

**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM DE UM SISTEMA DE APOIO À  
DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES  
LOGÍSTICAS DE PRODUTOS ESPECIAIS**

**Dilson Augusto Lopes Duarte**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, com concentração na área de Logística Empresarial.

Florianópolis  
2002

**Dilson Augusto Lopes Duarte**

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM DE UM SISTEMA DE APOIO À  
DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES  
LOGÍSTICAS DE PRODUTOS ESPECIAIS**

Esta dissertação foi julgada adequada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da **Universidade Federal de Santa Catarina**

**Florianópolis, 22 de Novembro de 2002**

---

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

Coordenador do Curso

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Rui Carlos Botter, Dr.

Orientador

---

Profª. Miriam Buss Gonçalves, Dr.

---

Prof. João Carlos Souza, Dr.

## Dedicatória

Aos meus pais pela minha formação.

À minha esposa Sybelle Andrea pelo apoio.

Às minhas filhas Daniela e Natália.

## **Agradecimentos**

Aos professores da Universidade Federal de Santa Catarina pelo incentivo, e em especial ao professor Carlos Taboada e a Professora Eunice Passaglia.

Ao professor Rui Carlos Botter pelo apoio e as orientações.

Aos meus colegas: Marta, Sandoval, Ronaldo, Ângelo, Pinna, César, Ricardo, Alvarenga, Fernando, Milton, Paulo Maurício, Cláudio, Paulo Arthur, e tantos outros que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À PETROBRAS pela oportunidade.

## Sumário

<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>p.viii</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>p.x</b>
<b>Lista de Siglas e Termos Específicos</b> .....	<b>p.xi</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>p.xiii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>p.xiv</b>
<b>CAPÍTULO 1 – DEFINIÇÃO DO TRABALHO</b> .....	<b>p.1</b>
<b>1.1 Introdução</b> .....	<b>p.1</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>p.3</b>
<b>1.3 Justificativa do Trabalho</b> .....	<b>p.4</b>
<b>1.4 Metodologia</b> .....	<b>p.5</b>
<b>1.5 Limitações</b> .....	<b>p.5</b>
<b>1.6 Estrutura da Dissertação</b> .....	<b>p.6</b>
<b>CAPÍTULO 2 – DESCRIÇÃO DO SISTEMA</b> .....	<b>p.7</b>
<b>2.1 O Segmento de Produtos Especiais na PETROBRAS</b> .....	<b>p.7</b>
<b>2.2 Solventes Derivados de Petróleo</b> .....	<b>p.12</b>
<b>2.2.1 Evolução e tendências do mercado de solventes</b> .....	<b>p.14</b>
<b>2.2.2 Produção de solventes</b> .....	<b>p.16</b>
<b>2.2.3 Distribuição física de solventes</b> .....	<b>p.19</b>
<b>2.3 O Planejamento Operacional de Produtos Especiais</b> .....	<b>p.20</b>
<b>2.4 Conclusões do Capítulo</b> .....	<b>p.23</b>
<b>CAPÍTULO 3 – LOGÍSTICA EMPRESARIAL</b> .....	<b>p.25</b>
<b>3.1 Logística Integrada</b> .....	<b>p.25</b>
<b>3.2 Nível de Serviço e Custos Logísticos</b> .....	<b>p.28</b>
<b>3.3 Sistemas de Informações Logísticas</b> .....	<b>p.30</b>
<b>3.4 Conclusões do capítulo</b> .....	<b>p.35</b>

<b>CAPÍTULO 4 – MODELAGEM DE SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO .....</b>	<b>p.37</b>
<b>4.1 Tomada de Decisão e Solução de Problemas .....</b>	<b>p.37</b>
<b>4.2 Abordagem de Otimização, Satisfação e Heurística .....</b>	<b>p.40</b>
<b>4.2.1 Otimização .....</b>	<b>p.40</b>
<b>4.2.2 Satisfação .....</b>	<b>p.43</b>
<b>4.2.3 Heurística .....</b>	<b>p.43</b>
<b>4.3 Sistemas de Apoio à Decisão .....</b>	<b>p.43</b>
<b>4.3.1 Características dos sistemas de apoio à decisão .....</b>	<b>p.44</b>
<b>4.3.2 Componentes de um sistema de apoio à decisão .....</b>	<b>p.45</b>
<b>4.4 Modelagem em Planilhas Eletrônicas .....</b>	<b>p.48</b>
<b>4.5 Conclusões do Capítulo .....</b>	<b>p.50</b>
<b>CAPÍTULO 5 – DESCRIÇÃO DA MODELAGEM E APLICAÇÃO PRÁTICA .....</b>	<b>p.52</b>
<b>5.1 Descrição da Modelagem .....</b>	<b>p.52</b>
<b>5.2 Implantação do Sistema .....</b>	<b>p.55</b>
<b>5.2.1 Banco de dados SADED .....</b>	<b>p.57</b>
<b>5.2.2 Banco de modelos .....</b>	<b>p.59</b>
<b>5.2.3 Banco de dados SADEE .....</b>	<b>p.59</b>
<b>5.3 Formulação Conceitual do Modelo .....</b>	<b>p.64</b>
<b>5.3.1 Descrição do modelo .....</b>	<b>p.65</b>
<b>5.3.2 Equacionamento do modelo .....</b>	<b>p.68</b>
<b>5.4 Preparação dos Dados .....</b>	<b>p.71</b>
<b>5.4.1 Tabelas da tela do gerenciador de corridas .....</b>	<b>p.72</b>
<b>5.4.2 Tabelas do módulo de tabelas básicas .....</b>	<b>p.75</b>
<b>5.5 Equacionamento do Solver .....</b>	<b>p.82</b>
<b>5.6 Apresentação dos Resultados Otimizados .....</b>	<b>p.85</b>
<b>5.7 Análise os Resultados .....</b>	<b>p.89</b>
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>p.97</b>
<b>6.1 Conclusões .....</b>	<b>p.97</b>
<b>6.2 Recomendações .....</b>	<b>p.99</b>

