismos de avaliação de modo a minimizar os riscos do investimento. Cabe ressaltar que, a indústria de petróleo é conhecida sendo intensiva no investimento.

O problema é relevante pois aborda o caso da indústria de petróleo, onde pequenas melhorias podem refletir na redução de elevados custos operacionais diretos e indiretos. Os benefícios a serem obtidos pela implantação de melhorias, podem propagar para etapas seguintes da cadeia, como também, pode proporcionar eficiência retroativamente para etapas anteriores.

A área de Abastecimento da Petrobras possui unidades industriais conhecidas como refinarias, onde são produzidos os combustíveis a partir do petróleo e que são distribuídos pela logística. Dentre esses combustíveis está o GLP, que é distribuído através das instalações operacionais da empresa. Essa movimentação envolve os modais dutoviário e marítimo.

A logística para os derivados combustíveis é realizada através de uma malha complexa de atividades funcionais, internas à empresa e externas, porém interdependentes de modo que, quando ocorre uma flutuação em um determinado elo, essa perturbação se propaga ao longo da toda a cadeia como um efeito dominó, em muitas vezes, provoca inclusive um efeito retroativo, afetando o desempenho da produção.

As atividades funcionais do dia a dia operacional de uma cadeia de suprimento e de distribuição do GLP sofrem diversas perturbações, inclusive pelo mercado internacional. Excedente de produção de uma área operacional, como resultado do balanço refinaria e mercado local, pode ser transferido para outras áreas de consumo, utilizando meios de transporte disponíveis. É uma atividade que só funciona a contento tendo uma gestão coordenada e integrada, para evitar riscos de falta de produto no mercado.

## **1.2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO**

É considerado como objetivo principal do estudo, encontrar um mecanismo para avaliar se as instalações logísticas existentes estão adequadas para atender a demanda do GLP. São objetivos também, estudar a dinâmica e formas de operação de um sistema típico para movimentação de GLP, envolvendo os modais marítimo e dutoviário, com variáveis que permitem identificar os trechos congestionados. Caso o mecanismo de avaliação se mostre eficiente, o mesmo poderá ser aplicado para outros estudos similares na indústria de petróleo.

Para alcançar os objetivos comentados, o sistema logístico em questão necessita de ser analisado dada a complexidade das operações. O conjunto de restrições nem sempre podem ser conhecidas na sua totalidade. Assim, melhorias realizadas de forma isolada em alguma etapa do processo pode não proporcionar resultado na cadeia global.

A ausência de trabalhos conhecidos na logística para avaliar essas restrições sistêmicas, criam dúvidas sobre a efetividade dos benefícios que vem sendo tomadas nas

operações logísticas. Neste caso, as variáveis envolvidas podem ser melhor avaliadas, através do auxílio de modelos que possam mapear e simular mais próximas possíveis às situações reais de operação.

Foi escolhido para esta proposta, a técnica de simulação, como o mecanismo metodológico, com capacidade para proporcionar a visão sistêmica sobre a realidade operacional. Espera-se obter uma ferramenta adicional de apoio à decisão gerencial, com ênfase na análise dos Custos Logísticos, para identificar novos investimentos para a manutenção do nível de serviço, agregando “Valor” para as operações do dia a dia.

### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO**

O primeiro Capítulo foi dedicado à introdução do trabalho, justificando a importância, comentando as limitações estabelecidas e apresenta a seqüência geral de Capítulos da Dissertação, bem como o conteúdo.

O segundo Capítulo foi dedicado à Revisão da Literatura sobre os conceitos ligados à Logística Empresarial. No Capítulo 3 (três), prossegue-se com a Revisão da Literatura, centrada na metodologia escolhida, sobre os conceitos e aplicações das técnicas de simulação de sistemas, a metodologia para desenvolver projetos, os principais tipos de modelos e suas aplicações.

No Capítulo 4 (quatro), a descrição detalhada do sistema de distribuição do GLP pelo qual a PETROBRÁS o entrega aos seus clientes, que são as Distribuidoras. A modelagem da malha dessa movimentação passará ser objeto de estudo. Serão comentadas as áreas operacionais componentes deste sistema logístico.

No Capítulo 5 (cinco) é preparada a estrutura conceitual do sistema descrito no Capítulo 4 (quatro), traduzido em programa de simulação, definindo a entidade, as principais variáveis de decisão, modelando os locais, a rotina dos eventos e determinando outros

parâmetros do modelo. Os objetivos do trabalho podem ser alcançados através das variáveis de saída (medidas de desempenho operacionais). Está incluído neste Capítulo, o desenvolvimento do modelo, com tratamento estatístico dos dados de entrada, e a programação propriamente dita, utilizando o software para simulação ProModel.

A verificação e validação do modelo seguem no Capítulo 6 (seis), onde definem também os cenários para a experimentação do modelo e a análise dos resultados obtidos.

As conclusões e recomendações estão no Capítulo 7 (sete) deste trabalho. As referências bibliográficas e os anexos seguem no final do trabalho.

#### **1.4. LIMITAÇÕES**

Foi escolhido o sistema logístico de São Paulo, pelo fato de ser uma região de elevado consumo e possui uma malha de transporte relativamente complexo. A modelagem foi simplificada com o propósito de registrar apenas as variáveis relevantes aos objetivos pretendidos. Esse critério foi adotado conforme as recomendações de diversos autores para a relação do custo e benefício esperado. Foi considerando cinco sub-sistemas operacionais, cada um com o conjunto de características pertinentes e o modelo acrescentou efetivamente maior compreensão sobre a dinâmica de operação do sistema em questão.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

---

---

#### 2.1. CONCEITOS SOBRE METODOLOGIA DO VALOR

A Metodologia do Valor é o processo de raciocínio que aplica os princípios de Análise, Engenharia, Controle e Gerenciamento do Valor. O desenvolvimento, de forma sistemática, resulta em um “Plano de Trabalho” composto por etapas, que de acordo com os campos de aplicação, escolhe-se uma técnica que seja mais adequada ou desenvolve-se uma específica para estudos de análise. Como ilustração, o “Plano de Trabalho” adaptado para Processos, Fluxos e Serviços, formulado pelo Lenef apud CSILLAG(1995):

- Fases:
1. Informação;
  2. Geração de Idéias;
  3. Seleção de Idéias;
  4. Desenvolvimento de idéias;
  5. Apresentação;
  6. Implantação.

##### 2.1.1. ESSÊNCIA DO CONCEITO DO VALOR

O valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade pelo cliente e, portanto, é o índice final do valor econômico (CSILLAG, 1995). O valor real depende tanto das condições locais quanto temporais. Como exemplo, um ar condicionado vale mais em locais muito quentes; o gás para aquecimento custa mais caro no inverno que no verão, etc.

Portanto, o valor real de um produto, serviço ou processo é sempre uma entidade de relação qualitativa que pode ser expressa em: **Valor = Função / Custo**

E quando visto pelo cliente, fica: **Valor Percebido = Benefícios Percebidos / Preço**

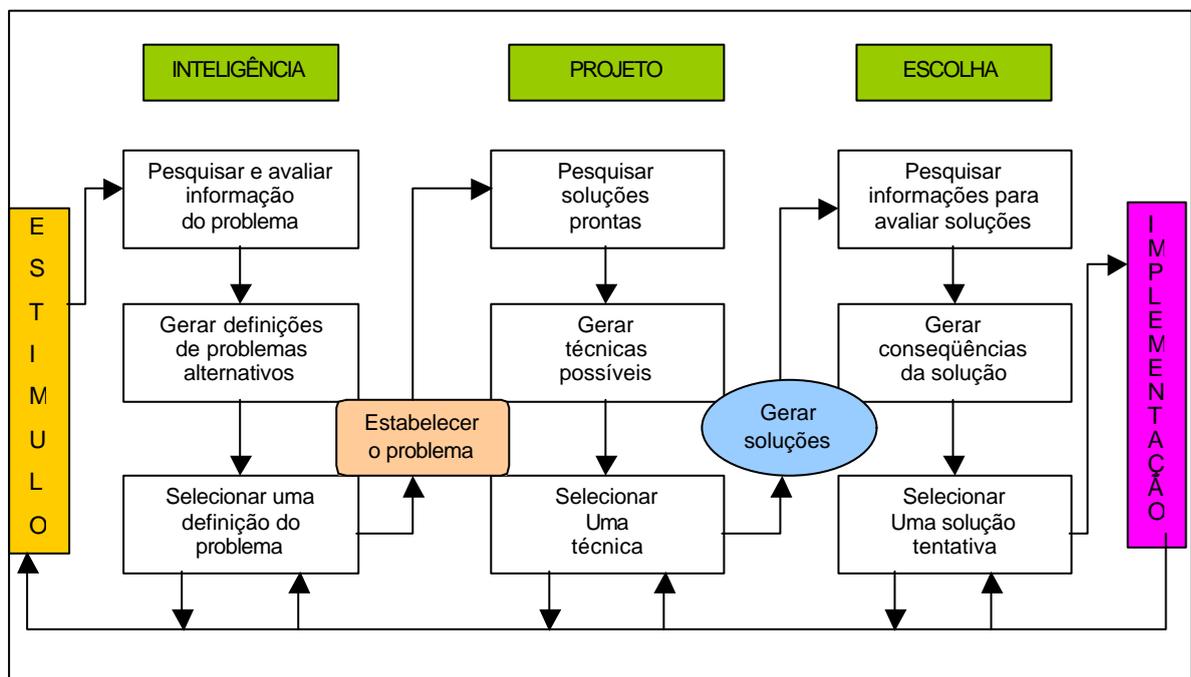
Concluindo, materiais não apropriados, métodos não econômicos, instalações ineficientes e especificações desnecessárias de desempenho (mais que o desejo do mercado)

reduzem o valor. A utilização de materiais mais baratos, porém atendendo os requisitos de qualidade e de segurança, o emprego de técnicas mais eficientes e a redução de despesas indiretas irão aumentar consideravelmente o valor do item.

### 2.1.2. O PROCESSO CRIATIVO

A abordagem mais conhecida sobre o processo criativo é o modelo descrito na Figura 2.1, de Simon et. al. Apud CSILLAG(1995), composto de três (3) fases:

- **Inteligência**, o problema é reconhecido e informações são coletadas para a formulação de uma definição do problema. Sendo a fase convergente do processo.
- **Projeto**, desenvolvendo soluções para o problema, sendo uma etapa divergente.
- **Escolha**, quando seleciona as alternativas, constitui-se um novo processo convergente.



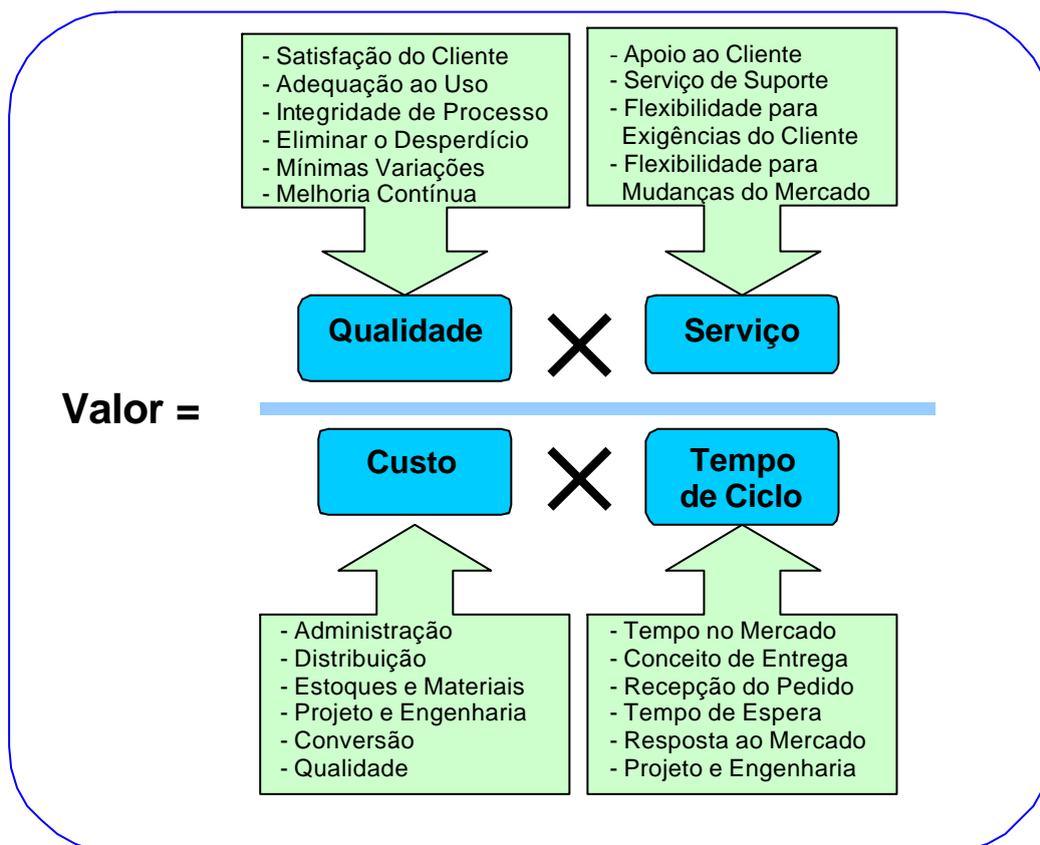
Abordagem de Simon et. al.  
Figura 2.1 – Processo Criativo

Criar implica combinar elementos anteriormente não relacionados para produzir uma nova idéia. O processo criativo ocorre por exemplo, quando uma pessoa que tira bom partido

das oportunidades que lhe apresentam, tende a usar seu conhecimento fazendo uso de associações. Resolver problemas de forma criativa significa encontrar o maior número possível de inter-conexões e inter-relações entre os recursos internos e externos.

### 2.1.3. MEDIDAS DA CADEIA DE VALOR

A excelência operacional das empresas orienta-se através de processos além das suas operações internas, envolvendo seus fornecedores e clientes. Segundo JOHANSSON et al.(1993), uma empresa deve quantificar seus esforços pelas quatro “Medidas de Valor”: *Qualidade* melhor do produto e melhor *Serviço ao Cliente*, *Tempo de Ciclo* reduzido e menor *Custo* para o cliente. A Figura 2.2. esquematiza um resumo dessas medidas de valor.



Fonte: JOHANSSON et al. (1993)

Figura 2.1 - Critério de “Valor” do Cliente

#### 2.1.4. TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Uma Restrição limita o sistema a conseguir melhor desempenho com relação ao objetivo. No caso de uma empresa, são várias categorias de restrições. Quando se identifica pontos de estrangulamento de um sistema e sua eliminação podem propiciar uma redução de custos para a cadeia e aumentar o “valor” do produto para o cliente, seja pela redução do preço ou seja pela melhoria do serviço prestado.

Considerando uma empresa inserida dentro de um sistema que agrega valor ao produto ao longo das etapas da cadeia, conclui-se que qualquer evento em um determinado local ou nível causará conseqüências em outras partes do sistema e portanto no seu todo. Assim, essa empresa será afetada, sendo apenas uma etapa do processo. Supondo que todo sistema possui um objetivo, qualquer projeto ou procedimento novo poderá impactar tanto no resultado dele como também na velocidade com que o sistema caminha em sua direção. No Capítulo 4, onde descreve o sistema logístico objeto do estudo, serão comentadas suas restrições operacionais.

## 2.2. ANALISANDO O AMBIENTE LOGÍSTICO

A prospecção do *ambiente* possibilita descobrir situações agressivas ou convenientes para uma empresa. Por definição, o *ambiente* pode ser dividido em duas grandes partes: o **macro ambiente**, que é constituído pelos aspectos econômico, político e sócio-cultural; e o **ambiente setorial**, constituído pelo mercado, os concorrentes e a regulamentação governamental. Essa prospecção do ambiente acaba normalmente na busca de oportunidades e de espaços favoráveis à empresa no *ambiente*.

Devido a amplitude de variáveis que podem afetar um *ambiente*, a identificação dos fatores e restrições que tem relação direta com os negócios da empresa racionaliza a análise *ambiental*. A extensão e a profundidade da análise depende do tipo do negócio e o tamanho da organização. Uma pequena firma pode conhecer os seus clientes, os fornecedores e seus

concorrentes imediatos e um acompanhamento da conjuntura econômica através da mídia. Uma grande incorporação no entanto precisará de análises macroeconômicas e de tendências políticas nacionais e internacionais, com projeções de cenários para médio e longo prazo.

NOVAES(1994) considera como uma das características dos sistemas, a interação com o *ambiente*. O fato é que o *ambiente* limita o desenvolvimento livre de um determinado sistema por meio de restrições, premissas, normas, diretrizes, entre outros.

Os fatores de sucesso pesquisados na análise do ambiente setorial determinam a estratégia e as condições que uma empresa deveria adotar no seu Sistema Logístico, porque reforçam sua capacidade de sobrevivência e de crescimento. As recessões econômicas, os produtos substitutos e a concorrência são fatores ambientais que trazem impactos negativos.

### 2.3. LOGÍSTICA INTEGRADA

Em 1991, o Conselho de Administração de Logística (CLM), uma organização profissional prestigiosa, definiu a Logística como "o processo de planejar, implementar, e controlar o fluxo eficiente, efetivo e armazenamento de bens, serviços, e informação relacionada a partir do local de origem para o ponto de consumo com a finalidade de confirmar a exigência de cliente".

A Logística é um exemplo clássico de **abordagem sistêmica** a questões empresariais. Do ponto de vista de uma companhia, essa abordagem indica que os objetivos podem ser alcançados ao reconhecer a interdependência mútua entre as suas áreas funcionais básicas(comercializando, produção, e finanças). A logística procura equilibrar cada área funcional para que não seja dada ênfase para uma delas ao ponto de ser prejudicial a outras.

BOXERSOX(1998) comenta que durante os anos oitenta a idéia de Logística Integrada evoluiu, ao movimentar o inventário através de uma cadeia adicionando valor

sucessivamente. O movimento para uma logística de distribuição coordenada resultou na identificação dos elementos de custo e melhorou a medição do atendimento ao consumidor.

Segundo NOVAES(1989), a atividade de logística deve interferir no sistema logístico global de maneira integrada, os diversos segmentos da seqüência de escoamento, desde sua fabricação até o consumo final, envolvendo a produção, a transferência e a distribuição. Os canais de escoamento e distribuição no processo macro-logístico é complexo porque envolve um grande número de variáveis e se apresenta de inúmeras formas, conforme o caso. A técnica de disponibilizar os produtos para um determinado mercado, na quantidade adequada, no local desejado e no momento certo é na verdade um exercício que exige experiência, habilidade, agilidade, e que invariavelmente requer uma infra-estrutura de suporte confiável.

BOWERSOX(1998) define a Logística Integrada como uma atividade que relaciona a empresa com seus clientes e fornecedores. Esta forma de atuação da Logística Integrada está representada na Figura 2.3, onde a Logística Interna está mostrada na área escura.

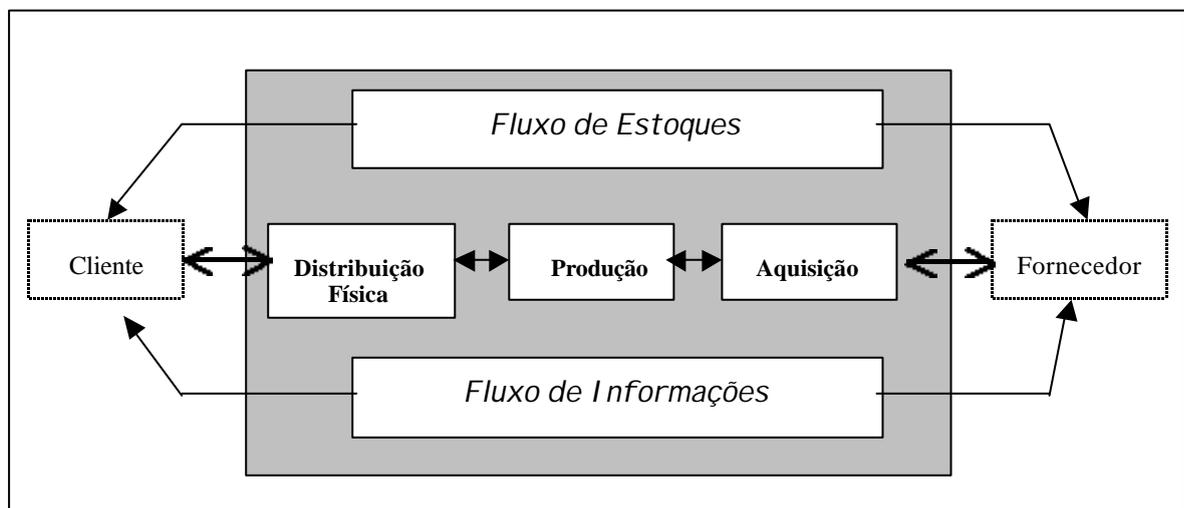


Figura 2.3 – Operações Logísticas Integradas

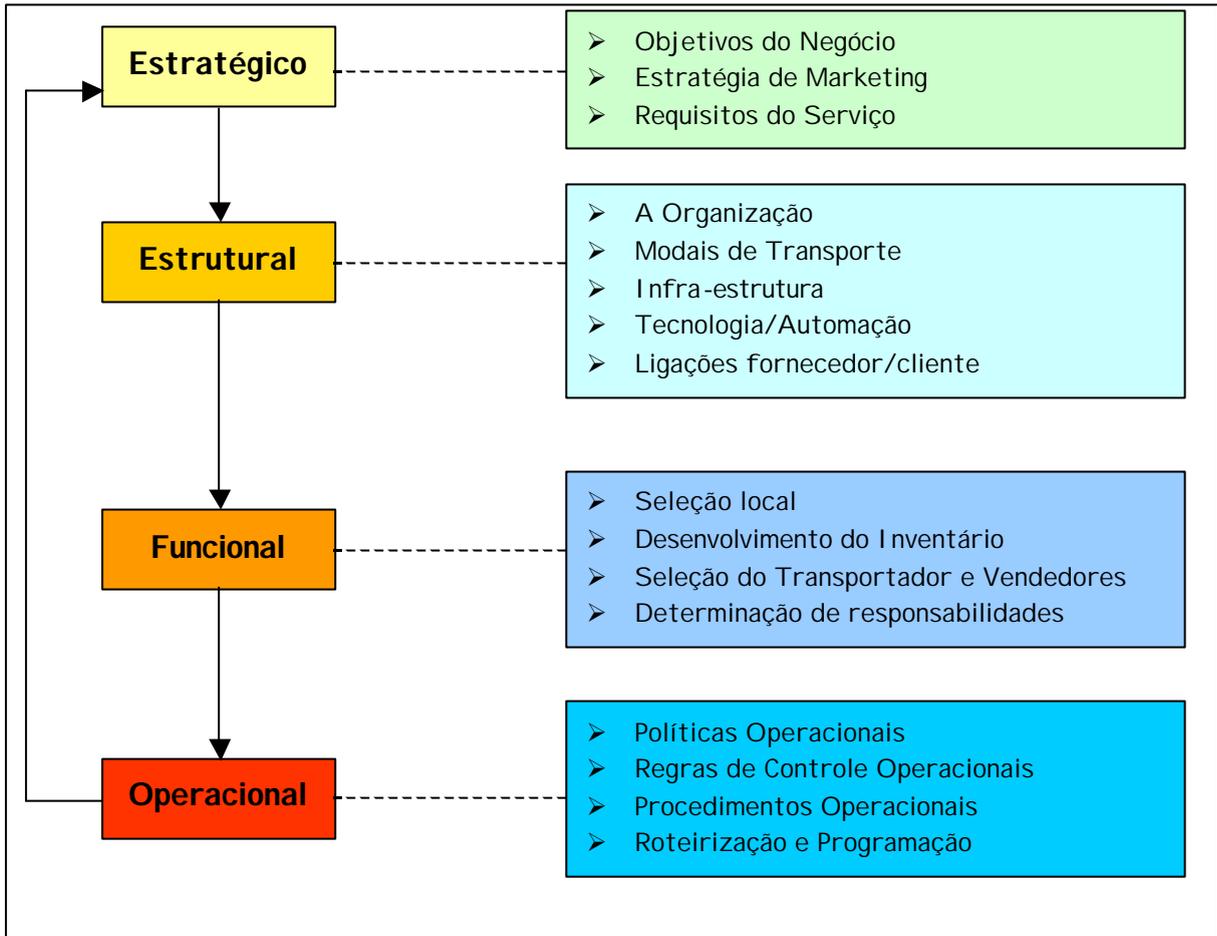
O fluxo de informações dos clientes, que são as previsões de consumo, são o insumo para o planejamento e programação de produção e compra de materiais para processamento. Enquanto a movimentação do fluxo físico percorre o caminho inverso, em produtos acabados para a demanda requerida. No ambiente competitivo as empresas devem expandir seu

comportamento integrador, trazendo para dentro de suas fronteiras, clientes e fornecedores. A Distribuição Física procura proporcionar o nível de serviço ao cliente, e a Aquisição de Materiais suporta a produção, colocando matérias-primas no tempo correto.

BOWERSOX(1998) adotou o termo “**Líder Logístico**” argumentando que as companhias excelentes buscam acrescentar “valor” aos seus produtos e serviços, enquanto estiverem apoiando esta meta e operando um sistema logístico de custo efetivo.

## 2.4. PLANEJAMENTO LOGÍSTICO

LAMBERT(1992) propõe que o planejamento logístico deve começar definindo as Metas de Atendimento ao Consumidor e as Estratégias. As decisões da Logística são tomadas de maneira iterativa, do **Estratégico** (objetivos empresariais, estratégia de comercialização, exigências de serviço) para **Estrutural** (fazer/comprar, quantidade/local/tamanho das instalações, modo de transporte, etc.) para **Funcional** (seleção de local, desenvolvimento de inventário, transportador/seleção de vendedor, etc.) para **Operacional** (políticas operacionais, regras de controle operacional, procedimentos operacionais, roteamento e programação). Este processo é mostrado na Figura 2.4.



Fonte: Copacino de Andersen Consulting apud LAMBERT (1992)

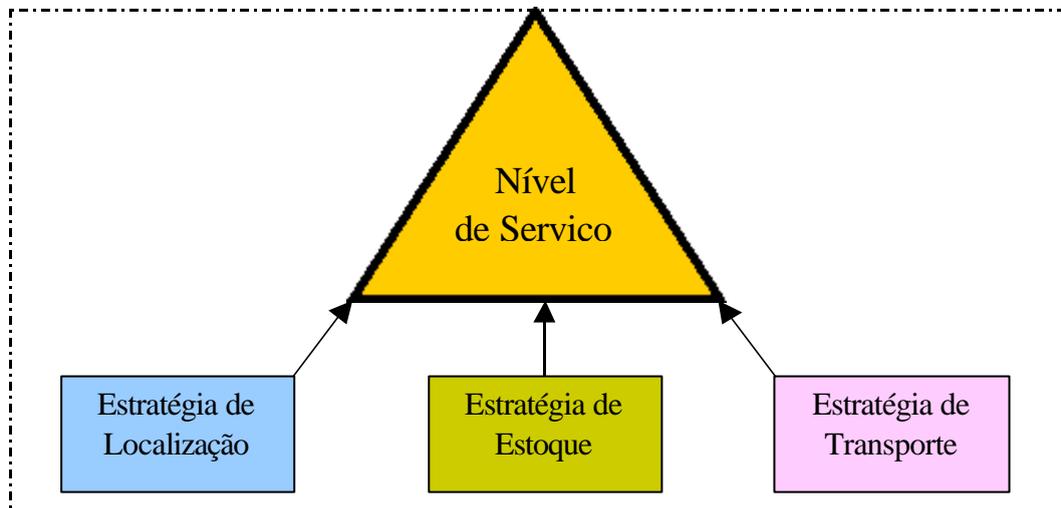
Figura 2.4 - Fazendo Decisões Logísticas

### 2.4.1. INTELIGÊNCIA ESTRATÉGICA

Nos negócios, a estratégia é a *Essência* que determina o futuro de uma empresa. Para desenvolver a Inteligência Estratégica, é imprescindível conhecer algumas informações que vêm do ambiente, tais como a relação custo-benefício das últimas tecnologias; mudanças na economia; as razões do sucesso dos concorrentes; mudança comportamental dos consumidores, etc. Assim, a Inteligência Estratégica pode crescer dentro de uma empresa dependendo do monitoramento dessas situações do ambiente, da identificação das oportunidades e de estratégias adequadas para contornar obstáculos.

Segundo BALLOU(1998), a Logística é responsável em quatro áreas: a localização das facilidades; a estratégia de estoques; a estratégia de transporte; e o nível de serviço aos

clientes. Estas definições devem ser tomadas conjuntamente, analisando como cada uma interfere nas demais. A Figura 2.5 mostra a representação deste processo decisório. No centro do triângulo se situa o nível de serviço ao cliente, sendo o resultado final das três Estratégias.

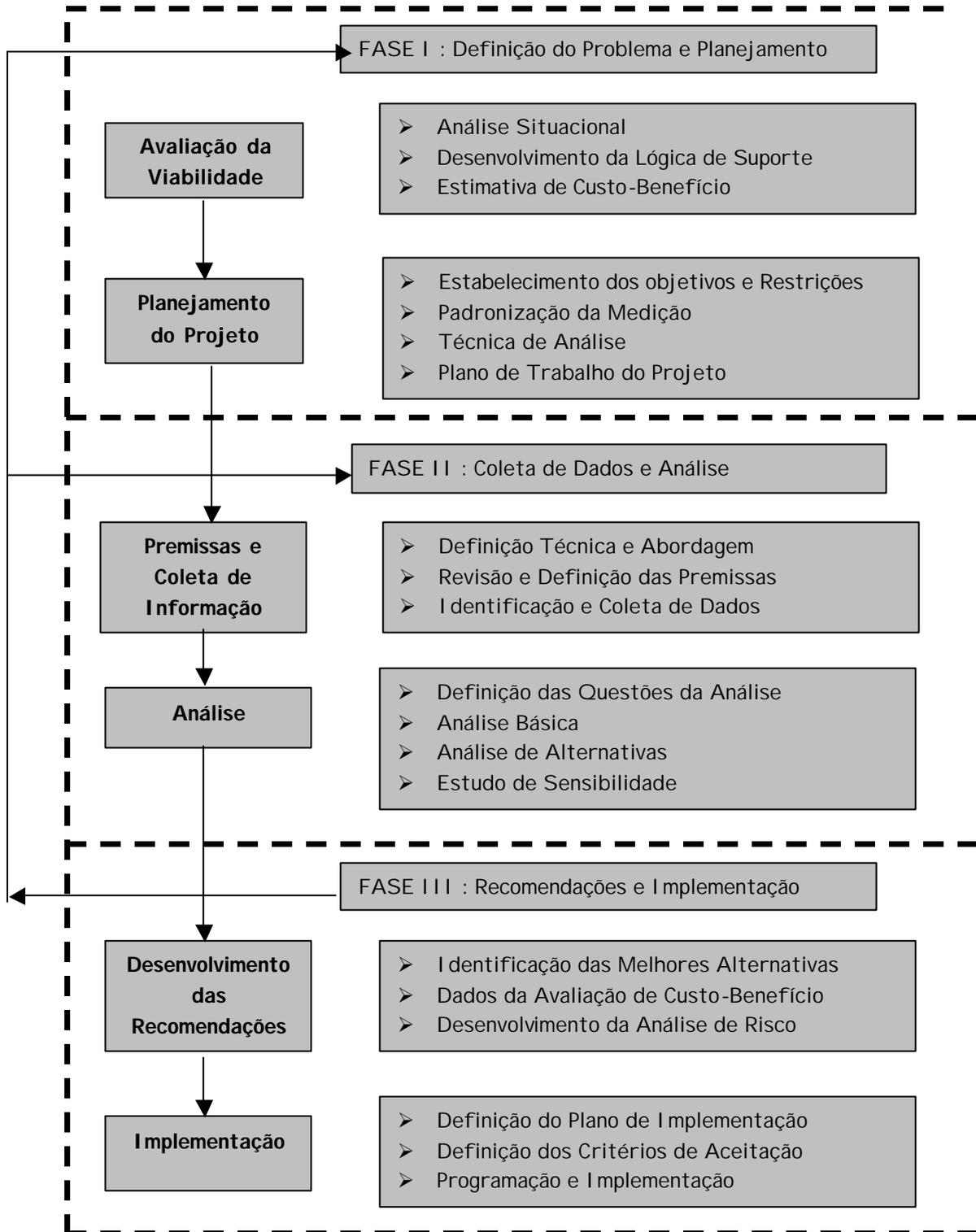


Fonte: uma adaptação do BALLOU(1998)  
 Figura 2.5 - Triângulo Decisório da Logística

#### 2.4.2. METODOLOGIA PARA DESENVOLVER PROJETOS LOGÍSTICOS

De acordo com BOWERSOX(1998), o ambiente operacional da logística evolui como resultado de mudanças em mercados, demandas, custos, exigências de serviço e comportamento competitivo. Para desenvolver uma estratégia de empreendimento neste ambiente, é necessário planejar incluindo as considerações pertinentes. Há um processo geral que é aplicável para a maioria dos projetos, que começa com uma avaliação do ambiente, do processo, e das características de desempenho para determinar as modificações apropriadas. É a **avaliação de viabilidade**, processo que avalia a necessidade de mudança, que inclui a **análise da situação**, e a relação **custo-benefício** do projeto logístico.

