

SIMULAÇÃO APLICADA ÀS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS DE UM PARQUE DE  
ARMAZENAMENTO  
DE GASOLINA DE UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

Ana Chan

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO.

Aprovada por:

---

Prof. Virgílio José Martins Ferreira Filho, D.Sc.

---

Prof. Eduardo Saliby, Ph.D.

---

Prof. Mário Jorge Ferreira de Oliveira, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MAIO DE 2006

CHAN, ANA

Simulação aplicada às operações logísticas de um parque de armazenamento de gasolina de uma refinaria de petróleo

[Rio de Janeiro] 2006

IX, 99 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de Produção, 2006)

Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Simulação
2. Logística
3. Petróleo
4. Tanques
5. Parque de armazenamento

I. COPPE/UFRJ II. Título ( série )

A meus pais

## **AGRADECIMENTOS**

À PETROBRAS e aos colegas pelo incentivo para participar do curso de mestrado:

Luiz Fernando de Jesus Bernardo

Roberto Iachan

Guilherme Júlio Barbosa

Guilherme de Aquino Barbosa

Cláudio Duarte Pinto Limoeiro

João Cafruni Filho

Mário Jorge Lima

Cláudio Rodrigo Beal

Ao Prof. Virgílio José Martins Ferreira Filho pela orientação e aos Prof. Eduardo Saliby e Mário Jorge Ferreira de Oliveira por aceitarem o convite para participar da banca examinadora.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

SIMULAÇÃO APLICADA ÀS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS DE UM PARQUE DE  
ARMAZENAMENTO  
DE GASOLINA DE UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

Ana Chan

Mai/2006

Orientador: Virgílio José Martins Ferreira Filho

Programa: Engenharia de Produção

Nesta dissertação será apresentado um modelo de simulação aplicado às operações logísticas de um parque de armazenamento de uma refinaria de petróleo da PETROBRAS. Em geral uma refinaria está sujeita a novas políticas, novos investimentos e melhorias operacionais. Um modelo foi desenvolvido para ser utilizado como ferramenta para apoio à decisão destas novas políticas definidas pela empresa. Em função da natureza estocástica dos dados e da complexidade do sistema, foi utilizada a técnica da Pesquisa Operacional “Simulação por Eventos Discretos”. Para a modelagem, foi escolhida a gasolina por representar um derivado de petróleo fortemente influenciado pelas demandas do mercado consumidor e pela produção das unidades de processamento. Para se efetuar a modelagem do sistema, algumas simplificações e considerações foram realizadas. O que se concluiu é que o modelo apresentou-se aderente à realidade e que a simulação serve ao propósito de atuar como uma ferramenta de apoio à decisão neste tipo de problema.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

SIMULATION APPLIED TO THE LOGISTIC OPERATIONS OF AN OIL REFINERY'S  
GASOLINE TANK FACILITY

Ana Chan

May/2006

Advisor: Virgílio José Martins Ferreira Filho

Department: Production Engineering

This dissertation will introduce a simulation model for performing assessment of the logistic operations of a PETROBRAS' Oil Refinery Tank Facility. Usually, a refinery is subjected to new policies, investments and operational improvements. The model developed is to be used as a tool to support decisions regarding new company-defined policies. Due to the stochastic nature of the data and system complexity, it was used the Operational Research technique "Discrete Events Simulation". For this work, gasoline was used, for being a petroleum derivative that is strongly influenced by market demands, and processing units. Some simplifications and considerations were taken into account for system modeling. What was concluded from this work is that the de modeled system was a good representation of the reality and the simulation may be used as a tool to support decision in this kind of problem.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Relevância do tema .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.3	Estrutura da dissertação .....	2
<b>2</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
2.1	A indústria do petróleo no Brasil .....	4
2.2	Logística na indústria do petróleo .....	7
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>MODELAGEM</b> .....	<b>19</b>
4.1	Introdução .....	19
4.2	Formação da gasolina e da NPQ.....	21
4.3	Mercados de gasolina e de nafta petroquímica .....	21
4.4	Meta mensal e cota dia para mercado de gasolina.....	23
4.5	Dutos .....	24
4.6	Priorização do atendimento do mercado de gasolina .....	24
4.7	Falta e Excedente de Produtos.....	25
4.8	Processo de Certificação da Gasolina .....	25
4.9	Parque de armazenamento .....	26
4.10	Variáveis de análise .....	27
4.11	Etapas do estudo de simulação .....	28
4.12	Simulador .....	30
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS</b> .....	<b>32</b>
5.1	Introdução .....	32
5.2	Metodologia para o Tratamento de dados.....	32
5.3	Tempo de preparo da gasolina .....	33
5.4	Venda de gasolina para mercado local e mercado OPASC .....	37
5.5	Parâmetros de ajuste do modelo.....	44
5.6	Conclusão.....	45
<b>6</b>	<b>TRADUÇÃO, VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO</b> .....	<b>46</b>
6.1	Parâmetros de simulação .....	46
6.2	Descrição da lógica do modelo de simulação.....	48
6.3	Verificação.....	51
6.4	Validação do Modelo .....	52

6.5	Conclusão.....	55
<b>7</b>	<b>PROJETO DE EXPERIMENTOS.....</b>	<b>56</b>
7.1	Caso I: Redução do número de tanques de armazenamento de gasolina .....	56
7.2	Caso II: Aumento da demanda do mercado de gasolina em 20%.....	59
7.3	Caso III: Aumento da demanda do mercado de gasolina em 20% e redução do tempo de preparo .....	62
7.4	Conclusão.....	64
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>66</b>
8.1	Conclusões .....	66
8.2	Recomendações .....	68
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>
9.1	Bibliografia .....	70
9.2	Endereços Eletrônicos .....	74
9.3	Bibliografia Complementar .....	75
<i>Apêndice A</i>	<i>GLOSSÁRIO.....</i>	<i>77</i>
<i>Apêndice B</i>	<i>SIMBOLOGIA.....</i>	<i>83</i>
<i>Apêndice C</i>	<i>DADOS.....</i>	<i>85</i>
<i>Apêndice D</i>	<i>REFINARIAS DA PETROBRAS.....</i>	<i>98</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 .....	5
Figura 2-2 .....	8
Figura 2-3 .....	8
Figura 2-4 .....	9
Figura 4-1 .....	20
Figura 4-2 .....	21
Figura 5-1 .....	34
Figura 5-2 .....	35
Figura 5-3 .....	36
Figura 5-4 .....	37
Figura 5-5 .....	40
Figura 5-6 .....	41
Figura 5-7 .....	41
Figura 5-8 .....	42
Figura 5-9 .....	43
Figura 5-10 .....	44
Figura 6-1 .....	48
Figura 6-2 .....	49
Figura 6-3 .....	54
Figura 6-4 .....	55
Figura 7-1 .....	58
Figura 7-2 .....	58
Figura 7-3 .....	59
Figura 7-4 .....	61
Figura 7-5 .....	62
Figura 7-6 .....	63
Figura 7-7 .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 .....	6
Tabela 4.1 .....	26
Tabela 4.2 .....	27
Tabela 5.1 .....	34
Tabela 5.2 .....	36
Tabela 5.3 .....	38
Tabela 5.4 .....	38
Tabela 5.5 .....	39
Tabela 5.6 .....	39
Tabela 5.7 .....	42
Tabela 5.8 .....	44
Tabela 5.9 .....	45
Tabela 6.1 .....	47
Tabela 6.2 .....	53
Tabela 7.1 .....	57
Tabela 7.2 .....	60
Tabela 7.3 .....	63

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Relevância do tema

Prover as diversas fases de um processo produtivo de uma certa independência para não ficar à mercê das incertezas do “fornecedor” é a função básica dos estoques de acordo com CORRÊA et al (2001). O autor ainda cita alguns exemplos destes estoques com a finalidade de garantir a disponibilidade do produto: estoque de dólares pelo Banco Central, estoque regulador de grãos, de carne, etc.

Assim, além de proteger a empresa quanto às incertezas na demanda e no tempo de ressuprimento e de servir como segurança contra contingências, para BALLOU (1993) os estoques também têm a finalidade de melhorar o nível de serviço.

BOWERSOX (2001) ainda aborda aspectos relativos a investimentos em estoques. Segundo o autor, a maioria das empresas mantém estoques médios que excede suas necessidades normais e o investimento em estoques deveria proporcionar pelo menos algum ganho de capital. Um dos aspectos que leva à manutenção de estoques acima das necessidades é a falta de metodologias sofisticadas para apurar os custos de manutenção de estoques, dificultando assim a avaliação do *trade-off* entre os níveis de serviço, a eficiência das operações e os níveis de estoque. Segundo o autor uma das formas de se aumentar a lucratividade da empresa é reduzir os recursos associados aos estoques.

Para BALLOU (1993) o inventário desvia fundos que poderiam ser aplicados em outros projetos de investimento da companhia sendo fundamental controlar os estoques para aumentar a rentabilidade das empresas, sugerindo que a forma de liberar ativos e economizar custos de manutenção de inventário é através do aumento de rotatividade do estoque.

Na indústria do petróleo no Brasil, a manutenção de estoques reguladores sempre ocorreu com principal objetivo de garantir o abastecimento de derivados do país. De acordo com normas estabelecidas pelo extinto CNP (Conselho Nacional do Petróleo), o refinador de petróleo era obrigado a possuir, para cada refinaria, instalações para a capacidade mínima de armazenamento de cada um dos derivados que produzir em 25 (vinte e cinco dias) de operação. Com relação aos estoques médios mensais cada refinaria deveria manter estoque médio mensal correspondente à operação de 15 (quinze) para cada derivado de petróleo e de 10 (dez) dias para o GLP. Conforme MENOSSI (2002) um dos maiores esforços envolvidos na logística está no desenvolvimento de pesquisas relacionadas à redução de estoques.

Além de estar alinhado com o Plano Estratégico da PETROBRAS que estabelece, entre seus objetivos, ganhar eficiência em toda a cadeia logística até o cliente (PETROBRAS, 2004), esta dissertação está de acordo com as idéias inicialmente abordadas com relação à redução de estoques como forma de aumentar a rentabilidade da empresa.

## ***1.2 Objetivos***

Devido à carência de metodologias para definir os níveis de estoques de derivados numa empresa de petróleo e avaliar o nível de serviço sem correr risco de desabastecimento do mercado, o objetivo desta dissertação é desenvolver um modelo de simulação para ser utilizado como uma ferramenta de apoio à decisão aplicada às operações logísticas de um parque de armazenamento de gasolina de uma refinaria da PETROBRAS.

Para esta avaliação, além da validação do modelo com dados de séries históricas de 2002 a 2003, foi feito o estudo de três casos.

## ***1.3 Estrutura da dissertação***

Esta dissertação de mestrado é composta dos seguintes capítulos:

No Capítulo 1 é feita uma introdução enfatizando os aspectos que levaram à escolha do tema da dissertação, demonstrando sua importância dentro do cenário atual e descrevendo também os principais objetivos pretendidos.

No Capítulo 2 faz-se uma contextualização do problema e uma breve descrição da evolução da indústria do petróleo no Brasil, da Logística na indústria do petróleo, situando-se o tema dentro deste contexto.

No Capítulo 3 é feita uma revisão bibliográfica acerca da gestão de estoques e da simulação a eventos discretos relacionados à indústria do petróleo.

No Capítulo 4 é feita uma descrição da modelagem conceitual do problema.

No Capítulo 5 são descritos os tratamentos realizados nos dados, as variáveis e os parâmetros utilizados no modelo.

No Capítulo 6 são apresentadas as etapas de tradução, verificação e de validação do modelo.

No Capítulo 7 são apresentados a descrição e os resultados dos experimentos realizados com o modelo onde três estudos de caso foram feitos. No Caso I analisa-se os resultados da redução do número de tanques, no Caso II analisa-se os resultados do aumento da demanda de mercado e no Caso III analisa-se o resultado do aumento da demanda de mercado com a redução do tempo de preparo.

No Capítulo 8 são apresentadas as conclusões da dissertação e sugestões de trabalhos que poderão ser realizados.

No Capítulo 9 são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas.

No Capítulo de Apêndices são apresentados os dados que complementam a dissertação.

## CAPÍTULO 2

### 2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

#### 2.1 *A indústria do petróleo no Brasil*

Até meados 1938, não havia legislação específica para a indústria do petróleo no Brasil. Com a aprovação da Lei no 395/38 foi criado o CNP (Conselho Nacional do Petróleo) e declarou-se que todas as atividades relacionadas ao petróleo eram de utilidade pública, inclusive o refino, devendo ser aprovada e regulamentada por este Conselho (ZAMITH, 1999).

A Lei nº 2004 de 03 de agosto de 1953 estabeleceu o monopólio estatal criando-se assim a PETROBRAS. Segundo esta Lei, todas as atividades petrolíferas de exploração, produção e refino em todo o território nacional, à exceção da distribuição e da comercialização de produtos foram declaradas monopólio da União, sendo executado pela PETROBRAS.

Em 1963, a importação de derivados também se tornou monopólio da PETROBRAS.

De 1953 até 1997, através deste mecanismo, a PETROBRAS tinha a obrigação de abastecer o país de derivados de petróleo e do gás natural aos menores custos para a sociedade brasileira. Entre 1938 e 1990, a política de preços de derivados de petróleo no Brasil pautou-se no tabelamento em função dos interesses da economia nacional e na prática, tanto quanto possível, de preços uniformes em todo o Brasil.

Segundo ZERBINI (2003), este modelo totalmente regulado caracterizava-se pela pouca preocupação com a eficiência logística.

O fato do Brasil não ter descoberto grandes reservas de petróleo até a década de 1970 fez com que nas décadas de 1960 e 1970, a ênfase que seria dada à produção do

petróleo bruto fosse substituída por investimentos na área de *downstream*. Assim a necessidade de importação de petróleo ou de derivados implicou no posicionamento das refinarias ao longo do litoral como forma de minimizar custos com descarga e armazenamento nos portos, fazendo com que a localização das refinarias ficasse próxima ao mercado consumidor. BRAGA (2004) cita MARTINS (2003), segundo o qual o fato de não existir concorrência entre as refinarias, fez com que o objetivo fosse sempre o de operar com o parque de refino de modo a minimizar o custo total de abastecimento, ou seja, não gastar petróleo para transportar petróleo. Já SILVA (2002) complementa com a questão da necessidade da minimização de custos com transportes com petróleos importados até os principais terminais e na sua distribuição por cabotagem até as refinarias.

A Figura 2-1 apresenta o parque de refino da PETROBRAS, onde pode-se notar a localização da maioria das refinarias ao longo da costa brasileira. A Tabela 2.1 apresenta as refinarias implantadas ao longo das décadas de 1960 e 1970. Apenas a REVAP foi implantada no início da década de 1980.



Figura 2-1

*Mapa de localização das refinarias da PETROBRAS*

Tabela 2.1

*Tabela das refinarias no Brasil*

REFINARIA	LOCALIZAÇÃO	ANO
RPBC	São Paulo	1955
REDUC	Rio de Janeiro	1961
REGAP	Minas Gerais	1968
REFAP	Rio Grande do Sul	1968
REPLAN	São Paulo	1972
REPAR	Paraná	1977
REVAP	São Paulo	1980

Com a criação da PETROBRAS em 1953 ocorreram os seguintes movimentos:

- a Refinaria da RLAM, localizada na Bahia, foi incorporada ao patrimônio da companhia;
- a Refinaria União (atual RECAP localizada em São Paulo), inaugurada em 1954, foi incorporada em 1974;
- a Refinaria Isaac Sabbá, localizada em Manaus e inaugurada em 1957, foi incorporada em 1971;
- a REFAP S/A foi constituída em janeiro de 2001 como parte da troca de ativos entre a PETROBRAS e a REPSOL-YPF.

A partir de 1990 uma nova economia de mercado ocorrida através de movimentos de liberalização e desregulamentação, evidenciou a necessidade de revisão da política dos preços de derivados, iniciando-se o processo de liberação dos preços dos combustíveis da Indústria do Petróleo e eliminando-se os subsídios. A Lei nº 9478 de 1997, conhecida como a “Lei do Petróleo”, flexibilizava as atividades do setor e encerrava o monopólio exercido pela PETROBRAS, criando a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) que ficou encarregada de:

- Regular, contratar e fiscalizar as atividades da indústria de petróleo;
- Atuar na regulação e fiscalização do segmento de distribuição e de revenda de derivados de petróleo e álcool combustível (regulamentar a entrada e atuação das firmas).

No ano de 2002 ocorreu a liberação completa do mercado com a eliminação do controle sobre os preços da gasolina, diesel e GLP na porta da refinaria e a abertura às importações dos primeiros combustíveis.

A PETROBRAS tem hoje uma atuação que abrange toda a cadeia de operações da indústria do Petróleo, Gás e Energia, indo da exploração, produção de petróleo e gás natural, refino, processamento de gás, distribuição de derivados, comercialização e transporte por dutos até a produção de produtos petroquímicos e a geração, distribuição e transmissão de energia elétrica, com atuação no Brasil e no exterior.

Depois de operar por cerca de meio século num ambiente monopolista, a PETROBRAS encontra-se num mercado de livre competição, procurando renovar-se e ajustar-se em todas as suas áreas de atividades - exploração e produção, refino, transporte, comercialização, distribuição, gás natural e petroquímicos.

Percebe-se assim que neste novo cenário econômico, para melhorar a competitividade e reduzir os custos financeiros, entre outras atitudes, a PETROBRAS buscou imediatamente reduzir os custos logísticos (SILVA, 2000). No Plano Estratégico da PETROBRAS 2015, uma das estratégias de negócio do Abastecimento é “ganhar eficiência em toda a cadeia logística, até o cliente com ênfase na excelência operacional (custo competitivo, qualidade e confiabilidade na entrega)”.

## ***2.2 Logística na indústria do petróleo***

Para FLEURY et al. (2000) a Logística é ao mesmo tempo uma das atividades econômicas mais antigas e um dos conceitos gerenciais mais modernos, cujas três funções mais importantes são: estoque, armazenagem e transporte. As mudanças econômicas (globalização, proliferação de novos produtos, etc) criando novas exigências competitivas e as mudanças tecnológicas (revolução da tecnologia da informação) é que têm tornado a logística mais complexa e demandante. Ainda segundo o autor a gestão de estoques sob uma perspectiva integrada com outras atividades do processo logístico ainda é um tema pouco explorado na literatura.

O petróleo atende a cerca de 45% das necessidades de consumo energéticas no Brasil e 37% no mundo conforme pode-se observar na Figura 2-2 e na Figura 2-3

respectivamente. Diante dos altos valores de participação desta indústria na matriz energética do Brasil e do mundo, tal fator evidencia a necessidade de uma perfeita integração entre as atividades desta indústria.

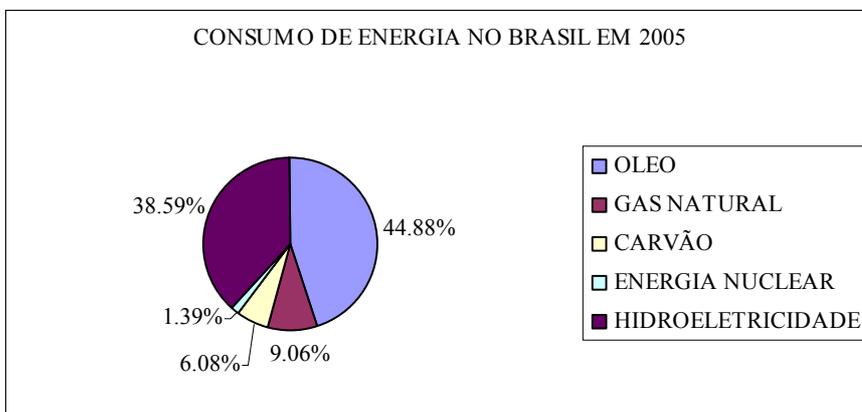


Figura 2-2

*Fontes de Consumo de Energia no Brasil*

Fonte: Relatório BP Statistical Review of World Energy – June 2005

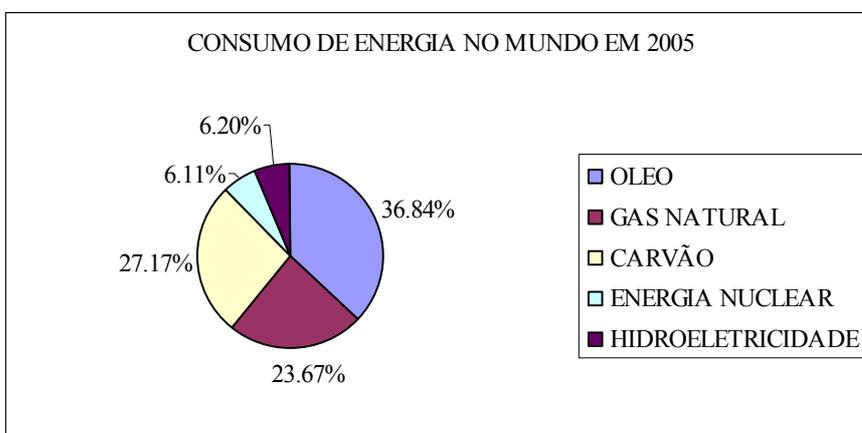


Figura 2-3

*Fontes de Consumo de Energia no Mundo*

Fonte: Relatório BP Statistical Review of World Energy – June 2005

Considerando o fluxo principal da cadeia logística do petróleo aos derivados, a indústria do petróleo pode ser dividida em dois grandes segmentos:

- *Upstream*: envolve as atividades de exploração e de produção do petróleo;

- *Downstream*: representa as atividades de suprimento de petróleo, refino, distribuição e a comercialização dos derivados.

A Figura 2-4 apresenta o fluxo logístico da cadeia da indústria do petróleo, indo do produtor da matéria-prima ao cliente.

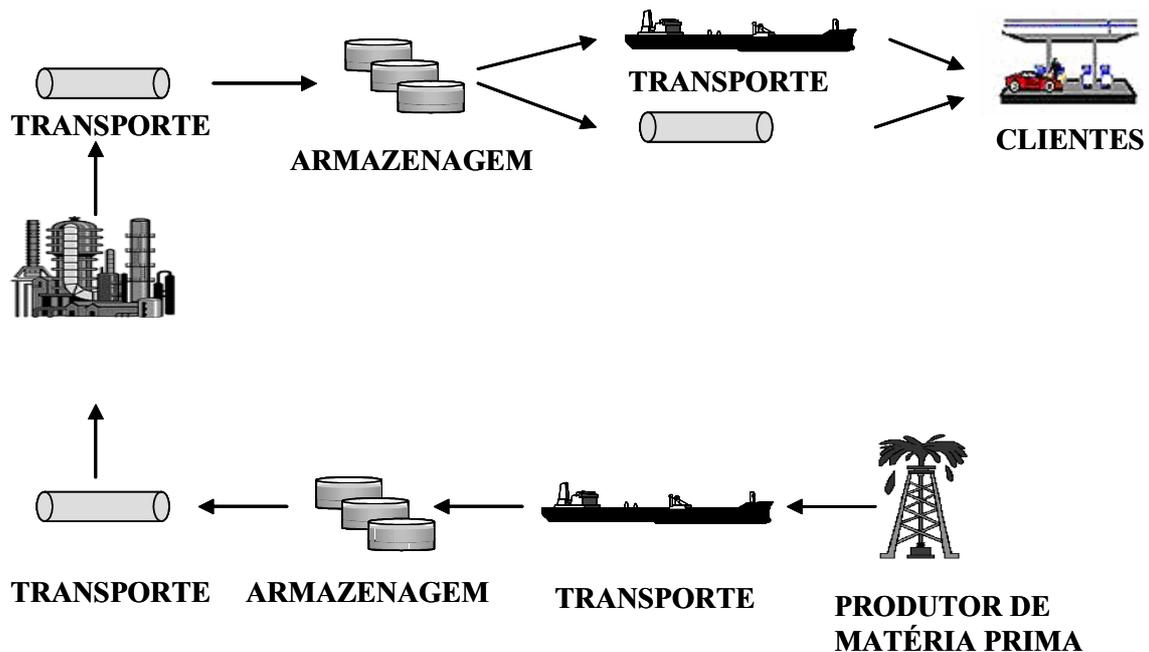


Figura 2-4

#### *Cadeia de Suprimentos de uma Indústria de Petróleo*

A cadeia logística da indústria do petróleo caracteriza-se pela sua rigidez, dimensão e complexidade, com altos custos de investimentos com equipamentos de exploração e produção, plantas de refino, sistemas de armazenamento e de transporte, bases de distribuição, representando em sua maioria custos afundados.