**BIBLIOGRAFIA ..... p.100**

## Lista de Figuras

Figura 1: Organograma da PETROBRAS .....	p.8
Figura 2: Organograma da Logística e Planejamento do Abastecimento .....	p.9
Figura 3: Processo de produção de solventes alifáticos .....	p.17
Figura 4: Processo de produção de solventes aromáticos .....	p.18
Figura 5: Ciclo do planejamento de produtos especiais .....	p.20
Figura 6: Conceituação da Logística Integrada .....	p.26
Figura 7: Atuação da Logística Integrada de produtos especiais .....	p.27
Figura 8: Modelo conceitual de Logística Integrada .....	p.29
Figura 9: Funcionalidades de um sistema de informações logísticas .....	p.32
Figura 10: Modelo de Simon .....	p.38
Figura 11: Componentes de um sistema de apoio à decisão .....	p.46
Figura 12: Modelagem do SADE .....	p.52
Figura 13: Subsistemas do Sistema de Apoio à Decisão SADE .....	p.57
Figura 14: Lista de tabelas do Banco de Dados SADED .....	p.58
Figura 15: Relacionamento entre tabelas do Banco de Dados SADED .....	p.58
Figura 16: Módulo de tabelas básicas .....	p.60
Figura 17: Tela do gerenciador de corridas .....	p.61
Figura 18: Menu Principal .....	p.63
Figura 19: Fluxograma da corrida .....	p.64
Figura 20: Fluxograma de produção de solventes da RPBC .....	p.65
Figura 21: Planilha “dados” .....	p.81
Figura 22: Tela parâmetros do Solver .....	p.82
Figura 23: Equacionamento no Solver .....	p.84
Figura 24: Tela Opções do Solver .....	p.85
Figura 25: Tela Resultado do Solver .....	p.86
Figura 26: Planilha “balanço” .....	p.87
Figura 27: Sumário Gerencial .....	p.88
Figura 28: Relatório de respostas .....	p.89
Figura 29: Relatório de limites .....	p.91
Figura 30: Gerenciador de cenários .....	p.92

Figura 31: Adicionar cenário .....	p.93
Figura 32: Valores do cenário .....	p.94
Figura 33: Cenário I .....	p.95
Figura 34: Resumo do cenário .....	p.96

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Dias de operação das unidades .....	p.72
Tabela 2: Matéria-prima .....	p.72
Tabela 3: Oferta Mercado Externo .....	p.73
Tabela 4: Custos de Transportes .....	p.73
Tabela 5: Custos .....	p.74
Tabela 6: Preços Mercado Interno .....	p.74
Tabela 7: Encargos de Terceiros .....	p.75
Tabela 8: Rendimentos do Prefa (UPF-C) .....	p.76
Tabela 9: Rendimentos da Reforma Catalítica (URC) .....	p.76
Tabela 10: Rendimentos da Recuperação de Aromáticos (URA) .....	p.77
Tabela 11: Rendimentos da Unidade de Solventes (UPN-26) .....	p.77
Tabela 12: Rendimentos da Fracionadora de Extrato Aromático (UFE) .....	p.78
Tabela 13: Limitações de cargas .....	p.78
Tabela 14: Fator operacional .....	p.79
Tabela 15: Mercado interno .....	p.79
Tabela 16: Composição da GAV .....	p.80

## Lista de Siglas e Termos Específicos

**ANP** Agência Nacional de Petróleo.

**DOWNSTREAM** Atividade de transporte, comercialização e refino da indústria de petróleo.

**CIF (Cost, Insurance and Freight)** Modalidade de comercialização. Significa que o vendedor deve pagar os custos e o frete necessário para levar as mercadorias até o porto de destino designado, além de ter de providenciar o seguro marítimo contra o risco do comprador por perda ou dano das mercadorias durante o transporte (INCOTERMS,1990).