A análise de situação se refere à coleta de dados de desempenho e características do ambiente. A Figura 2.6 ilustra o fluxo do processo generalizado. Está segmentado em três fases.



Fonte: BOWERSOX (1998)

Figura 2.6 - Processo de Pesquisa Logística

Idealmente, deveria ser um processo de revisão contínua a intervalos regularmente para assegurar viabilidade das operações atuais e futuras. A decisão final dependerá da credibilidade dos benefícios calculados e se oferecem um retorno que justifique a mudança.

Uma vez que os assuntos críticos e as alternativas estejam definidos, deveria ser determinada a técnica de análise apropriada. São diversas técnicas, desde um simples método analítico até ferramentas de apoio de decisão computadorizadas. Modelos que incorporam a otimização ou algoritmos de simulação são comuns quando se quer avaliar redes alternativas de armazém de logística. Duas tarefas específicas da fase II da Figura 2.7 são discutidas em seguida:

**1 – Coleta de Dados de Validação** - além de servir para apoiar a análise alternativa, os dados de validação são coletados também para verificar se os resultados refletem a realidade com precisão. A comparação deve focar atividade histórica. Por exemplo, vendas e níveis de despesa. O objetivo é para aumentar a credibilidade ao processo de análise.

**2 - Definição das perguntas para a Análise** – perguntas específicas para construir os objetivos de pesquisa, identificar as políticas operacionais e os parâmetros, de forma que um gama de opções possam ser avaliadas.

As ferramentas de sistemas de apoio de decisão ficaram mais robustas com avanços em tecnologia. Algumas técnicas são para estudos logísticos. Uma das mais empregadas é a simulação, principalmente quando uma incerteza significativa está envolvida. O software de simulação é uma das melhores abordagens de custo efetivo para avaliar as alternativas. São técnicas de solução interativas, que integram dados e possuem capacidade de gerar resultados de desempenho para ajudar a resolver problemas com variáveis difíceis de serem definidas.

SHANNON(1975) originalmente definiu a simulação como "o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experiências com este modelo com a finalidade de

compreender o comportamento do sistema ou de avaliar várias estratégias dentro dos limites impostos por um conjunto de critérios."

## **2.5. A REDE DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA**

A Distribuição define como devem ser os canais de comercialização e o setor de vendas finaliza o processo junto ao consumidor, através do atendimento dos pedidos.

Segundo NOVAES(1994), a Logística de Distribuição Física opera de dentro para fora da manufatura, envolvendo as transferências de produtos entre as unidades fabris e os estoques nos armazéns próprios ou de terceiros, e os subsistemas de entrega da mercadoria, além de outros aspectos. O enfoque sistêmico começa pela análise de seu ambiente, identificando as restrições que agem sobre o sistema em questão.

NOVAES defende a utilização da Rede Logística para obtenção da solução de consenso, convergindo os conflitos de interesse entre áreas de Marketing e Finanças. O desenho da Rede permite a visualização das incoerências do sistema, no que se refere ao nível de serviço, aos modais de transporte, critérios sobre a armazenagem, etc.

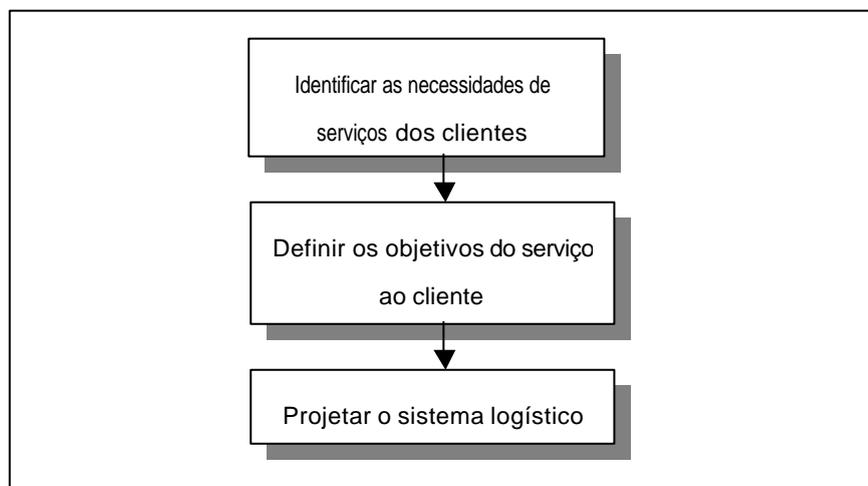
### **2.5.1. ABORDAGEM SISTÊMICA DE CUSTO TOTAL**

A abordagem sistêmica indica que os objetivos da empresa podem ser realizados, quando reconhece a interdependência das suas áreas funcionais da empresa (comercializando, produção, e finanças). Os objetivos da Logística encerram em esforços para coordenar a distribuição física e a administração de materiais. Para alcançar estes objetivos, pode empregar a abordagem do Custo Total, que é construída na premissa de que deveriam ser consideradas todas as funções pertinentes na movimentação, ordenando materiais e produtos como um todo.

LAMBERT(1992), considera que essa abordagem é a chave do gerenciamento da função de Logística. Redução ou alteração de custos de atividades isoladas pode significar uma perturbação muito mais extensiva, pode levar ao incremento do custo de outros componentes do sistema, elevando o custo total. Assim, o objetivo é achar a alternativa com o mais baixo custo total.

### 2.5.2. NÍVEL DE SERVIÇO LOGÍSTICO

O Nível de Serviço pode ser considerado como um resultado qualitativo dos esforços logísticos de uma empresa de distribuição de produtos ou serviços até os clientes. A depender do desempenho no atendimento dos pedidos, a empresa pode assegurar ou não a fidelidade do seu cliente. CHRISTOPHER(1997) propõe a metodologia apresentada na Figura 2.7 para planejamento dos níveis de serviço de um sistema logístico.



Fonte: CHRISTOPHER (1997)

Figura 2.7 - Metodologia para o Planejamento do Nível de Serviço.

A metodologia proposta na Figura 2.7 sugere iniciar o processo procurando identificar as reais necessidades de serviço, lembrando que nem todos os clientes percebem o mesmo “valor” de um mesmo serviço. Recomenda-se a segmentação com níveis de serviço diferenciados, identificar clientes com expectativas específicas. Idealmente, as medidas do

nível de serviço não devem ser únicas para todo o negócio e devem satisfazer os anseios dos diferentes segmentos.

Uma vez diagnosticado os anseios dos clientes, prossegue-se para estabelecer os objetivos de uma estratégia de serviço. Do ponto de vista do fornecedor do serviço, a definição do nível de serviço a ser oferecido deve levar em conta, uma análise da relação de custo e benefício para cada objetivo relacionado.

### **2.5.3. O PRAZO LOGÍSTICO**

A redução do tempo de ciclo do pedido constitui-se num fator diferenciador em cadeias de suprimento e de distribuição. Genericamente, empresas que sustentam ciclos de pedido mais curtos, apresentam vantagem competitiva sobre as demais. Segundo CHRISTOPHER(1997), os clientes estão valorizando empresas que conseguem atendê-los com maior eficácia.

O prazo logístico é a soma dos tempos gastos em todas atividades do fluxo logístico, entre a aquisição e o recebimento do produto. É o somatório dos tempos gastos em cada etapa da cadeia que possui variações. Cadeias com prazos longos e de grande variabilidade implicam na manutenção de estoques para fazer frente às flutuações da demanda e oneram os custos logísticos. Portanto, o gerenciamento da cadeia tem como principal objetivo a redução do tempo gasto com atividades que não agregam valor.

## **2.6. ANALISANDO O SISTEMA LOGÍSTICO**

Segundo NOVAES (1994), o enfoque sistêmico começa pela análise de seu ambiente, identificando as restrições que agem sobre ele e como a logística de distribuição opera da unidade de manufatura para fora, envolvendo as transferências de produtos entre as unidades produtoras e os estoques próprios ou de terceiros e os subsistemas de entrega da mercadoria.

Segundo JONHSON e WOOD(1996), o termo análise de sistema se refere à ordenança da observação de um ou mais segmentos na rede logística, para determinar como cada segmento e o sistema inteiro podem ser melhorados.

Outro problema foca questões de janela de tempo para a implementação de idéias novas. Quanto as melhorias acontecem, pode haver um período de sobreposição quando o sistema velho ainda está sendo gradualmente substituído pelo novo. A manutenção de níveis de atendimento ao consumidor durante este período seriam difíceis. Existem também as mudanças de longo alcance (de 2 a 5 anos) que podem resultar inclusive em decisões para redesenhar o sistema de logística inteiro.

Um outro tipo de análise de sistemas relaciona diretamente a dimensão “tempo”. O problema temporal avalia métodos alternativos de transporte, determina melhor plano para gerenciar estoques e planeja a operação diária do sistema logístico. Uma análise temporal típica acompanha fluxo do produto desde os pontos para serem expedidos e distribuídos, até os pontos de venda, determinando os custos associados a esta movimentação. Alternativas diferentes de movimentação implicam diferentes custos e tempos do ciclo de pedidos e afetam o nível de serviço.

O presente estudo de Dissertação pretende avaliar um sistema de distribuição condicionado a possíveis situações operacionais que podem trazer impactos nos custos logísticos e do nível de serviço, considerando as instalações existentes de produção e de transporte ate o canal de distribuição.

## CAPÍTULO 3

### REVISÃO DA LITERATURA :TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO

---

O Homem é um ser dependente de ferramentas. Sem elas ele não é nada, com elas ele é tudo.

Thomas Carlyle

#### 3.1. INTRODUÇÃO – DEFINIÇÃO DA SIMULAÇÃO

O dicionário OXFORD (1980) define a *Simulação* como um modo de "reproduzir as condições de uma situação, por meio de um modelo, para estudos, testes ou treinamentos. De acordo com Schriber apud HARRELL (2000), a *Simulação* envolve a modelagem de um processo ou sistema de tal modo, o modelo imita a resposta do sistema real para eventos que acontecem com o passar do tempo. Assim, ao estudar o comportamento do modelo, pode-se adquirir percepções sobre o comportamento do sistema real.

Por que se recorre à técnica de simulação? Com a ênfase hoje em competição baseada em tempo, métodos tradicionais de decisão do tipo “tentativa e erro” não são mais adequados para subsidiar as decisões gerenciais. A aplicação de aprendizagens para afinar o desempenho de sistemas fica quase inútil em um ambiente no qual mudanças acontecem mais rapidamente que as lições que podem ser aprendidas.

As empresas necessitam de modelos que permitam compreender o “processo operacional” pelo qual conseguem entender e melhorar as condições em que as atividades são realizadas, permitindo-se avaliar qualitativa e quantitativamente, suas conseqüências. Há uma maior necessidade agora por metodologias predictivas baseadas em causa e efeito.

Com a atual competitividade mundial, a simulação tornou-se uma ferramenta de análise das mais poderosas e disponíveis para as atividades de planejamento, operação de processos e controle de sistemas complexos. É vista como um método indispensável de solução de problemas para engenheiros, desenhistas e gerentes.

PEGDEN (1995) define a simulação sendo um processo para projetar modelos de sistemas reais e seus procedimentos de experimentos específicos, com o propósito de conhecer o comportamento de sistemas e avaliar as várias estratégias operacionais.

Segundo BANKS et al. (1995), a *Simulação* é envolvida tanto para geração da história artificial do sistema, como para observar essa história artificial, extraindo as conclusões relativas às características operacionais do sistema real o qual está representado. Portanto, é usada como a metodologia para descrever e analisar o comportamento de um sistema, fazendo perguntas do tipo “se-então” sobre o sistema real.

Em resumo, a *Simulação* é um processo de experimentação para conhecer o comportamento de sistemas e para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Os projetos de *Simulação* permitem formular cenários e testar as hipóteses para dar suporte à tomada de decisão, ao visualizar os possíveis efeitos em cenários futuros. A simulação é aplicada a sistemas já existentes ou mesmo para aqueles em fase de planejamento.

### **3.2. CONCEITOS SOBRE O PROCESSO DE MODELAGEM**

São vários conceitos subjacentes à simulação. Estes incluem o sistema e o modelo, as variáveis de estado do sistema, as entidades e os atributos, as atividades e os atrasos, e a definição da simulação de eventos discretos. Nas bibliografias de KELTON e LAW(2000), BANKS et al.(1995) podem ser encontrados descrições detalhadas sobre estes tópicos. PIDD(1998), analisa as diversas formas de modelagem do processo de decisão, e recomenda que a simulação seja aplicada para:

- sistemas dinâmicos – variação temporal devido a fatores não controláveis, mas que podem ser determinados estatisticamente;

- sistemas interativos – quando os componentes interagem entre si e afeta o sistema como um todo;
- sistemas complexos – inúmeras variáveis influenciando a dinâmica do sistema.

A modelagem da simulação é uma metodologia experimental e aplicada que visa os seguintes objetivos:

1. descrever o comportamento dos sistemas,
2. estabelecer hipóteses que avaliem o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por mudanças no sistema ou nos métodos de operação.

HARRELL et al.(2000) comenta: saber fazer uma simulação não quer dizer que seja um bom projetista de sistemas. A simulação é uma ferramenta que só seria útil se a pessoa entende a natureza do problema a ser resolvido. O desafio é entender como o sistema opera e saber o que se quer alcançar com ele, e identificar os pontos-chave para alcançar os objetivos.

### **3.2.1. SISTEMAS E MODELOS**

“Modelos” e “Sistemas” são componentes chaves da simulação. Entende-se como modelo a representação de um grupo de objetos e idéias e um sistema, um grupo ou coleção de elementos inter-relacionados que cooperam para executar algum objetivo preestabelecido, segundo a classificação do PEGDEN(1995).

Historicamente, a concepção e o desenvolvimento de modelos fazem parte da atividade intelectual para representar e expressar idéias e objetos. Um dos mais importantes elementos requeridos para atacar um problema é a construção e o uso de modelos. Um modelo é também muito útil quando se deseja aprender sobre um sistema real que não pode ser observado ou experimentado, porque ele não existe ou que seja difícil de ser manipulado.

Segundo BANKS et al.(1995), por ser o modelo uma representação de um sistema real, existe a preocupação sobre o limite das suas fronteiras. O modelo deveria ser complexo o bastante para responder as perguntas, porém não tanto que venha prejudicar ele próprio.

Um sistema é como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico, segundo Blanchard apud BATEMAN et al.(1997). Os pontos chave nesta definição incluem o fato que (1) um sistema consiste em elementos múltiplos, (2) estes elementos estão relacionados e trabalham em cooperação, e (3) um sistema existe com a finalidade de alcançar objetivos específicos.

Os modelos de simulação caracterizam um sistema através da descrição de respostas, resultantes da interação entre as entidades. São matemáticos por natureza e empregam equações numéricas para descrever as características operacionais do sistema. Estes diferem dos modelos estatísticos porque são guiados por eventos.

Pode considerar como evento, uma ocorrência que muda o estado do sistema, segundo as considerações do BANKS et al.(1995). O início e no fim de uma atividade por exemplo, são eventos. Portanto, os eventos são acontecimentos dentro do sistema, em certo instante e afetam o valor das variáveis utilizadas no cálculo.

Neste trabalho foi considerado o modelo de simulação de eventos discretos. Esse tipo de modelo tenta representar os componentes e as suas interações de modo que permitam ser encontrados os objetivos do estudo. Outro aspecto relevante é que os modelos de eventos discretos são dinâmicos; quer dizer, a passagem do tempo exerce um papel crucial.

O presente estudo foca os sistemas industriais de distribuição, estes sistemas podem também ser considerados como de processo, uma vez processam itens através de uma série de atividades. Neste contexto, o modelo de simulação reproduz o comportamento operacional de sistemas dinâmicos.

### **3.2.2. ELEMENTOS DO SISTEMA**

Os elementos de um sistema são os componentes, as partes e subsistemas que desempenham uma determinada função ou processo. O primeiro passo na criação de modelos

é especificar seu propósito. Vale destacar que não existe um único modelo para um dado sistema; um sistema pode ser modelado por vários métodos, dependendo de grau de complexidade em se deseja.

De acordo com HARRELL et al.(2000), um sistema de simulação é constituído basicamente por entidades, atividades, recursos, e o controle (veja Figura 3.1). Estes elementos definem *quem, o que, onde, quando e como* do processamento de uma entidade.

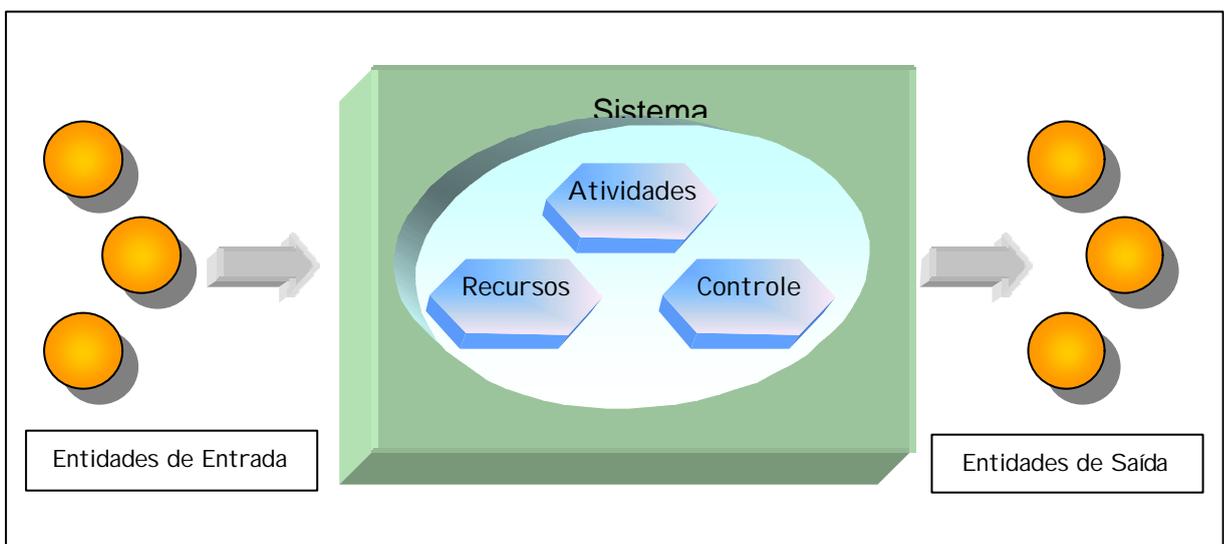


Figura 3.1: uma ilustração sobre os Elementos de um Sistema

Fonte: HARRELL et al. (2000)

Na elaboração de modelos de simulação são utilizados os seguintes elementos para a descrição do comportamento dos sistemas:

**Entidades** – são os itens dinâmicos da simulação que são processados através do sistema, tais como produtos, clientes, e documentos. As entidades são dinâmicas pois trafegam pelo modelo, sofrem uma série de eventos, e finalmente saem do modelo, quando não estiverem mais em circulação. Entidades diferentes podem possuir características únicas de custo, forma, prioridade, qualidade, ou condição. Elas podem ser subdivididos nos seguintes tipos de entidade:

- Animado (clientes, pacientes, etc.).

- Inanimado (peças, documentos, caixas, etc.).
- Intangível (chamadas, correio eletrônico, etc.).

Para a maioria dos sistemas industriais e de serviço, as entidades são itens discretos. Em alguns sistemas de produção contínuos, uma substância não discreta pode ser processada em lugar de entidades discretas. Como exemplo de *sistemas contínuos* temos as refinarias de óleo.

Uma entidade pede **atributos** que pertencem somente a ela. Assim, atributos devem ser considerados como valores locais. Os atributos de interesse em uma investigação pode não ser de interesse para uma outra investigação.

Por exemplo: na descarga de um navio a vazão de enchimento do tanque do terminal é igual ao atributo: a vazão de descarga do navio. Quando este navio terminar sua descarga, a vazão de enchimento se anulará e também será anulado o atributo de quantidade carregada da entidade.

**Atividades** - são as tarefas a serem executadas no sistema, as quais envolvem direta ou indiretamente, o processamento das entidades. São como exemplos de atividades, o serviço ao cliente, o reparo de equipamento, etc. O conjunto de atividades podem ser classificadas como processamento de entidades (tratamento, inspeção, fabricação, etc.)

movimento da entidade e dos recursos (viagem de um caminhão, trajeto do elevador, etc.).

Ajustes de recursos, manutenção, e reparos (ligações e conserto de máquinas etc.).

**Recursos** - são os meios que facilitam o processamento das entidades. Eles fornecem as instalações de apoio, equipamento, e pessoal para executar as atividades. Os recursos inadequados podem restringir a movimentação das entidades ao longo do modelo, limitando a taxa de processamento. Vale lembrar que os recursos são alocados às entidades e não o contrário. Os recursos possuem características tais como capacidade, velocidade, ciclo de tempo, bem como a confiabilidade. À semelhança das entidades, os recursos também podem ser categorizados como:

- Animado (os operadores, médicos, pessoal de manutenção, etc.).
- Inanimado (equipamento, ferramentagem, espaço de chão, etc.).
- Intangível (informação, força elétrica, etc.).

Segundo BANKS et al.(1995), o recurso pode servir uma ou mais de uma entidade dinâmica ao mesmo tempo. Por sua vez, uma entidade dinâmica pode requisitar uma ou mais unidades de um dado recurso. Se for negado, a entidade se junta a uma fila ou aciona alguma outra ação, sendo ou desviada para um outro recurso, ou lançada para fora do sistema. Se for permitido capturar o recurso, a entidade permanece durante um tempo, para então libertar o recurso.

**Controle** - O controle impõe ordem no sistema. O controle dita como, quando, e onde as atividades seriam executadas. A um nível mais alto, o controle consiste em horários, planos, e políticas. O controle toma a forma de procedimentos escritos e a lógica de controle de máquina. Em todos os níveis, o controle fornece a informação e a lógica da decisão de como o sistema deveria operar. Exemplos de controle podem incluir:

- seqüências da rota.
- planos de produção.
- programação do trabalho.
- priorização de tarefa.
- software de controle.
- folhas de instrução.

### 3.2.3. A COMPLEXIDADE E AS METRICAS DE DESEMPENHO

Os elementos de um sistema operam em seqüência e resultam em interações complexas. Essa complexidade do sistema é principalmente uma função dos dois fatores: a interdependência e a variabilidade.

A **interdependência** explica como o comportamento de um elemento pode afetar os demais. A complexidade de um sistema tem menos a ver com o número de elementos que com a quantidade de relações mutuamente dependentes. Essa interdependência pode ser

estreita ou solta dependendo em como os elementos estão unidos. Quando um trabalhador ou máquina estiver atrasado em um sistema altamente dependente, o impacto é sentido imediatamente através de outros elementos e todo o processo pode ser afetado, como um efeito dominó.

A **Variabilidade** é uma característica comportamental que produz a incerteza. Seria como exemplo, uma combinação na incerteza da entregas do fornecedor com falhas no equipamento e as flutuações da demanda, que implicam na destruição das operações já planejadas. Embora a quantidade excessiva de elementos pode ser a origem da complexidade do sistema (entidades diferentes, recursos, e o controle), são as interações destes elementos que fazem do sistema complexo e difícil de ser analisado. A tendência é de ignorar essa variabilidade e calcular a capacidade e o desempenho do sistema baseado na média das exigências. A tabela 3.1 identifica os tipos de variabilidade na maioria dos sistemas industriais e de serviço existentes.

Tabela 3.1: **Exemplos de variabilidade do sistema**

Tipo de Variabilidade	Exemplos
Atividades temporais	Tempos de operação, tempos de reparo, de preparação, de movimento, etc.
Decisões	Aceitar ou rejeitar uma parte, dirigir a um cliente em particular, a próxima tarefa para executar.
Quantidades	Tamanho do Lote, quantidades de chegada, número de trabalhadores ausentes
Intervalos de evento	Tempo entre chegadas, tempo entre falhas de equipamento
Atributos	Preferência de cliente, nível de habilidade

Fonte: HARRELL et al. (2000)

A variabilidade intensificar o efeito da interdependência e se propaga no sistema, que segundo observações do Hopp e Spearman apud HARRELL (2000), "as saídas com alta flutuação de uma estação de trabalho introduzem variabilidade na entrada da estação seguinte".

**As Métricas de Desempenho** são medidas para avaliar o desempenho de um sistema.

Ao nível mais alto de uma organização, a métrica mede o desempenho em termos de lucros, rendas, custos do orçamento, retornos de investimentos (ROA), e outros. Ou sejam, são normalmente de natureza financeira.

Infelizmente, tais métricas sendo informadas periodicamente são sempre atrasadas, daí, pode estar disfarçando o baixo performance de um sistema. Neste sentido, muitas vezes é mais benéfico avaliar o desempenho operacional, rastreando os próprios fatores tais como o tempo, a qualidade, a quantidade, a eficiência, e utilização, porque estas métricas operacionais refletem na atividade imediata e podem ser diretamente controláveis. HARRELL et al. (2000) descrevem algumas métricas operacionais de sistemas industriais e de serviço:

- **Tempo de fluxo** - o tempo que uma entidade leva para ser processado no sistema. Como sinônimos temos: tempo de ciclo, tempo de processamento. Para sistemas de execução de pedidos, o tempo de fluxo pode ser visto também como tempo de resposta do cliente.
- **Utilização** - a porcentagem do tempo que o pessoal, o equipamento, e outros recursos estejam em uso produtivo. Se um recurso não está sendo utilizado, pode significar que está ocioso, bloqueado, ou quebrado. Sistemas com elevada variabilidade nas atividades temporais, dificilmente alcança alta utilização dos recursos.
- **Tempo para agregação do valor** - quantia de tempo gasto com material, clientes, etc. para receber valor, definido como qualquer coisa que o cliente está desejoso para pagar.
- **Tempo de espera** - quantia de tempo que o material, clientes, etc. esperam para serem processados. O tempo de espera é o maior componente que não adiciona valor.
- **Taxa do fluxo** – número de itens produzidos ou de clientes atendidos por unidade de tempo. A taxa de fluxo pode ser aumentada com uma melhora na utilização de recursos, especialmente quando o recurso é limitando e sendo o gargalo do sistema.
- **Inventário ou níveis de fila** - número de itens sendo acumulados em áreas de espera.

➤ **Variância** - o grau de flutuação que pode e freqüentemente acontece em qualquer uma das métricas precedentes. A variância introduz incerteza e o risco para alcançar as metas. A variância é reduzida ao controlar os tempos da atividade e melhorando a confiabilidade dos recurso e a aderência da programação operacional.

### 3.2.4. AS VARIÁVEIS DO SISTEMA

Projetar um novo sistema ou fazer melhorias em um existente requer mais que uma identificação dos elementos e das metas de desempenho. Requer a compreensão de como os elementos afetam uns aos outros e os objetivos de desempenho globais. Para visualizar estas relações, três tipos de variáveis de sistema precisam de ser entendidos que são: as variáveis de decisão, de resposta e as de estado.

**3.2.4.1. Variáveis de Decisão** - também são chamados de fatores de entrada. Quando se conduz uma experiência, as variáveis de decisão muitas vezes se referem às variáveis independentes do experimento, pois uma mudança nos seus valores a afeta o comportamento do sistema como todo. Essas variáveis independentes podem ser entendidos como controláveis ou incontroláveis, dependendo da habilidade de manipular uma determinada variável. Obviamente, todas as variáveis independentes que estão em um experimento são, em tese, controláveis. Mas a um custo associado. A questão chave é que algumas variáveis são mais fáceis para mudar que outras.

**3.2.4.2. Variáveis de Resposta** - às vezes chamadas de variáveis de saída, são variáveis dependentes que medem o desempenho do sistema em resposta a uma determinada variável independente. Como variável de resposta poderia ser o número de entidades processados para em um dado período, a utilização média de um recurso, ou qualquer uma outra métrica de desempenho descrito antes. Em um experimento, a variável de resposta seria a que depende dos valores das variáveis independentes. O experimentador manipula somente

as independentes ou variáveis de decisão. Obviamente, a meta do planejamento de sistemas é a de encontrar os valores certos ou colocações das variáveis de decisão que dão os valores de resposta desejados.

**3.2.4.3. Variáveis de Estado** - são as coleções de toda a informação necessária para definir o que está acontecendo dentro de um sistema a um nível esperado (exemplo: atingir a produção desejada) em um dado ponto específico do tempo. BANKS et al. (1995) esclarece que a determinação das variáveis de estado do sistema é uma função do propósito da investigação, assim, as variáveis de estado do sistema em um caso pode não ser o mesmo para outro caso, embora que o sistema físico seja o mesmo. Como exemplos de variáveis de estado podem ser o número atual de entidades que esperam para serem processados ou o estado atual (ocupado, ocioso, quebrado, etc.) de um recurso em particular. As variáveis de Resposta são na verdade, o resumo das mudanças de estado da variável, com o passar do tempo. As Variáveis do Estado são portanto, dependentes. Essas variáveis são freqüentemente ignoradas em experimentos, uma vez que elas não são controláveis igualmente como as de decisão. O estado de um sistema na verdade consiste em "uma coleção de variáveis necessárias para descrever um sistema em um momento em particular, e relativa aos objetivos do estudo" (LAW e KELTON, 2000).

### 3.3. MODELOS DE SIMULAÇÃO

Os modelos de simulação podem ser classificados por diferentes critérios. Estas classificações, e os termos usados para descrevê-los, servem para diferenciar somente os **modelos** e não os **sistemas** que eles representam.

#### 3.3.1. MODELO DETERMINÍSTICO OU ESTOCÁSTICO

PEDGEN(1995) apresenta esta forma para classificar a simulação, que é com relação à influência das variáveis do sistema. Em uma simulação determinística, qualquer estado futuro será determinado somente quando o estado inicial e a informação de entrada estiverem definidos. Outro aspecto importante a observar é de que uma simulação determinística produzirá sempre o mesmo resultado exato, não importa quantas vezes sejam rodadas o modelo. Um modelo de simulação é reconhecido como **aleatório** ou **estocástico** quando reconhece a presença de uma variação “ao acaso”. Ou seja, uma ou mais variáveis de entrada é randômica por natureza e segue uma distribuição de probabilidade.

#### 3.3.2. MODELO ESTÁTICO OU DINÂMICO

Uma outra maneira de classificar os modelos é com relação ao tempo. Um modelo que sofre alterações ao longo do tempo é chamado de **dinâmico**. Por sua vez, o modelo que descreve o comportamento do sistema em um único ponto é chamado de **estático**. Por exemplo, um modelo que mede somente o lucro no final do ano é estático, enquanto um outro que mostra o comportamento ao longo do ano e em função do tempo seria dinâmico.