Segundo SILVA (2002) os custos logísticos totais respondem por 43% da agregação de valor na indústria do petróleo, sendo um dos maiores se comparados com outras indústrias como química, papel e alimentos.

O estudo das cadeias de suprimento tem sido crescente tanto na literatura como nos meios empresariais (RODRIGUES, 2003) e como parte integrante desta cadeia, o estoque

imobilizado pela indústria do óleo e do gás, apesar de sua imensidão, raramente tem sido o centro das atenções (ROWLAND, 1997).

Diante dos fatores relacionados, conclui-se que o presente estudo enquadra-se perfeitamente no contexto exposto.

## CAPÍTULO 3

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O inventário é necessário para a maioria das mercadorias já que a produção e a demanda não estão habitualmente sincronizadas, servindo para amortecer a diferença entre ambos (JAFFE e SOLIGO, 2002). Este tema é estudado por diversos autores e BALLOU (2003) faz uma abordagem sobre os tipos de estoques, problemas relacionados e razões para sua manutenção, apesar dos custos envolvidos, destacando ainda a importância de uma gestão de estoques cuidadosa diante de um custo anual de 20% a 40% do valor total do estoque. WANKE (1999) apresenta os principais fatores que estão motivando as cadeias de suprimento a reduzir continuamente seus níveis de estoque e chama a atenção que reduzir os níveis de estoque, sem uma análise preliminar sobre o grau de eficiência do transporte, da armazenagem e do processamento de pedidos pode gerar um aumento no custo logístico total da operação. O autor cita que dentre estes fatores que vêm motivando a redução de estoques tem-se a crescente diversidade no número de produtos e mercados atendidos, o elevado custo de oportunidade de capital e o crescente foco gerencial no controle e redução no grupo de contas pertencentes ao Capital Circulante Líquido.

Segundo BALLOU (1993) o nível de serviço é o desempenho oferecido pelos fornecedores a seus clientes no atendimento dos pedidos, citando uma lista com diversas definições:

- “tempo decorrido entre o recebimento de um pedido no depósito do fornecedor e o despacho do mesmo a partir do depósito;
- lote mínimo de compra ou qualquer limitação no sortimento de itens de uma ordem recebida pelo fornecedor;
- porcentagem de itens em falta no depósito do fornecedor a qualquer instante;

- proporção de pedidos de clientes atendidos com exatidão;
- porcentagem de clientes atendidos ou volume de ordens entregue dentro de um intervalo de tempo desde a recepção do pedido;
- porcentagem de ordens dos clientes que podem ser preenchidas completamente assim que recebidas no depósito;
- proporção de bens que chegam ao cliente em condições adequadas para venda;
- tempo despendido entre a colocação de um pedido pelo cliente e a entrega dos bens solicitados;
- facilidade e flexibilidade com que o cliente pode gerar um pedido”.

ALSAHLAWI (1998) analisa a dinâmica do inventário de óleo cru, enfatizando que diferentemente do início desta indústria, quando havia estabilidade de preços e o movimento de inventário refletia a sazonalidade da demanda nos meses de verão e de inverno, este comportamento mudou a partir do choque do petróleo ocorrido em 1973-1974, tendo forte influência da especulação em torno de seu preço, de condições políticas e econômicas vigentes, etc. Segundo JAFE e SOLIGO (2002) o impacto da desregulamentação do setor de energia em vários países do mundo fez surgir um ambiente mais competitivo, induzindo as empresas a trabalhar com custos mais baixos sendo uma das alternativas a redução de inventário e da capacidade excedente. PERSSON e OLHAGER (2000) numa abordagem mais ampla colocam que uma gestão eficiente das atividades da cadeia de suprimentos oferece ganhos na melhoria da qualidade, na redução de custos e no *lead time*, fatores que devem ser continuamente melhorados no atual mercado global e ambiente competitivo.

WAGUESPACK e CANTOR (1996) analisaram o estoque de petróleo e de derivados nos Estados Unidos a partir de 1981 e observaram que este chegou ao seu patamar mais baixo em 1996, decorrente não da política *just-in-time* (JIT) surgida a partir da década de 1970 nas outras indústrias dos Estados Unidos, mas decorrente da margem de refino e da confiabilidade do suprimento já que o tempo associado com métodos de suprimento como das embarcações impede os refinadores de adotar uma política JIT. Este artigo cita as

conclusões de um modelo otimizado de inventário da empresa Arthur Andersen, segundo o qual os refinadores deveriam reduzir os estoques de cobertura em períodos de baixa margem de refino e aumentar a confiabilidade dos fornecedores. E de maneira inversa, deveriam manter estoques altos em períodos de alta margem de refino. A confiabilidade da demanda é outra variável importante para se determinar nível de estoque ótimo, mas não é um fator chave para se determinar o melhor inventário.

Com relação às técnicas existentes para quantificar e analisar as melhorias na cadeia de suprimentos de uma forma ampla, INGALS (1998) discute a adequação do uso das técnicas de otimização e de simulação para problemas de *supply chain*. Analisando os vários tipos de problemas existentes, o autor diz que existem três áreas onde a otimização e a simulação competem: programação, planejamento tático e planejamento estratégico. Problemas de programação têm em geral um horizonte de tempo curto, escopo limitado, recursos fixos e conhecidos com demanda considerada constante. Se este problema puder ser modelado com a técnica de otimização, é certamente a melhor escolha. Técnicas de otimização como programação linear, programação inteira ou programação inteira mista são tradicionalmente utilizadas (LEE, CHO e KIM, 2002). Em um problema de planejamento tático, onde o horizonte de tempo é mais longo podendo chegar a alguns meses e o escopo muitas vezes engloba toda a organização fazendo com que o nível de certeza sobre as variáveis do problema seja muito menor tais como local de produção de determinados produtos, período de compras ou a previsão de demanda, que muitas vezes é apenas uma suposição etc. Quando for desejado ter certeza se a cadeia logística vai atender a demanda sem correr risco de obsolescência dos produtos, a melhor alternativa é a utilização de técnicas de simulação. O terceiro tipo de problema abordado pelo autor é o planejamento estratégico onde o horizonte de tempo pode chegar a alguns anos e engloba em geral toda a corporação. Devido à grande abstração, onde os produtos podem ser divididos em famílias, não há recursos definidos e a previsão de demanda é uma suposição, a utilização da otimização é útil para determinar o melhor arranjo da rede logística, definindo onde abrir novas unidades e onde fechar outras. Com os resultados da otimização, deve-se utilizar também a técnica da simulação da rede projetada para definir a política de estoques a ser adotada com base na variação e no risco da demanda ou para escolha do nível de serviço a ser praticado. Segundo o autor a primeira razão para se utilizar a simulação em vez da

otimização é a existência da variância que pode ser da previsão da demanda, da confiabilidade no fornecedor, da qualidade do material, etc.

O termo simulação é bastante conhecido e como metodologia é uma das técnicas mais conhecidas da Pesquisa Operacional (HILLIER & LIEBERMANN, 2001) e talvez a mais utilizada segundo LAW & KELTON (2000) e PIDD (1993). Para BANKS (1984) a simulação procura imitar a operação de um processo ou de um sistema do mundo real ao longo do tempo, sendo possível realizar-se inferências sobre o sistema real que está representado. Além de descrever e analisar o comportamento de um sistema e fazer perguntas do tipo *what-if* (e se) sobre um sistema real, a simulação também auxilia em projetos de novos sistemas. Segundo PEDGEN (1991), a simulação é o “processo de construir um modelo representando um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o objetivo de entender o seu comportamento e/ou avaliar várias estratégias de operação do sistema”.

O campo de aplicação da técnica da simulação tem crescido nos últimos anos (RINCON et al., 2005) e segundo SCHUNK (2000) o seu uso para avaliação de cadeias de suprimentos não era comum até recentemente. Devido à natureza estocástica, muitos modelos foram desenvolvidos para projetar, avaliar e otimizar as cadeias de suprimentos sendo que a maioria utilizou a simulação a eventos discretos (LEE, CHO e KIM, 2002).

Para SALIBY (1999) ela tem sido utilizada como uma ferramenta de apoio à decisão gerencial, identificando, avaliando e comparando alternativas, destacando a sua crescente importância tendo como principal vantagem a flexibilidade, já que se aplica a problemas variados. PEDGEN (1991), BANKS (1984), LAW & KELTON (2000) citam diversos tipos de problemas onde a Simulação tem sido uma ferramenta útil e poderosa. Para NIKOUKARAN, HLUPIC e PAUL (1998) o resultado da popularidade desta metodologia associada a um amplo espectro de aplicações teve como consequência o surgimento de uma grande quantidade de *softwares* no mercado com diferentes características e propósitos. PEDGEN (1991) e BANKS (1984) apresentam uma lista com diversas vantagens e desvantagens no uso da Simulação.

SALIBY (1999) cita as principais aplicações da técnica da simulação em operações logísticas:

- **Dimensionamento de operações de carga e descarga:** determinar o número de docas, número e tipo de empilhadeiras, área de preparação de carga etc.
- **Dimensionamento de estoque:** determinar o estoque considerando incertezas nos suprimentos de matérias-primas e na demanda pelos produtos e sua consequência sobre o nível de serviço prestado;
- **Estudo de movimentação de material:** avaliar a relação custo/benefício da implantação de novos equipamentos e novas tecnologias;
- **Sistema de transporte:** a partir do perfil do pedido e das características da viagem, determinar a frota ideal em termos de número e tamanho de veículos;
- **Fluxo de Produção:** dimensionamento de equipamentos e das diferentes configurações de recursos;
- **Serviços de atendimento em geral:** dimensionar caixas em supermercados, caixas de atendimentos em bancos etc.

CHENG e DURAN (2004) descrevem uma aplicação de simulação em um problema de transporte e de armazenamento de petróleo ao redor do mundo utilizando o simulador comercial ARENA integrado a um sistema de controle ótimo combinado de inventário e de transporte. O objetivo foi dimensionar a frota de modo a atender a demanda, tendo como resultados de saída o grau de utilização dos navios-tanque. No estudo de caso, uma grande fonte de suprimento fornece petróleo diariamente para quatro grandes regiões consumidoras a uma taxa de consumo de 0,3 a 1,0 milhões bpd de petróleo: Estados Unidos, Europa, Singapura e Japão. A companhia gerencia uma frota de navios próprios, alugados e *spot* para entregar o produto da região de produção à região de consumo, podendo haver uma ou mais rotas entre as regiões. Apesar de existir uma grande quantidade de incertezas tais como preço do petróleo, demanda de produto, disponibilidade de produto para suprimento, tempo de viagem, disponibilidade de dutos, etc, apenas as incertezas relacionadas à demanda de petróleo e ao tempo de viagem foram consideradas. O problema de controle ótimo foi formulado como processo de decisão de Markov que incorpora incertezas do tempo de viagem e da demanda. Apesar do problema ter sido formulado ainda há problemas computacionais a serem resolvidos.

AL-OTAIBI e STEWART (2004) descrevem um modelo de otimização de um parque de tanques de três refinarias da KNPC (The Kuwait National Petroleum Co.) integradas entre si através de linhas de transferência para produtos, cargas e correntes de mistura. O objetivo foi avaliar a adequação do parque de tanques existente destas refinarias para uma ampliação prevista para o período de 2008/2010 e das linhas que interligam as refinarias, dos sistemas de cargas, dos sistemas de mistura e das facilidades de envio. Além de avaliar o impacto em sua tancagem para situações operacionais rotineiras tais como operação planejada, a KNPC desejava também avaliar a capacidade e a flexibilidade do parque de tanques para situações não planejadas como atraso ou adiantamento de embarcações, falha de energia, problemas climáticos, parada de unidades, etc. Para tal, foi aplicada a técnica de Programação Linear para as situações estáveis e a Simulação por Monte Carlo para representar a simulação dos eventos do mundo real de situações não planejadas. São apresentados os resultados financeiros para o estudo de três casos em relação ao Caso Base.

MEHTA (2004) discute como a simulação pode ser aplicada para otimizar a configuração da capacidade ótima de armazenamento e de transportes de suprimento de óleo e de gás. Discute vários fatores interdependentes e incontrolláveis que têm impacto na melhoria da cadeia de suprimentos em discussão e apresenta um caso de aplicação da simulação a um Programa Anual de Entrega.

RODRIGUES (2003) descreveu uma abordagem metodológica de um estudo empírico do sistema de produtos escuros de uma refinaria de petróleo com o objetivo de avaliar as políticas e a capacidade de estocagem diante de alterações na produção, variações de mercado, política de estocagem, *blend* de petróleos e concluiu que a simulação serviu como uma ferramenta robusta para tarefas complexas e análise de novos cenários.

MENOSSESI (2002) utilizou a técnica de simulação por Monte Carlo para quantificar os riscos de desabastecimento de petróleo associados à redução de estoque em uma refinaria, concluindo qual o estoque “seguro” que poderia ser utilizado para a redução no estoque de petróleo. A redução de estoques traz ganhos financeiros, mas a continuidade operacional pode ser impactada de forma negativa se forem demasiadamente baixos. Uma questão pouco explorada na literatura e relacionada à Logística e abordada por INGALS (1998) é a questão da necessidade de manutenção de estoque adicional por conta da baixa qualidade

da matéria-prima recebida. Neste trabalho foi possível quantificar o risco de falta de petróleo caso se tenha petróleo com BSW acima do valor especificado.

CHEN, LEE e SELIKSON (2002) tratam da aplicação da simulação a eventos discretos na logística de uma planta química. A indústria química tem a particularidade de envolver fluxo contínuo de material, seja líquido, gás ou sólido, sendo desejável a manutenção da operação. O modelo auxiliou na determinação do capital necessário para equipamentos e a avaliação de estratégias de operações logísticas como da otimização do número e tamanho dos silos. Devido à complexidade operacional e à natureza estocástica, a solução analítica é difícil, sendo a simulação uma solução viável. Uma das vantagens da simulação em relação à solução analítica, é que além de uma solução quantitativa, ela aumenta o grau de entendimento sobre o funcionamento de como o sistema trabalha. O modelo é puxado em vez de empurrado porque o propósito do estudo é determinar se a produção pode ser operada continuamente, isto é, a matéria fluirá à próxima estação assim que permitido para retirada.

LIMOEIRO et al. (2001) desenvolveu modelos protótipos de simulação aplicados a bases de distribuição de derivados para servir como ferramenta na determinação de níveis de estoque de segurança e níveis de serviço.

A contribuição de BORGES (2000) relaciona-se à aplicação dos conceitos da Logística a uma indústria de petróleo utilizando o simulador comercial ARENA para otimizar parte da cadeia de suprimentos de matéria-prima da PETROBRAS quantificando os principais custos logísticos e os níveis de serviço obtidos em diferentes alternativas de operação. Uma das diversas conclusões do trabalho é que os custos com estoques imobilizados representam menos que 20% dos custos logísticos totais indicando que a elevação de estoques onera bem menos os custos totais que o afretamento de uma capacidade adicional de transporte. E dado que o transporte representa mais de 80% destes custos, vale a pena se investir no sentido de minimizá-los e controlá-los. Apesar da política de manter estoques de petróleo adequado aos dias de consumo ser mais eficiente para elevar o nível de serviço, o uso de transporte para este fim é uma estratégia inaplicável e onerosa já que envolve o redimensionamento de recursos para atracação de navios. Esta conclusão vem de encontro com o alerta de WANKE (1999) de que a redução do nível de estoque necessita de uma análise preliminar sobre o grau de eficiência do transporte, da armazenagem e do

processamento de pedidos, já que pode gerar um aumento no custo logístico total. Investimentos diretos nos imobilizados da refinaria são alternativas mais interessantes do ponto de vista de aumento do nível de serviço a ser oferecido e com retorno adequado de capital. A dinâmica da cadeia de suprimentos indicou haver ciclos de elevado estoque alternados com ciclos de estoques mais baixos, refletindo assim a política de estoque cujas metas para estoques são calculados em função do *lead time* (tempo de entrega) de suprimento, dos custos de transporte e dos níveis de serviço.

RODRIGUES e SALIBY (1998) utilizaram a simulação para dimensionar uma Base de Distribuição de combustíveis no Brasil, ou seja, determinar o número de baias e *mix* de bicos de combustíveis para atender a determinada quantidade de caminhões e minimizar o tempo de espera de caminhões da base para que estes possam realizar uma maior quantidade de viagens e utilização de forma mais eficiente os recursos da empresa. A complexidade do problema está nos diferentes tipos de caminhões em quantidades diferentes requerendo um *mix* de combustíveis diferentes em quantidades diferentes. O modelo foi construído utilizando o *software* ARENA e com o trabalho, concluiu-se que a simulação é uma abordagem que permite modelar cenários alternativos e direcionar políticas de investimentos para melhorar o atendimento em bases de distribuição de combustíveis.

WANKE, BARROS e CAUZIN (1996) avaliam o uso da simulação como ferramenta para avaliar o nível de serviço e da capacidade de atendimento de um posto de gás natural utilizando o simulador a eventos discretos Simul. Uma vez que o sistema em estudo já se encontra saturado e sem perspectivas imediatas de aumento da capacidade de atendimento, foram modelados três cenários alternativos para procurar melhorar o nível de serviço medido em tempo de espera do táxi na fila e tamanho da fila.

# CAPÍTULO 4

## 4 MODELAGEM

### 4.1 *Introdução*

Este capítulo tem o propósito de descrever a modelagem conceitual, delimitando e detalhando o sistema estudado.

Para CARSON II (2005) "a simulação é arte e ciência", sendo fundamental a simplificação e a captação de aspectos realmente característicos e relevantes do sistema em estudo, a essência do sistema.

Para efetuar o estudo foi escolhida a Refinaria REPAR, localizada no município de Araucária no estado do Paraná conforme pode ser observada na Figura 4-1.

Nesta etapa foi fundamental a participação de técnicos da refinaria, enriquecendo as discussões e apresentando diversos aspectos a considerar no modelo, tendo sido definidas as regras, restrições e simplificações que regem a operação do parque de armazenamento, procurando representar aspectos essenciais do seu funcionamento. Foram identificados os seguintes itens no processo de formação e de movimentação de gasolina: produtos que compõem a gasolina, percentual de participação dos produtos, origem e destino dos produtos intermediários e finais, identificação da quantidade e volume dos tanques, tempo de preparo da gasolina, identificação dos mercados, regras de envio de produto para clientes e regras de priorização de envio.

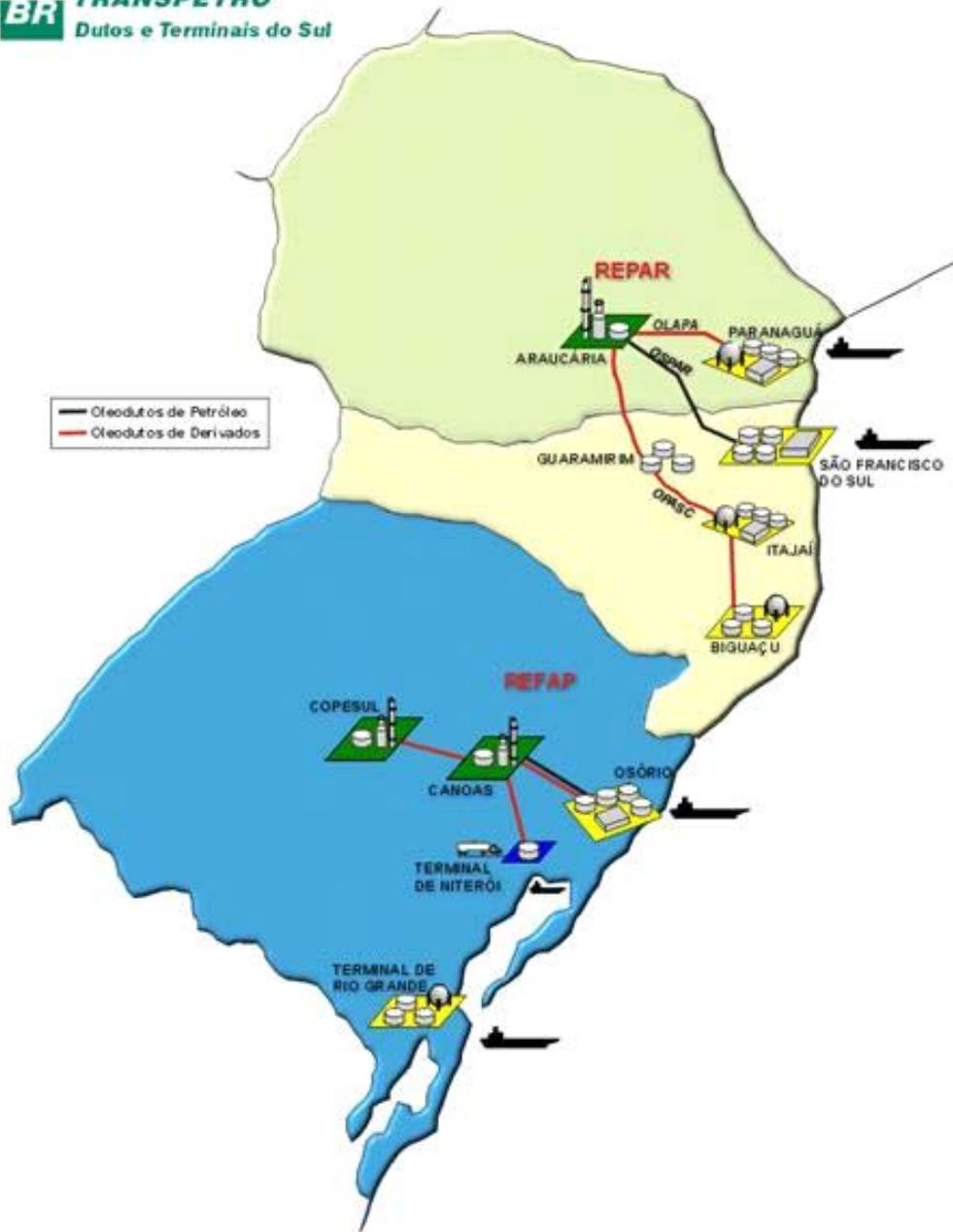


Figura 4-1

*Localização da refinaria da REPAR*

## 4.2 Formação da gasolina e da NPQ

A Figura 4-2 representa um esquema simplificado do sistema estudado, contemplando as unidades que geram as correntes utilizadas para formar a gasolina. Em geral a gasolina que atende ao mercado nacional é uma mistura da nafta leve (NL) ou nafta da destilação direta (NDD) e da nafta craqueada (NCC) em proporções adequadas. A NDD é produto com a faixa de destilação da gasolina proveniente da unidade de destilação atmosférica e a NCC é produto não refinado proveniente do processo de craqueamento catalítico (FCC). Após sua produção, a NDD e a NCC são enviadas para os respectivos tanques de armazenamento de onde serão posteriormente enviadas para formar gasolina. Já a nafta petroquímica (NPQ) proveniente da destilação atmosférica e com a mesma especificação da NDD é enviada para a companhia petroquímica através do duto OLAPA.