**CPT (Carriage Paid To ...)** Modalidade de comercialização. Significa que o vendedor paga o frete pelo transporte das mercadorias até o destino designado. O risco por perda ou dano às mercadorias, bem como quaisquer despesas adicionais devidas a eventos que ocorram após terem sido as mercadorias entregues ao transportador, transferem-se do vendedor para o comprador quando as mercadorias são entregues à custódia do transportador (INCOTERMS, 1990).

**E&P** Atividade da indústria de petróleo responsável pela exploração e produção de petróleo.

**FCA (Free Carrier)** Modalidade de comercialização. Significa que o vendedor cumpre sua obrigação de entrega quando tenha encaminhado as mercadorias, desembaraçadas para exportação, à custódia do transportador nomeado pelo comprador, no local ou ponto determinado. Este termo pode ser utilizado em qualquer modalidade de transporte, inclusive o multimodal (INCOTERMS, 1990).

**FOB (Free on Board)** Modalidade de comercialização. Significa que o vendedor cumpre sua obrigação de entrega quando as mercadorias tenham cruzado a amurada do navio (“ship’s rail”), no porto e embarque designado. Isto significa que o comprador terá de assumir todos os custos e riscos de perda ou dano às mercadorias a partir daquele ponto. A condição FOB determina que o vendedor desembarce as mercadorias para exportação. Este termo só pode ser usado para o transporte marítimo e de cabotagem (INCOTERMS, 1990).

**PFE** Ponto Final de Ebulição.

**PIE** Ponto Inicial de Ebulição.

**PLANAB** Modelo corporativo de programação linear que fornece as diretrizes básicas de operação da área do Abastecimento da PETROBRAS.

**SAD** Sistema de Apoio à Decisão.

**SIG** Sistema de Informações Gerenciais.

**TI** Tecnologia de Informação.

**TQM (Total Quality Management)** Gerenciamento da Qualidade Total.

**UPSTREAM** Atividade de exploração e produção de petróleo.

**UFE** Unidade de Fracionamento de Extrato Aromático

**UPF-C** Unidade de Pré-fracionamento de Nafta

**URA** Unidade de Recuperação de Aromáticos.

**URC** Unidade de Reforma Catalítica.

**VOC (Volatile Organic Compounds)** Compostos Orgânicos Voláteis

## Resumo

DUARTE, Dilson Augusto Lopes. **Aplicação da Modelagem de um Sistema de Apoio à Decisão para o Planejamento das Operações Logísticas de Produtos Especiais.** Florianópolis, 2002. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

O planejamento das operações logísticas representa um papel fundamental no processo decisório de uma empresa. O planejamento inclui a aquisição de dados provenientes de diversos sistemas de informações, bem como “softwares” para processá-los. Em face disto, tem ocorrido uma grande procura por ferramentas que permitam a consulta e a análise de dados, bem como facilitem o processo decisório e o controle das operações dentro das organizações. Estas ferramentas são conhecidas na literatura como sistemas de apoio à decisão. Para o planejamento operacional dos produtos especiais derivados de petróleo – lubrificantes, solventes, parafinas, petroquímicos e asfaltos -, devido às características muito específicas quanto à diversidade de produtos, tecnologias de produção, logística e comercialização, são utilizados diversos modelos. Estes, normalmente desenvolvidos em planilhas eletrônicas, se constituem em poderosas e ágeis ferramentas de trabalho. Entretanto, também trouxeram alguns inconvenientes, tais como a proliferação de planilhas eletrônicas cada vez mais sofisticadas, dados replicados em diferentes tipos de planilhas sem atualizações simultâneas, falta de documentação e de padronização dos relatórios. Neste contexto, o presente trabalho se insere, abordando a aplicação de uma modelagem de um sistema de apoio à decisão para o planejamento das operações logísticas de produtos especiais derivados de petróleo, denominado SADE, unindo a tecnologia de banco de dados com planilhas eletrônicas. A modelagem desenvolvida é composta por um banco de dados desenvolvido em Microsoft Access (SADED), um banco de modelos desenvolvido em Microsoft Excel e um banco de dados em Microsoft Access (SADEE). Neste último, se encontram os programas e as “queries” pré-estabelecidas desenvolvidas em função de cada modelo, que geram os dados para os modelos e gerenciam o sistema. É apresentada, ainda, uma aplicação prática utilizando um modelo de otimização do planejamento da produção de solventes, no qual é empregado o Microsoft Excel Solver. Complementam a modelagem, relatórios de análises de resultados e de cenários.

Palavras-chave: Logística; Sistema de Apoio à Decisão; Planejamento da Produção.