#### 3.3.3. EVENTO DISCRETO OU SIMULAÇÃO CONTÍNUA

A dimensão final de classificação dos modelos refere-se à maneira com que os modelos mudam de posição e estado dentro do sistema.

Uma simulação de evento discreto descreve mudanças de estado ocorrendo em pontos discretos de tempo, como sendo disparados por eventos. Como exemplos de eventos típicos podem ser, a chegada de uma entidade em uma estação de trabalho, falha de um recurso, o fim de uma mudança, etc. Assim, as mudanças de estado ocorrem somente quando acontece um evento. Neste caso, as variáveis de estado são definidas como variáveis de estado de mudança discreta.

Numa simulação contínua, as variáveis de estado modificam como uma contínua ocorrência de fenômenos no tempo. Neste caso, essas variáveis de estado passam ser conhecidas como variáveis de estado de mudança contínua.

Uma vez definidas as variáveis de estado, um contraste pode ser observado entre os modelos de eventos discretos e os modelos contínuos baseado nas variáveis necessárias para localizar o estado do sistema. A Figura 3.2 compara essas variáveis de estado ao longo do tempo:

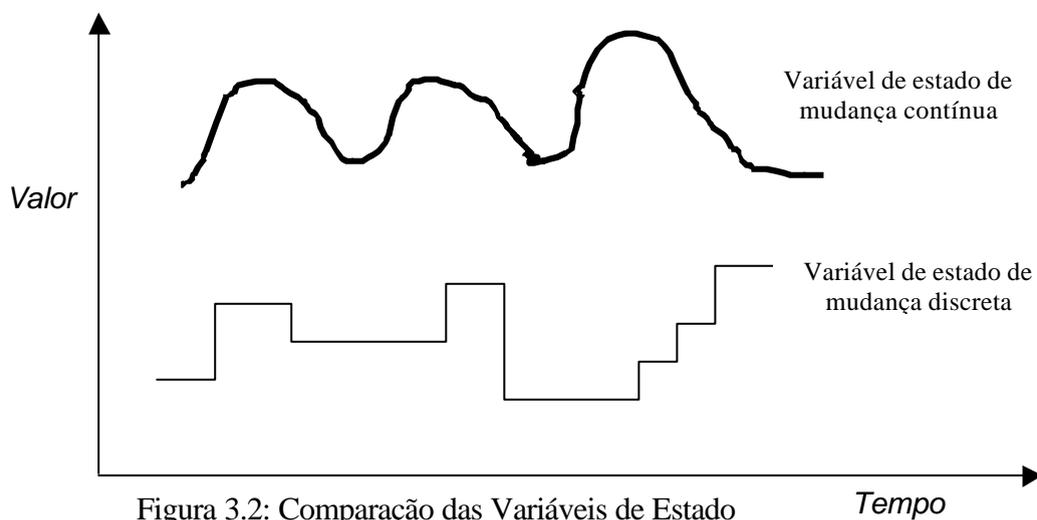


Figura 3.2: Comparação das Variáveis de Estado

Fonte: HARRELL et al. (2000)

### 3.4. PROJETO DE SIMULAÇÃO – ETAPAS DO PROCESSO DA MODELAGEM

Como se deve começar um projeto de simulação e concluir com sucesso? HARRELL et al.(2000) enfatiza que o projeto deve ser cuidadosamente planejado de acordo com os princípios básicos e as práticas de gerenciamento de projeto. Enquanto as tarefas específicas podem variar de projeto para projeto, o procedimento básico para fazer a simulação é essencialmente o mesmo.

A simulação não é uma ferramenta a ser aplicada indiscriminadamente sem a mínima avaliação preliminar. Um planejamento com objetivos mal definidos, expectativas irreais, e custos inesperados podem invalidar um projeto. Os seguintes passos são recomendados:

**Passo 1:** Definir o propósito, o âmbito, e as exigências.

**Passo 2:** Coletar os dados: identificar, juntar, e analisar os dados sobre o sistema. Este passo resulta no modelo conceitual e a documentação preliminar.

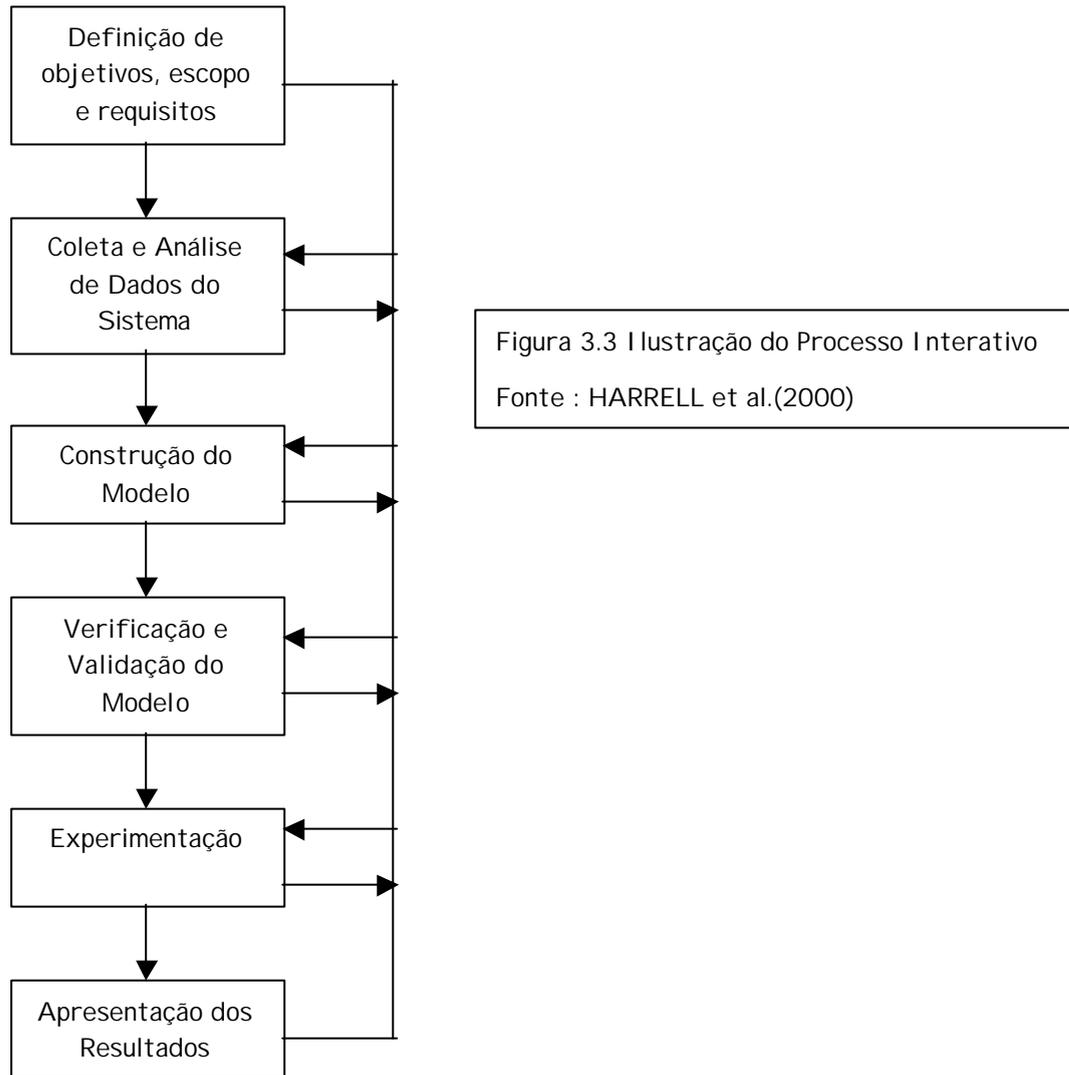
**Passo 3:** Construir o modelo, que é a etapa de desenvolvimento.

**Passo 4:** Verificar e Validar o modelo, para que seja a representação confiável do real.

**Passo 5:** Conduzir experimentos, submeter para estudo de cenários.

**Passo 6:** Analisar os resultados, as conclusões e as recomendações.

O procedimento para fazer uma simulação é interativo, no qual as atividades muitas vezes são redefinidas a cada repetição. Descrevendo este processo interativo, Pritsker e Pegden apud HARRELL (2000) observam que os estágios de uma seqüência estruturada são raramente seguidas. A Figura 3.3 ilustra este processo interativo.



A decisão de continuar com o processo iterativo é de acordo com os objetivos e a fronteira de restrições do estudo, como também da análise de sensibilidade. Mesmo depois dos resultados apresentados, freqüentemente conduz-se a experimentos adicionais para novas solicitações. Um projeto de simulação pode ser afetado tendo premissas errôneas ou pouco fundamentadas, as quais implicam mais tarde em reformulação do problema, e sua remodelagem. Portanto, o modelo sendo adequadamente construído, o processo iterativo pode gerar resultados efetivos para analisar as alternativas e ajudar no processo decisório.

### 3.5. APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE SIMULAÇÃO

Os analistas afirmam que a simulação é uma ferramenta que cobre a lacuna entre as ciências técnicas e administrativas, isto é, uma abstração matemática complexa da realidade. Desde anos de 80 e 90, a técnica de simulação vem sendo empregada no meio empresarial, industrial e de serviços devido a avanços na tecnologia de informática e a redução gradativa do custo do desenvolvimento de modelos. Houve aumento na demanda de modelos de simulação como um meio para suportar as decisões estratégicas empresariais.

Hoje, a crescente disponibilidade de softwares de simulação, alguns contendo recursos de animação gráfica, processos interativas embutidos e poder de comunicação com outros sistemas, a simulação está sendo visto pelo nível gerencial das empresas, como a ferramenta para proporcionar uma política segura e econômica. Entretanto, continuam como requisitos básicos, o conhecimento e experiência dos profissionais.

Dada a flexibilidade e a versatilidade proporcionadas pela simulação, quase todos os sistemas podem ser simulados. Apontamos algumas aplicações a seguir:

- **Sistemas computacionais:** componentes de hardware, estrutura de base de dados e gerenciamento, processamento da informação, credibilidade do hardware e software.
- **Manufatura:** sistemas de manuseio e de montagem, instalações de produção e de estocagem, sistemas de controle de inventários, situações de segurança e manutenção, layout de plantas industriais, projetos de maquinaria, etc., implantação de novos métodos de produção, projetos de linhas de montagem, projeto de máquinas, etc.;
- **Negócios:** análise do estoque e utilidades, política de preços, estratégias de marketing, estudos de aquisição, análise do fluxo monetário, análise de alternativas de transporte, planejamento a alocação de força de trabalho, etc.
- **Governamentais:** planejamento dos sistemas de defesa militar, simulação de combates, de armamentos militares; planejamento e dimensionamento de recursos para atendimentos de

saúde: médicos, enfermeiros, leitos, equipamentos; proteção a incêndios, ação policial, projetos de estradas, controle de tráfego, serviços sanitários, etc.

- **Logística:** dimensionamento de frota, “scheduling”, planejamento de sistemas de distribuição, projeto de terminais, controle de tráfego, adoção de rotas alternativas, etc.

- **Ecologia e Meio Ambiente:** produção e purificação de água, controle de dejetos, da poluição do ar, do solo e água, controle de desastres ambientais, previsão do impacto ambiental causado por novas unidades industriais, etc.; previsão do tempo, de terremotos e tempestades; exploração e extração de minerais, sistemas de energia solar, controle de safras agrícolas, etc.

- **Sociedade e Comportamento:** avaliação da população versus alimentação, políticas educacionais, análise do sistema de previdência social, administração universitária, etc.

- **Biociências:** análise do desempenho esportivo, ciclo de vida biológico, estudos biomédicos, etc.

Esta relação de aplicações típicas mostram a abrangência do potencial do emprego da ferramenta de simulação. Portanto, é uma tecnologia que apresenta evidências promissoras de melhoria à medida que se percebe o estágio avançado de desenvolvimento tecnológico, com mais recursos para facilitar seu uso, custos menores pela redução do esforço de modelagem, em paralelo à crescente capacitação de interface com outros aplicativos. A simulação é um método de custo efetivo de pré-teste recomendado, antes de incorrer em despesas com protótipos, testes de campo, ou mesmo a implantação efetiva do projeto.

### 3.5.1. SIMULAÇÃO NA MANUFATURA E EM SISTEMAS LOGISTICOS

As organizações estão recorrendo à simulação como um recurso dinâmico de análise e de apoio à decisão, antes de implantar qualquer processo ou investimento, devido ao risco de investir de forma errada, pela capacidade de prever o comportamento de sistemas complexas,

permitindo calcular as interações dos componentes do sistema. Ela permite experimentar um sistema antes de implementá-lo de fato e desse modo, pode auxiliar na avaliação das alterações antes de adquirir equipamentos. Para um sistema de manufatura, interessa conhecer onde o desempenho é afetado pela competição dos recursos (maquinas, trabalhadores, movimentação de materiais, etc.).

Segundo JONHSON e WOOD(1996), a análise de sistema se refere à ordenança da observação e de segmentos da rede logística para determinar como cada segmento e o sistema se interagem e podem ser melhorados. É difícil de medir o desempenho global de um sistema sem entender o desempenho dos seus componentes. Um sistema com enfoque na dimensão “tempo” avalia alternativas de transporte, determina o melhor plano para gerenciar os estoques e significa “planejar a operação diária do sistema logístico”. Uma análise temporal típica acompanha o fluxo do produto desde os pontos de expedição, considerando os aspectos do sistema de distribuição. Estas avaliações são geralmente realizadas por intermédios de simulações em computadores, com a incorporação dos dados em modelos da rede logística.

A simulação tem acompanhado a evolução da importância da logística no meio empresarial. Necessidades de alocação de espaço, requisitos de movimentação cada vez mais variados são apenas algumas das questões de distribuição e armazenagem que podem ser tratados. Uma vez que a logística, em muitos aspectos, são relacionados à movimentação de operações envolvendo o tempo, as mudanças de locais e eventos probabilísticos, e a modelagem dinâmica se torna fundamental. A principal vantagem da aplicação da simulação em sistemas logísticos, consiste no fato de permitirem testar virtualmente as alternativas de operação. JOHNSON e WOOD (1996) afirmam ser a simulação a técnica mais utilizada no planejamento de sistemas logísticos pelo fato de poder abordar questões com relação à escolha dos modais de transporte, da localização de armazéns, custos de transportes; custos de

imobilização, níveis de serviço aos clientes, etc. Tornando-se possível, avaliar os diversos componentes do sistema, e optar pelas formas mais adequadas de operação.

### **3.5.2. PARADIGMAS SOBRE LINGUAGENS DE SIMULAÇÃO E SIMULADORES**

A distinção sempre foi feita entre as linguagens de simulação e os simuladores. As primeiras linguagens de simulação eram consideradas como sendo para propósitos generalistas, como é o caso da linguagem FORTRAN. Perdia-se tempo na elaboração de rotinas e na depuração de erros de execução e possui menos estruturas predefinidas para modelar tipos específicos de sistemas. Todavia, havia flexibilidade de programação, simulando-se uma grande diversidade de sistemas. Por outro lado, os simuladores eram projetados para lidar com problemas específicos. Os primeiros simuladores adquiriram a reputação de serem menos flexíveis, com pequena capacidade de programação, porém eram fáceis para uso, enquanto que as linguagens de simulação eram bastante flexíveis mas difíceis de usar. Com o passar dos anos, esse paradigma ultrapassado, que polarizava a flexibilidade contra a facilidade de uso, foi sendo modificado, com o desenvolvimento da informática e de novos ambientes operacionais. Hoje, o novo paradigma considera a facilidade do uso uma característica independente da flexibilidade dos recursos de programação. Hoje, as ferramentas de simulação mais populares combinam robustas formas estruturais com capacidades de programação flexível. Elas operam em ambientes gráficos, onde módulos de programas são conectados, formando seqüências lógicas para serem seguidas pelas entidades.

### **3.5.3. CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE COMPUTACIONAL**

A execução de um projeto de simulação exige diversas capacitações técnicas. Em função da complexidade, alguns projetos requerem a participação de especialistas. Em resumo, são necessárias as capacitações para :

- Modelagem do problema em questão; é necessário que o especialista ou a equipe de profissionais sejam habituados ao desenvolvimento de projetos com utilização de informática.
- Tratamento adequado dos dados de modelagem, e a interpretação dos resultados gerados; sendo uma característica pertinente dos estudos de simulação a utilização intensiva de dados, é desejável que o especialista ou a equipe de profissionais tenham conhecimento estatístico necessário.
- Traduzir as relações entre os seus componentes do sistema em regras lógicas. O especialista ou a equipe devem apresentar domínio sobre técnica de análise de processos, além de envolver profissionais que trabalham na prática com o sistema.

Com a evolução tecnológica nos últimos anos, o ambiente informatizado está cada dia mais rápido, confiável, eficiente. Este novo ambiente está disponibilizando ferramentas amigáveis com novos recursos para tratar as informações dos processos e para a análise quantitativa posterior de problemas, são capazes de auxiliar diferentes situações de tomada de decisão.

Os sistemas logísticos de manufatura que abrangem desde a produção até o cliente são na maioria dinâmicos e complexos, tendo os elos da cadeia interagindo entre si e influenciados pelos fatores externos, normalmente de natureza aleatória. A modelagem computacional visa traduzir a lógica conceitual dos sistemas para modelos operacionais, podendo utilizar para sua programação, um software apropriado. No estudo do caso, optou-se pelo ProModel, um pacote de simulação que possui modelagens projetadas especificamente para capturar o comportamento dinâmico de sistemas.

ProModel é um software de simulação destinado para modelar principalmente sistemas de eventos discretos que permite avaliar, planejar ou reprojeter sistemas logísticos e de manufatura. Lembrando ainda que a simulação de evento discreto trabalha convertendo todas as atividades para eventos e as suas reações.

Como aplicações típicas do ProModel pode-se citar:

- ✓ implementação de novos processos de manufatura;
- ✓ identificação de áreas problemáticas dentro do sistema produtivo ou logístico, os gargalos operacionais;
- ✓ alocação de recursos, identificando os ociosos, em sistemas de manufatura e logísticos;
- ✓ redução do tempo de ciclos produtivos e logísticos;
- ✓ apoio na decisão de investimentos em equipamentos;
- ✓ análise da capacidade de produção, objetivando a produtividade; etc.

Como característica do software, o simulador constrói modelos empregando recursos gráficos, tabelas e caixas de diálogo. No processo de modelagem, a maioria dos elementos podem ser definidos através de representações gráficas, na forma de objetos e diretamente no desenho do sistema que está sendo desenvolvido. Essa forma de definir objetos graficamente facilita a visualização e a compreensão do comportamento do sistema, ainda durante a construção do modelo.

Durante a modelagem, todos os elementos podem ser definidos ao acessar o Menu “Build” da barra de opções principais que aparece na janela em tela do ProModel. Através deste Menu “Build”, especificam as **Entidades**, que são os itens a serem processados, os **Locais**, tais como as estações de trabalho, máquinas, áreas de espera, filas, etc., elementos que representam os lugares fixos do sistema por onde as entidades são processadas, armazenadas, ou passam para alguma outra atividade que necessite de decisão; os **Recursos**, agentes utilizados para processar e movimentar as entidades, e **Caminhos**, meios pelos quais as entidades e os recursos atravessam. A Figura 3.4 mostra a Tabela de Edição de **Locais** dentro do ambiente do Promodel, contendo campos para especificar as características de cada local, com o ícone gráfico correspondente.

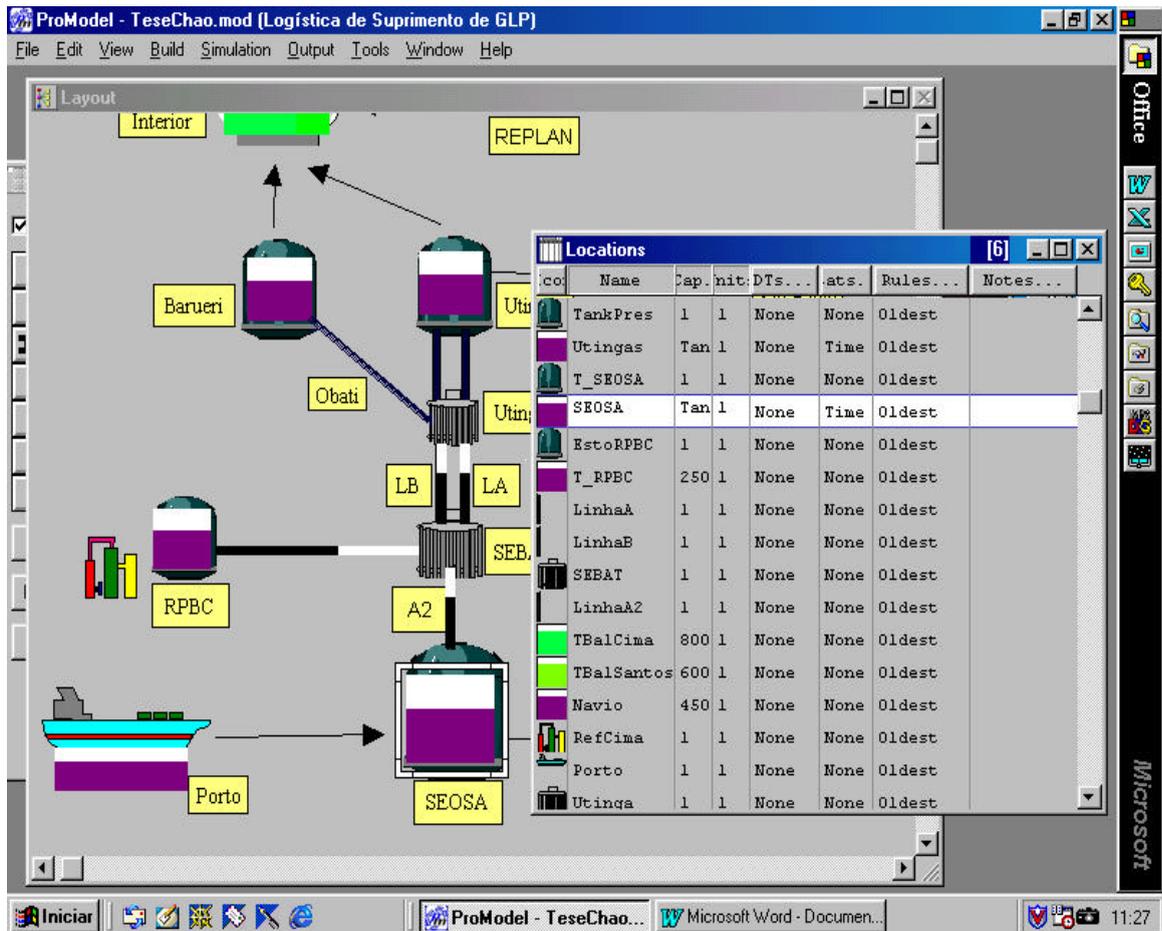


Figura 3.4.: Tabela de Edição de Locais do ProModel

Quando se cria um novo elemento no modelo, qualquer informação sobre sua descrição poderá ser inserida. Quando processa um modelo criado pelo ProModel, a base de dados do modelo é traduzida para criar uma base de simulação. Uma animação em tela, estática ou dinâmica, pode ser disparada junto com a simulação. A animação estática que são representações estáticas tais como paredes, corredores, máquinas, telas de texto, etc., fornece o plano de fundo para a animação dinâmica, contendo objetos movendo durante a simulação que são as entidades (peças, clientes, etc.).

O software possui também caixas de diálogo associados com cada um dos elementos do modelo, para definir o comportamento operacional do sistema, tais como, as chegadas de entidades e a lógica do processamento. Através da janela do ambiente de modelagem, é

possível acessar também as **Sub rotinas**, num segundo nível. Como exemplo, a sub rotina que processa fluxos de entrada e saída de tanques e navios, como mostra a Figura 3.5.

The screenshot displays the ProModel software interface. The main window shows a simulation layout with various components like 'Mercado latente', 'Barren', 'Ubergä', 'SEBAT', 'A2', 'SEOSA', and 'Porto'. A 'Subroutines' window is open, showing a table of subroutines used in the simulation.

ID	Type...	arameters..	Logic...
Tank_Fill	None	Tank_ID, Ta	// Fills a tank ID
Tank_Empty	None	Tank_ID, Ta	// Empties a Tank
Tank_Transfer	None	Tank_FromID	// Transfers a que
Tank_TransferDown	None	Tank_FromID	// Transfers until
Tank_TransferUpTo	None	Tank_FromID	// Transfers until
Tank_Inc	None	Tank_ID, Ta	// Instantly incre
Tank_Dec	None	Tank_ID, Ta	// Instantly decre
Tank_FallTrigger	None	Tank_ID, Ta	// Waits until a 1
Tank_RiseTrigger	None	Tank_ID, Ta	// Waits until a 1
Tank_Prep	None	Tank_ID, Ta	// Prepares or cle
Tank_SetLevel	None	Tank_ID, Ta	// Instantly sets
Tank_DoOperation	None	Tank_ID, Ta	// Delays some tin
Tank_GoDown	None	Tank_ID, Ta	// Sets Tank_ID st
Tank_SetState	None	Tank_ID, Set	// Updates Tank St
Tank_FreeCap	Real	Tank_ID	// Returns the av
Tank_Cap	Real	Tank_ID	// Returns the def
Tank_UpdateStats	None	Tank_ID	// Updates the sta
Tank_Rate	Real	Tank_FromID	// Used to dynamic
Tank_SelectOutput	Integer	Tank_Start,	// Selects an outp
Tank_SelectInput	Integer	Tank_Start,	// Selects an inpu

Figura 3.5 : Tabela da Subrotina de do Promodel

ProModel possui também processador de saída que fornece as informações sobre o processo que são juntadas durante a simulação, como resultados tratados estatisticamente para a análise de desempenho. As medidas de performance podem ser apresentados em forma de relatórios, plotagens de séries temporais, histogramas e outros. Para uma análise mais precisa dos resultados, o software fornece também recursos de análise estatística, tais como estimação do intervalo de confiança, etc.

## **CAPÍTULO 4**

### **DESCRIÇÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO**

---

---

#### **4.1. GLP – PRODUTO COMBUSTÍVEL DO PETRÓLEO**

O produto combustível denominado Gás Liqüefeito de Petróleo – GLP, é formado por hidrocarbonetos com átomos de carbono (C) e de hidrogênio (H), sendo constituído principalmente por compostos de três átomos de carbono (propano e propeno) e de quatro átomos de carbono (butanos e butenos). O GLP pode ser obtido a partir de diversos processos industriais de refino e petroquímico, utilizando como matéria-prima, Gás Natural e Petróleo.

##### **4.1.1 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO LOGÍSTICO**

Sempre é importante compreender a natureza do produto para a logística. Conhecer as características permite relacionar os custos logísticos com as negociações do produto. As características do produto moldam o projeto do sistema logístico, para ser mais adequado e tornar o produto disponível para o cliente.

O produto logístico pode ser definido como sendo aquilo que uma empresa pode oferecer ao seu cliente com satisfação. Se o produto for um bem físico, apresentaria atributos físicos, tais como peso, volume e forma que influenciam diretamente no custo logístico. Nas suas várias combinações, estes atributos indicam a necessidade de armazenagem, estoque, transporte, manuseio, etc. Segundo YOSHIZAKI(1995), essas combinações podem ser divididas em quatro categorias: (1) relação peso-volume (densidade), (2) relação valor-peso, (3) características de risco (periculosidade) e (4) substitutibilidade.

Sendo o GLP uma das frações mais leves do petróleo, seu estado à pressão atmosférica é gasoso, porém, o GLP como produto disponível no mercado para ser consumido, sempre se apresenta na forma líquido e pressurizado em cilindros especiais, o que propicia a redução do

GLP a volumes menores, facilitando o trabalho de manuseio, transporte e estocagem, através dos diversos modais da cadeia de distribuição até chegar ao usuário final. Para venda no varejo, o GLP uma vez recebido através de terminais operacionais específicos para produtos inflamáveis, é então “engarrafado” nas plantas de pressurização das empresas canais de distribuição, em cilindros de 45 kilos, para uso industrial ou em botijões de 13 kilos, destinado ao uso doméstico.

As empresas que atuam como canal de distribuição do GLP realizam basicamente este serviço de separar o produto recebido a granel em suas instalações, condicionando em embalagens menores (cilindros e botijões), apropriados para os usuários do produto.

O GLP é um produto de elevado risco, é inflamável e sujeito à explosão, além da elevada toxidez, uma série de normas de segurança é imposta para seu manuseio, transporte e armazenagem. As embalagens (cilindros e botijões) devem estar sempre em perfeitas condições para não provocar acidentes às vezes de proporções desastrosas.

Outra providência importante que vale ser comentada é com relação à adição de produtos para conferir odor. Originalmente o GLP não apresenta cheiro, um vazamento e a inalação do produto podem ocorrer de forma imperceptível. Fazem parte do procedimento operacional das refinarias, a adição de produto químico com cheiro forte ao GLP produzido. No entanto, o mesmo pode não ocorrer com o GLP importado, caso não houver as devidas providências especiais na importação.

Outro aspecto relevante é com relação à sua qualidade. O GLP é um produto definido pela ANP, Agência Nacional de Petróleo, Órgão Regulador do Setor Petróleo, como “**fungível**”. Assim, as condições de transferência e de armazenagem são facilitadas, uma vez que o produto vindo de diversas procedências podem ser misturadas, desde que seja mantida uma especificação básica. A ANP determina itens de qualidade que devem ser acompanhados

até o cliente final. Como exemplo, as especificações “Densidade”, do “Teor de Enxofre” e “Intemperismo” que permitem enquadrar GLP dentro da condição ideal de combustível.

## **4.2. MERCADO DO GLP**

Conhecer o mercado é descobrir, além da dimensão do mercado, que tipo de produto e serviço são desejados. Essa quantificação do mercado deve considerar as vendas históricas, próprias e dos concorrentes, estudos de avaliação do crescimento de possíveis substitutos, e na dimensão do ambiente setorial e no macro-ambiente, o crescimento econômico e de outras variáveis complexas de natureza diferente que podem ampliar ou reduzir a demanda.

O GLP é um combustível estratégico considerado de impacto devido ao elevado custo de abastecimento, provocado pela dependência de importações. Essas importações vêm crescendo ano a ano, devido ao aumento da demanda interna, sobrecarregando as instalações operacionais existentes para sua movimentação até os centros de distribuição, localizados próximos aos grandes centros de consumo.

O GLP concorre nos setores que depende de combustíveis menos poluentes. A taxa dos energéticos poluentes beneficia sua procura, principalmente em locais longe da rede de distribuição de Gás Natural. Em linhas gerais, são as seguintes variáveis que influenciam na sua demanda:

- Preço: afeta de forma significativa, atuando no sentido inverso do consumo;
- PIB: é um agregado econômico que define o valor adicionado da produção de bens e serviços de um país durante um período;
- Competição energética: expansão da rede de Gás Natural restringe o uso do GLP.

- Mercado específico: como insumo agregado a condições de fabricação exigidas pelo comprador, o que ocorre para determinados produtos de exportação que obriga o uso de GLP como fonte energética, como exemplo o de alimentos.

#### **4.2.1. PRINCIPAIS SEGMENTOS DE CONSUMO**

Segmentar mercado é dividir em partes de forma a encontrar grupos de consumidores com necessidades semelhantes, de acordo com uma combinação de critérios. Em seguida, os comentários com relação a os principais segmentos de consumo de GLP:

- **Segmento Industrial**

O setor industrial tem se apresentado como um dos maiores nichos de mercado, onde o GLP substitui o óleo combustível nos locais distantes da rede de Gás Natural. A escolha é impulsionada por questões tecnológicas, em indústrias que não aceitam outras fontes energéticas, pela melhoria na eficiência térmica, e quanto se objetiva elaborar produtos para o mercado internacional (ISO 14.000).

Outro fato importante são as limitações quanto as emissões permitidas pelos órgãos de controle ambientais incentivando os combustíveis menos poluentes. Todavia, o GLP não se justificaria na indústria estando o consumo nas proximidades de rede de Gás Natural, uma vez que o Gás Natural é mais barato e também menos poluente.