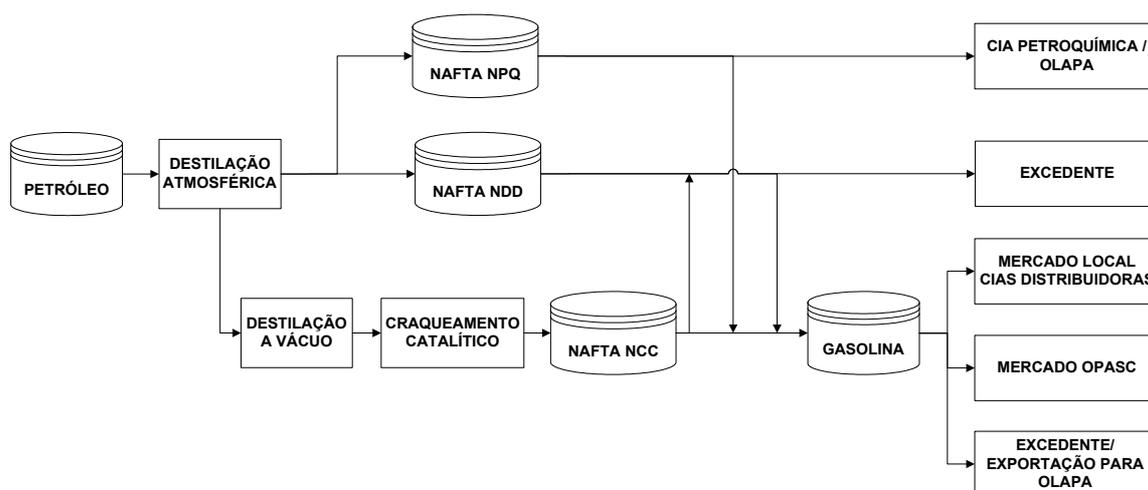


Figura 4-2

*Esquema simplificado para produção de nafta (NDD e NCC) e de gasolina*

## 4.3 Mercados de gasolina e de nafta petroquímica

A REPAR possui três mercados, sendo dois de gasolina e um de nafta petroquímica, descritos a seguir:

- Mercado local

O mercado de gasolina local é composto pelo mercado das Companhias Distribuidoras, que são subdivididas em duas classes: companhias grandes (CG), companhias pequenas (CP), subdivisão realizada em função do volume a ser retirado, estabelecido para cada empresa. As retiradas são negociadas entre a Distribuidora e a Refinaria na forma de retiradas semanais, mediante um cronograma semanal elaborado pela atividade de Planejamento e de Programação da Refinaria.

- Mercado OPASC

O segundo mercado de gasolina a ser atendido são as bases distribuidoras de Guaramirim, Itajaí e Biguaçu, localizadas no Estado de Santa Catarina, cujo escoamento é realizado através do duto OPASC. Uma vez que se trata de um poliduto o bombeio de gasolina ocorre sob a forma de número de quotas semanais a serem enviadas em determinados dias da semana seguindo um cronograma pré-definido pela atividade de Planejamento e de Programação da Refinaria. Uma das simplificações do modelo foi considerar que salvo ocasiões de indisponibilidade do duto para manutenção, este se encontra disponível para bombeio da gasolina nos dias programados para tal, não havendo concorrência pelo duto por outros derivados como o diesel, por exemplo.

- Mercado de nafta petroquímica

O mercado de nafta petroquímica da REPAR deve ser atendido mensalmente através volumes de bombeio a serem escoados pelo duto OLAPA de acordo com cronograma semanal de bombeio elaborado pela atividade de Planejamento e de Programação da Refinaria que define o volume e o dia do bombeio para atender a demanda do mês de NPQ.

Na modelagem, duas simplificações foram realizadas. A primeira considera o volume de envio de NPQ constante, calculado dividindo-se a demanda mensal pelo número de bombeios mensais previstos. A segunda simplificação do modelo é a utilização de uma distribuição normal de média 48 horas e desvio padrão de 2 horas para representar a frequência de envio da NPQ.

#### 4.4 *Meta mensal e cota dia para mercado de gasolina*

Para atender o mercado consumidor de gasolina a refinaria utiliza os conceitos de *meta\_mensal* e *cota\_dia*. A *meta\_mensal* é a quantidade do produto que deve ser enviada ao cliente até o final do mês e a *cota\_dia* é valor mínimo que deve ser enviado no dia previsto de bombeio. A depender do mercado e do que foi negociado entre a Refinaria e o cliente, pode-se retirar mais de uma *cota\_dia*.

A *meta\_mensal* foi obtida a partir da série histórica de dados para cada mercado de gasolina de 2002 e de 2003, sendo estabelecido no início de cada mês e cujos dados encontram-se descritos no Capítulo 5. No primeiro dia de cada mês a *cota\_dia* é calculada dividindo-se valor da *meta\_mensal* do respectivo mercado pelo número de dias do mês em questão.

Mercado OPASC:

$$Dem\_Merc_1(i) = Ser\_Hist\_Men\_Der_1(i)$$

Mercado Local:

$$Dem\_Merc_2(i) = Ser\_Hist\_Men\_Der_2(i)$$

Meta Mensal:

$$Meta\_Mens(i) = \sum_{j=1}^2 Dem\_Merc_j(i)$$

Cota\_dia:

$$Cota\_Dia_j(i) = \frac{Dem\_Merc_j(i)}{Dias\_Mes(i)}$$

Simbologia:

$i \rightarrow$  Mês correspondente de 1 a 12

$j \rightarrow$  Mercado de 1 a 2

1: Mercado OPASC (gasolina)

2: Mercado Local (gasolina)

Volume gasolina enviada para OPASC para o mês  $i$ :

$Ser\_Hist\_Men\_Der_1(i)$

Volume de gasolina enviada para Mercado Local para o mês  $i$ :

$Ser\_Hist\_Men\_Der_2(i)$

Número de dias do mês  $i$ :

$Dias\_Mes(i)$

#### **4.5 Dutos**

Os dutos são elementos sujeitos a paradas para manutenção e volumes máximo e mínimo de produto que pode escoar através do mesmo. Na modelagem conceitual foram considerados dois aspectos. O primeiro aspecto refere-se ao volume mínimo e máximo que deve ser bombeado através duto para não ocorrer perda por contaminação e devido à limitação da capacidade da bomba, devendo estar dentro destes dois limites. O segundo aspecto refere-se à indisponibilidade do duto devido à manutenção, verificando-se a disponibilidade física antes de cada operação de envio.

#### **4.6 Priorização do atendimento do mercado de gasolina**

Considera-se uma operação normal de atendimento de mercado de gasolina quando houver volume de gasolina suficiente em dois tanques. Nesta situação, se existir volume de gasolina suficiente em cada tanque para atender seus respectivos mercados, ambos são atendidos simultaneamente. Se houver apenas um tanque de gasolina com volume suficiente de produto para envio através do OPASC (em função da necessidade do mercado, do volume mínimo e da vazão de bombeio) este será priorizado em relação ao mercado local. Se houver um tanque, mas não houver volume suficiente de gasolina para

escoar através do OPASC, será verificada possibilidade de envio para mercado local, avaliando-se a necessidade do mercado e do volume a ser bombeado para CG ou CP.

Com relação ao envio de NDD considera-se operação normal quando houver volume suficiente de NDD em dois tanques, sendo utilizado um tanque para enviar NDD como NPQ e o outro para formar gasolina. Caso haja apenas um tanque de NDD, a priorização de envio será para mercado de NPQ, se houver volume suficiente para atender o mercado, se for dia de envio e se houver disponibilidade de duto. Caso não haja volume suficiente para envio de NDD como NPQ ou se não for dia de bombeio, é verificada a possibilidade de envio de NDD para formar gasolina, sendo avaliada existência de volume suficiente para atender o percentual mínimo de NDD na gasolina e existência de tanque vazio de gasolina.

#### ***4.7 Falta e Excedente de Produtos***

Além de insuficiência de NDD também pode haver insuficiência de volume mínimo de NCC para formar a gasolina. Na prática é feita importação de NCC através do terminal de Paranaguá, mas por tratar-se de situação pouco usual e envolver a programação de navio com pelo menos 15 dias de antecedência, esta situação não foi considerada no modelo.

Para efeitos de modelagem, se houver excedente de gasolina num momento em que está ocorrendo escoamento de NPQ através do OLAPA, este envio é paralisado sendo iniciado envio do excedente de gasolina. Se neste momento não estiver ocorrendo envio de NPQ, o envio do excedente de gasolina é realizado normalmente através do OLAPA.

Na prática, quando existe excedente de NCC ou de NDD, elas são enviadas para Paranaguá através do OLAPA ou então armazenado em outro tanque se houver disponibilidade. Para simplificação do modelo não foi feita esta consideração e o excedente é armazenado numa variável.

#### ***4.8 Processo de Certificação da Gasolina***

A gasolina deve atender às especificações da ANP que são próprias para o mercado brasileiro, com diferentes equivalências para os demais países. Para a gasolina ser comercializada, o seu processo de formação passa pelas seguintes etapas: mistura da NDD

e da NCC em tanque de gasolina, agitação da mistura, repouso da mistura, análise do produto em laboratório, emissão do certificado de análise de laboratório.

O percentual de mistura de NDD e de NCC para formar gasolina deve estar dentro de limites máximos e mínimos de modo a atender à especificação da ANP para a gasolina e estão definidos no Capítulo 5.

O tempo de preparo do tanque de gasolina é o tempo decorrido entre o fechamento do tanque e o tempo de liberação de seu certificado (emissão do certificado de análise). Caso a amostra não atinja o grau de certificação, uma segunda certificação é realizada, ocorrendo a abertura do tanque e transferência de no máximo 10% de volume de gasolina para outro tanque vazio. A seguir inicia-se o processo de mistura, agitação, repouso e novas análises para especificação da gasolina.

No modelo, considerou-se que tanto a nafta leve como a nafta craqueada encontram-se especificadas para os devidos fins.

#### **4.9 Parque de armazenamento**

Uma vez que numa refinaria nem todos os tanques têm o mesmo volume, como simplificação do modelo eles foram tratados de forma média, conforme apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1

*Quantidade e volume dos tanques por produto*

<b>Produto</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Volume Médio (m<sup>3</sup>)</b>
NCC	2	8000
NPQ	4	6250
Gasolina	4	13100

Com relação ao parque de armazenamento há três restrições que devem ser consideradas na modelagem. A primeira relaciona-se ao estoque de segurança, definido como espaço entre o fundo do tanque e o nível mínimo de produto no tanque, abaixo do qual não se deve operar. A segunda restrição relaciona-se ao espaço de segurança que é definido como o espaço entre o nível máximo de operação e o limite superior do tanque,

espaço este que não deve ser invadido em operação normal. A última restrição relaciona-se à operação do tanque, ou seja, um tanque só pode realizar uma operação a cada vez, de recebimento ou de envio de produto.

#### 4.10 Variáveis de análise

Para avaliar os resultados do modelo foram selecionadas variáveis relacionadas a estoque médio, taxa de ocupação, venda, giro e nível de serviço e que encontram-se relacionadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2

##### *Variáveis de análise do modelo*

<b>Variáveis de Análise</b>	<b>Unidade</b>
Estoque médio de gasolina certificada	m <sup>3</sup>
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina	%
Venda semanal de gasolina para mercados	m <sup>3</sup>
Venda semanal de NPQ para OLAPA	m <sup>3</sup>
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina	m <sup>3</sup>
Giro mensal de capacidade de gasolina	-
Giro mensal de capacidade de NCC	-
Giro mensal de capacidade de NDD	-
Nível de serviço	%

O estoque médio de gasolina certificada representa o estoque de gasolina nos tanques para venda.

A taxa de ocupação representa o percentual de gasolina certificada nos tanques e é calculada dividindo-se o estoque total de gasolina certificada pelo volume de todos os tanques de gasolina.

A venda semanal de gasolina para mercados representa o volume de gasolina vendido para mercado local e mercado OPASC.

A venda semanal de nafta petroquímica para OLAPA representa o volume de nafta petroquímica vendida para mercado OLAPA.

O estoque médio de NCC, NDD e gasolina representam o estoque médio de NCC, NDD e gasolina nos tanques.

O giro é definido da seguinte forma:

$$Giro = \frac{Volume\_Mensal\_Venda}{Volume\_Tanque}$$

O giro mensal de capacidade de gasolina representa a quantidade de vezes que o parque de armazenamento de gasolina girou no mês em relação ao volume dos tanques.

O giro mensal de capacidade de NCC representa a quantidade de vezes que o parque de armazenamento de NCC girou no mês em relação ao volume dos tanques.

O giro mensal de capacidade de NDD representa a quantidade de vezes que o parque de armazenamento de NDD girou no mês em relação ao volume dos tanques.

O nível de serviço indica o percentual de entregas da gasolina no ano dentro do prazo e é definido da seguinte forma:

$$\text{Nível de serviço} = \left( 1 - \frac{\text{Numero\_Faltas\_Entrega\_Gasolina}}{365} \right) * 100$$

#### ***4.11 Etapas do estudo de simulação***

As etapas a seguir servem para orientar as etapas necessárias para se executar um estudo de simulação e foram descritas por BANKS (1984):

##### **1. Formulação do problema**

Esta etapa consiste na formulação do problema, ou seja, definir o que se deseja que seja estudado. Muitas vezes é comum iniciar um projeto sem uma formulação adequada ou completa do problema; em outras vezes esta formulação é complementada ou alterada ao longo do desenvolvimento do projeto.

##### **2. Determinar os objetivos do projeto e o planejamento global**

A determinação dos objetivos do projeto consiste em se definir quais questões devem ser respondidas pelo modelo. Nesta etapa também deve ser definido se a simulação é adequada para responder a estas questões. Após esta fase inicial, deve-se definir a equipe de projeto, os custos envolvidos e efetuar um

planejamento, definindo-se etapas e metas a serem atingidas em cada uma delas.

### 3. Modelagem conceitual

Esta etapa é onde será feita a construção do modelo, devendo-se extrair a essência do problema em estudo. Recomenda-se iniciar com um modelo simples e aumentar a sua complexidade gradativamente.

### 4. Coleta de dados

A etapa de coleta de dados é uma das etapas que demandam mais tempo e por isto deve ser iniciada o mais breve possível. Em geral o objetivo do estudo define o tipo de dados a ser coletado.

### 5. Tradução do modelo

A tradução do modelo pode seguir caminhos distintos: programar numa linguagem de programação tradicional tal como Fortran, C, C++ ou utilizar um simulador comercial. Convém fazer uma análise das facilidades de cada ferramenta e verificar a mais adequada.

### 6. Verificação do modelo

Esta etapa consiste em verificar se não há erros de programação no modelo. Em geral esta etapa é feita junto com a etapa de tradução.

### 7. Validação do modelo

Esta etapa consiste em se verificar se o modelo representa a realidade em estudo.

### 8. Projeto de experimentos

Esta etapa consiste em se definir as alternativas que serão analisadas com o modelo traduzido para a linguagem escolhida.

### 9. Corridas e análises

Esta etapa consiste em se definir as corridas a serem realizadas para avaliar performance do sistema em estudo.

### 10. Documentação

Esta etapa consiste em se efetuar a documentação do programa com o objetivo de facilitar a manutenção.

### 11. Implementação

Esta etapa é a implementação do modelo para ser utilizado pelo usuário final.

#### 4.12 *Simulador*

A tradução do modelo envolveu fatores desde a escolha do pacote comercial de simulação a aspectos de relacionados com a disponibilidade de funcionalidades no mesmo.

A primeira etapa envolveu a avaliação dos aspectos relacionados à escolha do simulador e verificação de sua adequação aos propósitos pretendidos, disponibilidade e limitações de tempo. A escolha do *software* ARENA 8.0 da *Rockwell Software*, deveu-se à sua disponibilidade na versão 8.0 completa e posteriormente na versão 9.0. LAW (1998) coloca que os dois aspectos mais comuns para seleção da ferramenta são flexibilidade de modelagem, ou seja, possibilidade de modelagem de qualquer tipo de sistema apesar de sua complexidade, particularidades e dificuldades de uso. Ou seja, a disponibilidade dos elementos necessários para descrever a lógica do modelo, além da facilidade de implementação se for comparada a linguagens de programação generalistas como Fortran, C, C++, Java, etc, de modo a permitir implementação em tempo hábil para esta dissertação foram aspectos fundamentais para a seleção da ferramenta. Outros aspectos foram avaliados como a disponibilidade de uma interface gráfica para auxílio na depuração de erros, disponibilidade de *software* para ajuste de distribuições que no caso do ARENA tem-se o *Input Analyzer* e disponibilidade do *software* para análise dos resultados que no caso do ARENA tem-se o *OutPut Analyzer*.

O ARENA possui algumas bibliotecas próprias chamadas de *template Panel* e dentro destes *templates* existem os módulos para serem utilizados na construção do modelo, sendo específicos para cada aplicação. Até a versão 7.0, o ARENA possuía os seguintes *templates*: *Basic*, *Process*, *Advanced Process*, *Advanced Transfer*. A partir da versão 8.0 foi incluído o *template flow* como opcional. A partir da versão 9.0, este *template* passou a fazer parte da versão Professional.

O *template Basic* possui módulos para modelagem de propósito geral, o *template Advanced Process Panel* possui módulos para modelagem de processos, o *template Advanced Transfer Panel* inclui módulos para modelar movimento de entidades de uma locação para outra e o *template Flow* possui módulos para modelagem de processos

semicontínuos e ou operações de empacotamento de alta velocidade. Na implementação do modelo não foi utilizado o *template Flow* por não se ter disponível na época da dissertação.

Há aspectos que devem ser considerados com relação à utilização do ARENA para modelagem. O primeiro relaciona-se à complexidade do modelo, pois dependendo do modelo pode tornar a sua manutenção bastante trabalhosa. O outro aspecto relaciona-se ao *software* para ajuste de distribuições, pois apesar de *Input Analyzer* ter se demonstrado satisfatório, há pacotes comerciais mais robustos como o *Stat Fit*.

Apesar do simulador possuir um mecanismo de controle de tempo, devido às características do modelo efetuar cálculos de *meta\_mensal*, *cota\_dia* e atualizar as variáveis a cada hora tornou-se necessário o uso de um relógio para controle destas operações.

O problema em questão trata de uma indústria de fluxo contínuo e a ferramenta para modelagem foi originalmente desenvolvida para sistemas discretos. Um dos aspectos associados ao uso de simulador a eventos discretos numa aplicação de fluxo contínuo é necessidade da discretização deste fluxo. A depender da aplicação, a discretização ocorre de formas variadas: no trabalho de CHEN, LEE e SELIKSON (2002), a discretização se deu com a menor unidade de massa movimentada no fluxo; já no trabalho de CHENG e DURAN (2004) a discretização do tempo foi a semana; no trabalho de BORGES (2000) a discretização do tempo foi o minuto. Nesta dissertação, para retratar o comportamento contínuo a discretização do modelo foi feita utilizando-se a hora como a menor unidade de tempo.

## CAPÍTULO 5

### 5 ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

#### 5.1 *Introdução*

Neste capítulo serão apresentados os tratamentos realizados nos dados de mercado local, mercado OPASC e tempo de preparo da gasolina. Os dados foram obtidos do BDEMQ (Banco de Dados de Estocagem, Movimentação e Qualidade), considerando as séries dos anos de 2002 a 2003 e encontram-se no Apêndice C. A seleção deste período deve-se ao fato de ser um período relativamente recente em que não ocorreram longas paradas das unidades de modo a afetar os dados coletados.

#### 5.2 *Metodologia para o Tratamento de dados*

De um modo geral uma amostra de dados proveniente de um banco de dados pode conter alguns valores espúrios ou ainda pouco representativos da realidade operacional podendo ter origem em fatores como falha de medição, falha de atualização do banco de dados, operação não rotineira, testes realizados na unidade, etc. Para se ter dados de amostra representativa da realidade e utilizá-los como fonte de entrada de um modelo e não se correr o risco de gerar resultados incompatíveis, foi necessário fazer um tratamento de modo a excluir dados atípicos.

O tratamento dos dados consistiu de duas etapas, sendo que na primeira etapa foram expurgados dados atípicos para se obter uma amostra representativa dentro de um intervalo de confiança de 95,44%, desconsiderando-se assim dados com valores abaixo de  $(\mu - 2\sigma)$  e dados com valores acima de  $(\mu + 2\sigma)$ . A segunda etapa consistiu em se gerar distribuições de probabilidade conhecidas que melhor representassem os conjuntos de dados utilizando-se *software* específico para este trabalho, o *Input Analyzer*.

O método deste *software* cria um *ranking* com as distribuições que melhor representa a massa de dados do melhor ao pior ajuste baseado no critério do erro quadrado, escolhido entre as distribuições *Beta*, *Empírica*, *Erlang*, *Exponencial*, *Gamma*, *LogNormal*, *Normal*, *Triangular*, *Uniforme*, *Weibull*. Este *ranking* pode indicar que mais de uma distribuição pode ser aderente aos dados e uma vez que este *ranking* pode ser afetado pelo número de intervalos do histograma ou pelos valores extremos, outros critérios podem ser necessários para a decisão do melhor ajuste tais como os testes de aderência.

Como critério de escolha do melhor ajuste são realizados os testes de aderência *Chi-Quadrado* e *Kolmogorov-Smirnov*, sendo os seus resultados apresentados na forma do p-valor. Um alto p-valor indica que a amostra é provável e logo o ajuste não deve ser rejeitado e um baixo p-valor indica que a amostra é improvável e logo o ajuste deve ser rejeitado. O resultado do *Statisic Test* do teste de *Kolmogorov-Smirnov* também deve ser avaliado, pois segundo LAW & KELTON (2000), um valor alto pode indicar um ajuste ruim. Em linhas gerais, o ajuste dos dados à distribuição pode ser considerado adequado se o p-valor do teste de *Kolmogorov-Smirnov* apresentar um p-valor superior a 0,15. Ou seja, ajustes de distribuição que não tenham a melhor colocação dentro do *ranking* podem ser aceitas.

### **5.3 Tempo de preparo da gasolina**

Para os dados de tempo de preparo foram considerados todos os dados de 2002 a 2003, pois são coletados apenas nos períodos entre o final de enchimento e liberação do tanque pelo laboratório não tendo frequência padronizada.

Na Tabela 5.1 encontra-se o relatório de saída do Excel da estatística descritiva e a Figura 5-1 e a Figura 5-2 apresentam o relatório de saída do *Input Analyzer* relativo ao ajuste dos dados à melhor distribuição de probabilidade conhecida e ao ajuste a uma distribuição normal.