## Abstract

DUARTE, Dilson Augusto Lopes. **Aplicação da Modelagem de um Sistema de Apoio à Decisão para o Planejamento das Operações Logísticas de Produtos Especiais.** Florianópolis, 2002. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

The planning of logistic operations plays a major role in the decision-making process of a company. The planning consists of the collection of data from several information systems, as well as software programs that are used to process them. In view of this, there is an increased demand for a number of tools that allow the consultation and analysis of the data in addition to facilitating the decision-making process and the control of the operations within organizations. These tools are known in technical literature as Decision Support Systems. For the operational planning of special products derived from petroleum – lubricants, solvents, waxes, petrochemicals, and asphalts-, due to very specific characteristics as to the diversity of products, production technologies, logistics and commercialization, several models are used. These models, usually developed using spreadsheets, constitute powerful and agile working tools. Nevertheless, they have also caused countless inconveniences such as the proliferation of more and more sophisticated spreadsheets, repeated data in different types of spreadsheets without a simultaneous update, lack of documentation and the standardization of reports. In this context, this paper deals with the utilization of a modeling of a Decision Support System for the planning of logistic operations of special products derived from petroleum, called SADE, combining the database technology with spreadsheets. The model developed consists of a Microsoft Access database (SADED), a Microsoft Excel model base as well as a Microsoft Access database (SADEE). In this last, there are the programs and queries pre-established developed in function of each model, which generate the data for the models and manage the system. In addition, utilizing Microsoft Excel Solver, a practical presentation, using an optimization model of the planning of the production of solvents, is made. The model is complemented with analysis reports of results and scenarios.

Key-words: Logistics; Decision Support System; Production Planning.

# **CAPÍTULO 1 - DEFINIÇÃO DO TRABALHO**

## **1.1 Introdução**

O cenário mundial da indústria do petróleo vem apontando, nestas últimas duas décadas, para margens de lucro nas atividades de refino cada vez menores, com desregulamentações no setor, fusões e aquisições, maiores investimentos na qualidade de produtos e serviços, e maiores exigências quanto às demandas sociais e ambientais.

No Brasil, esta tendência também vem se configurando. Até 1990, a política praticada no setor foi marcada por forte intervenção do Governo Federal. Os derivados de petróleo tinham seus preços controlados por meio do tabelamento e da uniformização em todo o território nacional.

A partir de 1990, a política de preços dos derivados de petróleo começou a ser ajustada à economia de mercado, com a eliminação de subsídios e distorções no setor. Mas os preços só começaram a ser liberados, do produtor ao consumidor, a partir da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, denominada Lei do Petróleo.

A Lei do Petróleo instituiu o Conselho Nacional de Política Energética, responsável pela formulação da política pública de energia, e a Agência Nacional do Petróleo (ANP), órgão regulador e fiscalizador das atividades da indústria do petróleo.

Ainda em acordo com esta Lei, foram liberados os preços dos produtos especiais derivados do petróleo - solventes, lubrificantes, parafinas e asfaltos. A comercialização dos produtos especiais petroquímicos já era realizada fora do regime do monopólio.

Como consequência da Lei do Petróleo, os preços dos produtos especiais derivados de petróleo passaram a ter uma paridade com o mercado internacional, causando uma queda imediata nos preços destes derivados, e por consequência, a redução das margens de lucro. Isto levou tanto as companhias brasileiras refinadoras quanto as companhias distribuidoras de produtos especiais, a desenvolverem estratégias buscando a redução de seus custos e a

manutenção dos níveis de serviços aos seus clientes, como forma de permanecerem competitivas no mercado.

Uma postura adotada pela maioria das companhias de petróleo, e pela PETROBRAS também, é o tratamento diferenciado dos produtos especiais em relação aos demais derivados de petróleo. Esta diferenciação resulta do fato desses produtos representarem uma grande gama de derivados de alto valor agregado, comercializados em pequenos volumes, destinados a diversos segmentos de mercados e demandando diferentes níveis de serviços. Também no tocante à produção, enquanto os demais derivados de petróleo são produzidos de forma contínua, os produtos especiais são produzidos, em sua maioria, em bateladas, segundo as necessidades do mercado, a partir de matérias-primas e tecnologias específicas.

Outro aspecto a ser considerado, no caso do Brasil, diz respeito à existência de restrições ao acesso direto aos sistemas portuários do país, extremamente importante para se atuar tanto no mercado interno quanto externo. A maioria das instalações, para movimentação dutoviária e armazenamento de derivados de petróleo no país, foram projetadas para operar com derivados combustíveis, ou seja, com altas vazões e escoamentos em sistemas compartilhados. Isto inviabiliza o trânsito de produtos especiais, os quais têm como principais características a comercialização em pequenos volumes e de forma segregada. Tais restrições limitam o número de instalações portuárias brasileiras habilitadas a operar com produtos especiais.

Dessa forma, o planejamento das operações logísticas de produtos especiais assume um grau de complexidade bem distinto dos demais derivados de petróleo, uma vez que tais operações são bastante específicas para cada grupamento de produtos. Entre os pólos produtores de produtos especiais no país e os mercados a serem atingidos, existem inúmeras alternativas a serem analisadas e cotejadas para cada operação, em função da aquisição e obtenção de matérias-primas, do processamento destas matérias-primas, das características e quantidades dos produtos envolvidos, da localização geográfica dos pólos produtores em relação aos mercados, dos tipos de modais de transportes disponíveis, dos prazos logísticos requeridos e dos custos totais envolvidos.