A conveniência do GLP neste segmento é principalmente devido a tecnologia utilizada, permitindo que melhores resultados possam ser obtidos. Citamos como exemplo na indústria metalúrgica, a fusão de metais nos fornos é facilitada pela vantagem do controle da temperatura e pela pureza do GLP como insumo térmico.

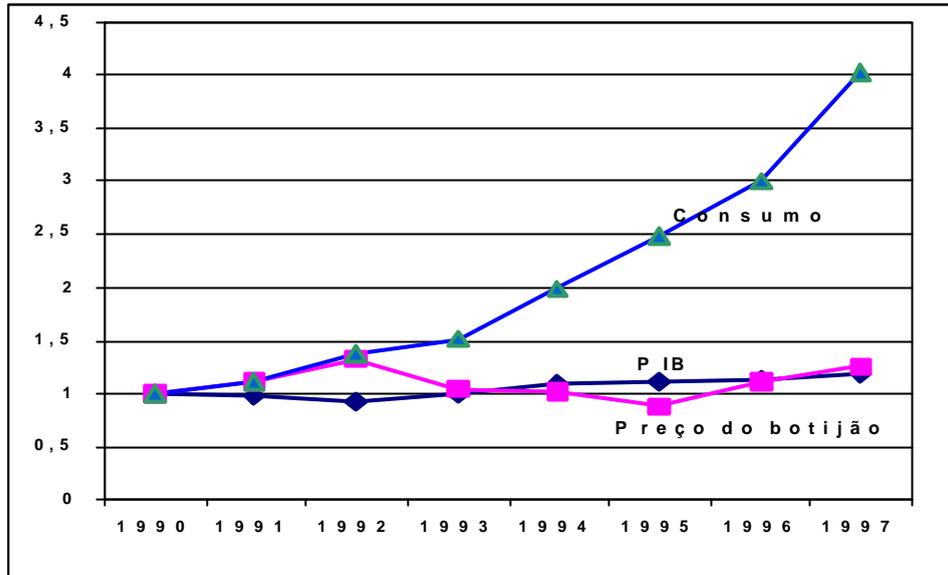


Figura 4.1: Evolução do Consumo do Segmento Industrial  
– Valores relativos (1990)

Fonte: Balanço Energético

- **Segmento Agrícola**

A maior vantagem do GLP na agricultura é a sua disponibilidade próximo ao local do uso, pouca necessidade de espaço para estocagem, não precisa de grandes tubulações e de longa rede de distribuição, servindo igualmente como fonte de energia menos poluente.

Neste segmento não há concorrência com o Gás Natural, mesmo havendo um gasoduto passando na área rural, dada a necessidade da instalação de um *city-gate* e de um sistema de controle e contagem do produto. Com relação a eletricidade, o GLP se torna mais econômico, apesar do baixo preço da eletrificação rural. Comparado ao uso da lenha, o GLP evitaria o desmatamento e a catação da madeira e lenha em locais cada vez mais distantes, além da grande área de estocagem da lenha, proteção contra umidade.

O mercado pode ser representado pela produção de água quente para diversas aplicações, como exemplo, a preparação de alimentos (esterilização, pasteurização, cocção etc.); a desinfecção a vapor, incineração, desidratação, climatização, irrigação, etc. A aplicação do GLP para controle das condições térmicas internas da estufa propicia aceleração no

desenvolvimento e maturação dos produtos. No segmento de secagem de grãos, talvez o maior mercado potencial de GLP a ser desenvolvido, pelo fato do Brasil ser um dos maiores produtores de grãos do mundo. Dentro dos processos de tratamento pós plantio, o mais importante é o da secagem do grão “in natura”. Nele, o aquecimento retira o excesso de água, permitindo a concentração de amido no grão. A vantagem está no aumento do tempo de vida do grão “in natura”, para estocagem por períodos mais longos, e reduzir custo do frete, já que parte do que era transportado vinha em forma de água. O processo de combustão na secagem “in natura” deve ocorrer isenta de elementos contaminantes e dentre as fontes energéticas o combustível mais adequado é o GLP. Os principais produtos agrícolas a serem beneficiados seriam: os cereais (arroz, feijão, soja, milho, café, cevada, lúpulo e trigo), a madeira, o tabaco, os frutos, os legumes, as flores, as plantas medicinais etc.

- **Segmento Residencial e Comercial**

O uso residencial se restringe quase exclusivamente para cocção nas regiões sem canalização. O GLP podem ser avaliados para aquecimento de ambiental em regiões frias e não supridas por redes de distribuição de gás natural.

Em geral, o GLP no segmento comercial é semelhante ao do segmento doméstico. Ou seja, para cocção, para climatização de ambientes e principalmente nas regiões frias, como na região Sul. Um sistema muito usado no exterior é o aquecimento pelo solo. A vantagem é a distribuição uniforme de temperatura em todo o ambiente e, por não haver circulação de ar, o aquecimento pelo chão não provoca o depósito de poeira no ambiente, com o conseqüente conforto ambiental. A aplicação do aquecimento pode ser direcionada aos domicílios, ao comércio (escritórios, hotéis, restaurantes, clínicas, hospitais, escolas, creches, lojas, shopping etc.), a indústria (estocagem de produtos, desumidificação, climatização, galpão etc.).

#### **4.2.2. CARACTERÍSTICAS DA DEMANDA**

A demanda do GLP é variável conforme épocas do ano. O pico do consumo sazonal acontece principalmente nos meses de inverno, quando há maiores demandas para aquecimento ambiental e cocção. Sendo o consumo do GLP predominante no segmento doméstico, outros fatores ligados à população são considerados na preparação de previsões de demanda; a consulta dos dados do IBGE de forma sistemática e periódica já faz parte da rotina do trabalho de previsão da demanda futura, tais como taxas de crescimento demográfico, o consumo per capita para tamanho de família típica, que varia conforme as camadas sociais e localizações regionais, etc.

#### **4.3. AMBIENTE LOGÍSTICO E INFRAESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO DO GLP**

A atividade de planejamento e operação da distribuição, para atender os principais mercados localizadas em áreas geograficamente dispersas do território nacional é uma tarefa de elevada complexidade. A demanda dos mercados regionalizados são atendidos através das refinarias instaladas nas proximidades, ou supridos principalmente através de modais marítimo e dutoviário.

As condições regionais do Brasil, entre a oferta e demanda do GLP, são bastante diferenciadas. Existem áreas com presença forte de produção, como é o caso de São Paulo e na região Amazônica, e em outras áreas, ofertas escassas e depende basicamente do produto vindo de cabotagem ou pela importação.

Outro aspecto relevante é com relação às responsabilidades dos elos da cadeia de suprimento e de distribuição do setor. O suprimento do GLP é responsabiliza pela à movimentação do produto, desde as fontes de produção para proporcionar o produto, na forma a granel até as “Bases Primárias de Distribuição”, onde começa efetivamente a atuação dos

canais de distribuição (companhias distribuidoras), as quais carregam o produto até as suas instalações (Base Secundária de Distribuição), onde o GLP é envasilhado em quantidades menores para varejo. O escopo do presente estudo se limita à malha logística até a “Distribuição Primária”,

A Infraestrutura operacional do sistema de suprimento do GLP vem sendo avaliado, para evitar situações de falta do produto, principalmente em épocas de maior consumo e/ou quando há redução de oferta em unidades produtoras.

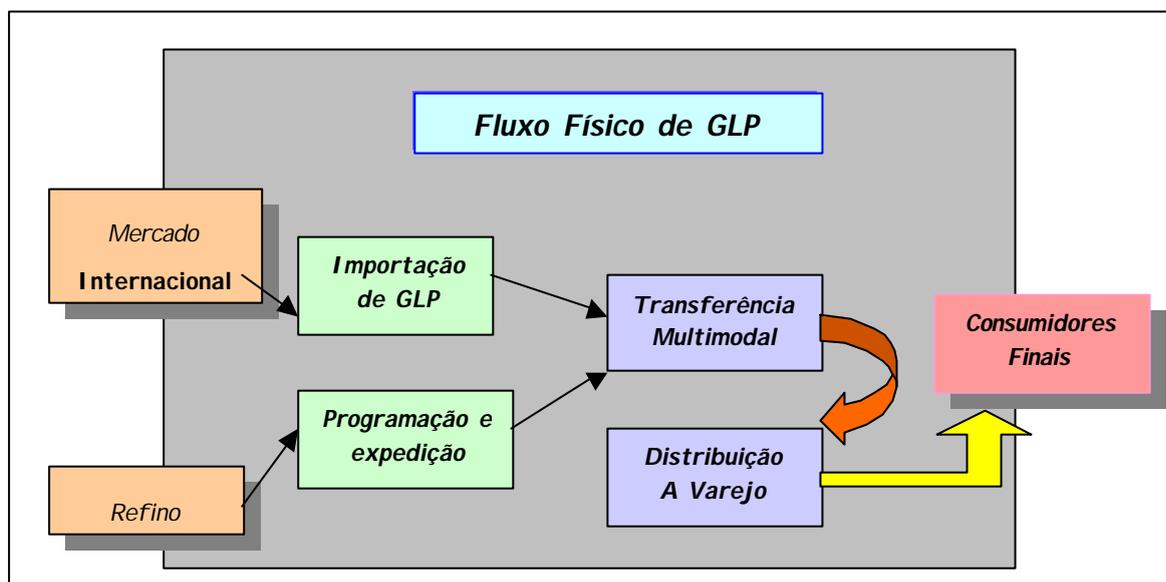


Figura 4.2 A Logística de Distribuição Física do “GLP”

Como mostra a Figura 4.2, o GLP consumido no país é oriundo basicamente de duas fontes. Internamente, a partir do parque de refino instalado no país, o GLP produzido percorre diversos modais de transporte em direção ao mercado. A outra origem é a importação, que ocorre devido a dois fatores: falta do produto pela insuficiência de oferta em determinadas áreas, e quando as condições do produto importado se apresentam como a opção mais econômica.

Para estudar as deficiências no sistema de suprimento e distribuição do GLP, é necessário conhecer quais são as condicionantes mais críticas existentes na infraestrutura das

malhas para sua movimentação, analisar essa mesma infraestrutura considerando a previsão da demanda futura, na mesma base, as ofertas futuras de produção interna e outras variáveis.

#### **4.3.1. SISTEMA DE TRANSPORTE**

O transporte representa o elemento mais importante do custo logístico na maior parte das empresas. Quando o mercado não possui um sistema adequado de transporte, as fronteiras de crescimento deste mercado fica limitada à produção local. Com melhores serviços de transporte, a colocação de produtos em mercados mais distantes podem se tornar atraentes, quando a produção, com aumento da escala produtiva, conseguem compensar o custo de transporte para alcançar outros mercados, com preços finais ainda competitivos. Portanto, o transporte pode incentivar a competição. Quando uma produção local estiver na entressafra, produto de outras fontes podem atender à demanda nesse local. Isso ocorre normalmente na logística para produtos de petróleo, pois as instalações industriais sofrem manutenção periódica, para o bom funcionamento do equipamento e preservar sua integridade patrimonial.

O transporte do GLP, é realizado através de um sistema integrado e multimodal. Dentro dos serviços utilizados, destaca-se o transporte marítimo, em face a facilidade de alcançar os grandes centros de consumo pelo litoral brasileiro.

O transporte marítimo é responsável por mais de 50% das movimentações de GLP. A distribuição do produto engarrafado, por sua vez, é realizada preferencialmente pelo modal rodoviário, com exceção da região amazônica, onde o transporte fluvial é largamente utilizado.

##### **4.3.1.1. Custo de Transporte e de Sobreestadia**

O custo de transporte do GLP é um item relevante de custo. A decisão de afretar navios se baseia fundamentalmente no seu custo. Dependendo do volume a ser movimentado, o custo de transporte pode influenciar significativamente no preço final do produto. Para

viagens de longo curso, utiliza-se navios do porte VLGC (“Very Large Gas Carrier”), com capacidade para 40.000 toneladas de GLP em média. Neste classe de navios, o GLP é transportado na forma refrigerada, e o frete é menor que o cobrado em navios de menores capacidades para o transporte do GLP na forma pressurizada.

As taxas de frete oscilam permanentemente, seguindo as leis de oferta e procura. É possível perceber um comportamento sazonal das taxas de afretamento, quando são formados estoques na Europa, Estados Unidos e no Japão. Assim, o custo de transporte marítimo contribui na variação sazonal do custo do GLP importado.

Outro custo significativo se refere à sobreestadia que é devido à fila de navios parados no porto. Em Santos, devido às restrições do canal de acesso, a incidência da sobreestadia ocorre com frequência. Historicamente, as despesas com sobreestadia devidas somente aos navios de GLP vem alcançando valores em torno de USD 160.000 por mês.

#### **4.3.2. CONTROLE DO ESTOQUE E SISTEMA DE ARMAZENAMENTO**

Ao contrário da atividade de transporte, que ocorre entre locais e tempos diferentes, a armazenagem se faz em locais fixos. Os objetivos logísticos e estratégias definidos pela empresa determinam os locais para a estocagem e o dimensionamento adequado da instalação.

Com relação ao controle de estoques, que visa principalmente a determinação dos lotes e tempos para o ressurgimento, o estoque assegura a disponibilidade de produto como “amortecedor” entre a oferta e a demanda. Como não é possível conhecer exatamente qual a demanda futura, além das variáveis temporais, o controle de estoque é uma questão de balancear a relação de “trade-off” dos custos associados de manutenção de estoque, de aquisição e de faltas, que têm comportamentos conflitantes. Para manter um nível de atendimento arbitrado em relação à demanda, o nível de disponibilidade desejado aumenta investimento em estoque, podendo alcançar patamares que não se justificaria pela agregação

marginal dos resultados. A análise para determinar os locais de estocagem e o dimensionamento da instalação, deve procurar identificar os diversos custos associados, de oportunidade do capital para manutenção do estoque imobilizado, os operacionais e outros custos indiretos pela instalação, para justificar a decisão.

A tancagem operacional da PETROBRAS mantida nas refinarias e nos terminais marítimos e terrestres, foi dimensionada para movimentar o GLP até as Bases de Distribuição Primária de forma satisfatória. No entanto, tem apresenta elevado grau de utilização, exigindo muitas vezes, enviar com tempo mínimo de repouso do produto armazenado. Estas situações são devidas principalmente à baixa capacidade de armazenagem das empresas que atuam na distribuição. Para minimizar seus custos, muitas distribuidoras retiram diariamente o produto. Essas empresas apostam na eficiência operacional com o carregamento de caminhões. Sendo assim, por razões diversas, eventuais interrupções no suprimento podem refletir rapidamente na falta do produto no mercado consumidor.

A Tabela 4.1 mostra a relação da capacidade de armazenagem e o equivalente médio em dias de consumo. Ressalta-se que a tancagem das distribuidoras é pulverizado para estar próxima dos centros de consumo.

TABELA 4.1 - CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE GLP NO PAÍS

(em 1000 toneladas)	<b>1999</b>	<b>2002</b>	<b>2004</b>
<b>Demanda anual</b>	<b>6.800</b>	<b>7.130</b>	<b>7.440</b>
Tancagem Distribuidoras	80	81	81
Tancagem Refinarias/Terminais	320	320	320
<b>Tancagem Total</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
Capacidade (dias de consumo)			
Tancagem Distribuidoras	<b>4,3</b>	<b>4,2</b>	<b>4,0</b>
Tancagem Refinarias	<b>18,0</b>	<b>17,0</b>	<b>16,2</b>
<b>Tancagem Total</b>	<b>22,3</b>	<b>21,2</b>	<b>20,2</b>

Fonte: ANP (2000) – Perspectiva de Suprimento de GLP no Brasil

#### 4.4. GERENCIAMENTO DA MALHA DE DISTRIBUIÇÃO

A logística de suprimento e de distribuição do GLP no Brasil é realizada através de uma rede complexa de movimentações. Para que o suprimento e distribuição funcionem a contento, o processo logístico necessita ser coordenado e otimizado continuamente, dadas às flutuações na sua produção, as variações de oferta no mercado internacional e no mercado doméstico.

Esta malha logística envolve diversos atores, exercendo funções diferentes dentro da cadeia. A atividade no seu contexto macro, é executado observando-se regras, conceitos e definições determinadas pela Agência Nacional Do Petróleo – ANP. Em cada elo da cadeia logística, uma infraestrutura operacional própria viabiliza os fluxos do combustível.

##### 4.4.1. MALHA DE DISTRIBUIÇÃO ESCOLHIDA

Dada a dificuldade para modelar toda a cadeia de Distribuição do GLP, considerando sua extensão, foi escolhida uma região específica que possui um sistema logístico contendo as diversas variáveis do sistema de distribuição. O foco está voltado para a internação do GLP para suprir déficit da demanda de São Paulo pois a produção das refinarias locais não é suficiente, resultando na importação através do Terminal Marítimo de Alemoa localizado em Santos, como mostra a Tabela 4.2:

Tabela 4.2 – Projeção de Demanda, Produção e Importação da região

(em 1000 toneladas)	1999	2002	2004
<b>Demanda anual</b>	<b>2.500</b>	<b>2.600</b>	<b>2.800</b>
Produção anual	1.770	1.800	1.800
Importação	730	800	1.000

Fonte: ANP (2000) – Perspectiva de Suprimento de GLP no Brasil

A figura 4.3, uma adaptação do Boletim da ANP(1999), ilustra como é feita atualmente, esta movimentação. Mais adiante, as sub-áreas operacionais do sistema de distribuição que serão abordadas em detalhe.

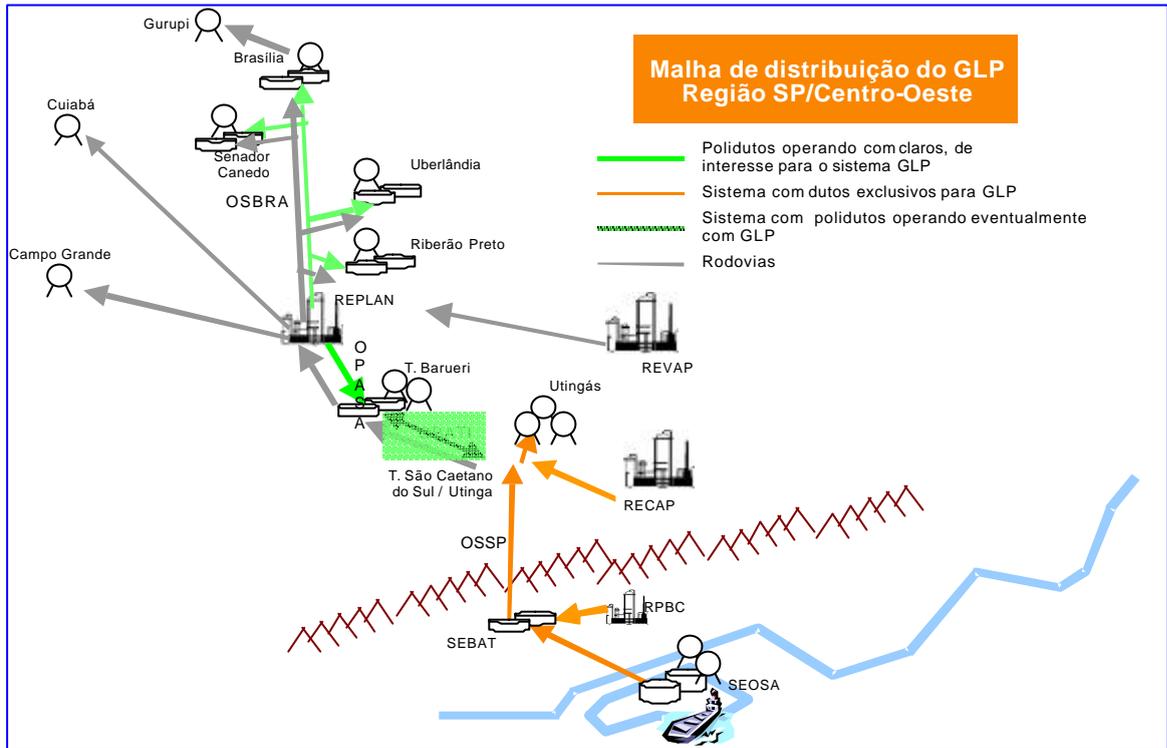


Figura 4.3. – Malha de Distribuição do GLP Região SP/Centro-Oeste

A produção das refinarias atende com prioridade a demanda da área operacional em que está situada, diminuindo ao máximo o custo de transporte. Num sistema ideal cada refinaria produziria exatamente a demanda de sua área operacional, mas na prática algumas refinarias produzem mais do que o necessário, podendo então suprir outras áreas operacionais, enquanto outras não atingem a produção necessária para suprir a demanda da área operacional em que estão inseridas, necessitando trazer o produto de uma área operacional com produção excedente, ou mesmo importar.

A Tabela 4.3 mostra a capacidade de armazenamento disponível na estrutura atual da região :

Tabela 4.3 – Tancagem Nominal Consolidada

(em 1000 toneladas)	1999	2002	2004
<b>Demanda anual</b>	<b>2.500</b>	<b>2.600</b>	<b>2.800</b>
Tancagem Distribuidoras	32	32	32
Tancagem Refinarias	120	120	120
<b>Tancagem Total</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>
Capacidade (dias de consumo)			
Tancagem Distribuidoras	<b>4,7</b>	<b>4,5</b>	<b>4,3</b>
Tancagem Refinarias	<b>17,5</b>	<b>16,5</b>	<b>15,7</b>
<b>Tancagem Total</b>	<b>22,2</b>	<b>21,0</b>	<b>20,0</b>

Fonte: ANP (2000) – Perspectiva de Suprimento de GLP no Brasil

Os critérios adotados na modelagem do projeto de simulação concentram a atenção nos fluxos críticos da malha do sistema para interiorização de GLP. Assim, foram modeladas apenas as unidades produtivas da região relacionadas diretamente com a malha. Nesse sentido, o estudo modelou somente as refinarias RPBC e REPLAN. Seguindo a proposta, foram configuradas 5 áreas operacionais, em função da localização das refinarias e os terminais de movimentação. Pode-se analisar individualmente a relação de oferta e demanda de cada uma das áreas operacionais, avaliar as condições operacionais de recebimento, armazenamento e escoamento e função das instalações existentes, sinalizar gargalos operacionais para propor melhorias para garantir que não sejam impeditivos ao abastecimento de produto através das bases de distribuição da região.

No contexto da malha logística modelada, se percebe uma área de consumo com excedente de produção (RPBC) e uma outra área deficitária (REPLAN). A tabela 4.4 mostra os valores médios de 2000 da demanda e produção das áreas operacionais.

Tabela 4. 4 – Balanço de oferta Refinaria e demanda da área de influência, em toneladas/dia

Área Operacional / Refinaria	Produção	Demanda	Diferença
Santos / RPBC	1,0	0,3	0,7
Paulínia / REPLAN	1,8	4,0	-2,2
<b>TOTAL</b>	<b>2,8</b>	<b>4,2</b>	<b>-1,5</b>

Fonte: ANP (2000) – Perspectiva de Suprimento de GLP no Brasil

#### 4.4.2. IMPORTAÇÃO DO GLP

O GLP é um combustível estratégico de impacto devido ao elevado custo de abastecimento. As importações vêm crescendo devido a aumento da demanda interna, principalmente nos últimos anos, sobrecarregando as instalações operacionais existentes. Observa-se que, para uma dependência externa de mais de 200 mil toneladas mensais de GLP, sendo o país hoje o segundo maior importador de GLP no mundo.

O preço do GLP no mercado internacional é variável e em função das estações do Hemisfério Norte. Regularmente, o preço é mais barato em período de verão e sendo previsível o movimento de preços com a proximidade de mudanças de estação. No entanto, por ser um mercado muito sensível às flutuações de oferta e demanda que tradicionalmente opera com preços voláteis, situações de suprimento de última hora sempre implica em importações mais caras.

### 4.5. MALHA CRÍTICA DE SÃO PAULO

#### 4.5.1. UNIDADE DE PRODUÇÃO – REFINARIA DE CUBATÃO (RPBC)

Como podemos ver na Tabela 4.4, a refinaria RPBC pode disponibilizar excedente de produção equivalente a 700 kg por dia. Este excedente é destinado a suprir o mercado de Grande São Paulo e o mercado do Planalto.

Como o consumo da área de Santos pode ser suprido pelo Terminal de GLP de Alemoa, a produção da RPBC é expedida para São Paulo em bateladas de acordo com a sua

capacidade de armazenagem. Foi estabelecido um ciclo de expedição toda vez que conseguir preparar um lote de 2.500 toneladas.

#### **4.5.2. UNIDADE DE PRODUÇÃO – REFINARIA DE PAULÍNIA (REPLAN)**

Através da refinaria REPLAN, distribui-se o GLP não somente para as bases próximas, bem como para todas as bases do interior do Estado de São Paulo e da região de Centro-Oeste. Considerando a demanda da extensa área de influência, a produção da refinaria é insuficiente. Assim, mais da metade da demanda da área é atendida com produto vindo de outras fontes.

#### **4.5.3. SISTEMA OPERACIONAL MARÍTIMO – TERMINAL DE ALEMOA**

O terminal marítimo de Alemoa é o mais complexo do sistema PETROBRÁS, pois através do porto de Santos atende-se outras movimentações de produtos industriais e químicos da região. Possui uma excelente infraestrutura para a movimentação de GLP. Possui dois píeres para operar somente com navios de produtos combustíveis e um parque com esferas e tanques para armazenar GLP na forma pressurizada ou refrigerada, além de possuir instalações próprias para movimentar o GLP até Cubatão. A maior limitação do terminal é devida ao calado do canal de acesso do Porto de Santos, que impede operação com navios com mais que 25 mil toneladas.

#### **4.5.4. SISTEMA OPERACIONAL TERRESTRE – TERMINAL DE CUBATÃO**

Este terminal não possui tancagem para GLP. O terminal se encarrega de distribuir os fluxos de GLP do Porto de Santos e da RPBC até o Planalto, expedindo com seu conjunto de bombas e através de sistema de dutos.

#### **4.5.5. SISTEMA OPERACIONAL TERRESTRE - DUTOS “OSSP”**

A movimentação de GLP entre Cubatão e o Planalto é realizada através de dois oleodutos OSSP-A, exclusivo para GLP e OSSP-B, que compartilha com outros produtos combustíveis claros. Esses oleodutos possuem a capacidade de escoamento de 7.200 toneladas por dia.

Face a necessidade de complementar a demanda do interior de São Paulo, a movimentação de GLP através da malha de dutos em São Paulo é bastante congestionada, principalmente no trecho que liga o porto de Santos ao terminal de Utingás em São Paulo.

#### **4.5.6. POOL DAS DISTRIBUIDORAS DE SÃO PAULO – UTINGÁS**

Esta armazenadora opera para as distribuidoras de GLP de São Paulo mediante a cobrança de uma taxa operacional. Possui uma capacidade de armazenamento de 6 mil toneladas, distribuída em 4 esferas. O carregamento é feito, através de 14 boxes para caminhões-tanque, a uma capacidade máxima de 600 m<sup>3</sup>/h , considerando o funcionamento normal de 25 dias por mês.

#### **4.5.7. SISTEMA OPERACIONAL TERRESTRE - DUTO OBATI**

O oleoduto OBATI faz ligação entre dois terminais operacionais, localizados em Barueri e São Caetano. A movimentação de derivados pelo OBATI é prioritariamente no sentido contrário ao do GLP. Este sistema pode ser utilizado para atender a demanda de Paulínia e de Grande São Paulo.

#### **4.5.8. SISTEMA OPERACIONAL TERRESTRE - TERMINAL DE BARUERI**

O terminal de Barueri recebe GLP através do duto OBATI e armazena em 3 esferas com capacidade total de 4.500 toneladas. Esse terminal possui um sistema que permite carregar simultaneamente 6 caminhões-tanque, equivalente a 40 mil toneladas por mês.

## **4.6. ANÁLISE CRÍTICA DE CONDICIONANTES DA LOGÍSTICA**

A logística operacional de São Paulo para GLP está congestionada devido principalmente a aumento da demanda na área. Apesar de algumas considerações envolvendo tancagens de cada área operacional para a demanda da região, uma melhor avaliação dependeria de definições quanto às necessidades de estoques. Para auxiliar nessas definições, propõe-se estudos de simulação de contingências, em função da logística de abastecimento. A simulação pode definir qual seria a necessidade de armazenamento para um determinado “nível de confiabilidade” do sistema.

### **4.6.1. RESTRIÇÕES DO TERMINAL MARÍTIMO DE SANTOS**

Devido a alto consumo na região, o terminal marítimo de Alemoa em Santos deixou de exercer o caráter inicial de regulador de estoques. Suas instalações estão sendo adequadas para transferir o GLP para o planalto. Seguem abaixo as principais restrições do terminal:

- 1 - O porto de Santos apresenta limitação de calado de 10,20 m no canal de acesso.
- 2 - A transferência de GLP dos tanques refrigerados para duto apresenta vazão inferior à necessidade da demanda.

### **4.6.2. GARGALOS OPERACIONAIS NAS MOVIMENTAÇÕES TERRESTRES**

1. Vazão insuficiente nas transferências de GLP da Baixada Santista para o Planalto.
2. Altas taxas de ocupação dos dutos do sistema OSSP.
3. Necessidade de bombeio do GLP da RPBC de no máximo a cada 2,5 dias.
4. Altas taxas de ocupação no oleoduto OBATI, limitando as transferências de GLP para o Terminal de Barueri.
5. Limitação de Recebimento pela Utingás em São Paulo devido a capacidade de armazenamento e condições de alívio.

## **CAPÍTULO 5**

### **ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO**

---

---

#### **5.1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo é dedicado à modelagem e a construção do sistema logístico, como exercício de simulação, conforme a descrição do caso real, que foi detalhado no capítulo 4.

Como ferramenta de desenvolvimento do projeto, foi optado pelo software de simulação ProModel. O software oferece recursos matemático-estatísticos, com base em regras definidas e distribuições estatísticas de dados. Para esta modelagem, pretende-se na medida do possível, seguir os passos recomendados para a simulação já comentado no capítulo 3, item 3.4.(HARRELL et al., 2000).

#### **5.2. CONSTRUÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL**

Foram incorporadas diversas operações do sistema existente na modelagem, considerando as atividades de produção, importação e a logística de movimentações, para que o GLP esteja disponível aos mercados consumidores de São Paulo. A modelagem desse sistema incorpora características dinâmicas, estocásticas e de eventos discretos.

##### **5.2.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS**

A modelagem inicia ao definir os objetivos, o escopo e os requisitos do projeto. Um projeto pode querer alcançar objetivos múltiplos; porém, muitas vezes, esses objetivos normalmente vão se modificando à medida em que o projeto de simulação se evolui. Para que o projeto seja eficaz, a definição deve focar o uso básico do modelo. Ademais, para que este objetivo principal seja alcançado, o mesmo deve ser estabelecido de forma clara e precisa.

Com o propósito do modelo de simulação ser uma ferramenta de apoio à decisão, fornecendo informações relevantes que são morosas na vida real para serem colhidas, e sendo variáveis que podem influenciar no nível do investimento necessário para melhoria operacional em instalações logísticas, o modelo deve ser capaz de abordar situações de contingência. Como exemplo, paradas de unidades industriais, quebras de equipamentos, atrasos de navios, etc. O modelo deve ser capaz de mostrar resultados decorrentes das movimentações restringidas às condições operacionais de produção, armazenamento e de expedição.

A definição do escopo do projeto é uma tarefa de especificação. Primeiro, delimita-se as fronteiras do modelo, considerar somente as atividades relevantes e decidir o nível de detalhes. Como o propósito é de avaliar melhorias necessárias em um sistema logístico existente, o modelo é do tipo “como-se”, do sistema atual. Os resultados deste modelo podem ser comparados com os dados reais para sua validação.

### **5.2.2. FORMULAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL**

Estando o problema a ser estudado e os objetivos da simulação determinados, o próximo passo será para desenvolver a estrutura conceitual do modelo, e incluir os eventos e os elementos fundamentais. Recorre-se normalmente a desenhos de layout do sistema proporcionando a visão geral para traçar o nível de detalhes necessário. As representações servem como referência para a coleta sistemática dos dados e para entender os fluxos e as interações do sistema.