Tabela 5.1

*Relatório de saída do Excel da estatística descritiva do tempo de preparo da gasolina de 2002 a 2003*

Parâmetro	Valor
Média (h:m:s)	28:36:33
Erro padrão (h:m:s)	0:44:53
Mediana (h:m:s)	27:58:24
Modo (h:m:s)	19:23:12
Desvio padrão	11:19:09
Variância da amostra (h:m:s)	5:20:19
Curtose	0.22
Assimetria	0.54
Intervalo (h:m:s)	56:20:00
Mínimo (h:m:s)	6:43:12
Máximo (h:m:s)	63:03:12
Soma (h:m:s)	6551:30:07
Contagem	229.00
Nível de confiança (95.0%) (h:m:s)	1:28:26

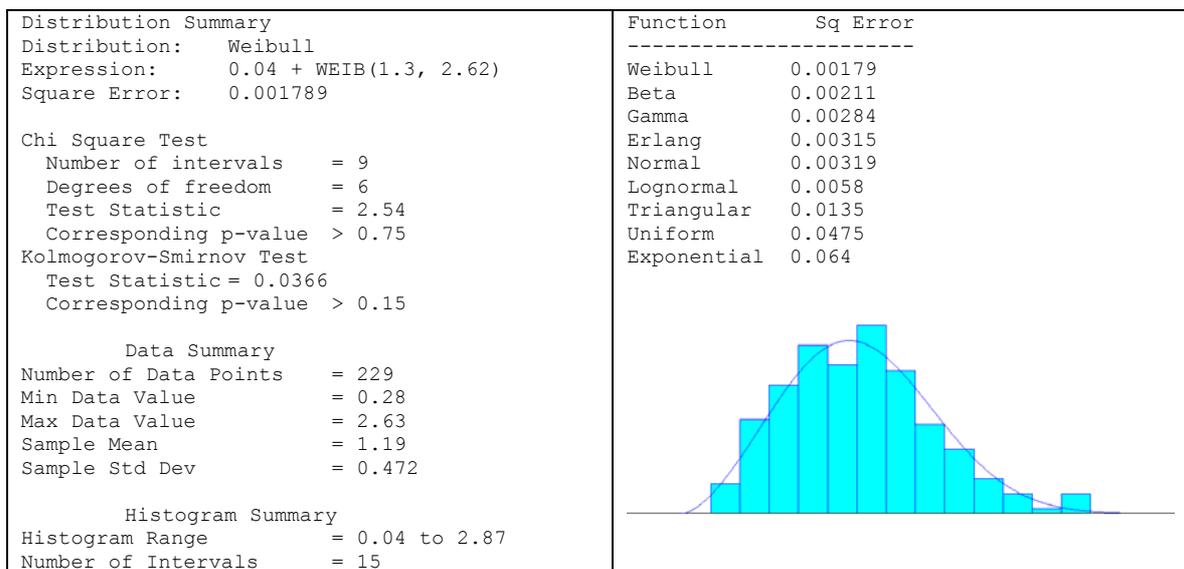


Figura 5-1

*Relatório de saída do Input Analyzer do ajuste dos dados de tempo de preparo de 2002 a 2003 a uma distribuição de probabilidade Weibull*

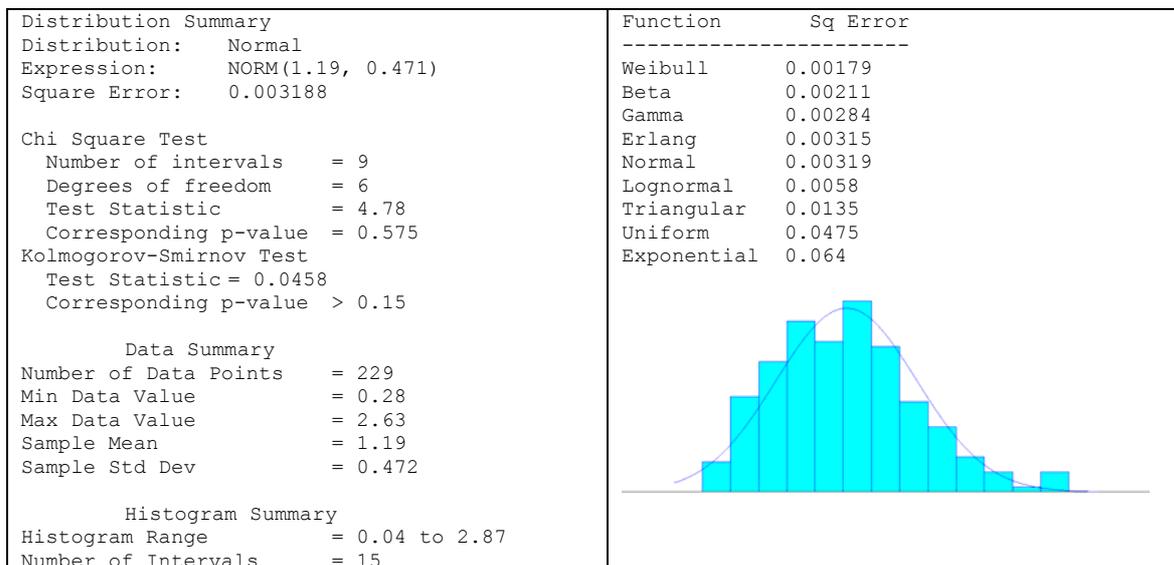


Figura 5-2

*Relatório da saída do Input Analyzer do ajuste dos dados de tempo de preparo de 2002 a 2003 a uma distribuição de probabilidade Normal*

Muito embora o melhor ajuste dos dados tenha sido a distribuição *Weibull* e o resultado do *Statisc Test* do teste *Kolmogorov-Smirnov* tenha apresentado valor inferior em relação resultado utilizando-se o ajuste à distribuição normal, foi utilizada a distribuição normal no modelo.

Para justificar o uso do ajuste dos dados a uma distribuição normal, foi realizado um teste de sensibilidade comparando-se os resultados utilizando-se para o tempo de preparo o melhor ajuste de distribuição e o ajuste normal com os dados de 2002 a 2003.

A Tabela 5.2 apresenta os resultados deste teste. As colunas (*Normal – Real*) e (*Weibull – Real*) apresentam o resultado da diferença entre os valores obtidos pelo modelo utilizando a distribuição normal e a distribuição *Weibull* em relação aos dados de 2002 a 2003. Desta tabela observa-se que a distribuição *Weibull* apresentou resultados mais próximos dos dados de 2002 a 2003 do que os resultados utilizando-se o ajuste a uma distribuição normal.

Tabela 5.2

*Tabela de diferença entre os resultados do modelo utilizando ajustes de distribuição normal e Weibull e dados do Caso Real para o tempo de preparo*

Variáveis	Normal-Real	Weibull – Real
Estoque médio de gasolina certificada	-2.82%	-0.25%
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina	-3.10%	-0.55%
Venda semanal de gasolina para mercados	0.32%	0.25%
Venda semanal de NPQ para OLAPA	0.00%	0.00%
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina	-1.13%	-0.20%
Giro mensal de capacidade de gasolina	0.32%	0.25%
Giro mensal de capacidade de NCC	-8.33%	-8.36%
Giro mensal de capacidade de NDD	-16.62%	-16.67%

A Figura 5.3 apresenta o estoque médio de gasolina e a soma de estoque médio de NCC, NDD e de gasolina e a Figura 5.4 apresenta o volume de venda de gasolina para os casos real, para o caso do ajuste à distribuição normal e o uso do ajuste à distribuição Weibull.

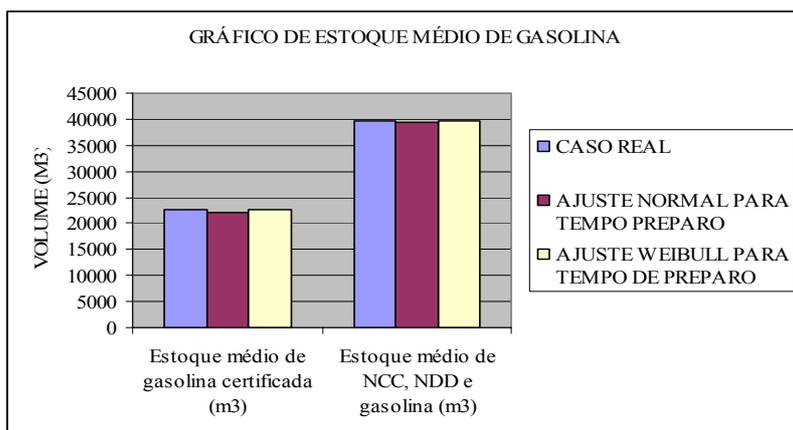


Figura 5-3

*Gráfico de estoque médio para o Caso Real, ajuste à distribuição normal e ajuste à distribuição Weibull para o tempo de preparo*

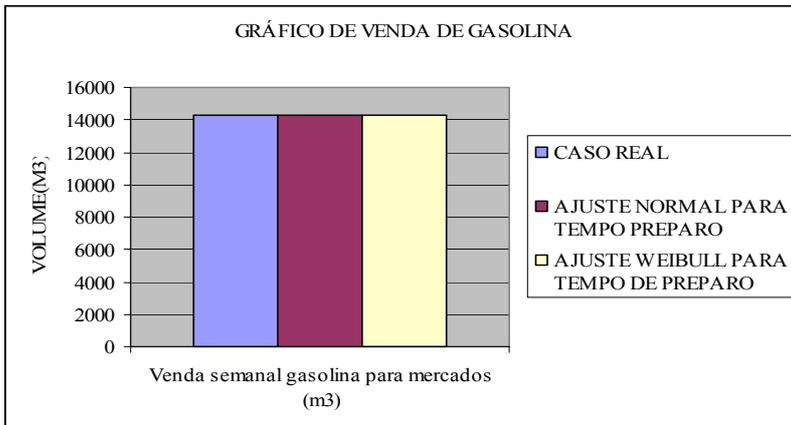


Figura 5-4

*Gráfico de venda semanal para o Caso Real, ajuste à distribuição normal e ajuste à distribuição Weibull para o tempo de preparo*

Dos resultados apresentados, verifica-se ser insignificante a diferença utilizando-se o ajuste à distribuição *Weibull* ou ajuste à distribuição normal. Sendo assim optou-se pelo uso da distribuição normal para o tempo de preparo. Outro fato que apóia o uso da distribuição normal é o resultado do teste *Kolmogorov-Smirnov* ter apresentado um p-valor acima de 0,15, indicando que se pode aceitar a hipótese de aderência.

#### **5.4 Venda de gasolina para mercado local e mercado OPASC**

Os dados de venda de gasolina para mercado local e mercado OPASC relativos aos anos de 2002 e de 2003, foram obtidos agregados de forma semanal e também encontram-se no Anexo C. Para utilizar estes dados para entrada do modelo, é necessário que o valor da demanda do mercado seja mensal para se fazer o cálculo da meta\_mensal e da cota\_dia. Sendo assim, estes dados foram agregados de forma mensal, resultando em 24 valores, 12 para cada ano, conforme apresentados na Tabela 5.3 e na Tabela 5.4.

Tabela 5.3

*Dados mensais do mercado local*

<b>Mês</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>Média</b>
1	38064	44514	41289
2	49976	42811	46393
3	45829	33438	39633
4	55522	41876	48699
5	46821	36187	41504
6	41643	45089	43366
7	46743	47940	47341
8	46633	46595	46614
9	43369	47057	45213
10	45544	48349	46946
11	48627	51434	50031
12	47443	42994	45218

Tabela 5.4

*Dados mensais do mercado OPASC*

<b>Mês</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>Média</b>
1	9625	13019	11322
2	15920	15663	15791
3	10834	11138	10986
4	10335	13346	11840
5	9102	13092	11097
6	13191	11710	12450
7	12987	13305	13146
8	12719	14024	13371
9	8616	10296	9456
10	9387	11049	10218
11	13687	11128	12408
12	12887	8624	10755

A Tabela 5.5 e a Tabela 5.6 apresentam os relatórios de saída do Excel da estatística descritiva dos dados de mercado local e do mercado OPASC agregados de forma mensal.

Tabela 5.5

*Relatório de saída do Excel da estatística descritiva do mercado mensal local de gasolina de 2002 a 2003*

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Média (m <sup>3</sup> )	45187
Erro padrão (m <sup>3</sup> )	913
Mediana (m <sup>3</sup> )	45806
Modo (m <sup>3</sup> )	#N/D
Desvio padrão (m <sup>3</sup> )	3162
Variância da amostra (m <sup>3</sup> )	9995386
Curtose	-0.69
Assimetria	-0.38
Intervalo (m <sup>3</sup> )	10398
Mínimo (m <sup>3</sup> )	39633
Máximo (m <sup>3</sup> )	50031
Soma (m <sup>3</sup> )	542246
Contagem	12
Nível de confiança (95,0%) (m <sup>3</sup> )	2009

ND: Não disponível

Tabela 5.6

*Relatório de saída do Excel da estatística descritiva do mercado mensal OPASC de gasolina de 2002 a 2003*

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Média (m <sup>3</sup> )	11903
Erro padrão (m <sup>3</sup> )	487
Mediana (m <sup>3</sup> )	11581
Modo (m <sup>3</sup> )	#N/D
Desvio padrão (m <sup>3</sup> )	1688
Variância da amostra (m <sup>3</sup> )	2850053
Curtose	1.45
Assimetria	0.95
Intervalo (m <sup>3</sup> )	6335
Mínimo (m <sup>3</sup> )	9456
Máximo (m <sup>3</sup> )	15791
Soma (m <sup>3</sup> )	142839
Contagem	12
Nível de confiança (95,0%) (m <sup>3</sup> )	1073

Para selecionar a melhor forma de utilizar os dados de mercado para entrada do modelo havia três alternativas: utilizar os valores das médias mensais de mercado para cada mês, utilizar o melhor ajuste dos valores mensais a uma distribuição conhecida ou utilizar o ajuste destes dados a uma distribuição normal.

A Figura 5-5 apresenta o relatório de saída do *Input Analyzer* de ajuste dos dados de mercado local a uma melhor distribuição de probabilidade conhecida, resultando numa distribuição triangular; a Figura 5-6 apresenta o ajuste destes dados a uma distribuição normal.

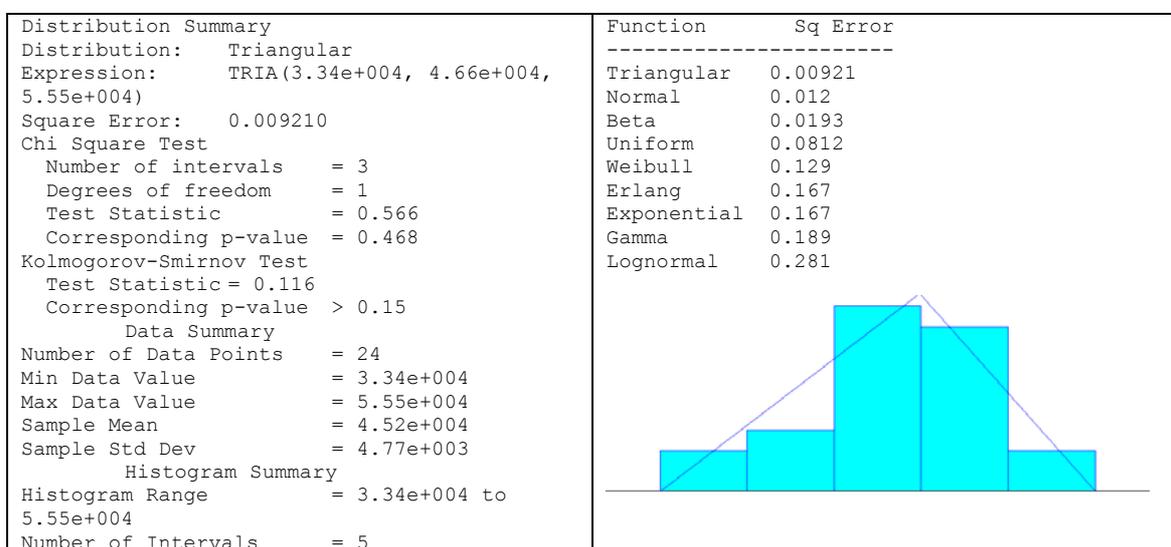


Figura 5-5

*Relatório de saída do Input Analyzer do melhor ajuste à distribuição de probabilidade do mercado mensal local de gasolina de 2002 a 2003*

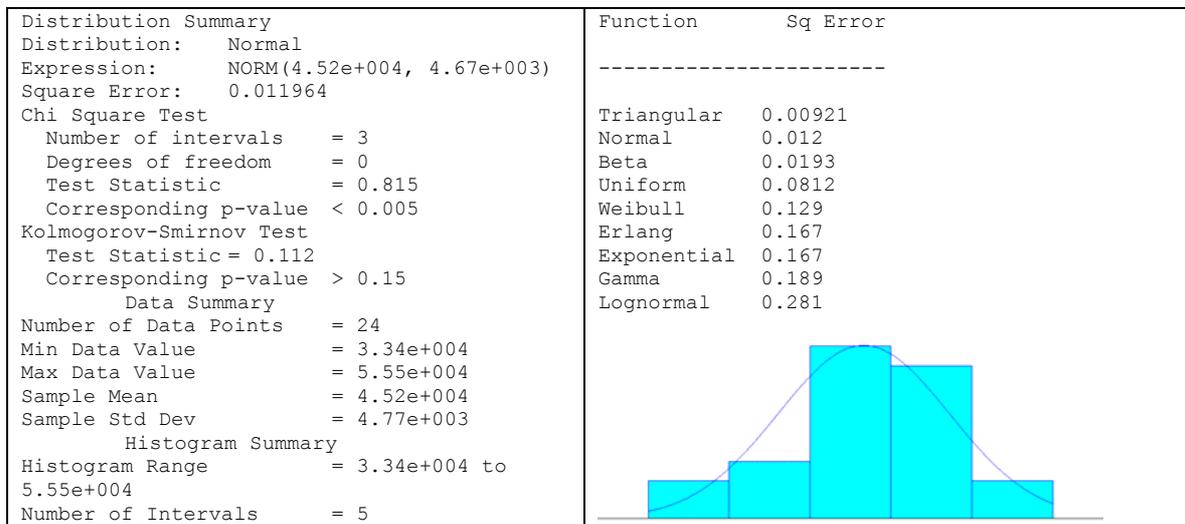


Figura 5-6

*Relatório de saída do Input Analyzer do ajuste à distribuição de probabilidade normal do mercado mensal local de gasolina de 2002 a 2003*

A Figura 5-7 apresenta o relatório de saída do *Input Analyzer* de ajuste dos dados de mercado OPASC à melhor distribuição de probabilidade conhecida, tendo resultado numa distribuição Beta; a Figura 5-8 apresenta o ajuste destes dados a uma distribuição normal.

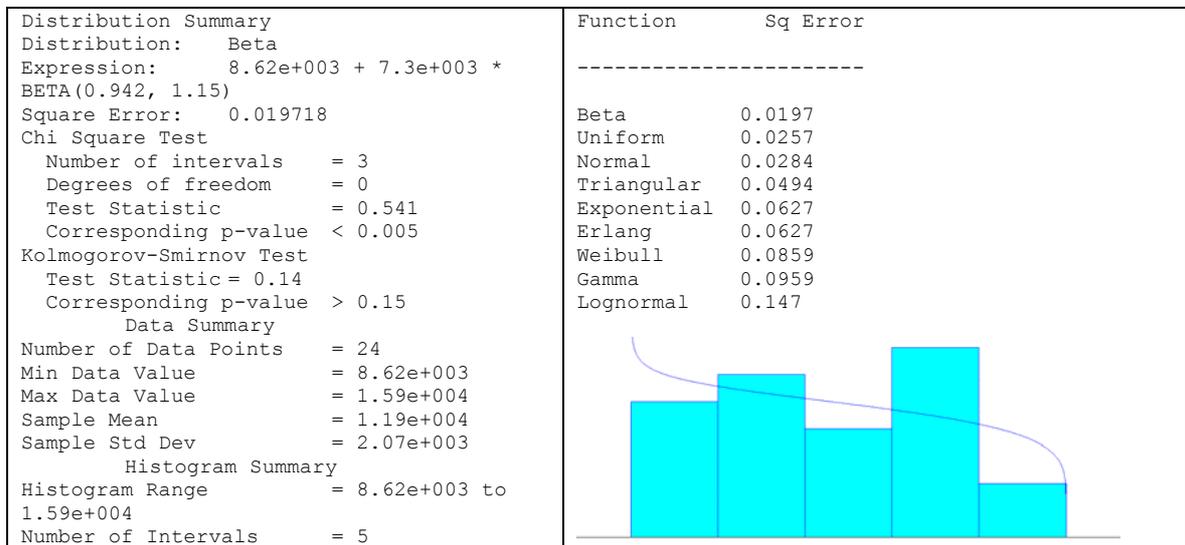


Figura 5-7

*Relatório de saída do Input Analyzer do melhor ajuste à distribuição de probabilidade do mercado mensal OPASC de 2002 a 2003*

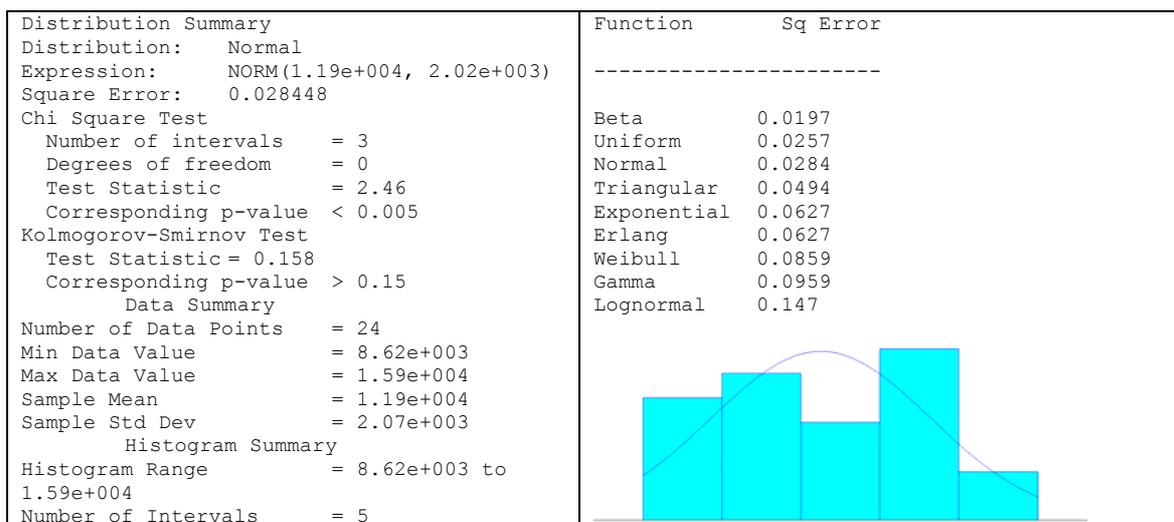


Figura 5-8

*Relatório de saída do Input Analyzer do ajuste à distribuição de probabilidade normal do mercado mensal OPASC de 2002 a 2003*

Para selecionar a melhor das três alternativas foi feito um teste de sensibilidade, comparando-se o resultado obtido pelo modelo utilizando-se cada um dos três critérios em relação aos dados da série histórica de 2002 a 2003. Os resultados deste teste encontram-se na Tabela 5.7.

Tabela 5.7

*Tabela de diferença de resultados utilizando dados mensais, melhor ajuste de distribuição e ajuste normal para mercado em relação aos dados de 2002 a 2003*

Variáveis	Mensal-Real (%)	Melhor ajuste-Real (%)	Normal-Real (%)
Estoque médio de gasolina certificada	-2,82	-10,17	-11,08
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina	-3,10	-10,45	-11,32
Venda semanal de gasolina para mercados	0,32	4,86	3,39
Venda semanal de NPQ para OLAPA	0,00	0,00	0,00
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina	-1,13	-8,80	-8,78
Giro mensal de capacidade de gasolina	0,32	4,86	3,39
Giro mensal de capacidade de NCC	-8,33	-8,37	-8,41
Giro mensal de capacidade de NDD	-16,62	-16,90	-16,77

Nesta tabela a coluna (Mensal – Real) apresenta a diferença entre os resultados do modelo utilizando-se dados de demanda de mercado para cada mês e os dados de 2002 a 2003; a coluna (Melhor Ajuste – Real) apresenta a diferença entre os resultados do modelo

utilizando-se o melhor ajuste a uma distribuição de probabilidade para ambos os mercados e os dados de 2002 a 2003 (distribuição triangular para mercado local e distribuição Beta para mercado OPASC); a coluna (Normal – Real) apresenta a diferença entre os resultados do modelo utilizando-se o ajuste a uma distribuição normal para ambos os mercados e os dados de 2002 a 2003.

Pode-se observar que o melhor resultado obtido foi aquele em que foram utilizados valores mensais para a demanda de mercado conforme resultados da coluna (Mensal – Real), pois apresentou a menor diferença entre os resultados do modelo e os dados de 2002 a 2003. Percebe-se também que o uso do melhor ajuste a uma distribuição (coluna Melhor Ajuste – Real), assim como uso do ajuste a uma distribuição normal (coluna Normal – Real) não conduziram a resultados melhores, já que apresentaram diferença superior aos resultados da coluna (Mensal – Real).

A Figura 5-9 apresenta o estoque médio de gasolina e a soma do estoque médio de NCC, NDD e de gasolina e a Figura 5-10 apresenta o volume de venda de gasolina para os três casos (dados mensais, melhor ajuste a uma distribuição e ajuste a uma distribuição normal) e para o caso real. Observa-se que a utilização de dados para entrada do modelo sob a forma mensal resultou em valores mais próximos dos dados do caso real do que o uso da melhor distribuição ou o uso da distribuição normal. Logo no modelo foram utilizados dados mensais para a demanda de mercado.