Na PETROBRAS, maior produtora de produtos especiais do Brasil, tais aspectos interferem diretamente nas atividades da área de Planejamento Operacional. Nessa área se faz

uso de um modelo de programação linear, denominado PLANAB, para a otimização global da aquisição e obtenção de matérias-primas, e da produção, comercialização e transporte de derivados. Os resultados otimizados obtidos desse modelo são indicativos para a elaboração da programação corporativa, ou seja, a alocação de petróleos para as refinarias, níveis de cargas das unidades de refino, evolução dos níveis de estoques, etc. Entretanto, no caso dos produtos especiais, cujo nível de detalhamento necessário é bem específico, onde o universo de produtos é muito grande, e os fluxos financeiros representam uma parcela muito pequena em relação aos demais derivados de petróleo, tal modelo não é adequado para o planejamento operacional desses produtos.

Para a elaboração do planejamento operacional e para as avaliações das operações logísticas dos produtos especiais, são utilizados modelos de otimização específicos, mais detalhados, elaborados em planilhas eletrônicas, apropriadas para cada agrupamento de produtos e segmentos de mercado. Esses modelos específicos guardam um vínculo com o modelo de programação linear corporativo, no que diz respeito aos dados de aquisição de matérias-primas e preços dos derivados.

A utilização desses modelos específicos, se por um lado fornece a área de Planejamento e Programação de Especiais um poderoso e ágil instrumento de trabalho, por outro lado também trouxe alguns inconvenientes. Entre esses, a proliferação de planilhas eletrônicas cada vez mais sofisticadas, dados replicados em diferentes tipos de planilhas sem atualização simultânea, falta de documentação e de padronização dos relatórios finais. Isto dificulta o processo de tomada de decisão, uma vez em que não há um tratamento uniforme das informações e nem a visibilidade do processo para todos àqueles envolvidos nas decisões.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma modelagem de um sistema de apoio à decisão para o planejamento das operações logísticas de produtos especiais da PETROBRAS.

Como objetivos específicos pretende-se:

- Efetuar uma revisão bibliográfica envolvendo a Logística e a Tecnologia de Informação, abordando dentro de uma visão sistêmica a cadeia de suprimento de produtos especiais;
- Desenvolver uma modelagem para um sistema de apoio à decisão para o planejamento das operações logísticas de produtos especiais, unindo a tecnologia de banco de dados com planilhas eletrônicas;
- Aplicação da modelagem desenvolvida ao segmento de solventes da PETROBRAS.

### **1.3 Justificativa do Trabalho**

O planejamento das operações logísticas representa um papel fundamental no processo decisório. É através do planejamento das operações logísticas que o gerente pode otimizar a cadeia de suprimentos de forma integrada, e obter as informações necessárias para tomar suas decisões operacionais.

O planejamento inclui a aquisição de dados provenientes de diversos sistemas de informações, bem como “softwares” para processá-los. Devido a esta complexidade, tem ocorrido uma procura cada vez maior por ferramentas que permitam a consulta e a análise de dados, bem como facilitem a tomada de decisão e o controle das operações dentro das organizações. Estas ferramentas são conhecidas na literatura como Sistemas de Apoio à Decisão – SAD.

Neste contexto, a importância deste estudo é relevante, uma vez que permitirá aperfeiçoar o gerenciamento das operações logísticas de produtos especiais na PETROBRAS, as quais são responsáveis pelo suprimento de 100 produtos e por um faturamento anual de US\$ 1,5 bilhões.

Essa importância é ainda corroborada pelos seguintes fatos:

- A área de Planejamento e Programação Especiais se ressentia da falta de um sistema de apoio à decisão que, unindo a tecnologia de banco de dados com planilhas, possa avaliar as operações logísticas ao longo de toda cadeia de

suprimento, de forma integrada. Isto permitirá avaliar os custos envolvidos em cada elo da cadeia, bem como a elaboração de relatórios gerenciais, fornecendo a todos que participam do processo decisório uma visão sistêmica do processo;

- Contribuirá para a capacitação e formação de equipe;
- Facilitará a administração de conflitos entre as áreas organizacionais, uma vez que haverá maior visibilidade do processo e transparência no tratamento das informações;
- Permitirá estabelecer medições de performances globais, e como consequência, a melhoria contínua dos processos.

## **1.4 Metodologia**

Primeiramente foi efetuada a revisão bibliográfica sobre a logística empresarial, a importância da análise dos custos logísticos e dos sistemas de informações logísticas para o contexto atual do segmento de produtos especiais. Em seguida, foi realizada uma investigação na literatura de sistemas de apoio à decisão. Uma vez concluída a parte conceitual, foi apresentada uma modelagem unindo a tecnologia de banco de dados e planilhas eletrônicas. Finalmente, a modelagem desenvolvida foi aplicada e os resultados, foram então analisados.