Vale lembrar que a formulação do modelo seria para elucidar a relação existente entre o modelo e o propósito para o qual foi construído. Segundo diversos autores, aplicar sofisticadas técnicas com o intuito de criar uma réplica do sistema real pode ser fútil e frustrante, onerando desnecessariamente, custo do projeto e seu tempo de desenvolvimento.

Apesar de que, um modelo deve ser preparado para possíveis expansões futuras, incluir outras partes do sistema, inserir detalhes desnecessários e irrelevantes podem elevar o custo de modelagem. O melhor caminho é ainda o de incrementar níveis de detalhe somente quando for absolutamente necessário para o alcance dos objetivos do estudo. Na maioria das vezes, o modelo mais eficiente é ainda aquele que considera somente os componentes envolvidos para identificar os problemas potenciais do sistema.

A Figura 5.1 ilustra o diagrama de configurações básicas dos fluxos do GLP, entidade que movimenta através de recursos e locais do sistema. Os tipos de fluxo mostrados podem ocorrer simultaneamente, no tempo e no espaço:

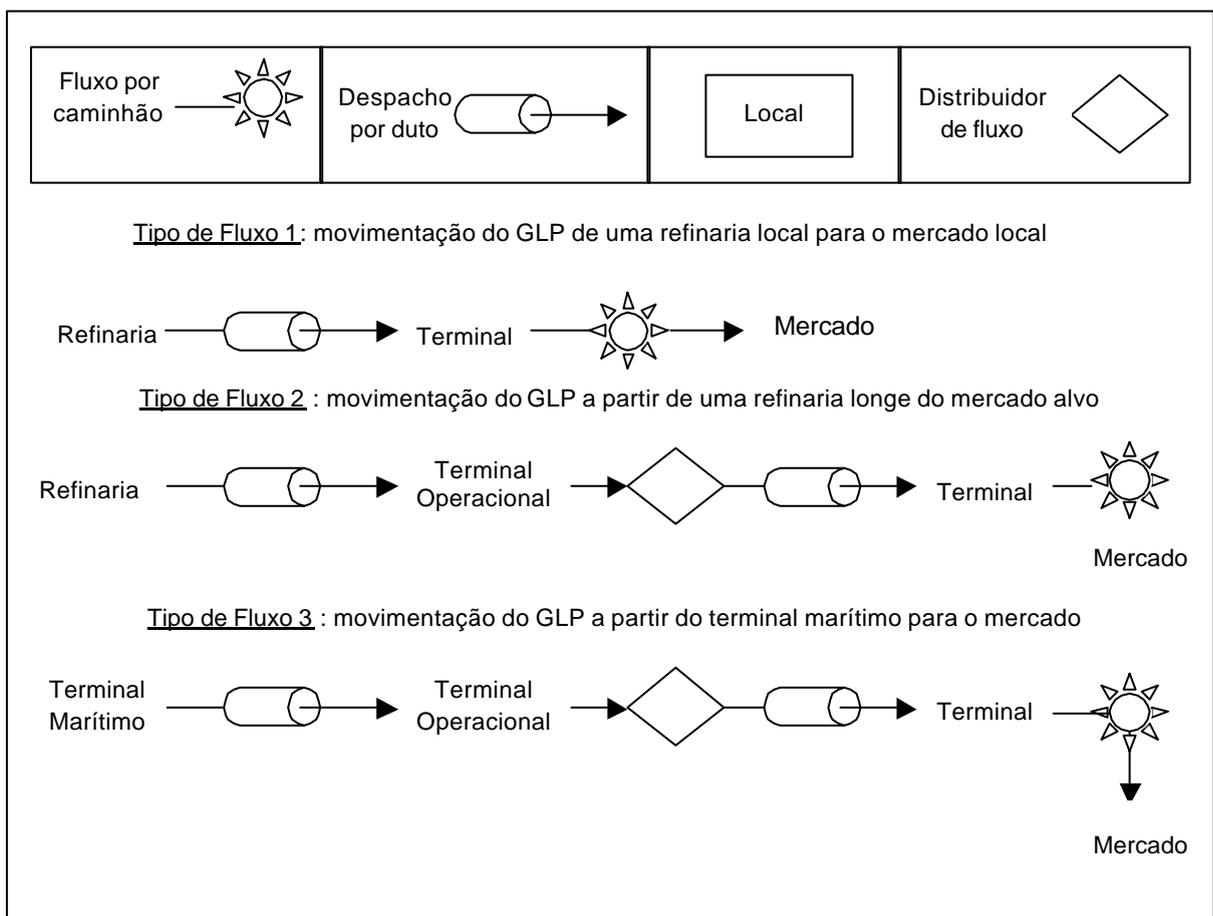


Figura 5.1 : Configurações Básicas de Fluxos do GLP

A rede de dutos, tanques, refinarias e terminais operacionais de atendimento do consumo está exemplificada no diagrama da Figura 5.2:

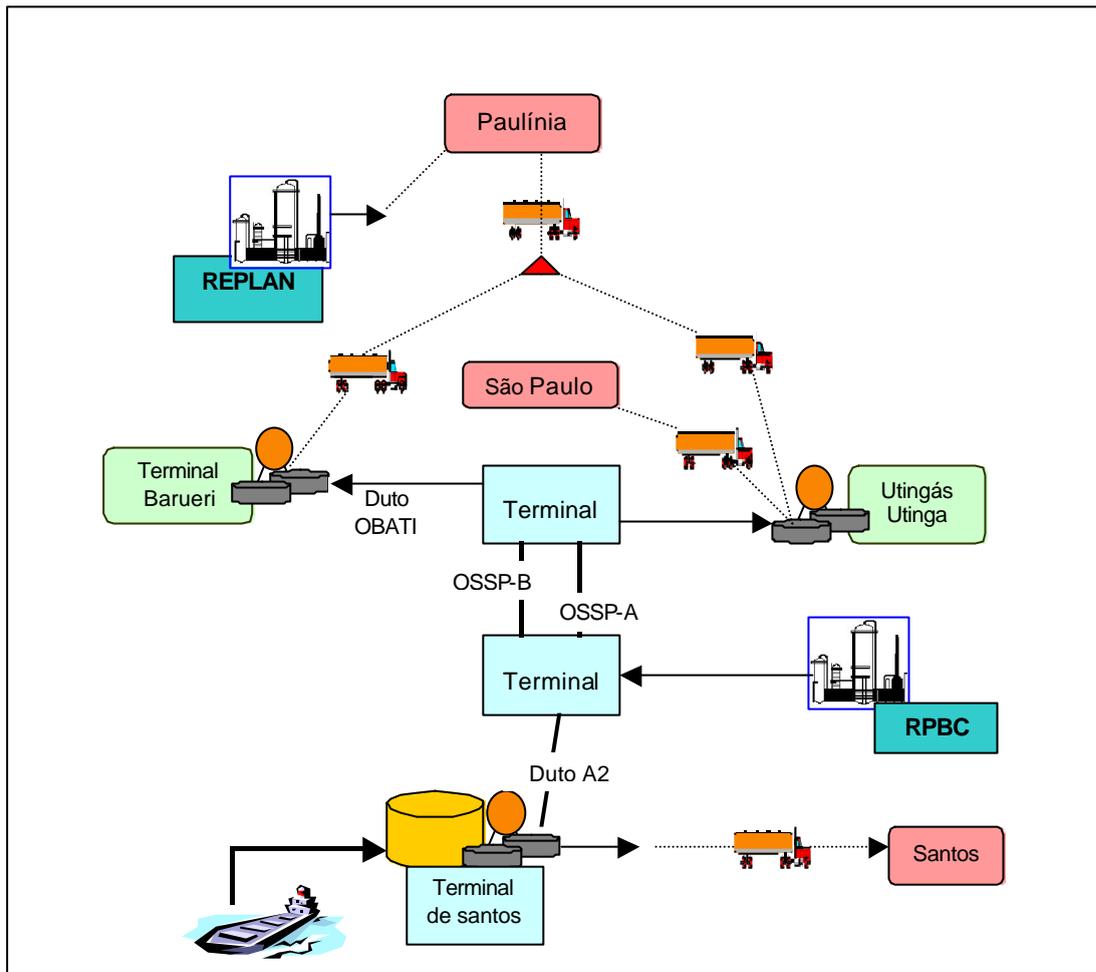


Figura 5.2: Diagrama de Fluxos da Malha Logística de GLP

As demandas do mercado distribuidor de GLP são supridas com produção das refinarias, ou são atendidas através de terminais operacionais de distribuição, quando o produto vem de fora, pela rota marítima e dutoviária. O balanço entre a produção e a demanda em São Paulo apresentam características peculiares. Apesar de ser a área de maior capacidade de produção do país, é ainda insuficiente frente o mercado consumidor e depende do suprimento externo, vindo da importação ou cabotagem.

O modelo proposto analisa dia a dia, a situação dos estoques em diversos locais e gera, através de distribuições estatísticas, a produção de GLP nas refinarias, as necessidades da demanda e a previsão de chegada de navios. Define a partir destes valores, os fluxos nos diversos dutos do sistema, segundo regras operacionais. Ao final do dia, determina os níveis de estoque de GLP em cada tancagem e as possíveis faltas de produto.

### 5.2.3. AS VARIÁVEIS DO MODELO

Para compreender o relacionamento dos elementos e preparar mecanismo de avaliação do desempenho do sistema, seguem a descrição de algumas variáveis do modelo.

**5.2.3.1. Variáveis de Decisão** - Comentadas no capítulo 3, item 3.2.4, são as variáveis independentes do experimento, pois uma mudança nos seus valores afetam o sistema como todo. Para a definição das variáveis de decisão na modelagem, foram consideradas basicamente:

1. Para a produção diária de GLP nas duas refinarias, foram criadas as variáveis de produção de GLP, **“ProReplan”** e **“ProRPBC”**. No ítem 5.3.2. é comentado a origem da informação e seu tratamento estatístico. As duas séries históricas de produção foram ajustadas pelo **“STAT:FIT”** do ProModel e foi indicado adotar a Distribuição Normal como sendo a de melhor aderência ao conjunto de dados. A variável produção diária é aleatória e sujeita a flutuações operacionais das unidades de processo das refinarias.
2. Para representar o mercado consumidor, foram criadas as variáveis **“MercPL”**, **“MercSP”**, e **“MercSantos”**, que correspondem respectivamente a demanda dos mercados de Paulínia, do Grande São Paulo e de Santos. Segundo os critérios apresentados no item 5.3.1., essas demandas não são geradas aleatoriamente pelo simulador. São variáveis que seguem uma regra de flutuação sazonal, com fatores mensais.
3. Quanto ao suprimento externo por navio, foi criada a variável **“IntervaloNavio”**, para dimensionar tempo do ciclo de chegada de navios em Santos, que dependendo das condições de contorno do sistema, pode resultar em fila de navios ou falta do produto para o mercado. Foi criada também uma outra variável para acionar navios extras, chamada **“VolNavioExtra”**. Evidentemente que as cargas emergenciais são mais caras

que as viagens regulares, pois carregam consigo, os custos decorrentes às compras não planejadas.

As figuras 5.3 e 5.4 mostram as variáveis e os parâmetros de contorno do programa do modelo, através do menu “Build” do “Promodel”:

The screenshot shows the ProModel software interface with the 'Build' menu open. The menu options include: Locations (Ctrl+L), Entities (Ctrl+E), Path Networks (Ctrl+N), Resources (Ctrl+R), Processing (Ctrl+P), Arrivals (Ctrl+A), Shifts, Attributes (Ctrl+T), Variables (global) (Ctrl+B), Arrays (Ctrl+Y), Macros (Ctrl+M), Subroutines (Ctrl+S), Mgre Elements, General Information (Ctrl+I), Cost, and Background Graphics. The 'Variables (global)' option is selected, displaying a table of global variables.

ID	Type...	Initial value	Stats...	Note
espera_NavioExtra	Integer	-1	None	
colNavioExtra	Integer	0	None	
NavioExtra	Integer	0	Time Ser	
Defit	Real	0	None	
am_NavioExtra	Integer	0	None	
am_NavioNormal	Integer	1	None	
edNavio	Real	0	None	
N_Barueri	Integer	0	None	
obraPL	Integer	0	None	
L14	Integer	2700	None	
ArmObati	Integer	750	None	
daInterior	Integer	0	None	
Yes DefitSantos	Integer	0	None	
No AuxTrab	Integer	0	None	
No EstsI	Integer	0	None	
No EstsC	Integer	0	None	
No EstsS	Integer	0	None	
No E_Navio	Integer	0	None	
No E_NavioAtra	Integer	0	None	
No Perc_Dias_Falta	Integer	0	Time Ser	

Figura 5.3 : Menu Build do Promodel acessando às variáveis do modelo

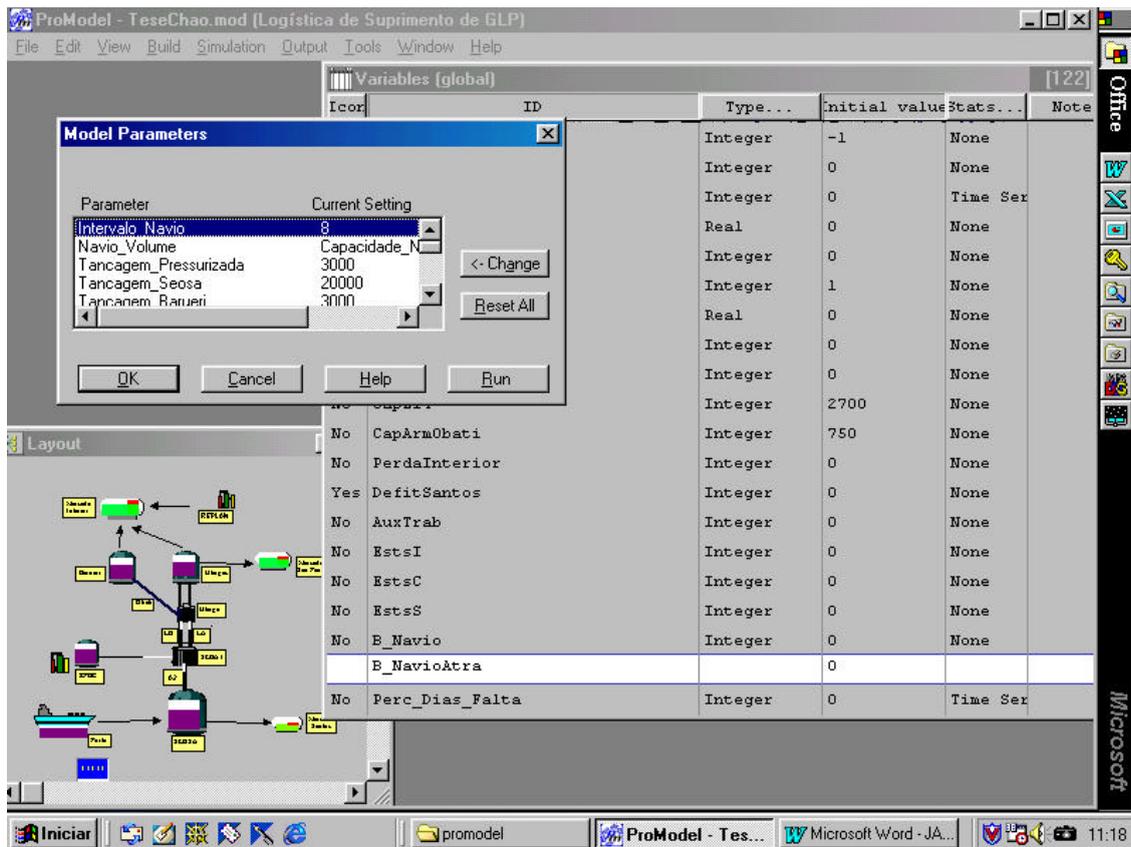


Figura 5.4 : Janela do Promodel para alterar os parâmetros de simulação

**5.2.3.2. Variáveis de Resposta (Saída)** - São as variáveis dependentes que medem o desempenho do sistema em resposta a variáveis independentes. São na verdade, o resumo das mudanças de estado das variáveis, com o passar do tempo. No caso, as variáveis de estado são necessárias para descrever um sistema em um dado momento em particular. O modelo configurou as seguintes variáveis:

1. Variáveis para indicar falta de GLP no mercado, que são: **“FaltaInterior”**, **“FaltaSantos”**, **“FaltaCapital”**. Essas variáveis de falta indicam indiretamente a capacidade de atendimento e são possíveis de serem expressas tanto em percentual como em base mássica, em toneladas por dia.

2. O conjunto de variáveis de retirada a partir dos pontos de oferta, que são **“RetiNavio”**, **“RetiSeosa”**, **“FluxoRPBC”**, e para quantificar as entregas ao consumo **“FluxoSaidaBarueri”** e **“FluxoSaidaUtinga”**, através das bases de distribuição.

3. A quantificação dos fluxos do produto que passam pelos polidutos, para medir taxas de utilização do recurso **“Duto”**, que são representadas pelas variáveis **“FluxoLA”**, **“FluxoLB”**, **“FluxoObati”** e **“FluxoUtinga”**.

4. Para medir a utilização diária do recurso **“Tancagem”**, tem-se as variáveis **“Nivel Tancagem Seosa”**, **“Nivel tancagem Utingas”** e **“Nivel tancagem Barueri”**.

5. Por fim, as variáveis relacionadas com a operação de descarga dos navios em porto para contabilizar os custos de transporte, e de sobreestadia, tem-se as variáveis **“Tempo de Descarga”**, **“SobreEstadiaPorto”**, **“SobreEstadiaMar”**, **“Num NavioExtra”**, **“Num NavioNormal”**.

### **5.3. COLETA DE DADOS E PREPARAÇÃO ESTATÍSTICA**

A etapa de coleta de dados é a tarefa que mais consome tempo, quando se desenvolve uma simulação. Coletar dados do sistema significa identificar, juntar, e analisá-los. É muito raro que as informações necessárias para construir um modelo estejam disponíveis em uma única fonte. Os tipos de fontes para coletar dados dependerão se está simulando um sistema existente ou um novo. Em seguida, a descrição da coleta dos principais conjuntos de informação.

#### **5.3.1. MERCADOS**

São geradas as demandas diárias de GLP para cada um dos mercados considerados, com base em distribuições normais.

As médias da demanda do mercado empregadas na modelagem foram obtidas das distribuidoras, multiplicadas pelo fator de sazonalidade, e gerada segundo parâmetros tais como condição climática, época de férias, etc. Para se estimar o desvio padrão de cada uma destas distribuições consideraram-se as séries históricas de retiradas de produto da PETROBRAS. Uma vez calculado o desvio de cada série, considerou-se que este seria um percentual fixo, por mercado, da média de consumo. Este fator multiplicado pela média usada definiu o desvio de cada mercado. Os dados de mercado estão apresentados na tabela 5.1:

Tabela 5.1: Mercado de GLP

	<b>Média (t/dia)</b>	<b>Desvio (% da média)</b>
<b>Santos</b>	300	5,82
<b>S.Paulo</b>	2.600	19,09
<b>Paulínia</b>	4.400	11,24

### 5.3.2. PRODUÇÃO DAS REFINARIAS

Para o alcance do propósito do estudo, optou-se uma modelagem concentrada em locais por onde o suprimento do GLP é afetado devido a eventos na malha considerada congestionada. Unidades produtivas inseridas neste contexto, são as refinarias RPBC e REPLAN. Assim, temos uma área com excedente de oferta (RPBC) com relação ao mercado local (Santos), necessitando escoar sua produção excedente, e uma área deficitária (REPLAN), precisando receber complemento externo à demanda do mercado (Paulínia). A Tabela 5.2 mostra os valores médios da demanda e a produção atuais.

Tabela 5.2: Balanço de Oferta e Demanda local, em (tonelada/dia)

Mercado (Refinaria)	Produção	Demanda	Diferença
Santos (RPBC)	1,2	0,3	0,9
Paulínia (REPLAN)	2,0	3,9	-1,9
<b>TOTAL</b>	<b>3,2</b>	<b>4,2</b>	<b>-1,0</b>

As produções diárias de GLP das refinarias REPLAN e RPBC foram obtidas das séries históricas contidas no banco de dados da PETROBRAS. Foi adotado a Distribuição Normal para as duas séries, para se estimar o desvio padrão de cada uma das distribuições, e as médias são as citadas no quadro 5.1. Uma vez calculado o desvio de cada série, considerou-se que este seria um percentual fixo, da média da produção. Este fator multiplicado pela média define o desvio de cada produção de refinaria.

Os dados de produção estão apresentados na Tabela 5.3 abaixo:

Tabela 5.3 : Média e Desvio Normal das produções de GLP

	<b>Média (t/dia)</b>	<b>Desvio Normal (% da média)</b>
<b>RPBC</b>	1.000	30,40
<b>REPLAN</b>	1.900	19,84

### 5.3.3. MOVIMENTAÇÃO DE GLP PARA UTINGÁS E BARUERI

O atendimento complementar à produção da REPLAN para a demanda da área de Paulínia, pode ser realizada através de:

- Terminal Operacional de Barueri (Grande São Paulo) - Foi estabelecido um recurso de tancagem com capacidade de 3000 toneladas, para operações de recebimento e expedição e uma capacidade máxima de carregamento de caminhões-tanque de 3750 toneladas por dia. O terminal é suprido através do oleoduto entre Utinga e Barueri, chamado OBATI, com produto vindo da Baixada Santista. Este bombeamento sofre restrições, pois o duto é compartilhado para movimentar outros derivados combustíveis.

- **Centro de Distribuição Utingás de São Paulo** - Quando o estoque inicial da base operacional de Barueri não for suficiente para atender todo o déficit do mercado de Paulínia é gerada a alternativa de suprimento pela UTINGAS. A necessidade da UTINGAS é calculada como a soma dos déficit de São Paulo e Paulínia.

#### 5.3.4. DISPONIBILIDADE DE GLP NA BAIXADA SANTISTA

Diariamente, a disponibilidade de GLP para satisfazer as necessidades dos dois Terminais Primários de Distribuição é verificada nos seguintes locais de oferta:

- **Refinaria RPBC** - No litoral Santista com produção diária de GLP já comentada no item 5.2.3.2. Apesar de ser a produção um processo contínuo, sua disponibilidade é “discretizada” em série de eventos diários. Sua retirada é feita quando o estoque nas esferas da refinaria atingir 2.500 toneladas, e em função da restrição de tancagem, tem a prioridade no bombeio.

- **Terminal Marítimo do Porto de Santos** - Todo GLP externo para a região em estudo é internado através do Terminal Portuário de Alemoa. O Terminal pode receber navios com cargas tanto refrigeradas como pressurizadas, armazena o produto na tancagem de 20.000 toneladas e possui um sistema de bombas para expedir para Planalto Paulista, pelo duto A2 (Figura 5.2). O terminal apresenta a restrição no recebimento de navios, condicionada em 15.000 toneladas por dia e capacidade de expedição pelo duto A2 de limitada em 7.200 toneladas por dia. A retirada máxima é calculada como a soma do estoque existente com a descarga do navio no porto (se existir) e menos a quantidade diária necessária para atender a demanda de SANTOS.

**5.3.5. DISTRIBUIÇÃO DE FLUXOS NOS OLEODUTOS** - A distribuição dos diversos fluxos no sistema se realiza através de um conjunto de recursos compostos de oleodutos e terminais operacionais de distribuição. Fazem parte deste sub-sistema, os seguintes locais:

1. Terminal Operacional de Cubatão
2. Dutos “OSSP-A(LA) / B(LB)” (entre Cubatão e Utinga)
3. Duto de claros OBATI (entre Utinga e Barueri)
4. Duto A2 (entre Santos e Cubatão)
5. Duto R9 (entre RPBC e Cubatão)

As capacidades máximas de expedição dos dutos consideradas no modelo, estão apresentadas na tabela 5.4.

Tabela 5.4: Capacidade de Escoamento

	Limite, (tonelada/dia)
<b>Duto OSSP-A(LA)</b>	<b>4.500</b>
<b>Duto OSSP-B(LB)</b>	<b>2.700</b>
<b>Duto Obati</b>	<b>4.500</b>
<b>Duto A2</b>	<b>7.200</b>
<b>Duto R9</b>	<b>5.000</b>

Como o mercado de Santos é atendido pelo terminal de Alemoa, a RPBC disponibiliza toda a produção para São Paulo. Essa movimentação é feita através dos dutos OSSP.

#### 5.4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Usando método de simulação, o modelo pode ser dividido basicamente em três sub-sistemas. A interação diária entre estes sub-sistemas é transcrita através de um sequenciamento lógico de eventos discretos.

A simulação gera uma série de “cenários diários viáveis” e que serão tratados estatisticamente pelo software, e para o fim em se destina, como um macro balanço diário.

O primeiro sub-sistema, “**Demanda**”, funciona para gerar a necessidade de receber GLP a partir de outras fontes, para atender déficit dos mercados. O segundo sub-sistema, “**Oferta**”, tem a função de criar a disponibilidade do GLP para a necessidade gerada pelo “**Demanda**”. O terceiro sub-sistema, “**Oleoduto**”, é o controlador de fluxos que permite a interação entre o sub-sistema de “**Demanda**” e de “**Oferta**”, exerce o papel de distribuição de fluxos, através de controladores de regras de “**dias de semana e do mês**” preestabelecidas, para identificar a prioridade de bombeio e a disponibilidade dos recursos, tais como espaço em tancagens para o recebimento e expedição de GLP nos respectivos locais, a capacidade e

vazão dos oleodutos, etc. A rede de dutos, tanques, refinarias e consumidores considerada está exemplificada no diagrama abaixo. A Figura 5.5 ilustra a interação entre os três sub-sistemas.

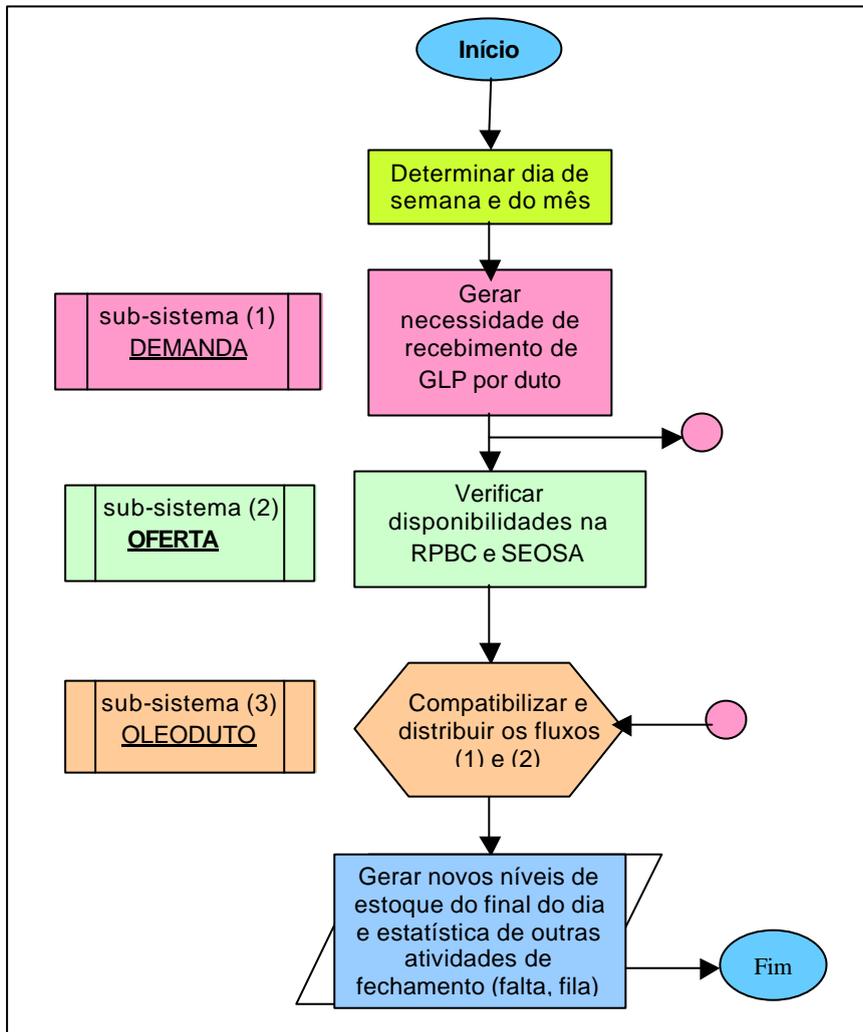


Figura 5.5: ilustração da interação dos três sub-sistemas do modelo

Em resumo, o modelo analisa, dia a dia, a situação dos estoques de GLP armazenado nos terminais operacionais, e gera, através de distribuições estatísticas, as produções das refinarias, as necessidades dos mercados e a chegada de navios com produto importado, definindo a partir destes valores, os fluxos nos polidutos, segundo regras operacionais. Ao final do dia, o modelo determina os níveis de estoque do GLP em cada terminal do sistema, e as possíveis faltas de produto. Este processo é repetido durante um período de pelo menos um

ano, após um outro período de aquecimento do modelo, quando se procura chegar à situação de regime de operação.

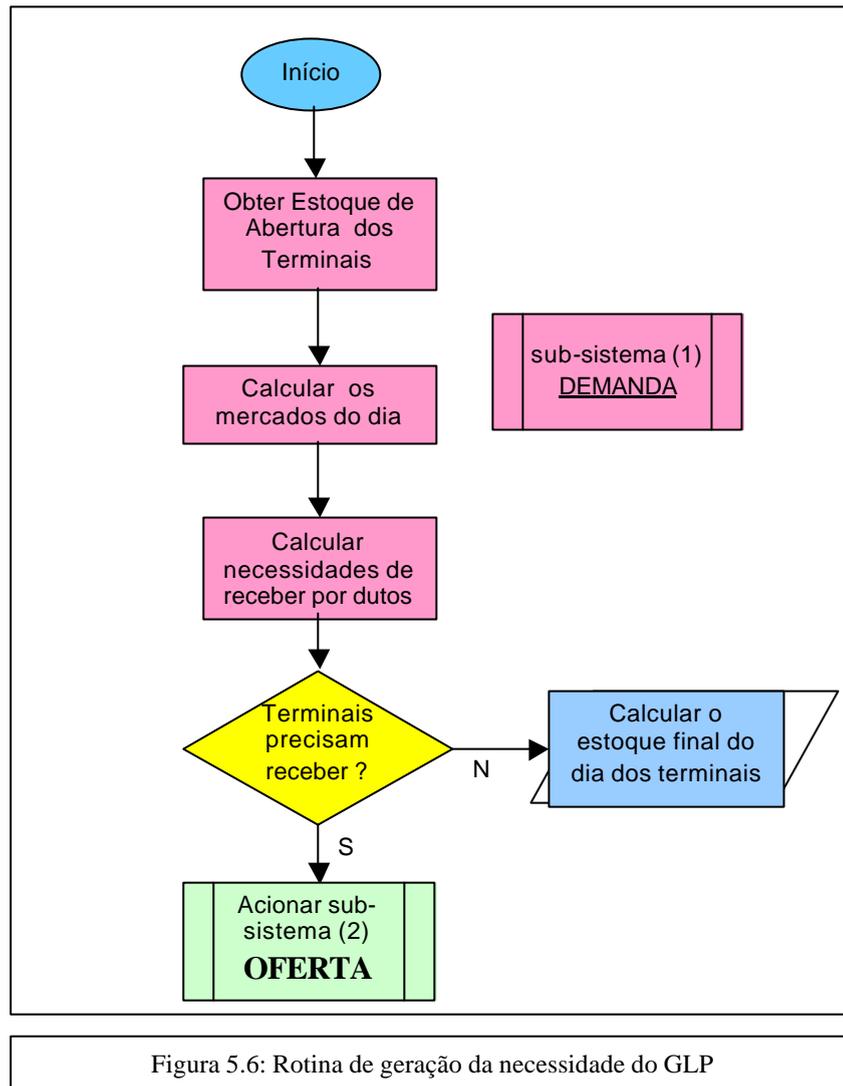
#### **5.4.1. SEQUÊNCIAS DE EVENTOS DE ESTADO**

Os eventos de estado obedecem uma sequência lógica diária e ocorrem em situações distintas, para cada sub-sistema.