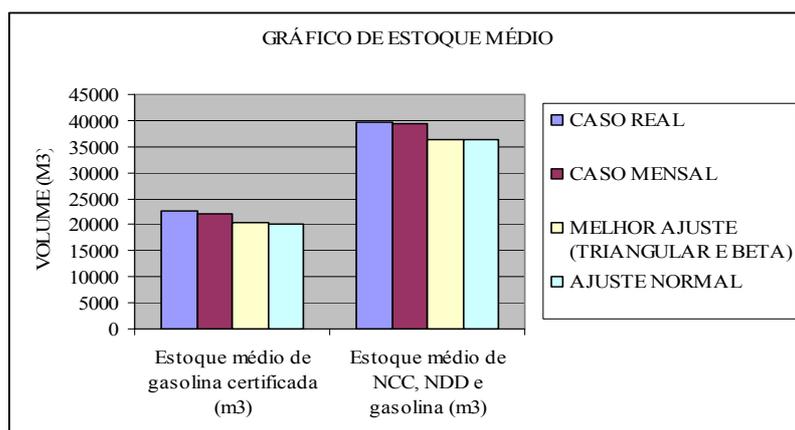


Figura 5-9

*Gráfico de estoque médio para o Caso Real, Caso Mensal, melhor ajuste a uma distribuição e uso do ajuste à distribuição normal.*

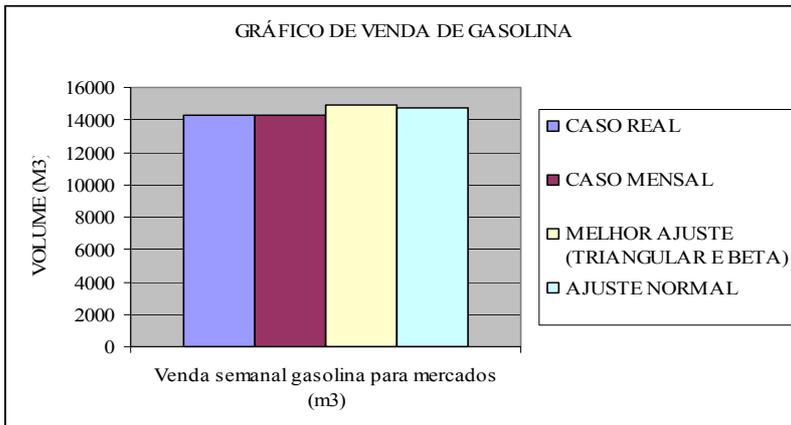


Figura 5-10

*Gráfico de venda semanal de gasolina para o Caso Real, Caso Mensal, uso do melhor ajuste a uma distribuição e ajuste à distribuição normal*

### 5.5 Parâmetros de ajuste do modelo

A Tabela 5.8 e a Tabela 5.9 apresentam as variáveis e os parâmetros para ajuste do modelo no Caso Base.

Tabela 5.8

*Parâmetros de ajuste das variáveis estocásticas do modelo*

Variável	Unidade	Ajuste	$\mu$	$\sigma$
Frequência de envio de NPQ para OLAPA	$h^{-1}$	Normal	48	2
Índice de Re-certificação	%	Discreta	5	-
Indisponibilidade do OLAPA	%	Discreta	0,5	-
Indisponibilidade do OPASC	%	Discreta	0,5	-

Tabela 5.9

*Parâmetros de ajuste das variáveis determinísticas do modelo*

Variável	Unidade	Valor
Dias no ano	dias	365
Número de tanques de gasolina	un	4
Número de tanques de NDD/NPQ	un	4
Número de tanques NCC	un	2
Percentual Máximo de NDD na Gasolina	%	46
Percentual Mínimo de NDD na Gasolina	%	25
Vazão máxima da destilação	m <sup>3</sup> /h	91,5
Vazão máxima de bombeio para Consumidores Grandes	m <sup>3</sup> /h	650
Vazão máxima de bombeio para Consumidores Pequenos	m <sup>3</sup> /h	200
Vazão máxima de bombeio para OLAPA	m <sup>3</sup> /h	225
Vazão máxima de bombeio para OPASC	m <sup>3</sup> /h	159
Vazão máxima do FCC	m <sup>3</sup> /h	104
Volume de Bombeio mínimo para OPASC	m <sup>3</sup>	500
Volume de Bombeio mínimo para OLAPA	m <sup>3</sup>	500
Volume de exportação de NPQ para OLAPA	m <sup>3</sup>	2183
Volume do Tanque de Gasolina	m <sup>3</sup>	13100
Volume do tanque de NCC	m <sup>3</sup>	8000
Volume do tanque de NPQ	m <sup>3</sup>	6250

## 5.6 Conclusão

Dos dados coletados e dos tratamentos realizados, foi possível utilizar o ajuste dos dados de tempo de preparo a uma distribuição normal, pois foram realizados testes de sensibilidade e pode-se concluir que o resultado obtido foi bastante próximo do resultado obtido utilizando-se o melhor ajuste. O uso da distribuição normal é uma forma de simplificação do modelo.

Por outro lado, para os dados de mercado local e mercado OPASC observou-se que o uso do melhor ajuste a uma distribuição ou o uso do ajuste à distribuição normal não resultaram em valores mais próximos dos valores dos dados reais do que o uso de dados mensais. Sendo assim, optou-se pelo uso dos valores mensais de mercado como forma de entrada de dados no modelo.

Uma vez que esta dissertação não tem por objetivo uma profunda discussão sobre o tratamento estatístico dos dados, pode-se sugerir como tema de pesquisa o uso do melhor ajuste de distribuição avaliando-se os resultados e indicando uma metodologia adequada para tal.

## CAPÍTULO 6

### 6 TRADUÇÃO, VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Este capítulo trata das etapas 5, 6 e 7 da metodologia descrita no capítulo 4, focalizando-se nas etapas de tradução, verificação e de validação do modelo.

Antes de se utilizar o modelo para se fazer qualquer tipo de estudo ou análise é necessário ter-se certeza da sua adequação ao mundo real, ou seja, é necessário verificar se ele retrata a realidade com todas as simplificações, regras lógicas e dados das séries históricas utilizadas. Esta etapa é de extrema importância para qualquer modelagem, pois é a fase em que será testada a credibilidade do modelo proposto, ou seja, será verificada a sua adequação para se inferir sobre a realidade.

Para realizar esta etapa foi fundamental a participação dos técnicos da refinaria, pois as divergências sobre determinadas lógicas ou simplificações foram discutidas e validadas.

#### 6.1 *Parâmetros de simulação*

##### **Relógio de simulação**

O modelo efetua diversas atualizações ao final de cada hora, sendo necessário identificar: o início e o fim de cada hora, o início e o fim de cada dia, o início de cada semana, o dia da semana e o início e o fim de cada mês, pois diversos cálculos de atualização são executados em determinados períodos no modelo. Para tal implementou-se uma rotina de avanço do tempo para controlar a sua passagem a partir do início da simulação.

### **Discretização do fluxo contínuo**

Para a representação do fluxo contínuo, a discretização foi horária, já que diversas atualizações de variáveis são realizadas a cada hora, sendo considerada suficiente para representar adequadamente as operações desejadas.

### **Horizonte de simulação e tempo de aquecimento**

O horizonte de tempo de simulação foi de 365 dias (17520 horas) e o tempo de aquecimento foi também de 365 dias.

### **Tempo de simulação**

Para o horizonte de um ano com 30 replicações o tempo de execução num equipamento KP2.6 769 MRAM foi de aproximadamente 4 a 5 minutos sem animação.

### **Número de replicações**

Para a escolha do número de replicações, analisou-se o valor *half-width* fornecido no relatório do ARENA e representa a faixa em que os valores encontram-se num intervalo de confiança de 95%. O modelo foi executado para 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 replicações. Dividiu-se o valor *half-width* pelo valor da média para as seguintes variáveis: estoque de gasolina, volume de venda de gasolina, giro de NCC e giro de NDD. A Tabela 6.1 apresenta estes resultados, tendo sido plotados na Figura 6.1. Pode-se observar que a partir de 25 replicações este valor tende a se estabilizar para todas as variáveis, ou seja, o valor praticamente se mantém constante com o aumento do número de replicações. Logo o valor de 30 replicações foi escolhido para ser utilizado no modelo.

Tabela 6.1

*Tabela do número de replicações*

	<b>5 (%)</b>	<b>10 (%)</b>	<b>15 (%)</b>	<b>20 (%)</b>	<b>25 (%)</b>	<b>30 (%)</b>	<b>35 (%)</b>	<b>40 (%)</b>
<b>Estoque Gasolina Certificada</b>	4,89	2,10	1,74	1,44	1,45	1,36	1,28	1,17
<b>Venda de gasolina</b>	4,84	1,94	1,22	0,89	0,70	0,58	0,50	0,44
<b>Giro de NCC</b>	2,15	1,18	0,93	0,78	0,69	0,70	0,66	0,59
<b>Giro de NDD</b>	2,29	1,72	1,53	1,37	1,24	1,12	1,01	0,94

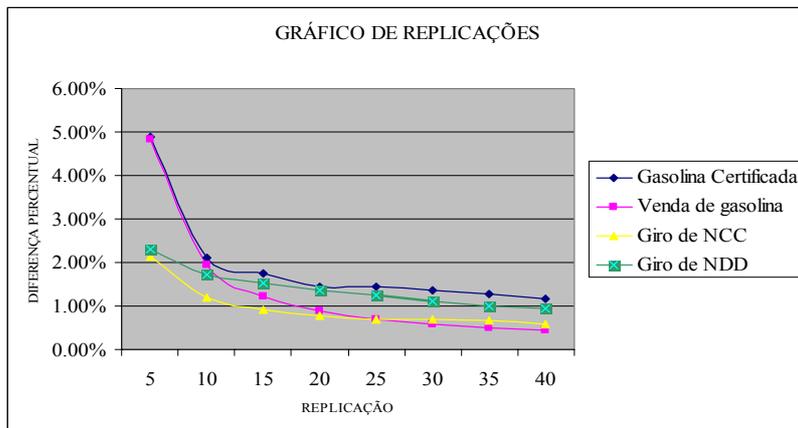


Figura 6-1

*Gráfico do número de replicações*

## 6.2 Descrição da lógica do modelo de simulação

A etapa de tradução consistiu em transformar o modelo conceitual descrito no capítulo 4 para a linguagem do simulador ARENA e encontra-se representado na Figura 6-2, sendo composto das seguintes rotinas:

- Inicializar
- Leitura
- Relógio\_Simulação
- Meta\_Mensal
- Mercado\_OPASC
- Mercado\_Local
- Gerar\_pedido\_NPQ
- NPQ\_OLAPA
- Retiradas
- Formação\_Gasolina
- Atualiza\_tq\_gasolina
- Atualiza\_tq\_NCC\_NDD

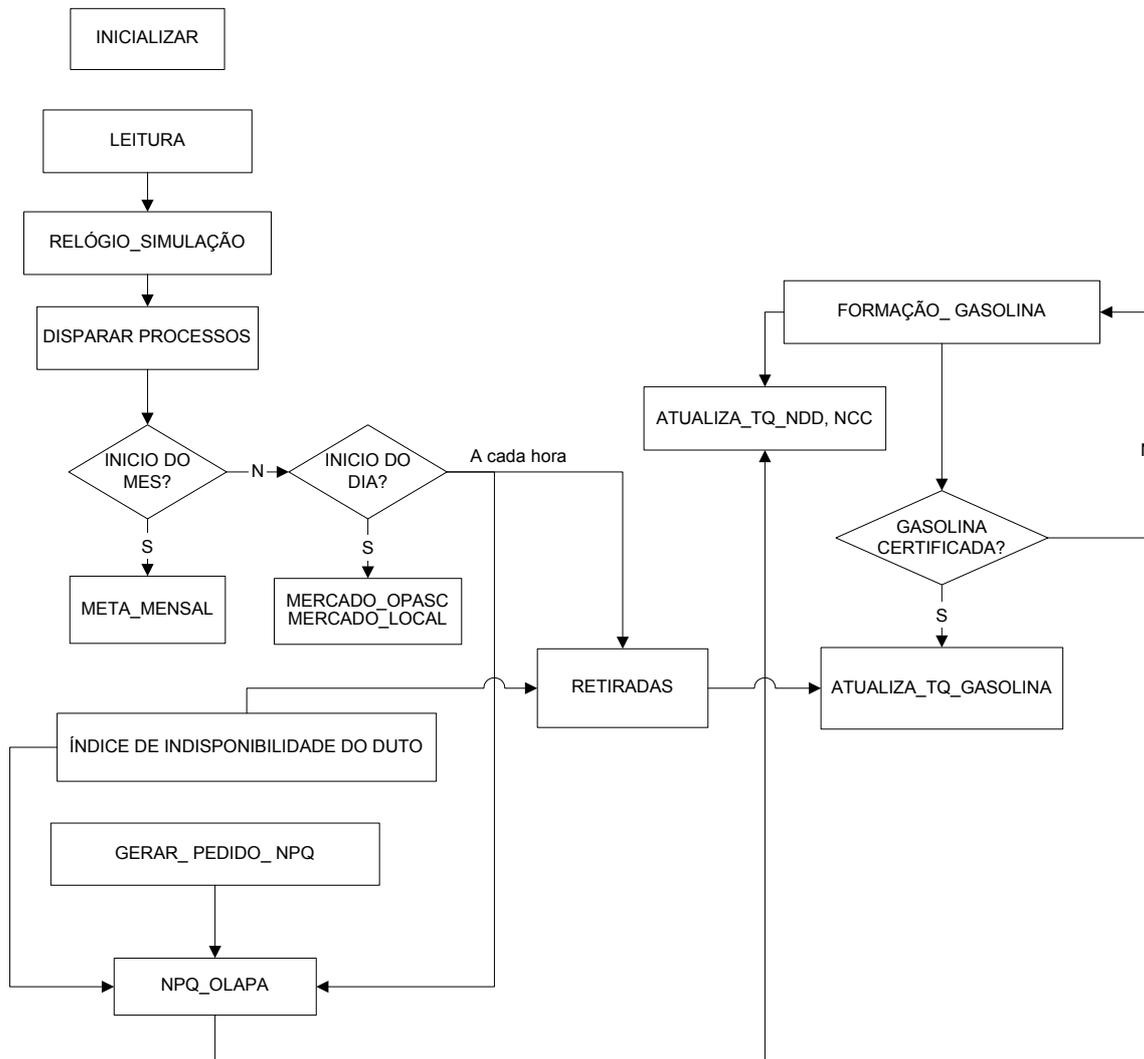


Figura 6-2

*Fluxograma da lógica do modelo*

Ao se iniciar a simulação, uma única entidade é disparada executando a rotina Inicializar, que tem a função de esvaziar os tanques de NPQ e de gasolina, encher os tanques de NCC e contar o número de tanques de gasolina e de NPQ.

Numa rotina paralela à rotina Inicializar, uma outra entidade é disparada para ativar a rotina de Leitura, sendo feita a leitura de um arquivo Excel na primeira hora do ano. Em seguida esta mesma entidade ativa a rotina Relógio\_Simulação que faz o avanço do tempo, efetuando a contagem da hora, dia, mês e ano, sendo que a cada hora uma nova entidade é

disparada. Após avanço do tempo, esta mesma entidade ativa as seguintes rotinas paralelas: `meta_mensal`, `mercado_OPASC`, `mercado_local` e `retiradas`.

Na rotina `Meta_Mensal`, ativada por uma entidade no início de cada mês, é feita a atualização do valor da `meta_mensal` e o cálculo da `cota_dia` para ambos os mercados local e OPASC.

Na rotina `mercado_OPASC`, ativada no início de cada dia, calcula-se o volume a ser enviado para o mercado OPASC em função do dia da semana e da entrega não atendida no envio anterior, se houver. Na rotina `mercado_local`, ativada também no início de cada dia, calcula-se o volume a ser enviado para o mercado local em função do dia da semana e também da entrega não atendida no envio anterior, se houver.

A rotina de `Formação_gasolina` é ativada por uma entidade disparada a cada hora. Antes de se efetuar a mistura, é feita a verificação de existência de tanque de mistura com volume residual, proveniente de um processo de não certificação ou de um tanque vazio. Após verificar a existência de tanque para se efetivar a mistura, verifica-se a existência de NCC e de NDD dentro dos limites mínimos e máximos para formar gasolina. O modelo prioriza a maximização do uso de NCC. Caso estas condições sejam atendidas, a mistura é efetivada, sendo feita atualização dos tanques de NCC e de NDD. Caso não existam condições para se efetivar a mistura, nova verificação é feita na hora seguinte. Se ocorrer a mistura, após a etapa de enchimento, passa-se ao processo de certificação. Após este tempo, se o tanque de gasolina estiver certificado, ele ficará disponível para venda, sendo feita atualização dos tanques de gasolina certificada.

Entretanto se o tanque de gasolina não estiver certificado, este passará pelo processo de abertura do tanque, ou seja, uma quantidade de gasolina será transferida do tanque não certificado para um tanque vazio e uma nova proporção de NDD e de NCC deve ser calculada, ocorrendo assim um novo processo de certificação. Se não tiver tanque vazio para se efetuar a transferência de produto, outra verificação é feita na hora seguinte. No modelo considera-se que após a segunda tentativa, o tanque já estará obrigatoriamente certificado, não ocorrendo nova tentativa.

Na rotina `Retiradas`, ativada a cada hora, é feita a retirada de gasolina para mercados. Entretanto, antes de se iniciar a retirada, verifica-se a existência de excedente de gasolina.

Se houver excedente, o escoamento de gasolina é priorizado em relação à exportação de NPQ pelo OLAPA.

A retirada de gasolina do tanque para venda deve seguir a regra de priorização de atendimento do mercado. Se tiver dois tanques de gasolina disponíveis com volume de produto suficiente e demanda dos dois mercados, a gasolina será retirada para ambos. Se houver dois tanques, mas com volume suficiente em apenas um deles, o OPASC deve ser priorizado em relação ao mercado local. Se houver apenas um tanque, o atendimento do mercado OPASC também é priorizado em relação ao mercado local. Sempre são verificadas as condições de escoamento para OPASC: disponibilidade de volume mínimo de gasolina nos tanques de gasolina, dia da semana para envio e disponibilidade de duto. Para o mercado local, o volume de entrega é diferenciado para as companhias grandes e companhias pequenas em função do dia da semana. Após a retirada de produto, ocorre a atualização dos tanques de gasolina. Em qualquer caso, se não houver disponibilidade de gasolina certificada nos tanques para venda, nova verificação é feita na hora seguinte.

Na rotina Gerar\_pedido\_NPQ, uma entidade é disparada seguindo uma distribuição Normal (48,2), ativando a rotina NPQ\_OLAPA. Um índice de indisponibilidade do duto é gerado, sendo utilizado para o OPASC e para o OLAPA. Caso haja o pedido de envio de NPQ, disponibilidade do OLAPA, lote mínimo de NPQ nos tanques de NPQ em função do volume mínimo a escoar pelo duto e em função da capacidade da bomba, o envio é efetivado, ocorrendo atualização dos tanques de NPQ. No caso de não serem atendidos todos estes requisitos, nova verificação é feita na hora seguinte.

### **6.3 Verificação**

A etapa de verificação foi realizada à medida que cada parte lógica do programa era concluída. Para determinadas variáveis previamente selecionadas, verificava-se se os resultados apresentavam valores de acordo com o esperado. Uma facilidade que auxiliou na depuração do modelo foi o uso dos recursos gráficos e de animação disponíveis no simulador. Quando o modelo não funcionava de acordo com o esperado, iniciava-se uma busca das causas destas inconsistências, procurando-se por possíveis erros na lógica ou erros de programação.

#### **6.4 Validação do Modelo**

A validação do modelo consistiu de duas etapas: validação do modelo conceitual e validação dos resultados do modelo ARENA.

##### **Validação do Modelo Conceitual**

A primeira etapa da validação do modelo foi a validação conceitual, ou seja, a validação das regras lógicas e das simplificações discutidas no capítulo 4, assim como a validação dos dados das séries utilizadas, foi conduzida junto com a equipe técnica da refinaria, quando todos os aspectos considerados foram discutidos.

Um dos pontos fundamentais da simulação abordada por diversos autores é a questão da necessidade de simplificação. A simulação deve ser uma abstração da realidade e não a sua recriação, ou seja, deve representar a realidade em sua essência.

Durante as reuniões com a equipe da refinaria foi observada uma grande tendência dos técnicos em relatar operações diárias e minuciosas e em outros casos relatar operações únicas ou esporádicas. As operações descritas com detalhamento excessivo onerariam o processo de modelagem a ponto de recriar a realidade. E as operações esporádicas por outro lado poderiam onerar o modelo com operações que talvez não viessem a ocorrer novamente. Portanto foi fundamental nesta etapa procurar limitar às operações essenciais e captar a regra das operações mais comuns e representativas da realidade, assim como a sua frequência, avaliando o seu impacto nos resultados desejados.

O ponto de corte entre o que modelar e o que não modelar é um fator fundamental para o sucesso de um modelo.

##### **Validação dos resultados do modelo ARENA**

A segunda etapa da validação consistiu comparação dos resultados de algumas variáveis fornecidas pelo modelo traduzido para o ARENA, com dados de 2002 a 2003. Esta etapa é necessária para se verificar a aderência com o Caso Real e para posteriormente utilizar o modelo para estudos de caso.

O Caso Base representa o modelo de simulação descrito no Capítulo 4 e parâmetros descritos no Capítulo 5. Foram avaliados os valores médios de estoque de gasolina, a soma dos estoques de NCC, NDD com gasolina, a taxa de ocupação dos tanques de gasolina, a venda semanal de gasolina e de NPQ, o giro mensal de capacidade dos tanques de gasolina, de NCC e de NDD e o nível de serviço.

A Tabela 6.2 apresenta na coluna Caso Real os dados para os anos de 2002 a 2003, a coluna Caso Base apresenta os resultados do modelo de simulação e a coluna (Caso Base - Caso Real) apresenta a diferença entre os resultados do Caso Base e os dados do Caso Real. Para as variáveis analisadas nesta tabela pode-se observar que a diferença de todos os resultados do Caso Base em relação aos dados do Caso Real é menor que 3%, exceto para os resultados do giro da NCC e da NDD. A maior diferença destes valores pode ser explicada pela simplificação para obter os dados de giro do Caso Real para a NDD e a NCC. Uma vez que não se dispõe dos volumes de NDD e de NCC utilizados na formação da gasolina, mas dos volumes de gasolina comercializados, os valores dos produtos intermediários foram obtidos através da simplificação de considerar um percentual fixo de NDD e de NCC na formação da gasolina, o que na prática não ocorreu, daí a maior diferença dos valores de giro entre os dois casos. Apesar da diferença ser maior que para o giro da gasolina, este resultado não invalida o modelo já que o valor do giro do Caso Real foi obtido a partir de uma simplificação por não se dispor dos dados de 2002 a 2003. A refinaria não dispunha de documentação do nível de serviço.

Tabela 6.2

*Tabela de resultados para o Caso Base e o Caso Real*

Variáveis	Caso Real	Caso Base	Caso Base–Caso Real (%)
Estoque médio de gasolina certificada (m <sup>3</sup> )	22651	22011	-2,91
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina (%)	43,36	42,01	-3,10
Venda semanal de gasolina para mercados (m <sup>3</sup> )	14273	14319	0,32
Venda semanal de NPQ para OLAPA (m <sup>3</sup> )	32745	32745	0,00
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina (m <sup>3</sup> )	39650	39348	-0,76
Giro mensal de capacidade de gasolina	1,09	1,09	0,32
Giro mensal de capacidade de NCC	1,45	1,33	-8,33
Giro mensal de capacidade de NDD	1,93	1,61	-16,62
Nível de serviço (%)	ND	99,83	ND

ND: não disponível

A Figura 6-3 apresenta os valores de estoque médio do modelo e de venda semanal de gasolina para mercado de 2002 a 2003, mostrando o estoque médio com o qual deve-se trabalhar para procurar atender a demanda de mercado. Entretanto isto não garante o atendimento integral do mercado, pois pode haver momentos de pico de demanda, reduzindo drasticamente o nível de estoques que não é imediatamente suprimido devido à inércia do sistema. Torna-se necessário uma boa atividade de planejamento para evitar estas situações.

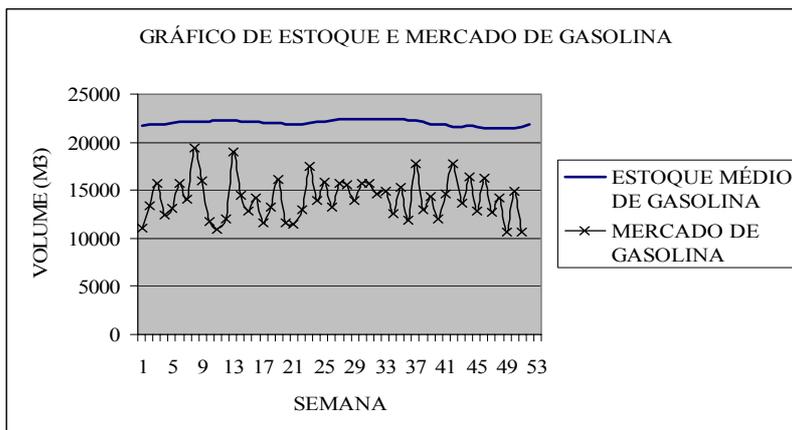


Figura 6-3

*Gráfico de estoque médio de gasolina do modelo para Caso Base e dados de mercado semanal de gasolina de 2002 a 2003*

A curva estoque médio X nível de serviço representado na Figura 6-4 é bastante útil e foi obtida utilizando-se 4 níveis de estoque de segurança diferentes de gasolina em cada simulação. Observa-se que estoques acima de 21000 m<sup>3</sup> garantem um melhor nível de serviço e estoques abaixo de 19000 m<sup>3</sup> já não apresentam nível de serviço adequado.