## **1.5 Limitações**

O objetivo da aplicação da modelagem desenvolvida foi verificar sua viabilidade e importância para o planejamento e avaliação das operações logísticas dos produtos especiais, sob o enfoque do refinador.

Embora se aplique a todos os produtos especiais, como forma de limitarmos o universo destes produtos, elegemos o grupamento de solventes para ser usado na aplicação apresentada.

Neste sentido também, o modelo utilizado a partir do banco de modelos foi desenvolvido em planilhas de Microsoft Excel, usando o Microsoft Excel/Solver para a otimização. Entretanto, a partir do banco de dados em Microsoft Access, outros modelos,

mais adequados a cada situação a ser analisada, podem ser desenvolvidos para o banco de modelos, utilizando diversas técnicas de pesquisa operacional.

## **1.6 Estrutura da Dissertação**

O trabalho foi organizado em seis capítulos, comentados a seguir:

Na presente introdução apresentou-se a importância do planejamento de produtos especiais derivados de petróleo, mencionando o contexto atual no qual está inserido e proposto o trabalho.

No segundo capítulo abordou-se uma breve descrição dos produtos especiais e o processo de planejamento desses produtos na PETROBRAS. Também foi detalhado o grupamento dos solventes, o qual serviu como base para a aplicação prática apresentada no capítulo cinco.

No terceiro capítulo tratou-se da revisão bibliográfica da logística empresarial. Procurou-se descrever a cadeia de suprimento de produtos especiais, o nível de serviço e custos logísticos, bem como os sistemas de informações logísticas.

No capítulo quatro abordou-se o processo decisório e os sistemas de apoio à decisão.

No capítulo cinco descreveu-se a modelagem desenvolvida para o sistema de apoio à decisão para o planejamento das operações logísticas de produtos especiais. Uma vez concluída a descrição, a modelagem foi aplicada e os resultados, foram então analisados.

As conclusões do trabalho e sugestões para futuras pesquisas foram dispostas no capítulo seis.

## **CAPÍTULO 2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA**

Neste capítulo é feita uma breve descrição das características que envolvem o segmento de produtos especiais na PETROBRAS, maior empresa produtora destes derivados no Brasil. A seguir, como forma de delimitar o universo destes produtos, é abordado mais detalhadamente o grupamento dos solventes derivados do petróleo, o qual serve como base para a aplicação mostrada no capítulo cinco. Finalmente, é apresentada a metodologia de planejamento e programação dos produtos especiais na PETROBRAS.

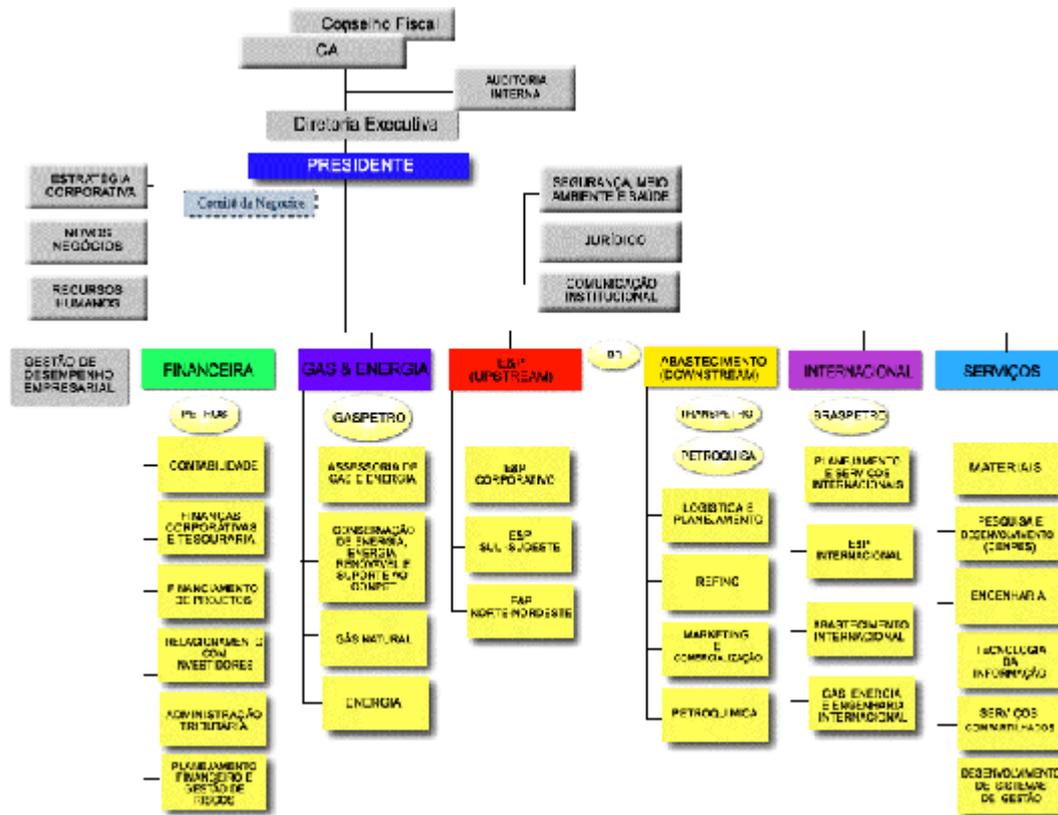
### **2.1 O Segmento de Produtos Especiais na PETROBRAS**

A Petróleo Brasileiro S.A – PETROBRAS, é uma companhia integrada que atua nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo e seus derivados, tanto no Brasil quanto no exterior.