**5.4.1.1. Sub-Sistema “DEMANDA”** - É a rotina dedicada à geração de necessidade para receber GLP externo. A necessidade de GLP do terminal de distribuição, que recebe por duto e atende o mercado consumidor através de caminhões-tanque, é determinada como sendo o somatório de duas variáveis, para “atender os caminhões do dia”, e para “encher espaço na tancagem”, caso tiver a disponibilidade, no fim do dia. Esses fluxos se encerram no próprio dia. O procedimento para gerar esses fluxos tem a seguinte seqüência:

1. Obter estoques de abertura do dia em cada local de distribuição (Barueri e Utingás);
2. Através da variável aleatória “mercado”, que é gerada pelo modelo, saber qual será a demanda do dia, considerando o fator sazonal;
3. Calcular déficit do mercado de Paulínia, em função da produção local (REPLAN);
4. atendimento complementar àREPLAN é dado prioritariamente pelo Terminal de Barueri.
5. Verificar necessidade de receber fluxo pelo OBATI, que é função da quantidade de GLP para encher as esferas após as operações de carregamento de caminhões-tanque, limitada pela necessidade deste mercado menos a produção da REPLAN e o estoque no início do dia.

Quando o estoque inicial do Terminal de Barueri não for suficiente para atender todo o déficit do mercado de Paulínia, é gerada a alternativa de suprimento pelo Pool de Distribuição da Utingás. A necessidade diária da demanda é calculada considerando o déficit de Paulínia e de São Paulo. Esta seqüência de eventos é mostrada na Figura 5.6:



**5.4.1.2. Sub-Sistema “OFERTA”** – uma vez acionada a seqüência de eventos para o cálculo da disponibilidade de GLP, tem-se as seguintes ações:

1. Obter o estoque no início do dia em Alemoa, com base no fechamento do dia anterior.
2. Verifica-se a existência ou não de navio descarregando produto no terminal marítimo.
3. O evento do atendimento do mercado de Santos é acionado e realizado.
4. A RPBC tem restrição de tancagem e possui prioridade na expedição. Verifica-se o dia do bombeio. Caso não seja seu dia, prossegue-se buscando a disponibilidade de GLP no Terminal de Alemoa pelo duto A2 até Cubatão, seguindo para o sub-sistema “Oleoduto”.

Sendo dia da RPBC, o fluxo é calculado considerando o estoque de abertura na RPBC, sua produção no dia, e observada o limite de expedição da RPBC pelo duto R9.

5. Neste ponto acontece o processo reverso, verificando se a variável FluxoRPBC satisfaz as solicitações de Barueri e Utingás. Como normalmente esse fluxo é inferior à necessidade, recalcula-se a retirada complementar a partir do Terminal de Alemoa.

6. A retirada do GLP pelo terminal marítimo aciona descarga do navio, se este estiver atracado, e em função da abertura de espaço do tanque do Terminal. Verifica-se navio em fila e aciona a rotina de chamada de navios, e a liberação do navio no fim da descarga.

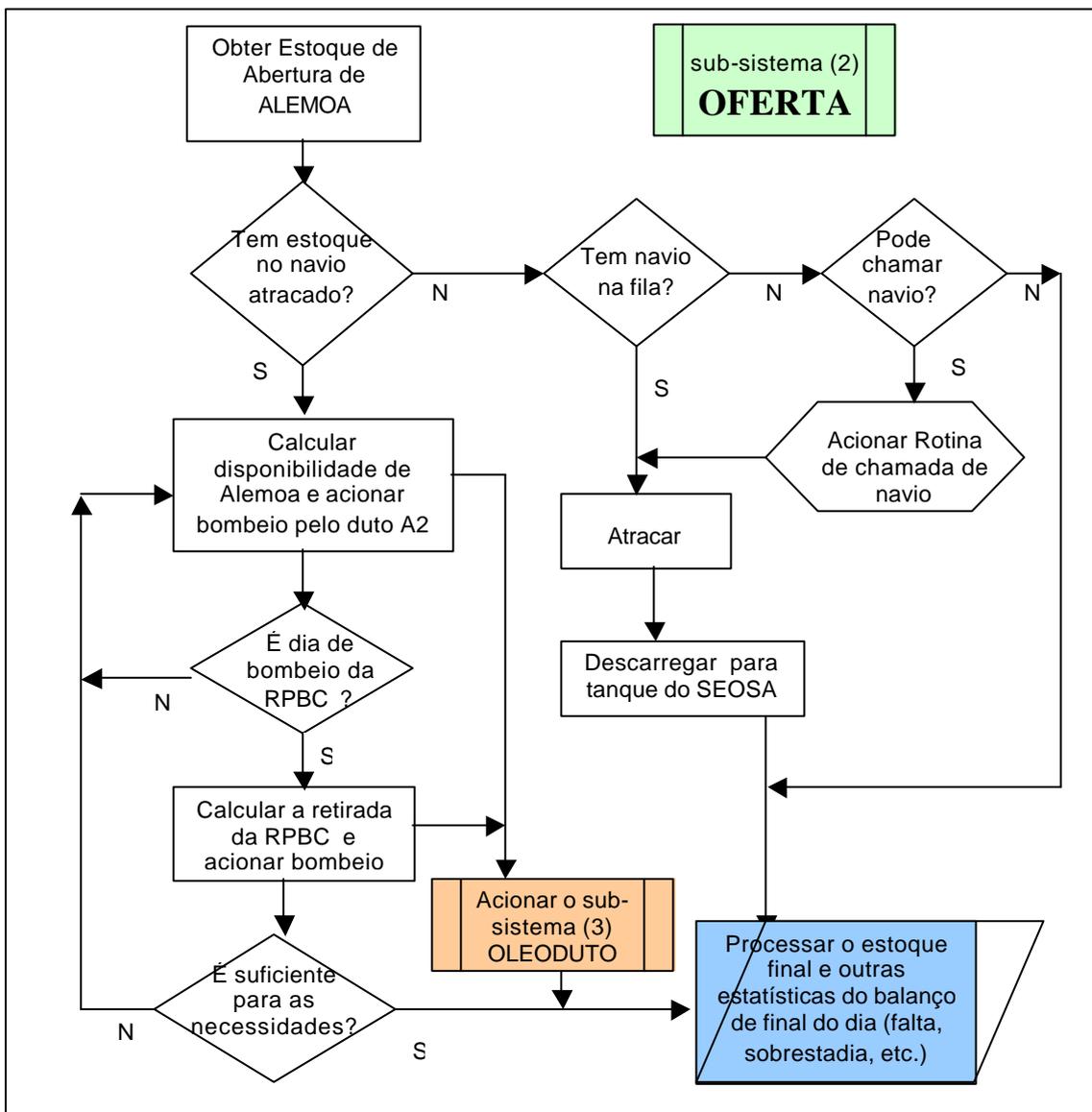


Figura 5.7: Sub-Sistema “Oferta” para determinar a disponibilidade de GLP

Consistindo um ponto de geração de cargas importadas, para o evento de receber uma descarga de navio no Terminal de Alemoa, tem-se a primeira restrição que é a vazão máxima para recebimento de navio, considerada como de 15.000 toneladas por dia, e condicionada em função da variável interna, com relação ao espaço nos tanques do terminal. Caso este espaço seja menor que 15.000 toneladas, acionará a fila e o navio sendo, com isso, obrigado a permanecer no porto aguardando abertura de espaço e gerando, uma sobreestadia.

A chegada dos navios é gerada por uma distribuição POISSON com média de 9 dias. Esta distribuição foi ajustada, utilizando o aplicativo estatístico STAT:FIT do ProModel, a partir dos dados obtidos entre janeiro de 1998 a outubro de 1999, considerando os navios de tonelage superior a 20.000 toneladas. Os demais foram interpretados como sendo as importações de emergência. Esta opção na importação foi incluída no modelo a verificar, a cada dia, se o nível de GLP no terminal é capaz de atender o mercado durante o intervalo de tempo até a chegada do próximo navio (Lead-time de 9 dias). Estas descargas emergenciais estão limitadas a 12.500 toneladas.

Foram arbitradas na modelagem, em função da restrição do canal do porto de Santos, as cargas regulares, como sendo de 20.000, 25.000 e 30.000 toneladas, com as respectivas probabilidades de 25%, 50% e 25%. Para cada chegada de navio é gerada a chegada do próximo lote. O navio é liberado após sua descarga. Assim, foi estabelecido um tempo de operação para os navios de grande porte de 2 dias e 1 dia para os navios de pequeno porte (fins emergenciais). Passando este tempo de operação, gera a “ SobreEstadiaPorto”. A retirada máxima do SEOSA é obtida calculando a soma do estoque existente com a descarga do navio atracado menos o mercado de Santos. A retirada de GLP da RPBC é feita quando o estoque acumulado atingir 2.500 toneladas. A cada dia a produção é adicionada ao estoque final do dia anterior. Quando ultrapassar 2.500 toneladas, será acionada a retirada do produto.

**5.4.1.3. Sub-Sistema “OLEODUTO”** - É o controlador e distribuidor dos fluxos, como é mostrada na Figura 5.8, essa seqüência dos eventos desse sub-sistema. O sub-sistema tem a função de balancear os fluxos de oferta e do mercado, processar esses fluxos com base em restrições e regras diárias de prioridade. A distribuição dos fluxos de GLP no Terminal de Cubatão, para os dutos LA e LB é determinada pela menor das seguintes restrições:

- A soma das necessidades de UTINGÁS e de BARUERI;
- A disponibilidade de GLP no litoral (entre RPBC, Alemoa e navio);
- A capacidade máxima dos polidutos LA e LB.

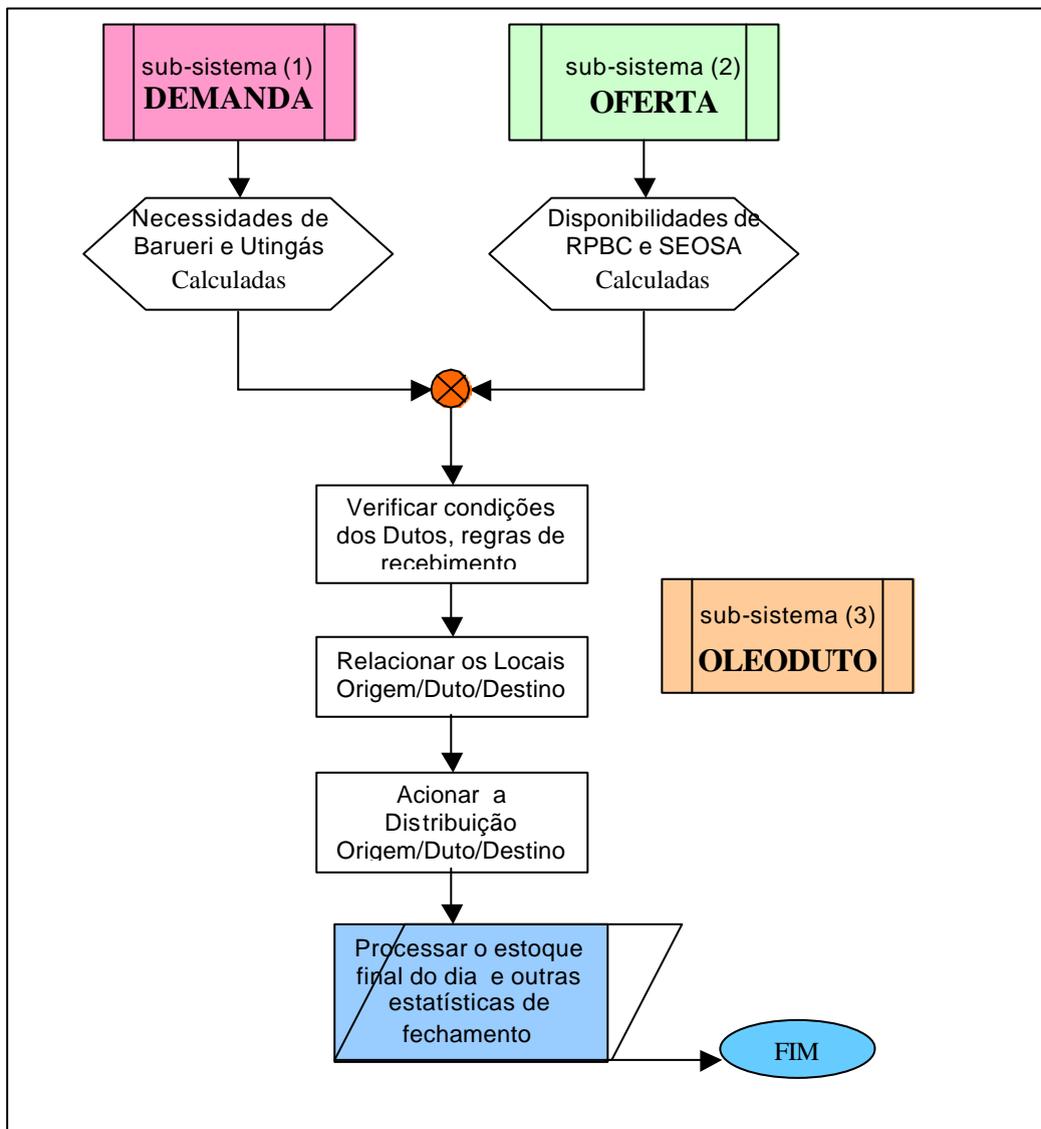


Figura 5.8: Sub-sistema que distribui fluxos de GLP para mercados

Caso o limitante não seja a disponibilidade de produto no litoral, a retirada de Alemoa é recalculada, tendo, conforme o caso, recalculando a retirada de GLP do navio. Caso o limitante não seja a soma das necessidades da UTINGAS e de BARUERI, será gerada “falta de mercado”, correspondendo aos valores não atendidos (diferença entre as necessidades e o fluxo real), como a medida do comportamento do dia. Vale lembrar que a cada início e final de operação é refeito o cálculo do volume de controle, em função da nova situação de entrada e saída de produto. A retirada da produção da RPBC, é feita preferencialmente pelo duto LB, ficando o duto LA exclusiva para a retirada do GLP pelo Terminal de Alemoa, onde necessita maior fluxo. A modelagem considerou operações simultâneas de bombeio a partir de Alemoa ou da RPBC. Quando o dia específico não tiver ocorrendo a retirada do produto da RPBC, os dois dutos podem ser usados para o fluxo de Alemoa.

#### 5.4.2 JANELAS DO AMBIENTE DE MODELAGEM

Quando abre o arquivo contendo o modelo de simulação desenvolvido no ambiente do Promodel, a tela logo aparece com janela de “Layout” do modelo, como mostra a figura 5.9. :

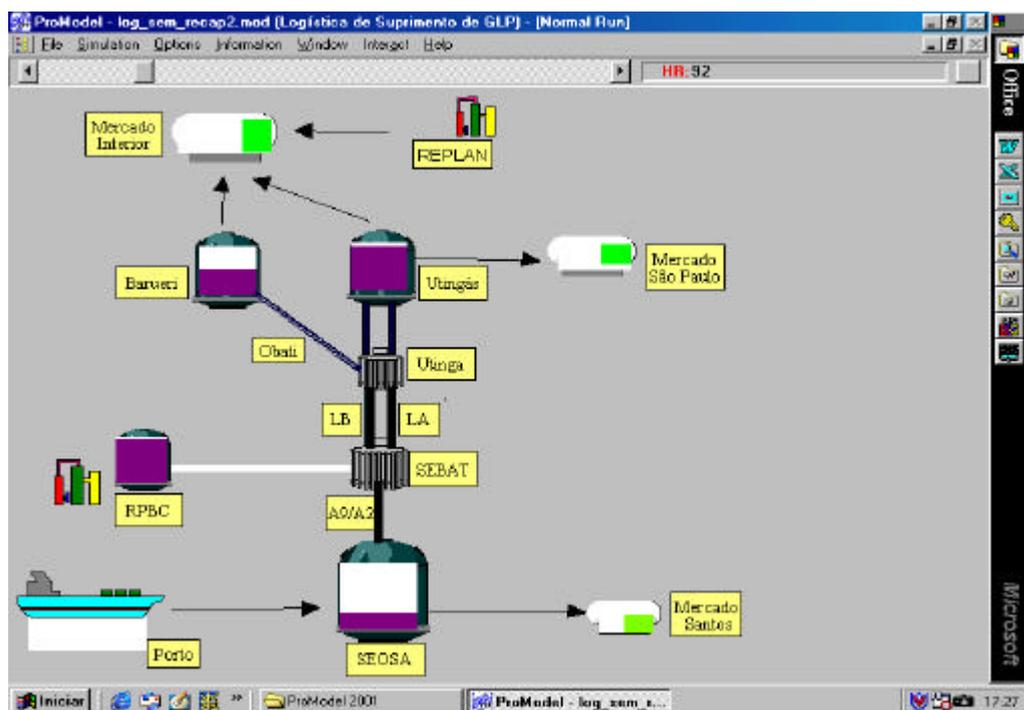


Figura 5.9: Layout do modelo de distribuição do GLP

Para cada rodada, é possível alterar as condições de contorno acessando a janela “Model Parameters”, através do menu principal, conforme mostra a figura 5.10, bem como as condições opcionais de simulação, como é mostrado na figura 5.11:

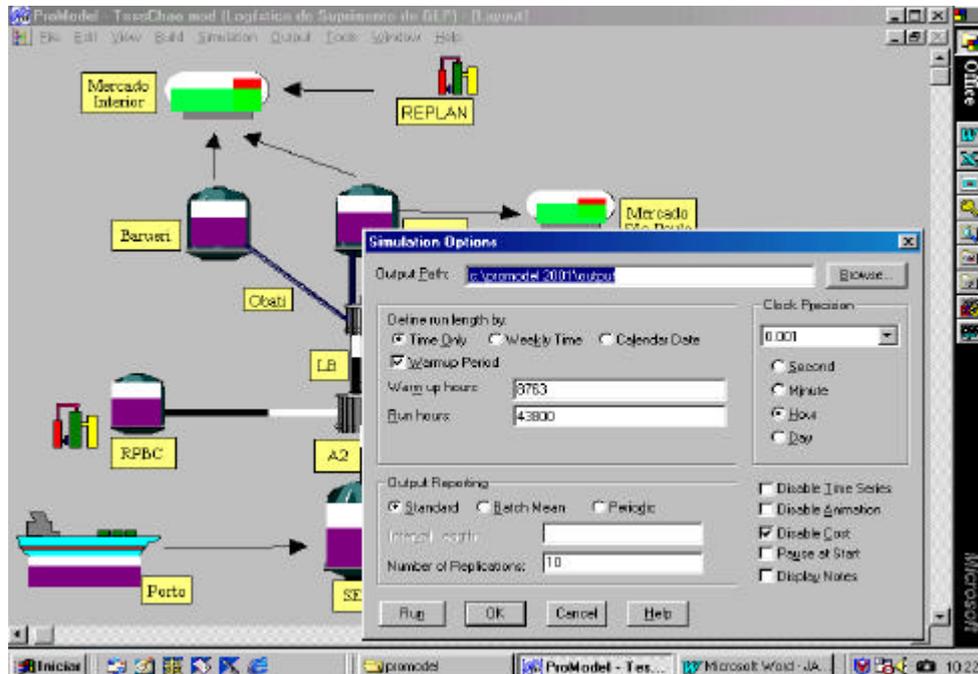


Figura 5.10: Acesso à janela de Parâmetros do modelo

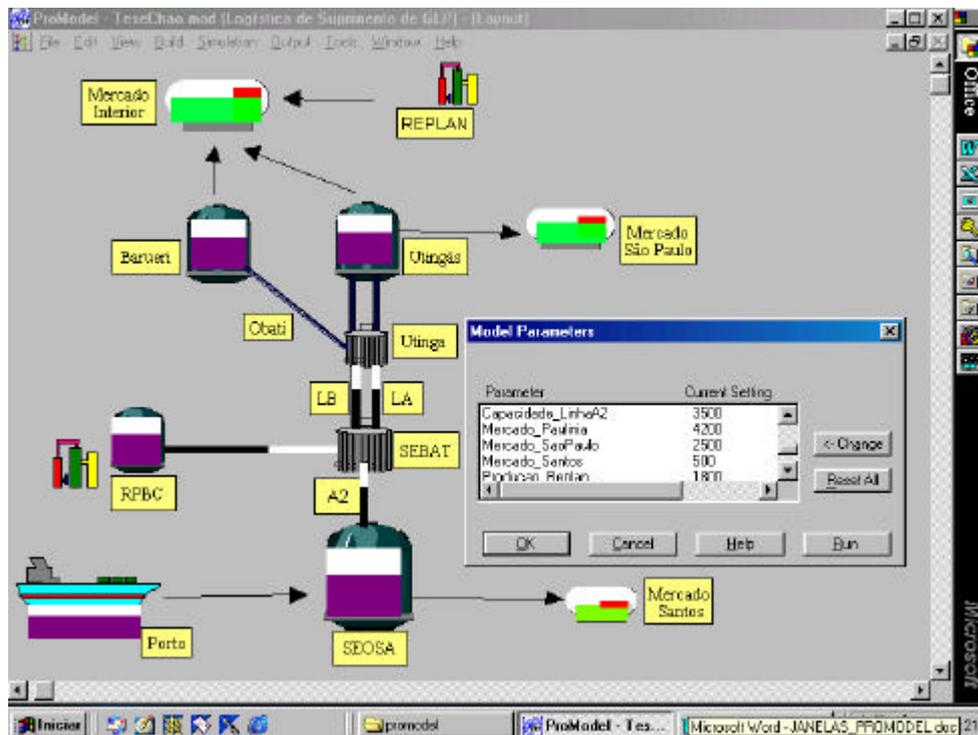


Figura 5.11: Condições opcionais de simulação do modelo

É possível visualizar em tela, toda a informação sintetizada para cada local, entidade e recurso. A figura 5.12 ilustra um relatório estatístico gerado por uma corrida com o modelo:

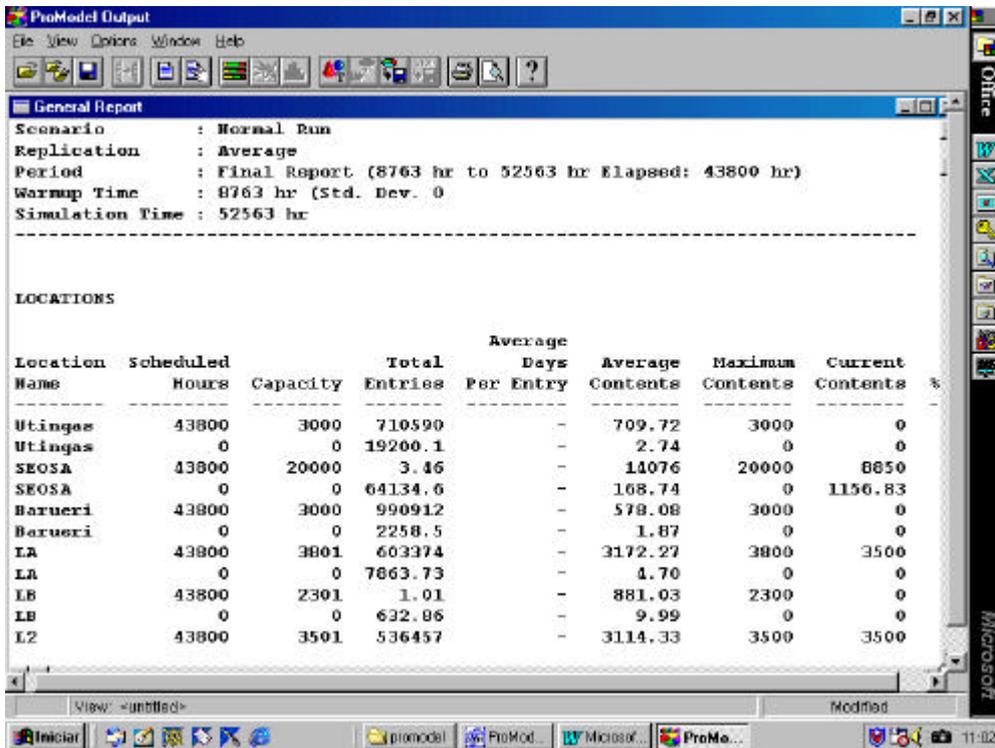


Figura 5.12: Relatório Estatístico da simulação

O programa de saída do promodel permite também criar diferentes tipos de gráficos de utilização dos Locais, como mostra o gráfico em barras na figura 5.13:

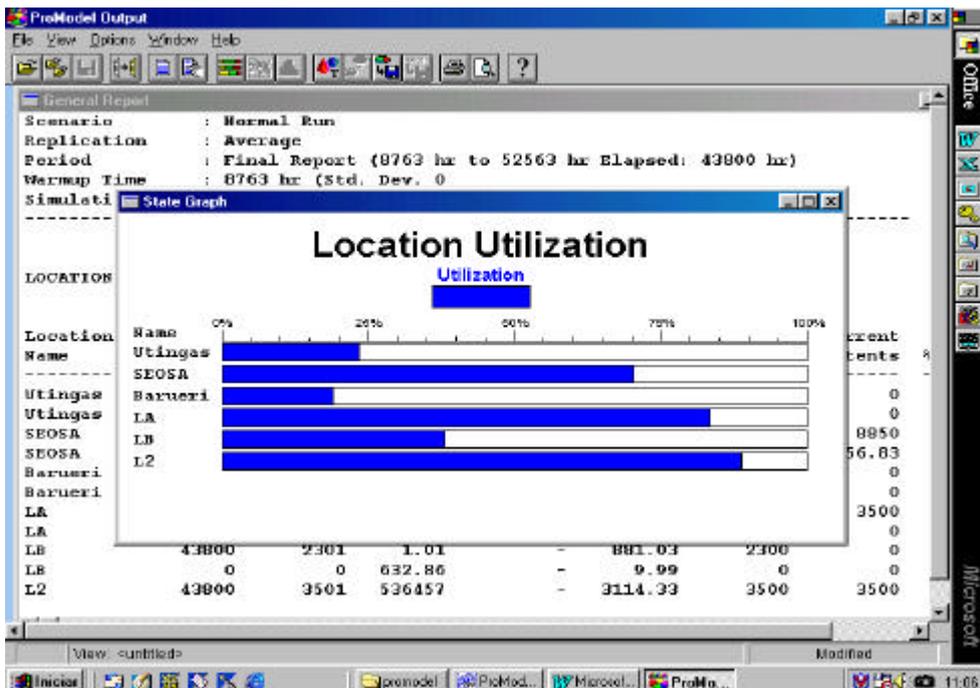


Figura 5.13: Taxa de utilização dos Locais da simulação

## CAPÍTULO 6

# VERIFICAÇÃO, VALIDAÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DE RESULTADOS

---

---

### 6.1. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

É dito que o modelo está pronto quando ao ser verificado, ele funciona da maneira pretendida. Devido à pouca experiência do modelista, diversos erros apareceram e eram devidos principalmente à rotinas de programação (tradução), e corrigidos, à medida em que foi averiguado a modelagem, seu processamento, revisando as seqüências lógicas de controle de eventos. Essa verificação foi realizada rodando-se algumas vezes o modelo piloto, monitorando a operação para analisar os movimentos do GLP (a entidade) na simulação. Nessa etapa, contou-se também com experiência e apoio de especialistas da Tecnologia de Informação da PETROBRAS, para conferir e analisar a estrutura do modelo.

A validação é o processo para assegurar que o modelo reflita a operação do sistema real de tal forma que dê encaminhamento ao problema definido. O objetivo da validação é para aumentar a credibilidade relativo ao processo de análise e o modelo deve responder perguntas específicas, definidas como objetivos de pesquisa.

O modelo foi posteriormente testado, alterando os valores dos parâmetros de entrada. Estes testes serviram também como análise de sensibilidade para identificar quais as informações merecem atenção especial. Foram coletados também dados históricos de operação, que além de servirem para determinar se a ‘predição’ das saídas são suficientemente acuradas. Ou seja, se a abordagem analítica escolhida reproduz os resultados históricos ao comparar com uma operação real. Nesta fase, houve envolvimento de técnicos da área operacional de Terminais e Dutos de São Paulo, para validar os resultados encontrados.

Algumas alterações relevantes foram introduzidas no modelo durante esta fase. Foi implementado por exemplo, o rateio ponderado do consumo da semana, para melhor representar o evento “fim de semana”. Como o mercado é definido sendo diário, foi inserido um tratamento diferenciado de modo que cada dia da semana possui um peso específico, para a retirada do GLP, em Barueri e Utingás. Foi criado também um processo para solicitar navios extras nos intervalos de chegadas dos navios regulares, para tentar representar de modo mais fiel possível à realidade operacional em Santos. A vinda dos navios extras segue um conjunto de regras, baseado nas variáveis de estado “Nível de Estoque de SEOSA” e a “Previsão de Chegada do Próximo Navio Regular”, cujo ciclo já comentado de 9 dias. Com base em observações de situações reais, os navios extras são capazes de descarregar de no máximo um (1) dia, trazendo lotes de até 12.500 toneladas de GLP (ver Anexo B – Dados de Entrada no Modelo sobre Descarga de Navios em Santos). São considerados navios extras pois apresentam condições de chegar em Santos com agilidade, após o pedido, com média de 3 dias e excepcionalmente pode chegar com prazo máximo de 5 dias. Para representar esta situação, foi adotada a distribuição triangular, com os parâmetro especificados em: Mínimo de 3 dias, Moda de 3 dias e Máximo de 5 dias.

## **6.2. EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO**

Aspectos comentados no Capítulo-2 vinculados à “Restrição”, são identificados como sendo os fatores que limitam um determinado sistema em conseguir melhores desempenhos. A implementação de melhorias para desafogar pontos de estrangulamento, propiciam reduzir custos logísticos envolvidos e aumentar o “Valor” para toda a cadeia, pela melhoria do serviço e incremento nas vendas esperado. Uma das formas encontradas para orientar os estudos de viabilidade técnico-econômicos desses projetos foi a construção de modelo de simulação, com objetivos pré-definidos, para relacionar lucro e o retorno dos investimentos.

Na fase de experimentos, foi preparado cenários, para identificar os gargalos operacionais de infra-estrutura. Seguindo procedimento recomendado pelo LAW e KELTON(2000), foi estabelecido um período de aquecimento inicial (warmup period) de um ano (8.760 horas), com a finalidade de convergir a simulação para atingir o estado em regime. Uma quantidade de observações iniciais transientes são desconsideradas e inicia efetivamente o processo de coleta de dados das variáveis. Para minimizar a variabilidade dos resultados de saída das simulações, optou-se aplicar dez(10) replicações independentes para cada rodada, com o intuito de obter uma amostragem estatística com maior precisão e diminuir a variância dos valores médios esperados.

Retornando a um dos propósitos do projeto de simulação, os resultados destas rodadas com o modelo permite visualizar gargalos do sistema operacional e, eliminar incertezas para se decidir sobre a implantação de determinados projetos de melhoria com razoável margem de segurança. No entanto, o retorno pela efetividade da melhoria operacional, sob o aspecto dos custos logísticos e benefícios a serem alcançados, seriam somente conhecidos, após sua conclusão, a depender do cenário no qual as variáveis do sistema logístico se encontrarem.

O primeiro investimento de melhoria proposto, estimado em US\$ 3,0 milhões, tem como objetivo aumentar a vazão de expedição do terminal marítimo para Cubatão, aumentando a capacidade de aquecimento de Alemoa. Quando chega um pedido para atender o mercado, o GLP é expedido na forma pressurizada através da esfera, que recebe o produto transferido dos tanques refrigerados, de maior capacidade. Esta transferência necessita de aquecimento, realizado pelos trocadores de calor existentes no terminal. A capacidade de aquecimento se torna um gargalo na expedição do produto do terminal, pois o GLP importado chega normalmente em navios-tanque refrigerados e é descarregado em condições de temperatura baixa. Analisando esse subsistema portuária, com a implantação do projeto,

espera-se reduzir a fila de navios fundeados, reduzir a falta do produto e o aumento da importação.