Desta curva conclui-se que valores elevados de nível de serviço só podem ser garantidos via imobilização de volumes maiores de estoque e que estoques reduzidos levam a um nível de serviço bem inferior.

Trabalhar com estoque menor certamente reduziria o custo imobilizado, entretanto para se ter um nível de serviço adequado, seria necessário analisar investimentos adequados para tal. Outra alternativa para se aumentar o nível de serviço ao se reduzir o estoque seria por exemplo fazer uma melhor programação de envio de produto para os clientes.

Deste gráfico é possível determinar-se o nível de serviço que será obtido a partir da definição do estoque médio, ou vice-versa, determinar-se o estoque médio que será necessário quando se deseja fixar o nível de serviço.

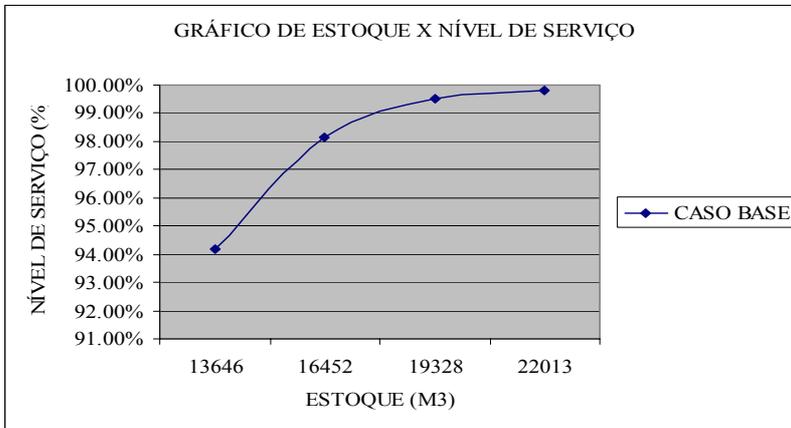


Figura 6-4

*Gráfico de estoque médio de gasolina X nível de serviço para o Caso Base*

## 6.5 Conclusão

A primeira etapa de validação do modelo realizada com a equipe técnica da refinaria foi fundamental para uma boa representação do mundo real a ser modelado. Foi fundamental elaborar regras lógicas de operações comuns, procurando descartar as situações improváveis, raras e emergenciais.

A segunda etapa da validação consistiu na comparação dos resultados do modelo com os valores médios de 2002 a 2003. A diferença entre estes valores foi menor que 3%, indicando boa aderência do modelo com a realidade.

A curva estoque médio X nível de serviço é um bom indicador do nível de estoque médio com o qual se deve operar.

## CAPÍTULO 7

### 7 PROJETO DE EXPERIMENTOS

Esta etapa é posterior às etapas de verificação e de validação, sendo a etapa 8 da metodologia adotada e consistiu em realizar experimentos com o modelo e verificar a sua adequação para uso como ferramenta de apoio à decisão para as operações logísticas de um parque de armazenamento de gasolina de uma refinaria da PETROBRAS. Três casos foram selecionados para este estudo: redução do número de tanques de armazenamento de gasolina, aumento da demanda de mercado de gasolina em 20% e aumento da demanda de mercado de gasolina em 20% com redução do seu tempo de preparo.

#### *7.1 Caso I: Redução do número de tanques de armazenamento de gasolina*

Esta situação já ocorreu na Refinaria em questão sendo provável de ocorrer novamente, pois o parque de armazenamento é bastante dinâmico. Em geral um tanque recebe um “nome de batismo”, destinado a um determinado produto e uma vez que a quantidade de tanques não é um recurso infinito, algumas vezes torna-se necessário remanejar certa quantidade de tanques, ou seja, destinar um ou mais tanques para um outro produto diferente do produto original. Isto se deve a fatores como alteração no rendimento dos produtos, manutenção de equipamentos, alteração da demanda de mercado, planejamento da refinaria, necessidade de atender a logística da empresa. Assim o Caso I foi o caso de redução do número de tanques de gasolina de quatro para três.

O caso Base é o modelo validado e apresentado no capítulo 6.

A Tabela 7.1 apresenta os resultados da simulação para Caso I comparando-se ao Caso Base de quatro tanques e verifica-se na coluna (Caso I – Caso Base) uma redução no estoque médio de gasolina certificada e da taxa de ocupação dos tanques de gasolina em

torno de 11%. A redução do estoque médio de gasolina certificada do Caso I em relação ao Caso Base ocorreu porque para se formar gasolina é necessário ter-se tanques disponíveis. Com a retirada de um tanque, menos quantidade de gasolina foi formada; como a demanda do mercado se manteve constante, para se continuar a atendê-lo a consequência imediata foi a redução do estoque médio de gasolina disponível.

O aumento de estoque médio de nafta craqueada, de nafta destilada somado ao de gasolina é explicado pela maior quantidade de produtos intermediários que passou a ficar disponível nos tanques, pois com a retirada de um tanque, menos produto intermediário foi retirado para formar gasolina.

Observa-se também que praticamente não houve alteração na venda semanal de gasolina para mercados, do giro de gasolina, de NCC e de NDD já que não houve alteração da demanda de mercado.

Observa-se uma ligeira redução do nível de serviço decorrente da retirada de um tanque de operação.

Tabela 7.1

*Tabela de resultados da simulação para o Caso I*

Variáveis	Caso Base	Caso I	Caso I - Caso Base (%)
Estoque médio de gasolina certificada (m <sup>3</sup> )	22011	19496	-11,43
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina (%)	42,01	37,20	-11,44
Venda semanal de gasolina para mercados (m <sup>3</sup> )	14319	14308	-0,07
Venda semanal de NPQ para OLAPA (m <sup>3</sup> )	32745	32745	0,00
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina (m <sup>3</sup> )	39348	42088	6,96
Giro mensal de capacidade de gasolina	1,09	1,09	-0,07
Giro mensal de capacidade de NCC	1,33	1,34	0,39
Giro mensal de capacidade de NDD	1,61	1,60	-0,82
Nível de serviço (%)	99,83	99,48	-0,35

A Figura 7-1 apresenta os valores de estoque médio de gasolina do modelo para o Caso I e a venda semanal para mercado de gasolina de 2002 a 2003. Esta figura mostra o nível de estoque médio com o qual deve-se trabalhar para procurar atender a demanda de mercado.

A Figura 7-2 apresenta a curva de estoque médio x nível de serviço para o Caso I e para o Caso Base. Observa-se que a retirada de um tanque implica num pior nível de serviço principalmente quando o estoque médio é baixo. À medida que se aumenta o

estoque médio passa-se a ter um melhor nível de serviço para o Caso I, mas sem se atingir nível de serviço do Caso Base. Ainda a partir desta figura conclui-se não ser possível atingir o mesmo nível de serviço relativo a quatro tanques mesmo com aumento do estoque de gasolina com três tanques.

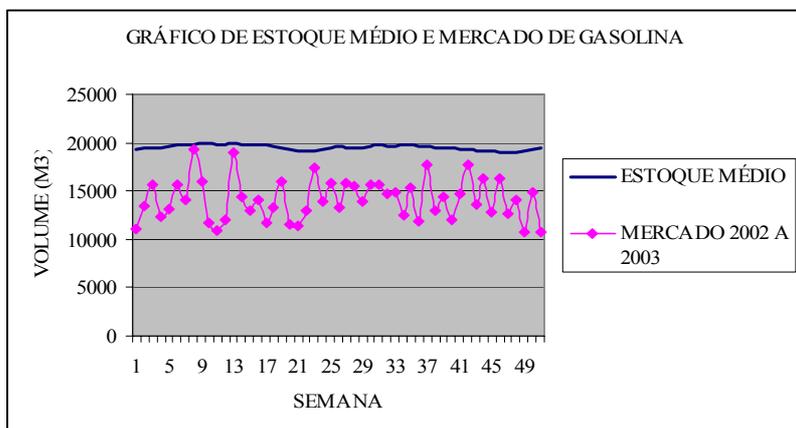


Figura 7-1

*Gráfico de estoque médio de gasolina do modelo para Caso I e dados de mercado semanal de gasolina de 2002 a 2003*

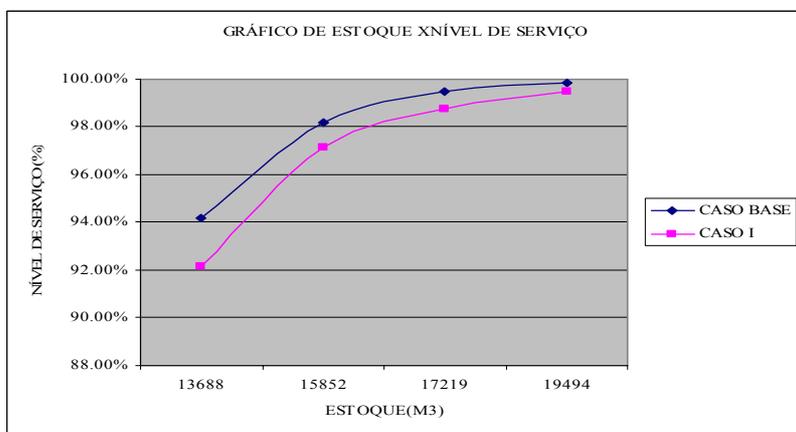


Figura 7-2

*Gráfico de estoque médio de gasolina X nível de serviço para o Caso I e Caso Base*

## 7.2 Caso II: Aumento da demanda do mercado de gasolina em 20%

Analisando os dados de mercado disponíveis no *Site* da ANP, a Figura 7-3 apresenta dados de consumo de gasolina dos mercados atendidos pela REPAR entre dois anos consecutivos: variação do consumo no estado do Paraná e variação da soma do consumo nos estados do Paraná e de Santa Catarina. Desta Figura observa-se nos anos de 2000 e de 2001 uma queda nas vendas de gasolina em torno de 2% e 5% respectivamente, comportamento atípico deste mercado já que tem ocorrido crescimento do consumo na década de 1990 (ROCHA, 2002), chegando a alcançar um crescimento perto de 20% nos anos de 1995 e 1996. Em 1997 o crescimento do consumo de gasolina caiu para valor próximo de 7% e próximo de 12% em 1998, podendo ser explicado pelo dasaquecimento econômico do país (ROCHA, 2002). A partir de 2003 observa-se uma retomada no crescimento deste mercado, chegando a valores próximos de 7% a 10% em 2004.

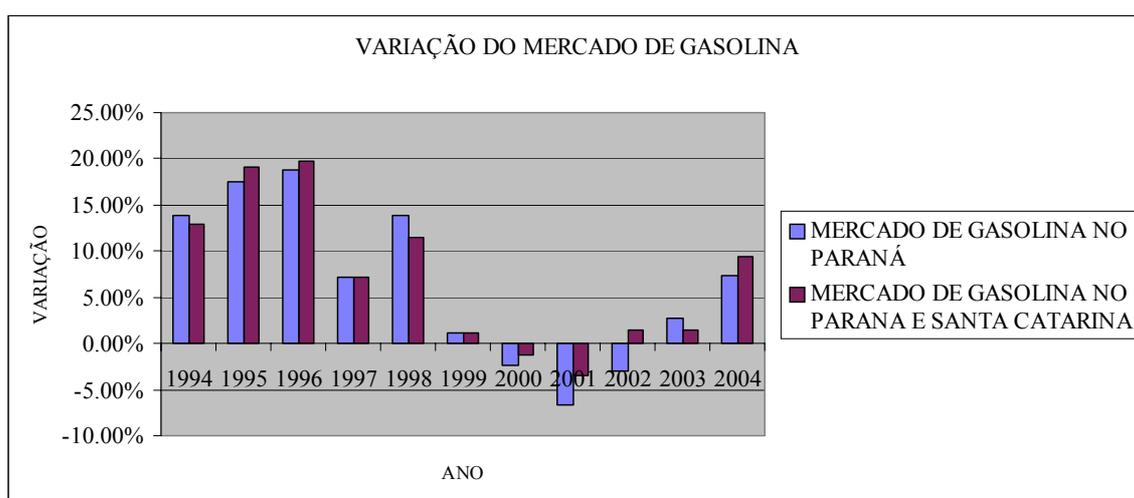


Figura 7-3

*Gráfico de variação do consumo do mercado de gasolina no estado do Paraná e nos estados do Paraná e de Santa Catarina*

Fonte: Site da ANP

Uma vez que a indústria do petróleo tem sido fortemente afetada pelas diversas crises que têm ocorrido desde a década de 1970, da estabilidade e do aquecimento econômico do

país, da desregulamentação que vem ocorrendo no setor, o bom desempenho de uma refinaria depende de sua capacidade, de seus equipamentos, da qualidade de sua gestão, de uma logística capaz de atender com agilidade seus mercados e reduzir os custos com estoques excedentes (BRAGA, 2004). Sendo assim analisar um cenário de aumento de demanda do mercado de gasolina em 20% se apresenta bastante razoável diante da dinâmica e dos volumes de produtos envolvidos nesta indústria, tendo sido adotado como o Caso II.

A Tabela 7.2 apresenta os resultados do Caso II comparados ao Caso Base. Na coluna (Caso II – Caso Base) observa-se redução no estoque médio de gasolina certificada, da taxa de ocupação dos tanques de gasolina, aumento na venda semanal de gasolina, redução no estoque médio de gasolina somado aos estoques de nafta craqueada e de nafta destilada, aumento do giro dos tanques e redução do nível de serviço. A redução do estoque médio de gasolina e de gasolina somado ao estoque de nafta craqueada e de nafta destilada em torno de 3% e 5% respectivamente já era previsto porque com o aumento da demanda do mercado, a tendência foi redução do estoque. A redução do estoque decorrente do aumento da demanda de mercado levou à maior formação de gasolina com conseqüente aumento da retirada de produtos para a sua formação, a NCC e a NDD. Conseqüentemente houve redução do estoque de NCC e de NDD.

Tabela 7.2

*Resultados da simulação do modelo para o Caso II*

<b>Variáveis</b>	<b>Caso Base</b>	<b>Caso II</b>	<b>Caso II – Caso Base (%)</b>
Estoque médio de gasolina certificada (m <sup>3</sup> )	22011	21354	-2,99
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina (%)	42,01	40,71	-3,10
Venda semanal de gasolina para mercados (m <sup>3</sup> )	14319	17170	19,92
Venda semanal de NPQ para OLAPA (m <sup>3</sup> )	32745	32745	0,00
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina (m <sup>3</sup> )	39348	37295	-5,22
Giro mensal de capacidade de gasolina	1,09	1,31	19,92
Giro mensal de capacidade de NCC	1,33	1,60	19,96
Giro mensal de capacidade de NDD	1,61	1,66	3,33
Nível de serviço (%)	99,83	99,57	-0,26

Nesta tabela observa-se também aumento na venda de gasolina para mercado em torno de 19%, contra um valor proposto de 20%. Esta diferença na venda da gasolina entre o previsto pelo modelo e o proposto, ocorreu porque o aumento da demanda de mercado de

gasolina não foi acompanhado do aumento da capacidade de produção, havendo redução do nível de serviço em torno de 0,30%, sem atendimento integral do mercado.

O maior aumento do valor do giro ocorreu para a gasolina e a para nafta craqueada com valores em torno de 19%. Um aumento menor do giro de nafta destilada, com valor perto de 3% ocorreu provavelmente porque além do seu percentual na formação na gasolina ser bem menor que da nafta craqueada, também não ocorreu aumento da demanda do mercado de nafta petroquímica, justificando-se assim menor aumento do giro de nafta destilada do que dos outros produtos.

A Figura 7-4 apresenta os valores de estoque médio de gasolina do modelo para o Caso II e a venda semanal para mercado de gasolina de 2002 a 2003 com aumento de 20%.

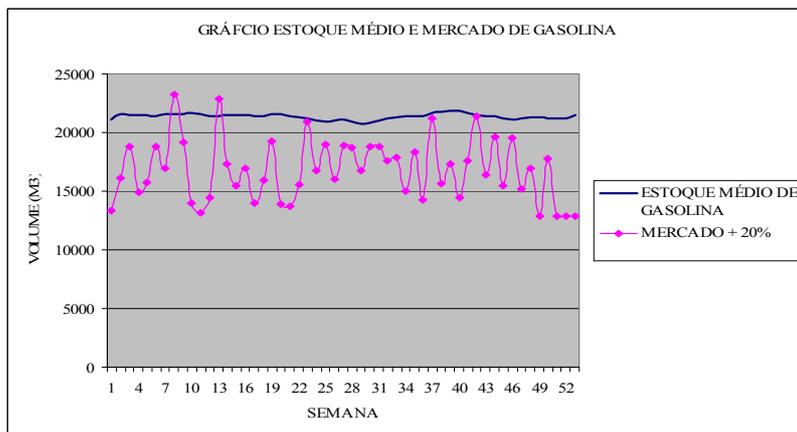


Figura 7-4

*Gráfico de estoque médio de gasolina do modelo para Caso II e dados de mercado*

A Figura 7-5 apresenta a curva de estoque médio x nível de serviço para o Caso II e o Caso Base. Observa-se que o aumento do mercado implica num pior nível de serviço principalmente quando o estoque médio é baixo. À medida que se aumenta o estoque médio passa-se a ter um melhor nível de serviço para o Caso II, mas sem se atingir nível de serviço do Caso Base.

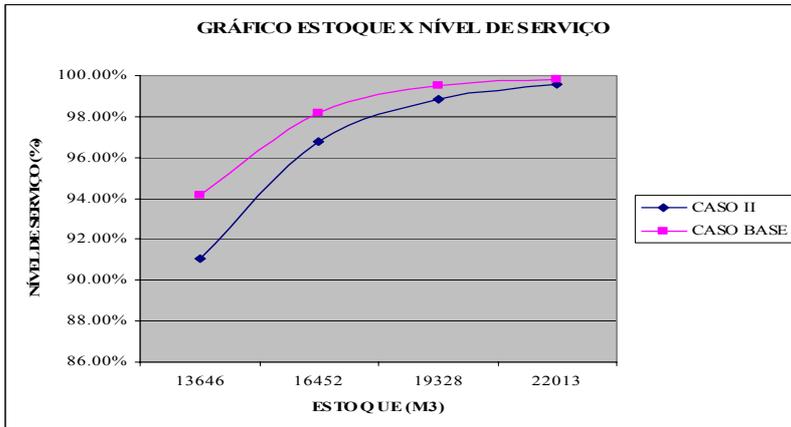


Figura 7-5

*Gráfico de estoque médio de gasolina X nível de serviço para o Caso II*

### **7.3 Caso III: Aumento da demanda do mercado de gasolina em 20% e redução do tempo de preparo**

Uma forma possível de se aumentar a eficiência da refinaria sem grandes investimentos e de uma maneira rápida é através da melhoria de alguns processos. Durante a etapa de levantamento de dados foi constatada a possibilidade de se trabalhar com tempos de preparo de gasolina menores, reduzindo o atual valor médio de 28,5 horas para um valor médio de 24 horas, tempo mínimo requerido para realizar as análises em laboratório para a gasolina. Sendo assim, o Caso III agrega a consideração relativa ao caso II de aumento da demanda de mercado de gasolina em 20% e redução do seu tempo de preparo médio de 28,5 horas para 24 horas como tentativa de melhorar o nível de serviço.

Da Tabela 7.3 observa-se na coluna (Caso III – Caso II) um pequeno aumento do estoque médio de gasolina certificada, da taxa de ocupação dos tanques de gasolina, do estoque médio de gasolina certificada somada ao estoque de nafta craqueada e de nafta destilada, da venda de gasolina, do giro de gasolina, de NCC e de NDD. Todos estes fatos ocorreram porque houve redução do tempo de preparo e a gasolina passou a ser disponibilizada com maior frequência. Observa-se que houve ligeiro aumento do nível de serviço, indicando o efeito da redução do tempo de preparo na melhora do nível de serviço.

Tabela 7.3

Tabela de resultados da simulação do modelo para o Caso III

Variáveis	Caso II	Caso III	Caso III – Caso II (%)
Estoque médio de gasolina certificada (m <sup>3</sup> )	21354	21680	1,53
Taxa de ocupação dos tanques de gasolina (%)	40,71	41,38	1,66
Venda semanal de gasolina para mercados (m <sup>3</sup> )	17170	17182	0,07
Venda semanal de NPQ para OLAPA (m <sup>3</sup> )	32745	32745	0,00
Estoque médio de NCC, NDD e gasolina (m <sup>3</sup> )	37295	37657	0,97
Giro mensal de capacidade de gasolina	1,31	1,31	0,07
Giro mensal de capacidade de NCC	1,60	1,60	0,12
Giro mensal de capacidade de NDD	1,66	1,66	0,05
Nível de serviço (%)	99,57	99,68	0,11

A Figura 7-6 apresenta os valores de estoque médio de gasolina tendo-se utilizado para o seu tempo de preparo o valor de 24 horas e para mercado de gasolina de 2002 a 2003, valores de venda semanal aumentado em 20%. Desta figura pode-se observar que mesmo com a redução do tempo de preparo, não houve aumento significativo do estoque médio. Logo, a redução do tempo de preparo apenas não se mostrou tão efetiva para as condições apresentadas como uma forma de melhorar o nível de serviço.

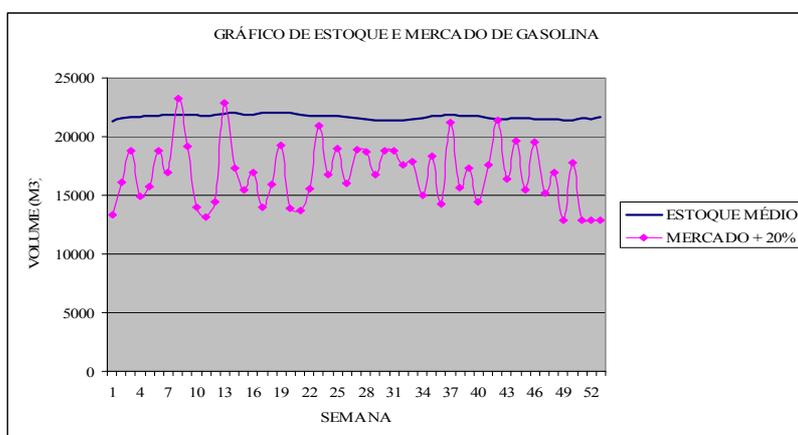


Figura 7-6

Gráfico de estoque médio de gasolina do modelo para Caso III e dados de mercado semanal de gasolina de 2002 a 2003

A Figura 7-7 apresenta as curvas de estoque médio de gasolina x nível de serviço para o Caso Base, Caso II e Caso III. Para o Caso III observa-se um pequeno aumento da curva do nível de serviço em relação à curva do Caso II tornando-se esta diferença insignificante para estoques maiores. Este comportamento indica que apesar do pequeno aumento do estoque médio de gasolina certificada conforme apresentado na coluna (Caso III - Caso II) da Tabela 7-3, o efeito da redução do tempo de preparo foi desprezível no aumento do nível de serviço, principalmente para estoques maiores.

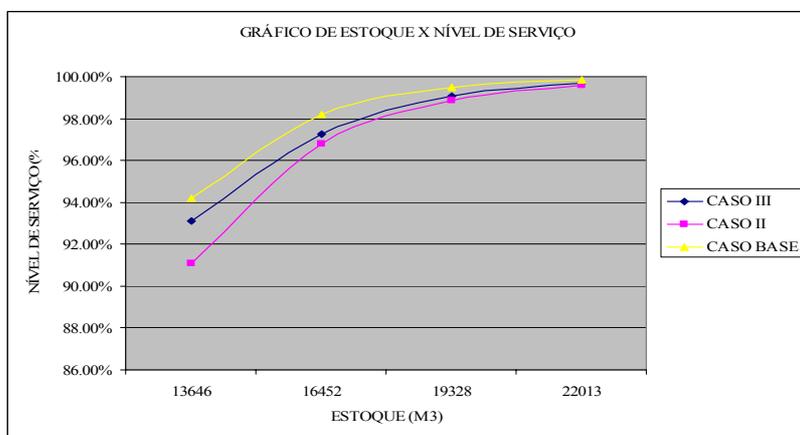


Figura 7-7

*Gráfico de estoque médio de gasolina X nível de serviço para o Caso III*

#### 7.4 Conclusão

O propósito deste modelo foi utilizar a ferramenta de simulação para análise de operações logísticas em uma refinaria de petróleo.