Em seu processo de permanente adequação às mudanças na economia mundial e na indústria de energia em particular, a empresa vem se reestruturando com o objetivo de atingir suas metas estratégicas de produtividade, rentabilidade e internacionalização.

O atual modelo organizacional da PETROBRAS, se compõe de quatro áreas de negócios – E&P (“Upstream”), Abastecimento (“Downstream”), Gás&Energia e Internacional - , duas áreas de apoio – Financeira e Serviços-, e as demais unidades corporativas ligadas diretamente à presidência da companhia, conforme mostrado na figura 1.

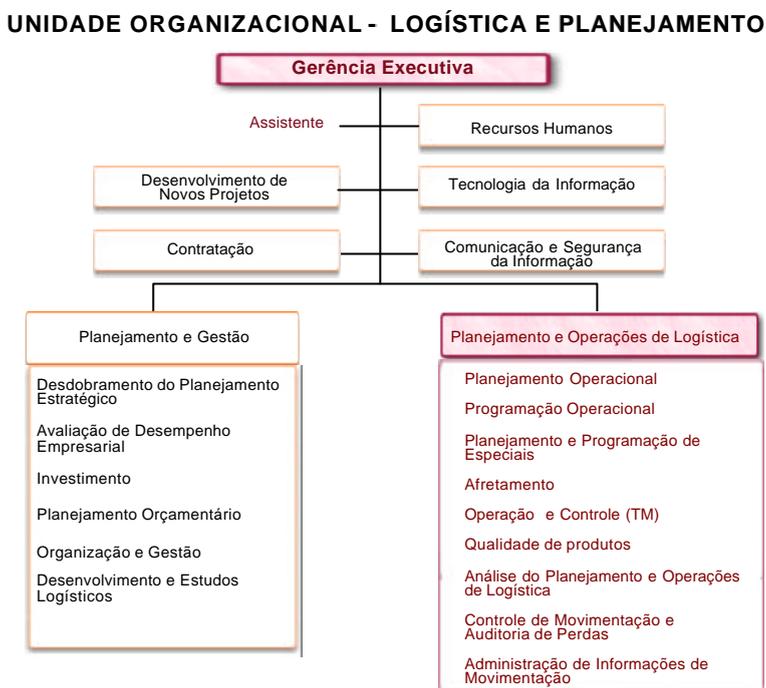
Figura 1 – Organograma da PETROBRAS



Fonte: Petróleo Brasileiro S.A

As atividades do Planejamento e Programação Especiais são coordenadas pela área de Logística e Planejamento, no segmento “Downstream”, do Abastecimento. A figura 2 apresenta o organograma da Logística e Planejamento do Abastecimento.

Figura 2 – Organograma da Logística e Planejamento do Abastecimento



Fonte: Petróleo Brasileiro S.A

Na PETROBRAS, os produtos especiais são produzidos em todas as suas 11 refinarias de petróleo no país. Juntas, produzem cerca de 5.000.000 m<sup>3</sup> anuais destes produtos, distribuídos em torno de 100 tipos diferentes de derivados, e representando um faturamento anual de US\$ 1,5 bilhões.

Em função de suas características bastante específicas, estes produtos são considerados de forma diferenciada dos demais derivados de petróleo, constituindo-se um negócio à parte na companhia. Entre estas características, destacam-se:

#### Quanto à matéria-prima

Os produtos especiais derivados de petróleo são produzidos a partir de matérias-primas específicas – petróleos e frações intermediárias de petróleos. Essas matérias-primas

exigem cuidados nas segregações, tanto nas movimentações quanto nos sistemas de armazenamento. Tais insumos representam uma grande parcela nos custos dos produtos acabados, tendo seus custos variando conforme oscilações dos preços dos petróleos e derivados de petróleo no mercado internacional.

### Quanto à produção

Em função da grande variedade destes produtos, são normalmente tratados sob a forma de grupamentos, tais como: Solventes, Petroquímicos, Lubrificantes, Parafinas, Asfaltos, entre outros. São produzidos a partir de diferentes tipos de matérias-primas, normalmente de forma intermitente (bateladas), segundo as necessidades do mercado, envolvendo tecnologias específicas e com custos de produção bastante significativos.

Ressaltam-se duas restrições importantes no que tange à produção:

- Compatibilizar o volume a ser produzido com a capacidade das plantas

Os mercados de alguns produtos especiais demandam um volume mensal bem menor que a capacidade mínima da planta, obrigando com que sejam realizadas campanhas para mais do que um mês.