Prosseguindo com a análise de investimentos de melhoria operacional, um segundo projeto de remoção de gargalo, estimado em US\$ 5,0 milhões, viabilizaria aumentar a capacidade de bombeio dos polidutos OSSP-A(LA) e OSSP-B(LB), a partir de Cubatão, onde situa o terminal operacional que efetivamente controla e distribui os fluxos da Baixada Santista para o Planalto, para atender a demanda de GLP de São Paulo e da região Centro-Oeste.

### **6.2.1. CUSTO LOGÍSTICO DO SISTEMA**

Para determinar o custo logístico de sistema, foram considerados principalmente os custos relativos ao frete marítimo, da sobreestadia dos navios, mais alguns outros custos associados ao atendimento de mercado.

O custo de manutenção do estoque não foi considerando no presente estudo por três(3) motivos: segundo dados conhecidos, os custos envolvidos no transporte do GLP são muito superiores que o custo financeiro do seu imobilizado; segundo, os estoques operacionais são mantidos em níveis semelhantes, nos diversos pontos de suprimento, dada a capacidade instalada para produção/importação. Terceiro, espera-se concluir o modelo com sucesso, para avaliar a implantação de projetos com soluções rápidas, baratas, porém que permitam um retorno eficiente e eficaz a curto prazo. Soluções envolvendo aumento de tancagem e/ou de produção são mais caras além do período maior de implantação. Pretende-se abordar posteriormente, como sendo a fase seguinte de revamp do projeto. No entanto, o modelo possui funções diárias que operam com o estoque para todas as bases operacionais, porém são funções internas e não equacionadas para medir a perda de mercado devido à falta de estoque imobilizado.

O cálculo destes custos dependem do resultado de corridas com o modelo, que entre outras informações, quantificam as perdas de mercado, medida como falta de produto no mercado, sendo uma variável de saída que depende das condições de contorno, modificadas a cada corrida. O custo total é um resultado que procura quantificar qual a fatia de mercado que vale manter em função dos custos envolvidos.

O custo total é medido segundo a fórmula (6.1):

$$\mathbf{C_T = C_{TR} + C_{TX} - LA_{NS}} \quad (6.1)$$

onde:  $\mathbf{C_T}$  = Custo Total  
 $\mathbf{C_{TR}}$  = Custo de Transporte Regular  
 $\mathbf{C_{TX}}$  = Custo de Transporte Extra  
 $\mathbf{LA_{NS}}$  = Lucro Associado ao Nível de Serviço

#### 6.2.1.1. Custo do Transporte Regular

O mercado de transporte marítimo do GLP possui também comportamento sazonal. O afretamento da embarcação é formalizado normalmente através de contratos que são diferenciados por modalidade de afretamento em “TCP - Time Charter Party”, através do qual a embarcação fica disponível para o dono das cargas – o Afretador, por um período de tempo de operação, normalmente negociado em meses, independente do número de viagens da embarcação e dos portos de carga e descarga. Esta modalidade apresenta mais vantagens ao dono da carga, com menor exposição às oscilações do mercado. Outra modalidade de afretamento é a chamada “VCP - Voyage Charter Party”, o afretador contrata a embarcação por viagem e são pré-determinados os portos de carga e descarga. Para suprimentos extras do GLP, recorre-se normalmente a modalidade de transporte por viagem isolada, cujo frete é sujeito às flutuações do mercado e normalmente mais caro que a modalidade “TCP”.

Assim, o custo do transporte regular ( $\mathbf{C_{TR}}$ ) refere-se ao custo do frete marítimo pago para navios que transportam GLP, em intervalos regulares. O cálculo deste custo depende da

frequência de chegada da classe de navios contratados com esta finalidade, em Santos. Este custo é segundo a fórmula (6.2):

$$\mathbf{C_{TR} = F_i \times N_i + D_i} \quad (6.2.)$$

onde:  $\mathbf{C_{TR}}$  = Custo do Transporte Regular

$\mathbf{F_i}$  = Frete médio da frota regular de navios do cenário (i)

$\mathbf{N_i}$  = Quantidade de navios da frota regular do cenário (i)

$\mathbf{D_i}$  = Despesas com sobreestadia de navios regulares do cenário (i)

Um outro item de custo é decorrente à despesa devido à sobreestadia dos navios fundeados no porto. Na modelagem do sistema, foi construído um componente heurístico, para minimizar a chamada de navios extras, sendo que a sobreestadia é atribuída somente aos navios do ciclo de suprimento regular. Ocorrem dois tipos de sobreestadia, um devido ao tempo excedente às 48 horas de operação (“lay-time”) na descarga, podendo ser ocasionada pela velocidade de abertura de espaço na tancagem do terminal marítimo, uma vez estando o navio atracado. Outra forma de sobreestadia é devido à fila de navios, para um ciclo preestabelecido de chegadas. Foi adotada a distribuição de POISSON para chegadas com média de 9 dias.

#### 6.2.1.2. Custo do Transporte Extra

É a parcela de custo para pagamento do frete dos navios contratados por viagem. Estes navios são normalmente de porte menor, porém, com maior agilidade. Este frete é normalmente mais caro pelo tamanho menor do navio e também, sujeito ao sabor das flutuações do mercado de fretes. Este custo varia conforme os resultados das corridas de simulação, que indica a de chegada de navios de GLP em Santos.

Foram incluídos itens de custo segundo a fórmula (6.3):

$$\mathbf{C_{TX} = F_J \times N_J} \quad (6.3.)$$

onde:  $C_{TX}$  = Custo do Transporte Extra

$F_J$  = Frete de navios extras

$N_J$  = Número de navios extras

O mercado de transporte marítimo do GLP é sazonal. Esse transporte é formalizado através de contratos de afretamento, que são diferenciados pela modalidade de transporte, em “TCP - Time Charter Party”, que apresenta vantagens pela redução da exposição às oscilações do mercado. Para suprimentos extras, recorre-se ao mercado de transporte por viagem isolada, na modalidade chamada “VCP - Voyage Charter Party”, cujo frete é normalmente mais caro que a modalidade “TCP”. Esta variação é atribuída nas medições dos custos. Ao final de cada “rodada do modelo” , tem-se o total de atracações de navios. A soma final das duas modalidades de contrato de transporte marítimo fornecerá o custo total de transporte.

### 6.2.1.3. Lucro Associado ao Nível de Serviço

Pretende-se avaliar a capacidade do atendimento prestado pela logística na região, considerando-se os recursos de infraestrutura logística disponíveis. A medição quantitativa relacionada à falta do produto, é um resultado decorrente do conjunto de premissas estabelecidas no cenário de simulação, de acordo com as condições logísticas de contorno. A medida em que aumenta a capacidade de um determinado recurso, diminui progressivamente a falta do produto na região afetada, em função do aumento da capacidade de atendimento. No entanto, o custo do transporte envolvido para atender essas quantidades adicionais de venda deve ser contabilizado para verificar se o lucro obtido justificaria a expansão do recurso. O custo para atender essa demanda adicional, pode ser conhecido segundo a fórmula (6.4):

$$C_{NSi} = D(C_{TRI} + C_{TXi}) \quad (6.4)$$

Onde:

$C_{NSi}$  = Custo do Atendimento Adicional do cenário (i)

$DC_{TRI}$  = Acréscimo do Custo de Transporte da Frota Regular, do cenário com melhoria (i);

$DC_{TXi}$  = Acréscimo do Custo do Transporte da Frota Extra, do cenário com melhoria (i).

Assim, o Lucro adicional  $LA_{NSi}$ , obtido pela venda a maior, como consequência do aumento da capacidade de movimentação do GLP do cenário (i), pode ser então medido como:

$$LA_{NSi} = MG_V \times QTD_i - C_{NSi} \quad (6.5)$$

Sendo que :

$MG_V$  = Margem Bruta pela venda do GLP, por tonelada do produto;

$QTD_i$  = Quantidade adicional de venda do GLP, em toneladas;

$C_{NSi}$  = Custo do Atendimento Adicional do cenário (i)

O preço do GLP no mercado internacional é bastante volátil, devido ao efeito sazonal do seu consumo. A flutuação do preço é conforme época do ano. Em função dessa volatilidade, pedidos de “última hora” no mercado internacional pode encarecer sua aquisição, chegando algumas vezes a valores muito acima das compras através de contratos. No estudo de caso, foi considerado um sobrepreço de US\$ 15,0 por tonelada de GLP.

### 6.2.2. PRAZO LOGÍSTICO

O transporte marítimo do GLP é normalmente mais caro que de outros produtos combustíveis de petróleo, em função do tipo de embarcação utilizada. Neste sentido, os intervalos de ressuprimento do GLP importado são definidos, levando-se em conta esse dispêndio também. Ao comprimir o prazo logístico, aumenta a oferta do produto no mercado

porém, aumenta custo de transporte, além de elevar despesas com sobreestadia de navios, devido ao aumento do tempo do navio no porto, caso as instalações de movimentação do local recebedor se mostrem insuficientes.

Foram simulados cenários com diferentes ciclos de ressuprimento, para avaliar o efeito da compressão do ciclo de chegada dos navios e sua influência nos investimentos propostos. O ciclo de chegada de navios, segue a distribuição Poisson. Essa taxa de chegada é um processo de entrada de Poisson para verificar a formação de fila no porto de Santos. O ciclo original considerou um intervalo de 9 dias. Foram realizadas corridas reduzindo o intervalo médio de chegada para 8 dias e para 7 dias. Foi verificada uma fronteira de colapso, quando o modelo começa a “empilhar navios” em fila, inviabilizando os resultados. Esta situação ocorreu com o intervalo de 7 dias.

### **6.3. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Como premissas para os cenários, a inserção progressiva de melhorias no escoamento do sistema, para verificar quais os fatores de maior impacto para níveis diferentes de aumento de capacidade, e avaliação do ciclo de chegadas de navios de importação regular. Foi estabelecido um tempo de simulação de cinco anos, ou seja, 43.800 horas, para cada corrida.

O cenário básico-1(F1) retrata a situação atual, com intervalo médio de chegadas de 9 dias. Os cenários (F2), (F3), (F4), (F5) e (F6), seguem o mesmo ciclo de 9 dias, com aumento progressivo da capacidade de escoamento. A comparação dos cenários (F1) e (F7) possibilita perceber os efeitos da redução do ciclo de chegada, de 9 para 8 dias. Os cenários (F8) a (F11) repetem o aumento progressivo da capacidade de escoamento, porém com ciclo de 8 dias.

### 6.3.1. VALORES ECONÔMICOS DO MODELO

A Tabela 6.1 apresenta os valores atribuídos às medidas quantitativas, obtidas com a simulação, para avaliar os cenários de suprimento.

Tabela 6.1. - Valores Econômicos para o Estudo Comparativo

Parâmetros	Unidade	Valor
Custo FOB médio do GLP importado	US\$/t	280,00
Preço de venda no mercado interno	US\$/t	350,00
Sobrep preço do GLP da importação adicional	US\$/t	20,00
Frete médio da frota regular de navios em Santos	US\$/t	18,00
Frete médio da frota de navios spot em Santos	US\$/t	25,00
Custo médio de sobrestaria do navio(NT)	US\$/d*NT	20.000,00

### 6.3.2. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

As Tabelas 6.2 e 6.3 apresentam de forma resumida e respectivamente, os resultados de cada rodada, mostrando quais foram os fatores mais sensíveis à aplicação de melhorias no sistema logístico.

Pelo cenário básico-1 (F1), foi verificado saturação da capacidade das instalações existentes nos Terminais Operacionais situados em Santos e em Cubatão (ver Tabela 6.2), apresentando como resultados, número de navios operados em Santos e a conseqüente falta do produto no mercado (ver Tabela 6.3). Os resultados dos cenários (F2) e (F3) mostram que o aumento da vazão de expedição para 7 mil toneladas por dia no duto A2, trecho entre Santos e Cubatão traz vantagens no desempenho operacional. Mesmo acrescentando o fluxo da RPBC, pela linha R9 até Cubatão, a melhoria no trecho subsequente, entre Cubatão e São Paulo (Linha LA), representada pelos cenários (F4) e (F5), intensificou o resultado positivo obtido nos cenários anteriores. O cenário (F6) confirma que é necessário realizar primeiro melhorias em Santos, pois, ao priorizar a melhoria em Cubatão, a simulação não mostrou melhoria no desempenho. Pode-se concluir que a resposta do modelo foi coerente com o processo real. É

necessário eliminar o gargalo da etapa anterior, para prosseguir identificando se existiria na etapa seguinte da cadeia.

O cenário básico (F7), com ciclo médio de chegada dos lotes regulares reduzido para 8 dias, apresentou uma redução significativa nos custos, concluindo que é melhor operar com ciclo menor de 8 dias. No entanto, deve observar esta redução do ciclo para que não ocorra situação de “empilhamento” de navios, quando a taxa de navio atracado chega próxima a um. Esta situação foi constatada quando reduziu o ciclo para 7 dias.

Tabela 6.2. – Comparativo da Taxa de Utilização dos Recursos

COMPARATIVO DE CENÁRIOS MELHORIAS PROGRESSIVAS EM SANTOS e CUBATÃO							
Cenários 1: Ciclo de 9 dias Cenários 2: Ciclo de 8 dias	Cenário	TAXA (%) DE UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS					
		A2	LA	LB	SEOSA	BARUERI	UTINGÁS
CENÁRIO BASE-1 (sem melhoria)	F1	88	82	38	65	18	23
1.A - LINHA A2 COM 5250 T/D	F2	63	75	61	50	18	46
1.B - LINHA A2 COM 7000 T/D	F3	47	73	66	47	18	54
1.C - LINHA LA COM 5400 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F4	47	59	48	46	22	66
1.D - LINHA LA COM 7000 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F5	48	49	38	46	23	77
1.E - LA=5400 T/D e L2=3500 T/D	F6	88	64	36	63	22	63
CENÁRIO BASE-2 (sem melhoria)	F7	90	84	38	73	19	24
2.A - LINHA A2 COM 5250 T/D	F8	65	79	62	57	19	50
2.B - LINHA A2 COM 7000 T/D	F9	50	75	67	55	18	58
2.C - LINHA LA COM 5400 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F10	51	62	49	53	24	72
2.D - LINHA LA COM 7000 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F11	51	52	38	53	24	74

Tabela 6.3. – Comparativo dos Resultados de Simulação

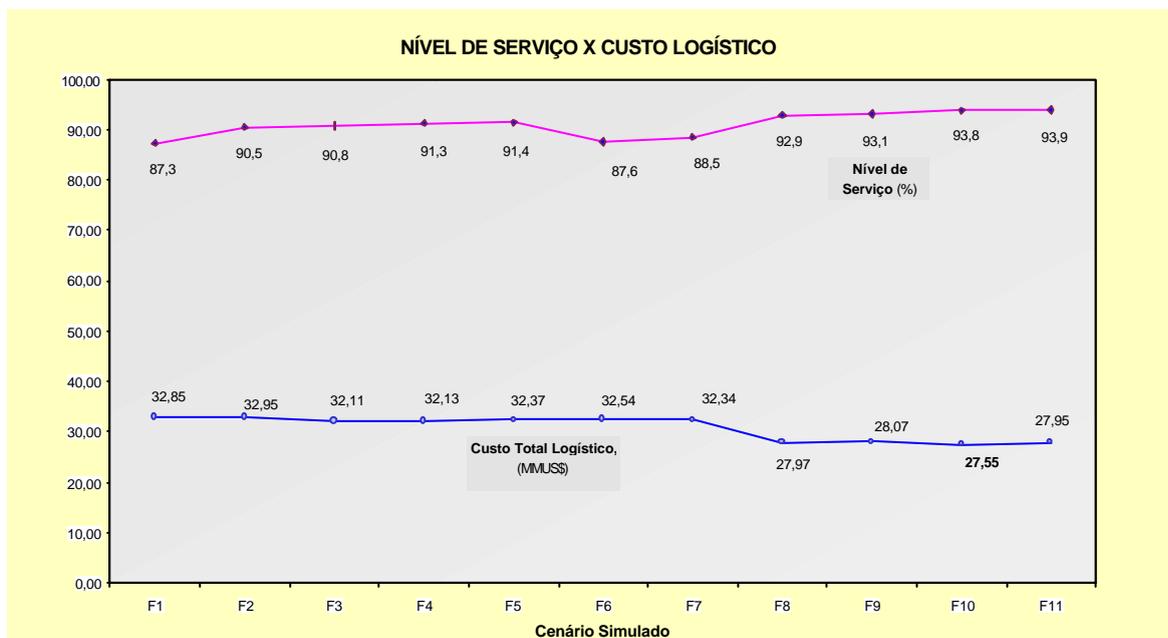
COMPARATIVO DE CENÁRIOS MELHORIAS PROGRESSIVAS EM SANTOS e CUBATÃO							
Cenários 1: Ciclo de 9 dias Cenários 2: Ciclo de 8 dias	CENÁRIO	RESULTADO DE SIMULAÇÕES					
		FALTA (T/D)	FALTA (%)	NAVIOS REGULARES	SOBRESTADIA D/NT	NAVIOS EXTRAS	IMPORTAÇÃO EXTRA (T/NT)
CENÁRIO BASE-1 (sem melhoria)	F1	954	12,7	40	2,01	26	10719
1.A - LINHA A2 COM 5250 T/D	F2	708	9,5	40	0,88	36	10830
1.B - LINHA A2 COM 7000 T/D	F3	686	9,2	40	0,85	35	10815
1.C - LINHA LA COM 5400 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F4	646	8,7	40	0,69	36	10958
1.D - LINHA LA COM 7000 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F5	637	8,6	40	0,65	37	10961
1.E - LA=5400 T/D e L2=3500 T/D	F6	933	12,4	40	1,84	26	10744
CENÁRIO BASE-2 (sem melhoria)	F7	867	11,5	46	4,18	17	10297
2.A - LINHA A2 COM 5250 T/D	F8	538	7,12	46	1,53	27	10468
2.B - LINHA A2 COM 7000 T/D	F9	518	6,9	46	1,24	29	10507
2.C - LINHA LA COM 5400 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F10	465	6,2	46	1,12	30	10524
2.D - LINHA LA COM 7000 T/D (A2 COM 7000 T/D)	F11	458	6,1	46	1,38	30	10554

As Tabelas 6.2 e 6.3 indicam informações relevantes, com respeito ao processo de identificar gargalos operacionais. Quando se elimina uma restrição em um determinado local da cadeia logística, seja o local representado por um recurso como sendo duto (linhas A2, LA e LB) ou tancagem (ALEMOA, BARUERI e UTINGÁS), diminui sua taxa de utilização e o sistema imediatamente procura localizar os gargalos seguintes, uma vez que os locais seguintes passam a receber mais movimentação. A Tabela 6.4 mostra os custos calculados, tomando como base os valores econômicos apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.4. – Resumo dos Custos Logísticos e Nível de Serviço Aplicado

ESTUDO DE SIMULAÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DE GLP							
CÁLCULO DE CUSTOS LOGÍSTICOS							
AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS COM MELHORIAS OPERACIONAIS EM SANTOS e CUBATÃO							
Cenários 1: Ciclo de 9 dias		CUSTO TOTAL	CUSTO DE TRANSPORTE NAVIOS REGULARES	CUSTO DE TRANSPORTE NAVIOS EXTRAS	CUSTO ATENDIMENTO ADICIONAL	LUCRO ADICIONAL	FALTA
Cenários 2: Ciclo de 8 dias	Cenário	(MM US\$/A)	(MM US\$/A)	(MM US\$/A)	(MM US\$/A)	(MM US\$/A)	(T/D)
CENÁRIO BASE-1 (sem melhoria)	<b>F1</b>	<b>32,85</b>	21,71	11,15	0,00	0,00	954
1.A - LINHA A2 COM 5250 T/D	<b>F2</b>	32,95	20,45	15,60	3,19	3,09	708
1.B - LINHA A2 COM 7000 T/D	<b>F3</b>	<b>32,11</b>	20,77	15,14	3,05	3,80	686
1.C - LINHA LA COM 5400 T/D (A2 COM 7000 T/D)	<b>F4</b>	32,13	20,65	15,78	3,57	4,29	646
1.D - LINHA LA COM 7000 T/D (A2 COM 7000 T/D)	<b>F5</b>	32,37	20,44	16,22	3,81	4,29	637
1.E - LA=5400 T/D e A2=3500 T/D	<b>F6</b>	32,54	21,65	11,32	0,11	0,43	933
CENÁRIO BASE-2 (sem melhoria)	<b>F7</b>	<b>32,34</b>	26,71	7,00	0,86	1,37	867
2.A - LINHA A2 COM 5250 T/D	<b>F8</b>	27,97	24,42	11,31	2,87	7,76	538
2.B - LINHA A2 COM 7000 T/D	<b>F9</b>	28,07	23,95	12,09	3,18	7,96	518
2.C - LINHA LA COM 5400 T/D (A2 COM 7000 T/D)	<b>F10</b>	<b>27,55</b>	24,02	12,43	3,59	8,90	465
2.D - LINHA LA COM 7000 T/D (A2 COM 7000 T/D)	<b>F11</b>	27,95	24,28	12,46	3,89	8,79	458

Figura 6.1. – Evolução do Custo Total Logístico e Nível de Serviço



A Tabela 6.4 e a Figura 6.1 mostram os resultados de simulação, com melhorias no sistema de movimentação, medindo o Nível de Serviço possível de ser alcançado e examina o custo logístico correspondente. A alternativa simulada que indicou os melhores resultados foi do cenário (F10), ao reduzir o ciclo de ressuprimento com lotes regulares para 8 dias, e associou ao aumento da capacidade de expedição no Terminal de Santos e em Cubatão. Este cenário (F10), proporcionou um nível de serviço de 93,8%, a um custo logístico correspondente de US\$27,55 milhões. Conclui-se que o sistema de movimentação existente apresenta gargalos operacionais e através desses cenários foi possível indicar nível de melhorias necessário para proporcionar maior eficiência no.

### 6.3.3. ESTUDO DE VIABILIDADE DOS PROJETOS DE MELHORIA

Por fim, é apresentado os resultados de avaliação dos investimentos propostos para a tomada de decisão. As medidas resultantes das simulações foram úteis para os estudos de viabilidade técnico econômicos desses projetos de melhoria, ao permitir reconhecer os benefícios e os relacionando com o lucro e o retorno do investimento. A tabela 6.6 mostra os resultados de avaliação econômica dos projetos propostos para Alemoa e para Cubatão. As planilhas de cálculo do estudo de viabilidade econômica dos projetos, contendo os fluxos de caixa encontram-se no Anexo-D.

Tabela 6.5. – Resultados da Avaliação Econômica dos Projetos de Melhoria

Resultado Econômico implantando Projeto de Melhoria somente em ALEMOA (opção 1)		Resultado Econômico implantando os Projetos de Melhoria em ALEMOA e em CUBATÃO (opção 2)	
Investimento	3,0 MMUS\$	Investimento	8,0 MMUS\$
VPL em 2002	<b>40,2</b>	VPL em 2002	<b>32,1</b>
TRI real	<b>127%</b>	TRI real	<b>55%</b>
VPL/INV	<b>15,40</b>	VPL/INV	<b>4,61</b>

Evidentemente, a decisão para empreender um determinado projeto depende da credibilidade dos benefícios calculados, e se esses benefícios estimados ofereceriam o retorno suficiente para justificar a mudança. Pela Tabela 6.5, o resultado encontrado investindo somente em Alemoa foi melhor que o projeto de investimento que estende melhorias até Cubatão. No entanto, os resultados mostrados pela Tabela 6.4 e o Gráfico 6.1 indicam o benefício sistêmico a favor da 2ª opção.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

---

---

Neste capítulo será apresentado a síntese dos principais objetivos da pesquisa, as conclusões, em seguida as recomendações oriundas da análise dos conceitos pertinentes à revisão bibliográfica e contribuições do estudo de dissertação.

#### **7.1 – SÍNTESE DA PESQUISA**

Este trabalho representa uma proposta metodológica para identificação de gargalos operacionais de infra-estrutura logística de produtos combustíveis, fundamentado nos conceitos contemporâneos pesquisados nas disciplinas de gerenciamento de sistemas logísticos, metodologia do valor, ferramentas para tomada de decisão, e princípios metodológicos de simulação aplicados para a modelagem de sistemas logísticos.

A tecnologia de simulação é atualmente uma das áreas de pesquisa mais avançadas no ambiente científico. Estudos de simulação vem se tornando comuns com o uso de modelos aplicáveis às decisões de rotina. Na forma mais pura, a simulação pode avaliar idéias, permite adicionar criatividade à solução de problemas. Assim, foi realizada uma aplicação dessa tecnologia em estudo de caso de um sistema físico de distribuição de GLP, no intuito de encontrar um processo de experimentação adequado para determinar como o sistema logístico em questão responderia a mudanças ambientais ou condições de contorno.

Esse sistema é um conjunto de elementos que interagem entre si. Lembrando que, o objetivo da construção desse modelo é para ajudar a responder a questões para uma posterior tomada de decisão, assim a modelagem direciona os esforços para gerar resultados de medida de variáveis para solução de problemas.

Quando se percebem gargalos operacionais em instalações existentes, é realizada uma avaliação para verificar se há condição de melhora de infra-estrutura. As propostas de melhoria necessitam de investimentos. Para decidir se deve investir ou não em tais projetos, é recomendável utilizar mecanismos de avaliação confiáveis para minimizar riscos de êrro. No presente caso, pretende-se conferir a dinâmica de operação de um sistema notoriamente crítico para movimentação de GLP.

Dada a complexidade das operações diárias, a técnica de simulação proporciona visão sistêmica necessária sobre a realidade operacional, mediante a capacidade de geração de parâmetros e medidas para suportar estudos de cenários. O projeto experimental de simulação para o estudo de caso, foi desenvolvido fundamentado nos conceitos e definições da Logística Contemporânea, com ênfase na análise dos Custos Logísticos, integrando os conceitos da logística à ferramenta de simulação, e aplicar estudo de cenários, de modo a avaliar a viabilidade potencial da melhoria a ser aplicada na manutenção do nível de serviço. O modelo contribuiu orientando, com base nos resultados obtidos, busca de melhores soluções, e aperfeiçoar as práticas da atividade de abastecimento.

## **7.2 – CONCLUSÕES**

O uso de modelos com representações simbólicas para melhor entender a realidade das interações das várias partes do sistema, baseadas em fenômenos conhecidos, é uma metodologia muito comum no meio empresarial moderno. Hoje, quase todo estudo de uma relativa importância, recorre a algum tipo de modelo para ajudar e facilitar o entendimento.

Desta forma, com relação aos objetivos postulados no início desta pesquisa, pode-se concluir que os fundamentos teóricos contidos neste trabalho possibilitam a realização de projetos relacionados com a implementação de melhoria em sistemas integrados. Considerando a empresa inserida num sistema que agrega valor ao longo da cadeia, pode ser

concluído que qualquer evento em um determinado local ou nível causará conseqüências em outras partes do sistema e portanto no seu todo.

O método de simulação mostrou de fato sua capacidade de gerar modelos, ajustados de maneira próximos à realidade, foi possível utilizar com satisfação os resultados indicativos das rodadas, e estabelecer conclusões a partir do projeto experimental. O que é importante, no entanto, é saber analisar quais os parâmetros que se mostraram como sendo os fatores mais sensíveis à mudança. É claro que isso dependeu fundamentalmente de como o sistema foi modelado, pois, de acordo com o que é estabelecido pelos conceitos de simulação, sempre que se inicia um projeto, deve já ter claramente traçado, os objetivos do estudo e o que se espera que seja respondido pelo modelo final desenvolvido.

Com relação ao estabelecimento de passos para acompanhar o desenvolvimento do projeto, verificou-se que é recomendável seguir uma metodologia que indica a interação entre as fases do projeto. A utilização do software ProModel, que se dispõe de módulos e rotinas adequados para a modelagem de sistemas de eventos discretos e com os recursos de animação gráfica permitiu o diálogo e o reconhecimento dos seus resultados.

Através dos resultados obtidos da simulação experimental, algumas suspeitas de gargalos que já haviam sido levantados antes foram esclarecidas, e eliminou a polêmica com relação aos locais onde afetam o processo de interiorização do GLP. Foi observado também que ao experimentar o modelo, modificando algum procedimento operacional, já se pode esperar uma melhoria nos resultados, respeitando as condições de contorno da malha. Verificou-se que tais medidas refletem na redução do custo total logístico. Como exemplo, a compressão do prazo de chegada dos navios com maior lote de GLP. Ao reduzir o ciclo de nove(9) para (8) oito dias, permitiu uma economia média de US\$ 0,97 milhões anuais, equivalente a uma redução de 2,2%, quando a simulação solicitou um adicional de sete(7) navios regulares, em detrimento de nove(9) navios extras.

Esta afirmação não poderia ter sido percebida, observando unicamente nos gastos com o transporte propriamente dita, que envolve somente o custo de frete. Apesar do item de transporte corresponder próximo a 64% do custo logístico total, a redução do custo se deveu principalmente à redução das compras isoladas, que além de ter que pagar um sobrepreço pelo produto importado, a limitação do lote em navios de pequeno porte não permitiu aumentar a disponibilidade para atender as solicitações da demanda. Esta observação é relevante pois reforça a necessidade da visão sistêmica para se decidir, o que seria mais importante na relação de “trade-off” entre custos de transporte e outros custos associados do sistema.

Foi observado também, que a partir de um determinado percentual de atendimento, a melhoria no nível de serviço passa ser marginal, apesar das melhorias aplicadas. O nível de serviço passou se acomodar em uma faixa próxima a 93,8%. Investimentos no aumento de estoque de GLP nas bases de distribuição, próximas do consumo, são alternativas mais interessantes do ponto de vista da elevação do nível de serviço a ser oferecido. Este aspecto foi observado quanto o modelo “empurrou” o gargalo para a tancagem de Utingás, após a absorção das melhorias em Santos e em Cubatão.

Concluiu-se portanto, que é recomendável o emprego de modelos de simulação, para a finalidade proposta, permitindo que o empresário possa preparar suas estratégias de negócios em tempo hábil.

### **7.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O modelo experimental construído se mostrou confiável e adequado para realização de estudos voltados para a identificação de gargalos operacionais existentes. Recomenda-se empregar o método científico de modelagem para desenvolver novos sistemas, avaliar outras possibilidades de investimentos em facilidades logísticas, tais como: adequação de capacidades de armazenagem, aumento da capacidade de bombeamento, ampliação de capacidade de refino etc.

Os modelos simulares poderiam também ser utilizadas com eficácia para analisar uma série de cenários de contingência, tais como: parada não programada em refinaria, perda de capacidade de transferência nos oleodutos, manutenção de terminal marítimo, etc.

Este trabalho poderá ser ampliado se ligando a outras redes regionais de distribuição de GLP. A complexidade do sistema modelado poderá ser gradativamente aumentada, adicionando-se à cadeia outros trechos de distribuição. Em ambos os casos, novos ganhos operacionais poderiam ser obtidos, agregando-se novos sub-sistemas ao modelo preliminar.

Alinhado ainda com os propósitos tecnológicos do presente estudo, na realidade, o projeto experimental apresentado corresponde ao estágio “DOE” (*design of experiments*), o segundo estágio de apoio à decisão de um projeto de simulação. Mesmo podendo ser utilizado independentemente, o projeto corresponde a fase fatorial de experimentos, que ajuda a determinar se uma mudança de um parâmetro interfere na saída do modelo, para identificar quais tem influência significativa, bem como o nível de interação entre os parâmetros, para entender melhor seu comportamento dinâmico.

Existe um terceiro e último estágio nesse processo que se trata da *otimização da simulação*, testando as diferentes combinações possíveis de valores para os parâmetros de entrada, a fim de encontrar a combinação que fornece o melhor valor para a função objetiva.