Para as análises do Caso I e do Caso II, o modelo apresentou resultados em que se constatou ser possível atender o mercado de gasolina com uma ligeira redução no nível de serviço, indicando também estoques médios de trabalho para se atingir determinado nível de serviço.

A análise do Caso III indicou que a redução do tempo de preparo não se apresentou tão eficiente para melhorar o nível de serviço. Entretanto é provável que a amplitude de

redução não tenha sido suficiente para que tivesse impacto na melhora do nível de serviço. Convém lembrar que a amplitude desta redução é um compromisso entre o que a refinaria pratica e o valor mínimo possível em função do tempo mínimo requerido pelo laboratório para se efetuar as análises, bem como o tempo mínimo requerido pelas atividades de operação do parque de armazenamento. Mas por outro lado, pode-se constatar que o nível de serviço resultante já indicou um valor próximo de 100%, indicando possivelmente que não existem mais gargalos de modo a melhorar o nível de serviço.

A partir destes três casos estudados pode-se verificar a adequação e a utilidade da simulação para avaliar as operações logísticas de um parque de armazenamento de gasolina. O modelo mostrou-se bastante aderente ao Caso Real e a partir dos resultados inferidos sobre o comportamento do estoque de gasolina certificada, da taxa de ocupação, da venda para mercados, do giro de tancagem, será possível para o usuário fazer outras inferências com o modelo, permitindo-se estudar outros cenários não abordados nesta dissertação.

## CAPÍTULO 8

### 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 8.1 *Conclusões*

A presente dissertação permitiu estabelecer conclusões acerca da aplicação da técnica de Simulação a Eventos Discretos numa indústria de petróleo do ponto de vista de ganhos na cadeia logística, em particular na gestão de estoques de gasolina.

É consenso entre os autores que estudam o tema Logística Empresarial de que a redução de estoques representa um ponto de ganho na cadeia logística, face aos custos associados a sua manutenção.

Este trabalho apresentou diversos desafios, sejam relacionados à modelagem ou relacionados aos dados.

O primeiro desafio foi com relação ao uso do simulador a eventos discretos para abordagem de um problema de fluxo contínuo como é o caso da indústria do petróleo e neste problema em particular sujeito a eventos como enchimento do tanque, esvaziamento, retirada para mercado, tempo de preparo, etc. Apesar de já haver alguns trabalhos publicados aplicando a simulação na indústria contínua, as particularidades com relação aos objetivos e detalhes de cada caso é que fazem a diferença entre os mesmos. Embora a simulação utilizando uma menor unidade possa dar resultados mais precisos, no caso desta dissertação concluiu-se que uma discretização horária representou bem as operações envolvidas, dada a aderência com o caso real.

Outro desafio do modelo relacionou-se à estrutura, procurando-se desenvolver um modelo em que o usuário pudesse alterar a configuração do parque de tanques (número e volume dos tanques) sem necessidade de alterar o código. Esta facilidade deve-se à intenção de se utilizar a ferramenta pela equipe técnica da refinaria como ferramenta de apoio à decisão seja no aspecto operacional seja no aspecto de investimentos.

A coleta de dados foi uma etapa que além de ter consumido boa parte do tempo, exigiu um grande trabalho de análise e de tratamento com o apoio de planilhas eletrônicas e da ferramenta *Input Analyzer*. Deve-se destacar a grande importância que teve a coleta dos dados de tempo de preparo, já que se mostrou estar um pouco acima do valor ideal, evidenciando-se como um dos gargalos deste processo e que poderia ser melhorado sem a necessidade de investimentos muito altos pela refinaria. Entretanto atuar apenas no tempo de preparo não demonstrou ser tão eficiente quanto se desejava, sendo necessário fazer uma análise de outros parâmetros possíveis de serem alterados.

Talvez a questão mais desafiadora de toda a simulação tenha sido a representação do mundo real. Todas as considerações descritas no Capítulo 4 procuraram de forma simplificada fazer esta representação e os resultados de aderência demonstraram a adequação da modelagem para os objetivos propostos.

A dissertação teve o objetivo de utilizar a simulação para avaliar as operações logísticas de um parque de armazenamento de gasolina da PETROBRAS. Com os resultados comprovou-se a utilidade da simulação como ferramenta de apoio à decisão para esta análise, indicando um uso potencial para avaliações semelhantes.

Os resultados apresentados no estudo confirmaram que:

- para a situação modelada, estoques mais elevados levam a níveis de serviço melhores;
- pode-se operar com um menor número de tanques com ligeira redução no nível de serviço;
- pode-se operar com aumento da demanda de mercado de 20% com ligeira redução no nível de serviço;
- a redução do tempo de preparo não se mostrou tão eficiente na questão da obtenção de níveis de serviço melhores. Entretanto este resultado não é conclusivo para todos os casos. É provável que amplitudes maiores de reduções do tempo de preparo resultem em uma melhoria no nível de serviço mais significativa.

É importante salientar que a depender dos cenários de estudos escolhidos pode se tornar necessário alterar a lógica do modelo, assim como buscar e validar outros dados, sendo também necessário calibrar o modelo novamente.

## **8.2 Recomendações**

Como recomendações para trabalhos futuros sugere-se a extensão da análise para outras refinarias, outras unidades, aplicar a outros derivados bem como integração com outros produtos, incluir aspectos financeiros na análise, desenvolver rotinas customizáveis, avaliar situações de contingência tais como paradas de unidade, redução da carga, aumento de capacidade da planta.

A análise para outras refinarias da PETROBRAS é interessante já que ela possui uma grande quantidade de unidades de processamento e associado a elas, diversos parques de armazenamento. E uma vez que a PETROBRAS vem ampliando a capacidade de diversas unidades, torna-se necessário avaliar o parque de armazenamento. Outro aspecto importante é que com a construção de novas unidades, muitas vezes torna-se necessário avaliar a capacidade dos parques de armazenamento existentes ou mesmo avaliar a necessidade de construção de novos tanques.

A extensão da análise para outros derivados é interessante dada a diversidade de produtos gerados pela PETROBRAS. A análise integrada com outros derivados pode ser necessária, pois pode haver relações de dependência entre os mesmos, como por exemplo, o compartilhamento do parque de armazenamento ou com relação ao seu processo de formação.

A análise dos aspectos financeiros é particularmente interessante quando envolver investimentos como a construção de novos tanques ou desmobilização ou o remanejamento de tanques existentes, por exemplo. A avaliação do custo de estoque imobilizado contra o valor do investimento são aspectos que devem ser analisados antes de uma tomada de decisão.

O desenvolvimento de rotinas customizáveis é um ponto interessante e desafiador, dada a quantidade e a diversidade de parques de armazenamento da PETROBRAS, podendo levar a uma redução no tempo de desenvolvimento do projeto.

O uso da simulação para avaliar situações de contingência são casos que podem ser analisados, pois são possíveis de ocorrer e para as quais é importante conhecer a capacidade do parque de armazenamento de suportar tais situações, avaliando-se os seus efeitos.

Outra sugestão de trabalho seria utilizar os módulos específicos para fluxo contínuo disponíveis no ARENA em problemas aqui abordados, verificando dificuldades na modelagem, adequação a problemas complexos e possibilidade de customização. É importante ressaltar que outros simuladores comerciais também dispõem de recursos para simular fluxos contínuos e também podem ser analisados.

No aspecto de tratamento de dados observou-se que os resultados utilizando-se o melhor ajuste dos dados a uma distribuição de probabilidade conhecida não necessariamente conduziram a resultados melhores do que o uso de outros ajustes. Uma vez que esta dissertação não teve como objetivo uma profunda discussão sobre o tratamento estatístico dos dados, sugere-se como outro tema de pesquisa o uso dos melhores ajustes dos dados a uma distribuição.

## CAPÍTULO 9

### 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### 9.1 *Bibliografia*

Al-OTAIBI, Ghaim A., STEWART, Michael D. **Simulation model determines optimal tank farm design**. Oil and Gas Journal, Feb 16, 2004.

ALSAHLAWI, Mohammed. **Dynamics of oil inventories**. Energy Policy, 1998, Vol. 26, Number 6, Pages 461-463.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial Transportes Administração de Materiais Distribuição Física**. 15. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

BALLOU, Ronald. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Bookman, 2003.

BANKS, Jerry, CARSON, John S., NELSON, Barry L. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice-Hall Inc., 1984.

BORGES, Fernando. **Uma análise da cadeia logística de suprimento da indústria do petróleo utilizando a técnica da simulação - uma aplicação ao sistema da Bacia de Campos – Refinaria de Araucária**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 205 p. Dissertação de Mestrado.

BOWERSOX, Donald J., CLOSS, David. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

BP Statistical Review Of World Energy. June 2005.

BRAGA, Vanessa Mesquita. **A Logística como diferencial na Indústria do Petróleo**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio

de Janeiro, 2004.

CARSON II, John S. **Introduction to Modeling**. Proceedings of Winter Simulation Conference, Orlando, 2005.

CHEN, E. Jack, LEE, Young M., SELIKSON. **A simulation study of logistics activities in a chemical plant**. Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 10, Issues 3-4, 15 November 2002, Pages 235-245.

CHENG, Lifei, DURAN, Marco. **Logistics for world-wide crude oil transportation using discrete event simulation and optimal control**. Computers & Chemical Engineering, Volume 28, Issues 6-7, 15 June 2004, Pages 897-911.

CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO. **Resoluções do CNP**. Brasília: Conselho Nacional do Petróleo, 1976. 2. v. v.1. Resoluções de 1945 a 1970 – v.2. Resoluções de 1971 a 1976.

CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G. N. CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

FLEURY, Paulo Fernando et al. **Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000. 372p.

HILLIER, Frederick, LIEBERMAN, Gerald J. **Introduction to operations research**. McGraw-Hill, 7<sup>th</sup> Edition, 2001.

INGALLS, Ricki G. **The value of simulation in modeling supply chains**. In: 98 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1998, Washington. **Proceedings**, v. 2, p.1371-1375.

JAFFE, Amy Myers, SOLIGO, Ronald. **The role of inventories in oil market stability**. The Quarterly Review of Economics and Finance, 2002, n. 42, p. 401-415.

LAW, Averill M., KELTON, W. David. **Simulation Modeling and Analysis**. McGraw Hill Higher Education, 2000.

- LEE, Young Hae, CHO, Min Kwan e KIM, Yun Bae. **Supply chain simulation with discrete-continuous combined modeling**. Computers and Industrial Engineering, 43, 2002.
- LIMOEIRO, Cláudio Duarte Pinto et al. **Modelo de determinação dos parâmetros de estoques em bases de distribuição de combustíveis**. XXXIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2001.
- MARTINS, C. de Almeida. **Introdução da concorrência e barreiras à entrada na atividade de refino de petróleo no Brasil**. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 2003. Dissertação de Mestrado em Ciências Econômicas.
- MEHTA, Arvind. **Managing oil and gas supply chain - Numerous challenges, one solution**. IIE Annual Conference and Exhibition 2004, p 4675-4688, May 15-19 2004.
- MENOSSEI, Osvaldo Sérgio. **Estoque de Segurança em Refinarias de Petróleo: Análise por Simulação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 121 p. Dissertação de Mestrado.
- NIKOUKARAN, Jalal, HLUPIC, Vlatka, PAUL, Ray J. **Criteria for simulation software evaluation**. In: 98 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1998, Washington. **Proceedings**, p 399-406.
- PEDGEN, C. Dennis et al. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. McGraw-Hill International Editions, 1991.
- PERSON, e OLHAGER. **Performance of supply chain designs**. International Journal of Production Economics, 77, 2000.
- PETROBRAS. **Plano Estratégico 2015**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2004. Apresentação.
- PIDD, Michael. **Computer Simulation in Management Science**, 3rd edition Wiley, 1993.
- RINCON, Gladys et al. **A discrete-event simulation and continuous software evaluation on a systemic quality model: An oil industry case**. Information &

Management, Volume 42, Issue 8, December 2005, Pages 1051-1066.

ROCHA, Juliana Alves da. **Padrões de concorrência e estratégias empresariais no setor de distribuição de derivados no Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. Monografia de Bacharelado em Economia.

RODRIGUES, Alexandre Medeiros, SALIBY, Eduardo. **A aplicação da simulação no dimensionamento de bases de distribuição de combustíveis.** COPPEAD, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

RODRIGUES, Luís Henrique et al. Uma abordagem metodológica para uso da simulação a eventos discretos no dimensionamento do nível de estocagem de derivados de petróleo em refinarias. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003.

ROWLAND, Heather P J. **How much oil inventory is enough? implications of stock changes for oil markets, governments and the oil industry.** New York: Energy Intelligence Group, 1997. 89 p. ilustr.

SALIBY, Eduardo. **A Aplicação da Simulação no Dimensionamento de Bases de Distribuição de Combustíveis.** COPPEAD, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

SALIBY, Eduardo. **Tecnologia de informação: uso da simulação para obtenção de melhorias em operações logísticas.** COPPEAD. 1999.

SCHUNK, Daniel e PLOTT, Beth. **Using simulation to analyze supply chains.** In: 00 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2000, **Proceedings**, p. 1095-1100.

SILVA, Evandro Braga da. **Implementação de um Sistema de Gestão Integrada Caso: Implantação de um Sistema ERP na Petrobrás.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa , 2002. Dissertação de Mestrado.

WAGUESPACK, Kevin, CANTOR, Brian D. **Oil inventories should be based on margins, supply reliability.** Oil & Gas Journal, July 8, 1996, Volume 94, Issue 28, Pages 39-41.

WANKE, Peter, BARROS, Leonardo, CAUZIN, Milene. **Simulação como ferramenta para análise do nível de serviço e capacidade de atendimento de um posto de Gás Natural**. Rio de Janeiro: COPPEAD, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

WANKE, Peter. **Aspectos Fundamentais da Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimentos**. Rio de Janeiro: COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

ZAMITH, Maria Regina Macchione de Arruda. **A indústria para-petroleira no nacional e o seu papel na competitividade do “diamante petroleiro” brasileiro**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999. Dissertação de Mestrado.

ZERBINI, José Eduardo. **Análise dos Benefícios da implantação de um sistema para gerenciamento integrado da cadeia de suprimento da distribuição de combustíveis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Dissertação de Mestrado.

## **9.2 Endereços Eletrônicos**

ANP: <http://www.anp.gov.br>

COPPEAD: <http://www.cel.coppead.ufrj.br>

PETROBRAS: <http://www.petrobras.com.br>

### 9.3 *Bibliografia Complementar*

BUSSAB, Welton de O., MORETTIN, Pedro A. **Estatística Básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 526 p.

KELTON, W. David, SADOWSKI, Randall P., STURROCK, David T. **Simulation with Arena**. McGraw Hill Higher Education, 3<sup>rd</sup> Edition, 2004.

KITCHENS, Larry. **Exploring Statistic An Introduction**. St Paul: West Publishing Company, 1987. 595 p.

LAPPONI, Juan Carlos. **Estatística usando Excel**. 2. ed. São Paulo. Treinamento e Editora, 2001. 451 p. Inclui disquete.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Estatística Geral e Aplicada**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

## **APÊNDICES**

**Apêndice A GLOSSÁRIO**

Termo	Descrição
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis é uma autarquia integrante da Administração Pública Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Tem por finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, de acordo com o estabelecido na <u>Lei nº 9.478</u> , de 06/08/97, regulamentada pelo <u>Decreto nº 2.455</u> , de 14/01/98, nas diretrizes emanadas do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e em conformidade com os interesses do País, sendo o órgão regulador do setor petróleo, na execução de suas atividades.
ARENA	Simulador a eventos discretos de uso comercial da <i>Rockwell Software</i> .
Base de Distribuição	É a instalação com as facilidades necessárias ao recebimento de derivados de petróleo, ao armazenamento, mistura, embalagem e distribuição, em uma dada área do mercado, de derivados de petróleo.
Base de suprimento	É o conjunto de instalações situadas numa mesma localidade ou em localidades próximas e destinadas ao armazenamento a granel, manuseio adequado e segurança dos estoques de petróleo e de derivados. As bases de suprimento compreendem as bases de provenimento e as bases de abastecimento.
BSW	Abreviatura em inglês de <i>botttom sediments and water</i> –água e sedimentos de fundo

Craqueamento catalítico fluido (FCC – <i>Fluid Catalytic Cracking</i> )	Processo de refino de hidrocarbonetos, que consiste em quebrar as moléculas maiores e mais complexas em moléculas mais simples e leves, com o objetivo de aumentar a proporção dos produtos mais leves e voláteis, utilizando catalisadoras para permitir, a igual temperatura, a transformação mais profunda e bem dirigida de frações que podem ser mais pesadas.
Derivados de Petróleo	Produtos decorrentes da transformação do petróleo
Destilação Atmosférica	Processo de Separação Física para desmembrar o petróleo em suas frações básicas atmosféricas
Destilado	Qualquer produto obtido pela condensação de vapores de petróleo, quando o mesmo é destilado sob pressão atmosférica ou sob pressão reduzida. No primeiro caso é chamado destilado atmosférico e, no segundo caso, destilado à vácuo.
Distribuição	Atividade de comercialização por atacado com a rede varejista ou com grandes consumidoras de combustíveis, lubrificantes, asfaltos e gás liquefeito envasado, exercida por empresas especializadas, na forma das leis e regulamentos aplicáveis. A atividade de distribuição compreende a aquisição, armazenamento, transporte, comercialização e o controle de qualidade dos combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos.
Distribuidora	Agente cuja atividade caracteriza-se pela aquisição de produtos a granel e sua revenda a granel (por atacado) para a rede varejista ou grandes

	consumidores (vide Distribuição).
<i>Downstream</i>	Atividades de refino do petróleo bruto, tratamento do gás natural, transporte e comercialização/distribuição de derivados.
Duto	Designação genérica de instalação constituída por tubos ligados entre si, destinada à movimentação de petróleo, seus derivados e gás natural. Movimenta produtos líquidos (oleoduto) e gasosos (gasoduto).
Gasolina	Produto refinado do petróleo, onde a faixa de destilação se situa normalmente entre 30° e 220°C e que, combinado ou não com certos aditivos, é utilizado como combustível em motores de ignição por centelha. Este termo também é aplicado à nafta.
GLP	Gás liquefeito de petróleo
Indústria do Petróleo	Conjunto de atividades econômicas relacionadas com a exploração, desenvolvimento, produção, refino, processamento, transporte, importação e exportação de petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos e seus derivados.
Margem de Refino	Na PETROBRAS a margem de refino é calculada deduzindo-se da receita média líquida de venda dos derivados (preço médio de realização das refinarias) os custos de matéria-prima e os custos operacionais (catalisadores, produtos-químicos, <i>overheads</i> , mão-de-obra, manutenção, seguros, taxas e capital de giro), não se considerando

	depreciação nem custos financeiros.
Nafta	Derivado de petróleo utilizado principalmente como matéria-prima da indústria petroquímica (“nafta petroquímica” ou “nafta não-energética”) na produção de eteno e propeno, além de outras frações líquidas, como benzeno, tolueno e xilenos. A nafta energética é utilizada para geração de gás de síntese através de um processo industrial (reformação com vapor d'água). Este gás é utilizado na produção do gás.
OLAPA	Oleoduto de claros que interliga a REPAR em Araucária ao Terminal de Paranaguá.
OPASC	Oleoduto de claros que interliga a REPAR em Araucária ao Terminal de Itajaí.
Parque	Conjunto de depósitos numa mesma área. Há parques de um ou mais tanques.
Petróleo	Todo e qualquer hidrocarboneto líquido em seu estado natural, a exemplo do óleo cru e condensado.
Produto claro	Termo convencional aplicado a produtos de petróleo líquido, incolores ou levemente coloridos, tais como aguarrás, gasolina e querosene.
Quota	Compromisso de compra e venda de determinada quantidade de derivados negociada entre a PETROBRAS e a distribuidora, para

	determinado período, em determinado pólo de suprimento.
REPAR	Refinaria Presidente Getúlio Vargas, localizada em Araucária / PR.
Tanque de armazenamento	Reservatório especialmente construído para acumulação de petróleo ou seus derivados.
Terminal	Conjunto de instalações utilizadas para o recebimento, expedição e armazenagem de produtos da indústria do petróleo. Pode ser classificado como marítimo, fluvial, lacustre ou terrestre.
Unidade de Processo	Diferentes locais na refinaria onde ocorrem os processos de refino, sendo compostas por um conjunto de equipamentos responsáveis por uma etapa do refino.
<i>Upstream</i>	Atividades de exploração e produção.