Atualmente, estão disponibilizados no mercado novos softwares para a otimização de sistemas simulados, utilizando uma classe de técnicas de busca direta associadas a Algoritmos Evolutivos (AEs), baseados em conceitos da teoria de evolução. Para aplicar um AE, estes softwares possuem a capacidade de geração de uma gama de soluções para o problema, quantas forem possíveis e as distribuem randomicamente, em uma superfície de respostas. Os AEs manipulam essa população de soluções de modo que as piores são descartadas enquanto as melhores continuam a evoluir na busca pela solução ótima. O comentário acima colocado tem a finalidade de observar a existência de novas tecnologias disponíveis no mercado de

forma a garantir o grau de competitividade alinhados com os objetivos e características de cada empresa, para avaliar a relação custos/benefícios das propostas.

#### **7.4 – CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA**

A principal contribuição desta pesquisa está relacionada com a aplicação tecnológica e conceitual em projetos de modelagem de sistemas reais integrados.

Neste sentido, a modelagem do sistema e sua aplicação através de um projeto experimental de simulação para um estudo de caso, foi possível perceber, além do aspecto acadêmico, a sua aplicação na redução do esforço dos profissionais em avaliar projetos relacionados com a seleção, configuração, e sua aprovação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Balintfy, Joseph L., et. al. – **Técnicas de Simulação em Computadores**. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 1971.
- Ballou, Ronald H. – **Business Logistics Management**. Prentice Hall, New Jersey, 4<sup>th</sup> ed., U.S.A., 1998.
- Ballou, Ronald H. – **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física**. Tradução Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo, Editora Atlas, 1993.
- Banks, Jerry ; John S. Carson II; e Barry L. Nelson – **Discrete-Event System Simulation**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
- Banks, Jerry e R. Gibson – “**10 Rules for Determining When Simulation Is Not Appropriate**.” IIE Solutions, setembro de 1997.
- Banks, Jerry – **Handbook of Simulation, Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice**. Georgia Institute of Technology, Georgia, 1<sup>st</sup> ed., 1998.
- Bateman, Robert E. et. al. – **System Improvement Using Simulation**. Utah, 5<sup>th</sup> ed., 1997.
- Bowersox, Donald J. e Closs, David J. – **Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process**. McGraw-Hill, 1<sup>st</sup> ed., 1998.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Superintendência de Estudos Estratégicos. **Perspectivas de Suprimento de GLP no Brasil**. Rio de Janeiro, 1999
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 1998.
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil - 1996**. Rio de Janeiro, 1996.
- BRASIL. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Sinopse Econômica - Quadro de Previsões Anuais/ Estatística** Rio de Janeiro, BNDES/Índices estatísticos, 1999.
- Christopher, Martin – **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégias para a Redução de Custos e Melhoria dos Serviços**. Ed. Pioneira, São Paulo, 1997.

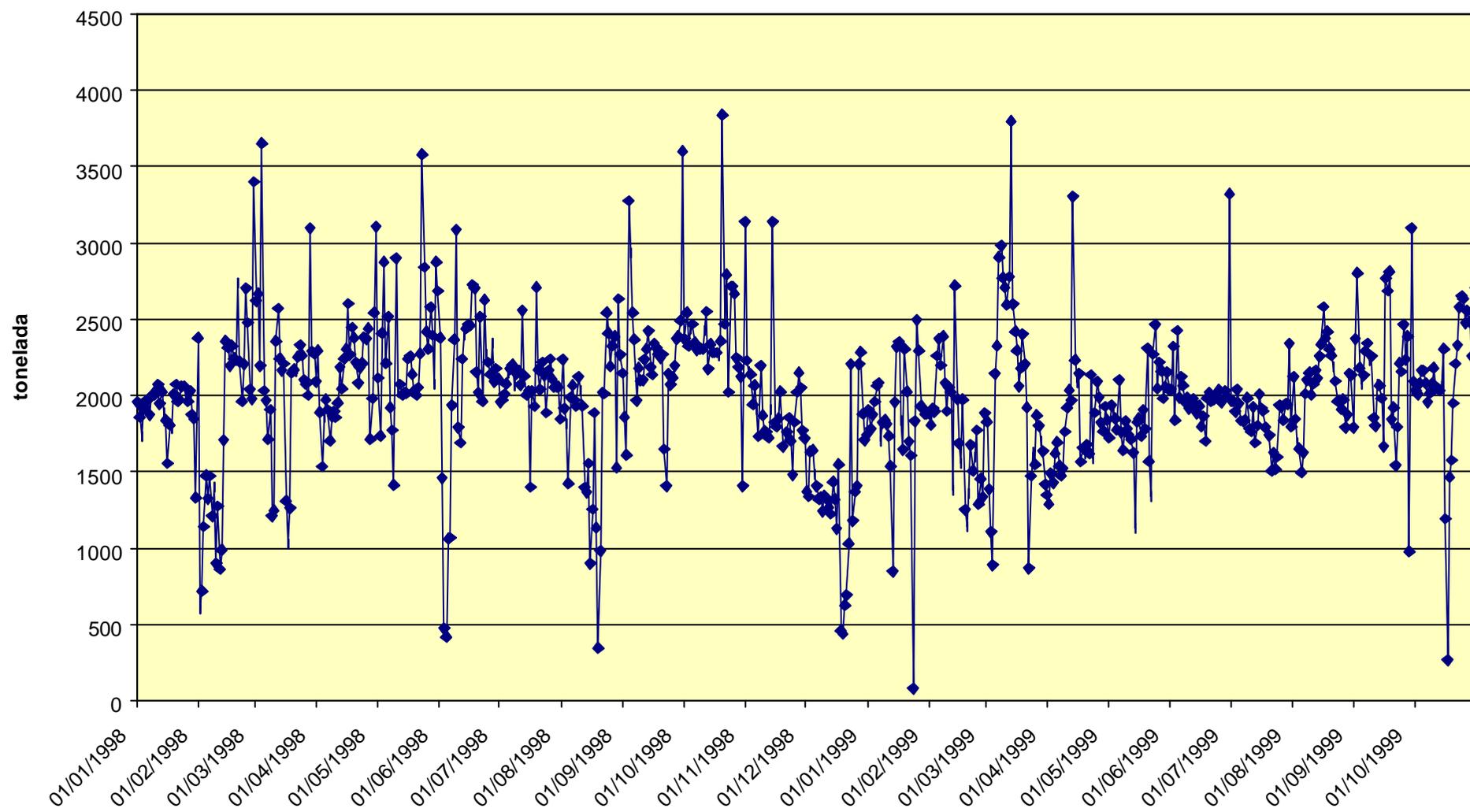
- Csillag, João Mário – **Análise do Valor: Engenharia do Valor, Gerenciamento do Valor, Redução de Custos, Etc.** Ed. Atlas, 4.ed. – São Paulo, 1995.
- Forrester, Jay W. – **Industrial Dynamics.** The MIT Press, Massachusetts, 1961.
- Harrel, Charles R. e Tumay, Kerim – **Simulation Made Easy: A Manager's Guide.** Institute of Industrial Engineers, Georgia, 1995.
- Harrel, Charles R., Ghosh, Biman K. e Bowden, Royce – **Simulation Using Promodel.** McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science, 2000.
- Johnson, James C. e Wood, Donald F. – **Contemporary Logistics.** Prentice Hall, New Jersey, U.S.A., 6<sup>th</sup> ed., 1996.
- Johansson, Henry J. et. al. – **Processos de Negócios: Como criar sinergia entre a estratégia de mercado e a excelência operacional.** Biblioteca Pioneira de Administração e Negócios, São Paulo : Pioneira, 1995.
- Köche, José Carlos - **Fundamentos de Metodologia Científica: Teoria da Ciência e Prática da Pesquisa.** Editora Vozes, 14<sup>a</sup> ed., Petrópolis, RJ, 1997.
- Lambert, Douglas M. e Stock, James R. – **Strategic Logistics Management.** Irwin Inc., 3<sup>d</sup> ed., 1992.
- Lamming, Richard e Cox, Andrew – **Managing Supply in the Firm of the Future.** European Journal of Purchasing & Supply Management. Vol 3. No. 2 pp.53-62, 1997.
- Law, Averill M. e Kelton, W. David – **Simulation Modeling and Analysis.** McGraw-Hill International Editions, 3<sup>rd</sup> ed. 2000.
- Novaes, Antônio Galvão - **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos.** Editora Edgar Blücher, São Paulo, 1989.
- Novaes, Antônio Galvão N. e Alvarenga, Antônio Carlos – **Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição Física.** Editora Pioneira, 2<sup>a</sup> ed., São Paulo, 1994.
- Pegden, C. D., Shannon, R. E. e Sadowski, R. P. – **Introduction to Simulation Using SIMAN.** Ed. McGraw-Hill, New York, 1995.

- Pidd, M. – **Modelagem Empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1998.
- Pina, Vítor Manuel Dias Castro – **Inteligência Estratégica nos Negócios**. Editora Atlas, São Paulo, 1994.
- PROMODEL Corporation: ProModel User's Guide, Versão 4.2, Orem, Utah, 1999.
- Schriber, T. J. – **The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing Systems**. *Simulation in CIM and Artificial Intelligence Techniques*, ed. J. Retti e K. E. Wichmann, S.D., CA.: Society for Computer Simulation, 1987.
- Shannon, Robert E. – **System Simulation: The Art and Science**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1975.
- Saliby, Eduardo – **Repensando a Simulação: a amostragem descritiva**. Editora Atlas, São Paulo, 1989.
- Silver, Edward A. e Peterson, Rein – **Decision Systems for Inventory Management and Production Planning**. John Wiley & Sons, 2<sup>nd</sup> ed., 1985.
- Silver, Edward A., Pyke, David F. e Peterson, Rein – **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. John Wiley & Sons, New York, 1998.
- Treat, John Elting, et. al. – **Creating The High Performance International Petroleum Company: Dinosaurs Can Fly**. PenWell Publishing Company, Oklahoma, 1994.
- Welsh, S. – **Continuous Improvement of Petroleum Logistics: Use of Organisational Change, Key Indicators, Performance Contracts and Managing Outsourced Services**. The College of Petroleum and Energy Studies Oxford, apostila de curso ministrado na PETROBRÁS, Rio de Janeiro, dezembro de 1998.
- Welsh, S. – **Managing Downstream Logistics and Distribution**. The College of Petroleum and Energy Studies Oxford, curso ministrado na PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 1998.
- Zinn, Walter. **A Logística e o Marketing: conceitos e ferramental para alavancar a competitividade**. Curso ministrado na PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 1998.

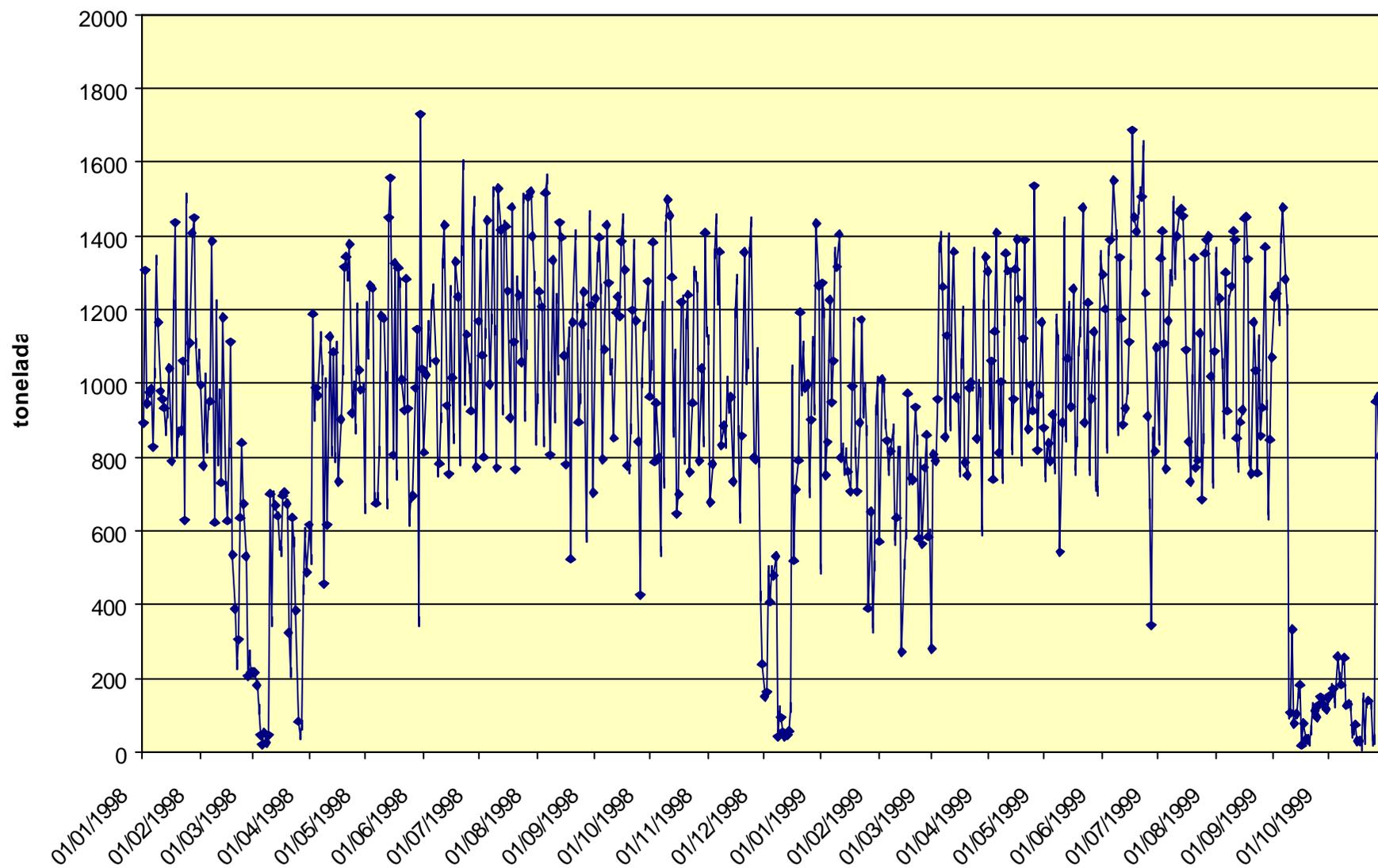
## **ANEXO A**

# **DADOS DE ENTRADA DO MODELO SOBRE PRODUÇÃO DE GLP**

## PRODUÇÃO DÁRIA DA REPLAN



## PRODUÇÃO DIÁRIA DA RPBC



## **ANEXO B**

# **DADOS DE ENTRADA DO MODELO SOBRE DESCARGA DE NAVIOS EM SANTOS**

<b>Descargas de GLP em Santos acima de 12.500 toneladas</b>					
<b>NAVIO</b>	<b>CHEGA PORTO</b>	<b>ATRACA</b>	<b>INI OPER</b>	<b>FIM OPER</b>	<b>QUANT.(ton)</b>
BERGE CLIPPER	26-ago-98	27-ago-98	27-ago-98	28-ago-98	12.988
BERGE FROST	14-fev-98	15-fev-98	15-fev-98	17-fev-98	26.019
BERGE FROST	11-abr-98	11-abr-98	11-abr-98	13-abr-98	20.970
BERGE FROST	06-jun-98	07-jun-98	07-jun-98	08-jun-98	14.976
BERGE FROST	24-jul-98	28-jul-98	28-jul-98	31-jul-98	30.355
BERGE FROST	22-set-98	24-set-98	24-set-98	25-set-98	25.996
BERGE FROST	19-nov-98	20-nov-98	20-nov-98	21-nov-98	25.417
BERGE FROST	10-jan-99	10-jan-99	11-jan-99	12-jan-99	25.436
BERGE FROST	07-mar-99	07-mar-99	07-mar-99	10-mar-99	29.007
BERGE FROST	07-mai-99	09-mai-99	09-mai-99	11-mai-99	17.524
BERGE RACINE	15-jun-99	16-jun-99	16-jun-99	18-jun-99	23.241
BERGE RACINE	22-jul-99	22-jul-99	22-jul-99	23-jul-99	24.564
BERGE RACINE	19-set-99	23-set-99	23-set-99	26-set-99	25.660
BERGE RAGNHILD	16-abr-98	16-abr-98	16-abr-98	18-abr-98	20.748
BERGE SISAR	26-abr-98	27-abr-98	27-abr-98	29-abr-98	24.614
BERGE SISAR	16-jul-98	17-jul-98	17-jul-98	19-jul-98	19.655
BERGE SISAR	08-set-98	10-set-98	10-set-98	14-set-98	30.013
BERGE SUND	28-mar-99	29-mar-99	29-mar-99	31-mar-99	25.257
BERGE SUND	23-abr-99	23-abr-99	23-abr-99	25-abr-99	19.903
BERGE SUND	02-jun-99	03-jun-99	03-jun-99	05-jun-99	19.990
BERGE SUND	03-jul-99	03-jul-99	03-jul-99	04-jul-99	15.848
GAS ARIES	23-fev-98	26-fev-98	26-fev-98	28-fev-98	20.113
GAS ARIES	28-jun-98	28-jun-98	28-jun-98	30-jun-98	25.602
GAS ARIES	17-ago-98	20-ago-98	20-ago-98	24-ago-98	32.847
GAS ARIES	25-nov-98	25-nov-98	26-nov-98	01-dez-98	44.181
GAS ARIES	01-mai-99	01-mai-99	01-mai-99	04-mai-99	12.527
GAS ARIES	07-jun-99	08-jun-99	08-jun-99	11-jun-99	20.770
GAS ARIES	11-jul-99	11-jul-99	11-jul-99	12-jul-99	14.417
GAS ARIES	22-ago-99	22-ago-99	22-ago-99	25-ago-99	32.447
GAZ POEM	31-jan-98	31-jan-98	31-jan-98	02-fev-98	16.815
GAZ POEM	30-mar-98	31-mar-98	31-mar-98	02-abr-98	25.313
GAZ POEM	10-jul-98	11-jul-98	11-jul-98	14-jul-98	16.172
GAZ POEM	11-out-98	11-out-98	11-out-98	12-out-98	19.892
GAZ POEM	05-dez-98	05-dez-98	05-dez-98	06-dez-98	18.774
JANE MAERSK	05-jan-98	14-jan-98	14-jan-98	16-jan-98	16.018
JANE MAERSK	15-fev-99	15-fev-99	15-fev-99	17-fev-99	14.824
JANE MAERSK	26-jun-99	27-jun-99	27-jun-99	28-jun-99	12.146
PETROLAGAS 2	21-jan-98	22-jan-98	22-jan-98	24-jan-98	18.077
PETROLAGAS 2	19-mai-98	19-mai-98	19-mai-98	20-mai-98	22.858
PETROLAGAS 2	30-set-98	30-set-98	30-set-98	02-out-98	22.441
BERGE STRAND	02-set-99	03-set-99	03-set-99	04-set-99	16.977
BERGE COMMANDER	27-set-99	30-set-99	30-set-99	01-out-99	24.454
BERGE SPIRIT	29-mai-98	01-jun-98	01-jun-98	04-jun-98	13.680
BERGE SPIRIT	11-ago-99	12-ago-99	12-ago-99	14-ago-99	25.064
BERGE SPIRIT	14-set-99	18-set-99	18-set-99	19-set-99	28.960
ISOMERIA	24-mar-98	25-mar-98	25-mar-98	27-mar-98	21.960
GAS ROMAN	30-out-98	30-out-98	30-out-98	31-out-98	29.167
HEMINA	26-mai-98	26-mai-98	26-mai-98	29-mai-98	20.978
HAVIS	28-jul-99	30-jul-99	30-jul-99	01-ago-99	23.761
HAVIS	28-ago-99	30-ago-99	30-ago-99	01-set-99	24.087
GAS AL MINAGISH	03-mai-98	05-mai-98	05-mai-98	07-mai-98	24.169
JAKOB MAERSK	01-fev-99	02-fev-99	02-fev-99	05-fev-99	15.585
JAKOB MAERSK	15-mai-99	17-mai-99	18-mai-99	19-mai-99	19.850
HELGA	23-jun-99	23-jun-99	23-jun-99	25-jun-99	19.528
HELICE	16-dez-98	16-dez-98	16-dez-98	19-dez-98	25.310
HELICE	21-jan-99	22-jan-99	22-jan-99	25-jan-99	24.049
HAVRIM	16-out-98	16-out-98	16-out-98	17-out-98	21.233
JESPER MAERSK	12-jul-99	13-jul-99	13-jul-99	14-jul-99	19.973
NEJMA	19-abr-99	19-abr-99	19-abr-99	22-abr-99	17.382
NEJMA	19-abr-99	19-abr-99	19-abr-99	22-abr-99	15.457

<b>Descargas de GLP em Santos acima de 12.500 toneladas (cont.)</b>					
<b>NAVIO</b>	<b>CHEGA_PORTO</b>	<b>ATRACA</b>	<b>INI_OPER</b>	<b>FIM_OPER</b>	<b>QUANT.(ton)</b>
BERGE ARROW	06-ago-98	07-ago-98	07-ago-98	08-ago-98	24.446
BERGE ARROW	26-dez-98	27-dez-98	27-dez-98	29-dez-98	14.212
BERGE ARROW	21-fev-99	22-fev-99	22-fev-99	23-fev-99	25.296
BERGE ARROW	25-mai-99	26-mai-99	26-mai-99	28-mai-99	20.872
TOURAINÉ	29-dez-98	01-jan-99	02-jan-99	03-jan-99	20.205
STAR RIVER I	09-mar-98	09-mar-98	09-mar-98	11-mar-98	18.910
FLANDERS HARMONY	12-nov-98	12-nov-98	12-nov-98	14-nov-98	16.732
FLANDERS HARMONY	12-nov-98	12-nov-98	12-nov-98	14-nov-98	12.539
HAVMANN	01-ago-99	06-ago-99	06-ago-99	08-ago-99	14.926
HAVMANN	01-ago-99	06-ago-99	06-ago-99	08-ago-99	15.587

<b>Descargas de GLP em Santos abaixo de 12.500 toneladas</b>					
<b>NAVIO</b>	<b>CHEGA_PORTO</b>	<b>ATRACA</b>	<b>INI_OPER</b>	<b>FIM_OPER</b>	<b>CARGA(ton)</b>
GUARUJA	02-set-98	02-set-98	02-set-98	03-set-98	2.365
GUARA	18-mai-98	18-mai-98	18-mai-98	19-mai-98	3.389
GUARA	21-jun-98	22-jun-98	22-jun-98	22-jun-98	3.246
GUARA	19-jul-98	19-jul-98	19-jul-98	20-jul-98	3.218
GUARA	12-mar-99	13-mar-99	13-mar-99	13-mar-99	5.809
GUARA	25-abr-99	26-abr-99	26-abr-99	27-abr-99	1.122
GUAPORE	23-mar-98	23-mar-98	24-mar-98	24-mar-98	3.235
GUAPORE	09-jun-98	09-jun-98	09-jun-98	10-jun-98	3.240
GUAPORE	14-out-98	14-out-98	14-out-98	15-out-98	3.404
GUAPORE	29-nov-98	02-dez-98	02-dez-98	03-dez-98	3.239
GUAPORE	16-mai-99	17-mai-99	17-mai-99	17-mai-99	3.422
GUAPORE	11-jun-99	12-jun-99	12-jun-99	13-jun-99	3.502
GURUPA	17-jan-99	17-jan-99	18-jan-99	19-jan-99	4.509
GURUPA	28-jan-99	29-jan-99	29-jan-99	30-jan-99	4.334
GURUPA	01-fev-99	05-fev-99	05-fev-99	06-fev-99	4.597
GURUPI	15-abr-99	15-abr-99	16-abr-99	16-abr-99	4.295
BERGE CLIPPER	26-ago-98	27-ago-98	27-ago-98	28-ago-98	6.071
BERGE FROST	07-mai-99	09-mai-99	09-mai-99	11-mai-99	3.993
BERGE SISAR	16-jul-98	17-jul-98	17-jul-98	19-jul-98	3.158
BERGE SUND	02-jun-99	03-jun-99	03-jun-99	05-jun-99	3.179
BERGE SUND	03-jul-99	03-jul-99	03-jul-99	04-jul-99	5.058
GAS ARIES	17-ago-98	20-ago-98	20-ago-98	24-ago-98	11.956
GAS ARIES	01-mai-99	01-mai-99	01-mai-99	04-mai-99	10.039
GAS ARIES	11-jul-99	11-jul-99	11-jul-99	12-jul-99	7.372
GAS ARIES	22-ago-99	22-ago-99	22-ago-99	25-ago-99	11.900
GAZ POEM	10-jul-98	11-jul-98	11-jul-98	14-jul-98	8.990
GAZ POEM	07-set-98	08-set-98	08-set-98	09-set-98	11.751
GAZ POEM	07-set-98	08-set-98	08-set-98	09-set-98	5.587
JANE MAERSK	10-fev-98	11-fev-98	11-fev-98	12-fev-98	5.314
JANE MAERSK	10-fev-98	11-fev-98	11-fev-98	12-fev-98	3.971
JANE MAERSK	13-mar-98	14-mar-98	14-mar-98	15-mar-98	10.366
JANE MAERSK	23-abr-98	24-abr-98	24-abr-98	25-abr-98	6.347
JANE MAERSK	14-jun-98	14-jun-98	15-jun-98	15-jun-98	6.002
JANE MAERSK	27-jul-98	27-jul-98	27-jul-98	28-jul-98	4.301
JANE MAERSK	14-set-98	15-set-98	15-set-98	16-set-98	6.671
JANE MAERSK	08-out-98	08-out-98	08-out-98	09-out-98	8.004
JANE MAERSK	16-dez-98	19-dez-98	20-dez-98	21-dez-98	10.497
JANE MAERSK	15-fev-99	15-fev-99	15-fev-99	17-fev-99	5.443
JANE MAERSK	08-set-99	11-set-99	12-set-99	13-set-99	10.410
JANE MAERSK	08-set-99	11-set-99	12-set-99	13-set-99	10.006
JESSIE MAERSK	31-jul-98	03-ago-98	03-ago-98	04-ago-98	3.807
JESSIE MAERSK	31-jul-98	03-ago-98	03-ago-98	04-ago-98	5.349

<b>Descargas de GLP em Santos abaixo de 12.500 toneladas</b>					
<b>NAVIO</b>	<b>CHEGA_PORTO</b>	<b>ATRACA</b>	<b>INI_OPER</b>	<b>FIM_OPER</b>	<b>CARGA(ton)</b>
JESSIE MAERSK	14-mar-99	15-mar-99	15-mar-99	17-mar-99	10.392
JESSIE MAERSK	14-mar-99	15-mar-99	15-mar-99	17-mar-99	9.922
PETROLAGAS 2	23-jul-98	23-jul-98	23-jul-98	25-jul-98	8.803
PETROLAGAS 2	23-jul-98	23-jul-98	23-jul-98	25-jul-98	5.456
HANS MAERSK	03-mai-98	04-mai-98	04-mai-98	05-mai-98	4.588
BERGE SPIRIT	29-mai-98	01-jun-98	01-jun-98	04-jun-98	8.749
ISOMERIA	01-jan-98	07-jan-98	08-jan-98	10-jan-98	5.813
ISOMERIA	01-jan-98	07-jan-98	08-jan-98	10-jan-98	4.902
WINDERMERE	14-mar-98	15-mar-98	15-mar-98	16-mar-98	2.996
WINDERMERE	29-jun-98	30-jun-98	01-jul-98	01-jul-98	3.120
WINDERMERE	19-set-98	20-set-98	20-set-98	21-set-98	2.639
WINDERMERE	06-fev-99	06-fev-99	06-fev-99	07-fev-99	3.221
WINDERMERE	10-fev-99	10-fev-99	10-fev-99	12-fev-99	3.266
WINDERMERE	26-jun-99	26-jun-99	26-jun-99	26-jun-99	3.000
WINDERMERE	04-jul-99	06-jul-99	06-jul-99	07-jul-99	3.016
WINDERMERE	01-ago-99	02-ago-99	02-ago-99	03-ago-99	2.901
HEMINA	26-mai-98	26-mai-98	26-mai-98	29-mai-98	7.951
HAVIS	28-jul-99	30-jul-99	30-jul-99	01-ago-99	8.649
HAVIS	28-ago-99	30-ago-99	30-ago-99	01-set-99	8.220
JAKOB MAERSK	23-jun-98	23-jun-98	23-jun-98	24-jun-98	12.002
JAKOB MAERSK	04-out-98	04-out-98	04-out-98	06-out-98	5.658
JAKOB MAERSK	04-out-98	04-out-98	04-out-98	06-out-98	4.514
JAKOB MAERSK	12-dez-98	13-dez-98	13-dez-98	13-dez-98	5.143
JAKOB MAERSK	05-jan-99	05-jan-99	05-jan-99	06-jan-99	11.134
JAKOB MAERSK	01-fev-99	02-fev-99	02-fev-99	05-fev-99	3.249
JAKOB MAERSK	17-fev-99	17-fev-99	17-fev-99	18-fev-99	10.013
HELICE	16-dez-98	16-dez-98	16-dez-98	19-dez-98	7.970
HELICE	21-jan-99	22-jan-99	22-jan-99	25-jan-99	8.096
HERMION	23-mar-99	23-mar-99	23-mar-99	24-mar-99	6.925
ULLSWATER	29-mai-99	29-mai-99	29-mai-99	30-mai-99	3.140
ULLSWATER	29-mai-99	29-mai-99	30-mai-99	31-mai-99	3.019
ULLSWATER	25-jul-99	25-jul-99	25-jul-99	26-jul-99	2.971
WARWICK	13-ago-98	14-ago-98	15-ago-98	15-ago-98	3.056
WARWICK	13-ago-98	14-ago-98	15-ago-98	16-ago-98	2.757
WARWICK	31-dez-98	31-dez-98	31-dez-98	01-jan-99	2.750
WARWICK	23-mai-99	24-mai-99	24-mai-99	24-mai-99	3.051
BERGE ARROW	06-ago-98	12-ago-98	12-ago-98	13-ago-98	11.236
BERGE ARROW	26-dez-98	27-dez-98	27-dez-98	29-dez-98	11.165
BERGE ARROW	31-mar-99	01-abr-99	01-abr-99	04-abr-99	11.185
BERGE ARROW	31-mar-99	01-abr-99	01-abr-99	04-abr-99	11.125
TOURAINÉ	20-jun-98	20-jun-98	20-jun-98	21-jun-98	10.867
POLARGAS	13-abr-99	13-abr-99	13-abr-99	14-abr-99	8.493

## **ANEXO C**

# **PLANILHAS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS MELHORIAS PROPOSTAS**

EVTE do Projeto de melhorias em DTCS/SEOSA (aumentar vazão da linha A2 para 700 m3/h)									
(MMUS\$/a)		2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009
Venda adicional	(mil t/a)		127,4	213,8	302,7	394,4	488,7	586,0	686,1
Margem Bruta	(US\$/t)		30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Custo operacional			(0,3)	(0,4)	(0,6)	(0,8)	(1,0)	(1,2)	(1,4)
Redução de sobreestadia			2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Receita adicional			3,8	6,4	9,1	11,8	14,7	17,6	20,6
Lucro Bruto		0,0	6,3	8,7	11,2	13,8	16,4	19,1	21,9
Lucro Líquido (LAIR)		0,0	6,3	8,7	11,2	13,8	16,4	19,1	21,9
Depreciação		0,0	0,0	0,0	0,0	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)
IR		0,0	(1,6)	(2,2)	(2,8)	(3,4)	(4,0)	(4,7)	(5,4)
CS		0,0	(0,5)	(0,7)	(0,9)	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(1,7)
Lucro Líquido		0,0	4,2	5,8	7,5	9,3	11,1	12,9	14,8
Reversão da Depreciação				0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Investimentos	(2,6)	(3,0)							
Fluxo de Caixa		(3,0)	1,2	5,8	7,5	9	11	13	14,8
VPL em 2002	15%	40				VPL/INV	15,40		
TRI real		127,5%				Inflação	3%		
INVESTIMENTO		3							