## **Apêndice B SIMBOLOGIA**

## Simbologia

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\alpha$	Nível de significância
$\sigma$	Desvio padrão
$\mu$	Média
Bpd	Unidade de medida de vazão barris por dia
DP	Desvio padrão
$H_1$	Hipótese verdadeira
$H_0$	Hipótese nula
n	Tamanho da amostra
NCC	Nafta craqueada
NDD	Nafta destilada
NPQ	Nafta petroquímica
ND	Não disponível

## **Apêndice C DADOS**

Tabela C.1  
Tempo de preparo da gasolina (h:min:s)

2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
66:04:00	10:03:12	16:45:36	31:34:24	34:17:36	36:27:12	22:53:36	12:58:24
65:43:12	31:41:36	23:24:48	17:59:12	22:15:12	11:32:00	22:24:48	28:55:12
37:58:24	26:32:48	26:50:24	28:29:36	30:42:24	15:21:36	22:44:00	12:48:48
66:20:00	32:19:12	22:23:12	13:13:36	18:56:48	24:26:24	21:40:48	26:36:48
46:36:48	27:24:48	34:02:24	26:00:48	26:19:12	16:56:00	25:33:36	38:26:24
24:00:00	12:12:48	34:59:12	33:12:00	29:00:00	41:12:00	25:25:36	26:46:24
17:36:48	26:48:48	27:57:36	31:05:36	61:00:48	46:28:48	19:59:12	37:31:12
35:44:00	27:58:24	22:52:48	34:44:00	23:08:48	35:04:00	31:39:12	15:42:24
26:32:00	27:03:12	39:12:00	28:34:24	28:44:48	11:38:24	32:11:12	37:12:48
35:51:12	26:40:48	29:04:00	18:13:36	48:51:12	29:23:12	42:36:00	18:23:12
33:49:36	50:46:24	66:32:48	40:40:00	19:23:12	38:00:48	26:27:12	18:40:48
74:48:00	14:11:12	51:49:36	39:09:36	27:18:24	44:25:36	19:35:12	140:23:12
29:45:36	9:51:12	30:39:12	39:10:24	51:08:00	42:27:12	44:47:12	20:13:36
28:24:00	8:11:12	35:52:00	46:03:12	52:00:00	12:42:24	15:40:48	27:06:24
30:20:00	15:32:00	48:40:48	33:58:24	33:43:12	30:30:24	35:03:12	26:56:48
31:19:12	15:33:36	30:01:36	15:34:24	35:45:36	28:32:48		23:32:48
27:04:48	35:40:00	25:59:12	13:17:36	35:33:36	45:43:12		40:52:00
27:32:48	30:22:24	62:33:36	19:23:12	31:17:36	22:04:00		17:06:24
37:05:36	31:39:12	88:35:12	33:30:24	30:28:00	61:32:48		37:18:24
48:28:00	40:14:24	28:17:36	29:08:48	27:46:24	38:10:24		23:28:48
30:48:48	23:08:00	102:49:36	45:41:36	21:26:24	12:48:00		35:49:36
37:29:36	43:44:00	30:13:36	59:42:24	15:37:36	28:23:12		28:43:12
21:06:24	25:49:36	38:01:36	19:14:24	21:12:48	35:52:48		16:46:24
20:32:00	21:30:24	63:03:12	14:13:36	23:52:48	33:27:12		31:49:36
17:30:24	36:03:12	44:30:24	14:08:00	38:32:00	13:18:24		36:32:48
14:29:36	11:52:00	42:58:24	11:05:36	22:21:36	12:24:48		16:00:00
24:04:48	21:02:24	9:29:36	23:59:12	17:35:12	30:34:24		8:32:00
22:51:12	27:50:24	20:04:48	9:09:36	35:34:24	44:22:24		21:15:12
31:20:48	47:53:36	33:20:48	18:22:24	29:28:00	6:43:12		34:44:48
21:16:00	42:44:00	31:55:12	17:10:24	20:22:24	17:21:36		18:00:48
23:17:36	48:52:48	44:32:00	22:34:24	21:34:24	13:04:48		31:11:26
124:40:00	33:40:48	38:50:24	36:28:00	18:00:48	93:07:12		

Tabela C.2  
*Mercado semanal de gasolina (m<sup>3</sup>)*

SEMANA	MLOCAL		OPASC		TOTAL	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
1	7323	10398	336	4141	7659	14539
2	10909	11423	1711	2854	12620	14277
3	12719	10779	3907	3909	16626	14687
4	7114	11915	3672	2116	10785	14030
5	10855	8868	2278	4158	13133	13026
6	12874	10704	3714	4017	16587	14721
7	12617	11699	1864	2024	14480	13722
8	13631	11541	8065	5464	21696	17005
9	14644	10956	2903	3418	17547	14374
10	7107	9330	3615	3327	10722	12657
11	8469	10087	1267	2108	9736	12194
12	15609	3066	3050	2286	18658	5351
13	12626	17214	2300	5912	14925	23125
14	16976	6289	4673	967	21648	7255
15	9053	10895	2573	3292	11626	14187
16	16868	7480	790	3176	17658	10655
17	11297	5949	2537	3522	13834	9470
18	10321	9827	3138	3283	13459	13110
19	13152	10781	2669	5505	15821	16286
20	12051	9631	759	782	12810	10413
21	10650	9287	1376	1534	12025	10821
22	7005	10302	3902	4710	10907	15012
23	12640	14284	4052	3937	16692	18221
24	11349	11216	3861	1530	15210	12745
25	13063	10625	2441	5540	15503	16165
26	11055	11781	1987	1815	13042	13595
27	11494	12320	4551	3180	16045	15499
28	11131	13215	4009	2772	15140	15987
29	11842	11302	792	4019	12634	15321
30	11308	10317	3771	5938	15079	16255
31	12075	12237	2965	4068	15040	16305
32	11408	12739	5192	0	16599	12739
33	12454	11508	999	4885	13453	16393
34	12028	9534	1683	1816	13711	11350
35	12193	12435	3787	2209	15980	14644
36	6694	13581	2148	1386	8842	14967
37	16100	9505	6273	3526	22372	13030
38	11702	11960	77	2327	11779	14287
39	9882	15823	2284	814	12166	16637

40	7861	11061	754	4383	8614	15444
41	9962	13323	3902	2108	13864	15431
42	11961	13348	4718	5569	16679	18917
43	13791	9317	2503	1685	16294	11002
44	12914	15447	2565	1767	15479	17213
45	8370	12458	3440	1492	11810	13950
46	15085	11767	2038	3637	17123	15404
47	12369	7495	4361	1141	16729	8636
48	11620	11275	3049	2354	14668	13629
49	9690	7380	1844	2464	11533	9844
50	12181	11579	1333	4567	13514	16146
51	7280	9102	1648	3363	8928	12465
52	14925	17675	5985	5464	20910	23139

Tabela C.3  
*Mercado de nafta petroquímica (m<sup>3</sup>)*

<b>MÊS</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
1	29146	35113
2	24351	45754
3	15638	48321
4	12638	55549
5	33923	41949
6	39961	46918
7	28599	34816
8	34860	35569
9	44148	15312
10	25851	43969
11	30227	24449
12	35113	3725

Tabela C.4  
*Estoque diário de produtos (m<sup>3</sup>)*

DATA	GASOLINA		NAFTA CRAQUEADA		NAFTA DESTILADA	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
1/1	27910	14593	5826	8405	12275	11553
2/1	27130	24996	7484	3812	13326	12747
3/1	26403	19887	9132	4359	14126	8498
4/1	17076	22104	10767	5222	14079	9435
5/1	21208	21657	8832	7334	13924	11390
6/1	23980	26653	9200	5696	11904	11101
7/1	21720	24825	9931	3409	11591	13149
8/1	20118	17221	9326	5646	12144	15200
9/1	24165	10094	8017	8056	10489	12388
10/1	24624	2692	8529	9470	11551	12131
11/1	22102	16688	9863	4553	8922	14385
12/1	25452	28163	8032	1436	8696	10737
13/1	27055	28669	6412	2783	9028	8213
14/1	25766	19879	6922	5255	9628	10538
15/1	21167	15257	8622	5975	8816	12738
16/1	22997	20506	7407	1404	8472	11903
17/1	28407	14319	4632	3914	6291	9118
18/1	25392	21904	5398	2115	6965	7106
19/1	24863	27231	7108	1074	7119	9363
20/1	23091	27174	8731	3515	8007	11601
21/1	27495	26458	5606	2282	7902	11678
22/1	26632	23607	3881	2082	7131	8268
23/1	26300	21492	5542	4518	6207	9905
24/1	25645	11665	7195	6986	6767	11836
25/1	21700	11432	8886	9155	7170	13055
26/1	21401	25939	9310	3157	7171	14554
27/1	24927	24105	6428	5572	7722	16293
28/1	26729	20749	5820	5279	8589	15117
29/1	22215	27201	7292	3358	8511	11134
30/1	22170	17610	7997	5731	8538	13054
31/1	28244	13170	4337	8113	8706	18287
1/2	29951	17476	11890	3674	12446	20920
2/2	28839	16485	12177	6628	13486	17093
3/2	27702	18581	14097	1887	11394	11409
4/2	35231	19737	7662	5122	10103	6477
5/2	31909	17954	5270	8771	10439	4348
6/2	31614	20180	8795	5268	9500	6121
7/2	29704	19620	12165	1355	10218	5426
8/2	23467	17097	15742	4695	10180	6940
9/2	19838	22635	19096	6750	10578	8802

10/2	23615	20055	14953	10190	11395	10449
11/2	25928	26487	8059	5934	9465	6275
12/2	29336	25560	5821	4292	9492	7710
13/2	32682	28381	5411	259	10210	7321
14/2	32820	23597	6852	1762	9465	9902
15/2	26912	23697	8481	4132	8636	11569
16/2	24832	23697	11763	7456	9813	9078
17/2	34016	31243	1847	220	9845	12060
18/2	31850	28039	4056	1285	10660	13004
19/2	24392	24773	7290	4647	9928	19198
20/2	23955	23994	7239	8038	9226	21735
21/2	29363	18873	3400	11182	8367	21583
22/2	22848	21517	6389	5058	7363	17027
23/2	22878	18715	6389	5012	8535	18242
24/2	26277	22326	431	8343	10171	21323
25/2	25318	25287	3906	10469	11574	22381
26/2	18957	24428	7504	7166	12787	22250
27/2	18421	24982	11039	6896	14273	15998
28/2	21427	22522	4736	3175	12217	11835
1/3	15963	13442	5239	3938	15527	9144
2/3	13950	16537	8152	3872	15572	9569
3/3	21466	20433	1953	1960	11205	10894
4/3	23127	23028	5564	4059	11824	12248
5/3	28073	18461	1955	5447	12512	13613
6/3	27731	19287	4922	4380	14461	15209
7/3	26412	16195	821	5364	15240	15890
8/3	22772	20726	3606	3667	16408	15229
9/3	20396	21229	6737	5683	11357	13165
10/3	20477	25745	9717	2168	12245	12370
11/3	16970	23559	10561	1204	14178	9151
12/3	22003	20905	9196	3234	8401	10034
13/3	23588	21279	7873	5230	5616	11969
14/3	23136	17517	11475	6477	3044	13766
15/3	22594	22545	1665	3988	5258	14317
16/3	21120	21558	4263	5998	7335	16091
17/3	21800	19979	8002	5911	1290	16273
18/3	14941	16644	11523	7399	3505	13013
19/3	21376	18637	7589	6410	2740	9625
20/3	23791	20839	11299	5562	5186	11114
21/3	21661	15793	5007	6746	6702	12781
22/3	24005	16508	6675	6970	7953	10808
23/3	27778	18801	10222	6746	8667	12987
24/3	32424	20109	10884	6693	8199	13827
25/3	34678	22139	9711	5977	6748	10408
26/3	33622	22952	11269	4697	8783	8891

27/3	34647	25820	7019	2823	7297	6095
28/3	27364	19729	10513	4728	8401	7381
29/3	27999	23193	9780	4554	9595	8857
30/3	28517	27153	9780	823	12453	10480
31/3	29704	17198	9490	6958	14060	11277
1/4	29851	16421	2514	9455	8603	13112
2/4	27817	15511	1323	9669	10453	10766
3/4	27591	19614	2952	5246	12639	8933
4/4	21790	17732	4576	2628	10794	9473
5/4	16282	17493	6246	2628	12821	11126
6/4	15761	21035	7882	4359	11589	12865
7/4	17949	22001	8485	7153	9643	11974
8/4	23051	18393	6938	9910	9577	14233
9/4	22952	17192	8461	10016	7000	16441
10/4	19269	23566	9961	3866	4552	15836
11/4	24626	24497	6500	5557	7382	12153
12/4	24301	28465	7672	2362	2001	8619
13/4	23041	23408	9263	5281	4656	10381
14/4	27750	20735	7732	8274	7261	11878
15/4	25337	16652	8229	4972	4524	13445
16/4	25765	22560	9765	30	3203	15436
17/4	29802	22106	7613	1690	6182	15662
18/4	31531	22344	7791	4563	7309	15088
19/4	24423	24594	9230	0	8489	13580
20/4	24133	25355	9230	855	10209	11477
21/4	23632	22109	10018	3754	14980	13193
22/4	28516	23841	7082	0	8838	12092
23/4	25906	22390	8618	2687	10750	9970
24/4	25943	22330	9945	5584	5606	7202
25/4	27828	16632	8041	6651	6917	8593
26/4	26705	21325	9606	2859	12032	10362
27/4	25210	21575	10017	5519	17898	12293
28/4	28351	19689	7855	8377	19067	14330
29/4	30380	20282	9210	10892	18576	13203
30/4	28588	18094	9706	4830	18216	12759
1/5	27988	19280	7312	5072	8491	11547
2/5	30446	25709	8805	12963	7300	8679
3/5	28502	28148	10140	7903	8605	6919
4/5	28029	26106	10140	11640	5720	8458
5/5	25405	23702	10482	16020	4478	10301
6/5	29998	24207	8202	15100	2265	12145
7/5	27548	25733	9694	7739	3449	13883
8/5	27202	24904	10295	8711	4748	12599
9/5	30065	23725	7827	7684	5871	9450
10/5	25777	26660	9302	4314	7154	6458

11/5	25472	25968	9745	6248	8440	4681
12/5	27469	26983	8994	7582	9968	6233
13/5	29231	22424	9234	7578	10444	7694
14/5	27418	22686	8672	2790	12044	9186
15/5	28411	19591	7798	3147	13423	10429
16/5	28243	15277	7788	3147	13203	11515
17/5	26802	17597	6751	3147	10866	12497
18/5	27061	20925	5992	3147	8183	13678
19/5	24992	20415	4940	3147	7587	14767
20/5	22903	19379	4902	3147	9563	15872
21/5	19219	18755	5767	3147	11464	16766
22/5	20044	17937	6913	3147	12377	16243
23/5	19907	16297	5595	3147	14330	16810
24/5	21837	15278	5175	0	11353	15243
25/5	20660	17189	6523	0	13579	16295
26/5	18485	16722	5784	0	15379	17389
27/5	17294	14872	7126	0	15512	16878
28/5	14571	15287	7983	0	11119	16344
29/5	16892	12720	5166	0	8140	11059
30/5	17100	9768	4740	0	7539	7941
31/5	19110	13695	4676	0	9174	8516
1/6	34591	20245	10785	0	8304	10126
2/6	37301	22705	7422	2671	9593	11074
3/6	42076	22694	5621	4459	8184	12659
4/6	36764	22054	8261	5689	7196	14315
5/6	34977	22838	11378	1189	7305	15832
6/6	34110	21202	3924	3204	8381	18550
7/6	33063	17917	10561	5258	9316	18194
8/6	33789	20783	6713	6904	10305	19272
9/6	32641	21630	10053	5383	11264	21148
10/6	31630	26043	10747	3562	12400	21879
11/6	25703	22433	0	5535	13278	21458
12/6	25240	24820	2732	5213	12296	17660
13/6	24488	25523	6082	1593	11996	14470
14/6	20198	22229	5819	3471	11378	12939
15/6	22117	19227	6305	5496	12553	11410
16/6	22798	19138	0	7520	13728	7811
17/6	25792	20250	3440	3776	13393	7909
18/6	21203	22404	7285	3260	14596	9762
19/6	17073	23973	10468	5285	11817	10608
20/6	23378	18748	5190	7312	8845	9465
21/6	20335	27339	4573	1973	8955	7369
22/6	19433	26278	4954	2511	7491	8906
23/6	18106	23832	12862	4527	7357	5313
24/6	14221	18507	10158	6514	8702	3109

25/6	12672	15730	5819	8538	10477	5176
26/6	13613	9232	7764	10543	9333	8151
27/6	21616	10880	11093	9900	7647	8661
28/6	18551	16475	11454	7145	5756	10308
29/6	17327	22388	15036	4631	5925	11853
30/6	19275	20424	15964	6604	3998	11088
1/7	16080	13381	8114	7331	6392	6314
2/7	12069	9587	10510	8356	7807	6260
3/7	15641	17078	5872	5399	9703	7332
4/7	17009	16510	5872	4483	10522	8045
5/7	13157	22016	3825	3461	10680	8547
6/7	18474	26635	7656	3331	10431	9234
7/7	20968	29685	10195	1782	11786	10545
8/7	19773	24201	11983	3426	13029	9647
9/7	17554	20781	10480	5079	14004	10329
10/7	26082	18962	3828	6689	13986	11625
11/7	30948	13011	7299	8371	13013	12824
12/7	29025	21782	8808	4754	10085	12664
13/7	29704	23078	5397	3879	7643	13049
14/7	31341	20878	6488	5580	9997	13971
15/7	29786	19979	7753	6101	11329	13159
16/7	23372	26683	5514	1967	12545	15002
17/7	25287	21937	7447	3634	13814	15197
18/7	30229	26933	6143	2027	14385	15400
19/7	26924	27060	8928	3716	14092	12966
20/7	28710	29902	7202	1884	13098	14105
21/7	33939	28613	6389	3543	13392	12771
22/7	36323	20950	1672	3453	9428	12636
23/7	29804	19993	4245	3453	6756	13169
24/7	27398	20704	5203	3523	3866	14332
25/7	22338	16870	6675	4084	3506	11826
26/7	23308	19449	7263	2103	4592	12911
27/7	23102	22361	8804	2110	5718	13910
28/7	24485	15859	9559	8057	3993	14420
29/7	28713	9107	11254	10037	4163	13172
30/7	22005	12370	11042	8343	4726	10561
31/7	20533	11589	11042	9711	3286	10555
1/8	23821	17318	9941	6183	4510	16329
2/8	19119	19137	11003	6712	6019	11705
3/8	19999	20460	10757	4662	7369	13992
4/8	24732	27387	6412	4445	8724	15088
5/8	25850	25323	8203	3331	10097	16552
6/8	20404	23894	8972	4799	10653	18334
7/8	21025	22482	9871	6284	12034	19927
8/8	27771	17391	5799	5952	13267	19244

9/8	24601	25012	7583	2525	14417	18202
10/8	22391	22558	9374	3322	14739	16110
11/8	26407	17680	7156	4869	12382	18197
12/8	20022	15960	7375	5998	13294	19164
13/8	15547	7908	9221	6136	12256	20700
14/8	20750	10412	4470	8450	13108	21755
15/8	20271	23299	4581	4982	10374	14824
16/8	16105	22356	4952	4073	6579	12226
17/8	17157	20868	8597	5608	4739	6557
18/8	23975	19848	5206	6535	6288	2234
19/8	23835	14410	7511	5283	7552	3875
20/8	18629	26120	9177	3582	7821	1869
21/8	16246	23295	10348	5889	8880	2805
22/8	32051	23976	5578	2364	9143	7754
23/8	28663	26622	8155	1931	10417	9395
24/8	27958	26594	8994	3412	11755	6593
25/8	29504	21727	7739	4902	11469	5619
26/8	30989	18248	4788	2293	9592	7485
27/8	31523	22259	7757	2602	7139	6115
28/8	34540	23110	7934	3631	5584	5073
29/8	32408	15281	7977	5032	5724	6932
30/8	28758	12970	3746	6356	7207	9864
31/8	29031	14034	3284	7523	8637	11956
1/9	30304	15143	7459	5812	8386	8661
2/9	32750	15967	7081	6940	8154	6953
3/9	32021	15976	7081	6677	9240	8406
4/9	27226	20571	8104	4309	10347	6704
5/9	27461	16216	8988	5504	11415	6653
6/9	23192	18400	10069	6272	12750	7888
7/9	31147	18400	5314	7461	11162	8936
8/9	29351	17487	7438	8668	8067	8067
9/9	24654	20039	9523	4690	7923	7428
10/9	18914	29208	11410	2672	6100	5840
11/9	18115	26513	12440	2098	7788	7361
12/9	20373	22234	6158	3613	9284	8958
13/9	21158	20332	4841	5075	10514	11887
14/9	17117	18357	7738	5759	11233	14126
15/9	26715	15737	9749	7242	11598	15976
16/9	26426	9213	10965	7813	12961	17979
17/9	22318	18716	7835	4485	14247	20352
18/9	25726	22620	4151	4635	14958	19238
19/9	25825	26462	8233	1650	14421	18512
20/9	21926	31417	11431	921	14230	16795
21/9	23994	30639	12043	2286	14680	15540
22/9	29033	28480	8755	3702	12259	15187

23/9	36025	23167	8555	5120	9669	12860
24/9	30176	22866	7827	6531	8131	13952
25/9	24112	28763	4400	3051	7696	13394
26/9	22276	25451	3620	2402	5311	12223
27/9	16369	23853	7229	3740	4244	14544
28/9	22077	19315	6921	5295	3668	16046
29/9	23556	16793	4776	6837	3925	13323
30/9	23745	9608	2327	8404	7406	12688
1/10	31498	17088	3903	6462	11476	12410
2/10	35458	21312	7477	971	10868	13975
3/10	38739	16358	12439	2879	12790	14192
4/10	26570	20557	10904	1550	14473	13498
5/10	28908	22126	4429	1806	15990	13107
6/10	31266	21540	7399	3946	16549	12025
7/10	28313	20819	12390	4173	17718	11631
8/10	33499	23306	12232	4760	13302	9484
9/10	29904	20775	11649	5039	12276	12143
10/10	31781	22659	8309	5724	12271	14094
11/10	30499	25560	3486	1125	13412	16077
12/10	25639	27832	8372	3256	10254	15611
13/10	32095	27416	5216	5382	5776	17351
14/10	33131	28518	9960	2019	5616	18850
15/10	20693	29141	12164	959	6748	15337
16/10	24292	23538	11113	3085	7851	15252
17/10	23030	18402	8144	5207	8996	12233
18/10	12246	18931	8144	6310	10472	13257
19/10	10003	24573	8131	2877	9137	15813
20/10	20837	25736	5934	1741	9154	16093
21/10	18725	18710	6881	3937	8038	13636
22/10	19893	17898	6392	6150	6490	14060
23/10	22131	15507	6392	8053	7717	10275
24/10	27072	9341	2481	9918	8659	6441
25/10	19205	11464	2711	9555	4496	4416
26/10	17754	19366	5206	6313	5114	5007
27/10	24933	16382	7423	8380	5431	5984
28/10	23526	11866	5307	10159	3658	6675
29/10	13947	17684	7610	9624	4555	7122
30/10	7442	18284	8727	3447	6141	6369
31/10	11050	15253	1537	4859	6340	4059
1/11	15819	17179	9200	4861	8501	7905
2/11	17464	12400	16279	3333	7220	8580
3/11	29719	26220	10955	2096	9311	11443
4/11	33443	13487	7290	5271	11227	13645
5/11	39937	12327	5080	8972	11439	8534
6/11	42052	15305	11507	12389	11855	7630

7/11	32043	20400	7591	2219	9375	8156
8/11	17956	17450	13485	5803	11458	11320
9/11	27926	23545	5861	4605	10337	12768
10/11	33804	29912	9303	2591	8859	12686
11/11	30784	25912	6208	338	9729	15800
12/11	18852	25819	10016	4241	11407	16595
13/11	30090	23585	3889	7035	9456	13408
14/11	22113	22102	3022	2934	8802	17286
15/11	22763	27268	1304	2840	8774	11680
16/11	21842	25216	7870	5147	6802	11215
17/11	32372	23727	7639	9090	6061	11477
18/11	31734	27109	8180	1661	7556	11308
19/11	22497	30896	4383	170	9482	14728
20/11	29645	29383	7039	4113	10161	18326
21/11	30490	25658	7882	8027	6816	15577
22/11	10235	28122	929	4085	6199	18139
23/11	18556	28032	7630	2002	5030	14943
24/11	25852	27323	6261	1670	7175	12581
25/11	23835	14686	7111	6453	9801	13151
26/11	21132	6340	8176	10438	10595	13185
27/11	22782	11676	8347	6060	12634	6932
28/11	19913	17536	10925	3153	14954	6981
29/11	11124	11231	10925	7079	16793	9011
30/11	17306	8093	8176	10989	13958	11486
1/12	32382	18191	8279	2424	11516	13196
2/12	31995	15080	8279	4629	7881	10816
3/12	21657	16161	8279	7855	11110	11781
4/12	20233	23650	8279	2197	8384	12269
5/12	33671	16245	4241	5452	7925	14820
6/12	24475	23106	3525	3473	9543	12664
7/12	20692	23519	739	1152	7951	14290
8/12	40558	19987	739	4392	5399	14292
9/12	37934	13101	739	7623	6880	17563
10/12	14499	19661	739	2469	7875	19586
11/12	21686	19065	1263	4249	8762	15274
12/12	20799	15633	4465	5756	10023	16499
13/12	15849	22686	9534	798	10101	7443
14/12	20495	22450	12717	4048	11070	8620
15/12	21363	20947	21264	7346	8785	8929
16/12	19483	17362	10186	7722	9360	10505
17/12	19656	20561	6754	4421	10899	13431
18/12	16988	23541	7714	7475	6843	7777
19/12	21976	15768	12726	9659	4676	10105
20/12	10912	19238	13440	2050	7493	12360
21/12	18897	23862	14992	4102	5633	7332

22/12	33980	22947	5432	7264	6914	9654
23/12	37418	20546	10633	1295	6928	12464
24/12	26369	19990	7610	4504	6637	15789
25/12	28089	22546	12810	6978	9483	9581
26/12	33569	18327	9532	6670	12888	12592
27/12	14822	22776	14724	3482	16369	15269
28/12	17457	26676	12830	6541	13562	5965
29/12	31113	19259	0	6061	10866	9094
30/12	30661	22352	0	3284	14702	10353
31/12	14405	22708	0	4293	15308	6162

**Apêndice D REFINARIAS DA PETROBRAS**

**Tabela D***Refinarias da Petrobrás*

<b>REFINARIA</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>CAPACIDADE (Mbpd)</b>
REPLAN	Paulínia – SP	365
RLAM (Landulpho Alves)	Mataripe- BA	334
REDUC (Duque de Caxias)	Duque de Caxias - RJ	242
REVAP (Henrique Lage)	São José dos Campos - SP	251
REFAP (Alberto Pasqualini )	Porto Alegre - RS	189
REPAR (Pres. Getúlio Vargas)	Araucária - PR	189
RPBC (Pres. Bernardes)	Cubatão- SP	170
REGAP (Gabriel Passos)	Betim - MG	151
REMAN (Isaac Sabbá)	Manaus – AM	46
RECAP	Capuava – SP	53
LUBNOR	Fortaleza - CE	6