- Produtos que são produzidos em mais de uma campanha por período

É necessário compatibilizar os estoques, as retiradas para o mercado, a duração das bateladas e as datas de início e fim de cada batelada no mês.

### Quanto ao mercado

Os produtos especiais possuem alto valor agregado, sendo comercializados em pequenos volumes, destinados a diversos segmentos de mercados e demandando diferentes níveis de serviços. Isto é, um determinado produto pode ser destinado a diferentes tipos de indústrias.

Como regra geral, os produtos especiais são comercializados sob a forma contratual. Esses contratos de comercialização estabelecem cláusulas relativas às quantidades, qualidade, preços, condições de pagamento, descontos, tratamento das não conformidades, entre outras.

Estes produtos estão completamente inseridos no mercado globalizado, tendo suas especificações em acordo com o mercado internacional, e os seus preços referenciados aos mercados da Ásia, Europa e Estados Unidos.

#### Quanto à distribuição Física

As movimentações para o mercado interno, em sua grande maioria, são realizadas através do modal rodoviário. Embora todas as refinarias produzam derivados especiais, nem todos os produtos especiais são produzidos em todas as refinarias. Assim, a falta de um determinado produto numa refinaria, dependendo da distância entre o novo pólo supridor e o mercado, pode representar um custo bastante expressivo. Além, é claro, dos prejuízos causados à imagem da Companhia.

As movimentações para o mercado interno, utilizando modal marítimo, estão restritas aos lubrificantes e a gasolina de aviação.

No caso das movimentações para o mercado externo, estas são realizadas de duas formas:

- Países fronteiriços – as movimentações são realizadas via modal rodoviário;
- Demais países - os produtos especiais são carregados nas refinarias em carretas e enviados até o terminal portuário, onde são armazenados em tanques de terceiros, alugados, e daí então, embarcados em navios.

As importações de produtos especiais são realizadas via modal marítimo, da origem até o porto destino, então descarregadas em tanques alugados.

Conforme pôde ser observado, os produtos especiais têm características bem específicas. Tais características exigem um tratamento distinto no que diz respeito, também, aos níveis de estoques de segurança a serem praticados para cada grupamento. Em função dos

prazos logísticos envolvidos, a área de Planejamento e Programação considera como estoque de segurança meta um volume equivalente a 15 dias de demanda.

Como resultado das características apresentadas, os custos de suprimento dos produtos especiais tanto para o mercado interno quanto externo, são bastante expressivos.

## **2.2 Solventes Derivados de Petróleo**

Embora o presente trabalho se aplique a todos os produtos especiais da PETROBRAS, como forma de delimitarmos o universo destes produtos escolheu-se o grupamento dos solventes derivados de petróleo como base para a aplicação apresentada no capítulo cinco. Em face disso, o mesmo encontra-se detalhado a seguir.

Os solventes são compostos químicos orgânicos usados comercialmente para dissolver ou mudar as propriedades físicas de outros materiais, tendo aplicação nos segmentos doméstico e industrial. A maioria das indústrias emprega solventes em alguma etapa de seu processo de fabricação, entre estas estão as indústrias de tintas, alimentos, calçados, plásticos, borrachas, farmacêutica, siderúrgica, madeira, cosmética e limpeza.

Os solventes são classificados em duas categorias: solventes alifáticos e solventes aromáticos.

### Solventes Alifáticos

Os solventes alifáticos são solventes com predominância de hidrocarbonetos parafínicos, provenientes do fracionamento de naftas e querosenes, oriundas da destilação de petróleos, ou também a partir de correntes petroquímicas, sendo classificados em função das suas faixas de temperatura de ebulição, ou seja, pontos de ebulição inicial e final. Estas faixas de temperatura variam de acordo com o tipo de indústria ao qual se destinam. Entre os solventes alifáticos, destacam-se:

Aguarrás – constitui-se de compostos orgânicos inflamáveis, de baixa volatilidade, com alto poder de solvência, produzido a partir do processamento de frações de petróleos selecionados,

com faixas de destilação variando entre 150°C e 216 °C. Este solvente tem aplicação em diversos segmentos industriais tais como: indústrias de tintas, vernizes, limpeza, ceras, resinas, gráfica, lavagem a seco, polimento e herbicidas.

Hexano – é um solvente hidrocarboneto volátil, obtido a partir do fracionamento da nafta, com faixa de destilação entre 62°C e 74°C, sendo a seguir purificado ou concentrado através do processo de peneira molecular, para eliminação do benzeno (carcinógeno). No caso da nafta oriunda do refinado da Unidade de Recuperação de Aromáticos, não há necessidade deste tratamento, uma vez que não existe a presença de compostos aromáticos.

As características principais do Hexano são o alto poder de solvência e rápida evaporação. É utilizado nas indústrias de extração de óleos vegetais, como agente antiespumante, como diluente de tintas, fabricação de colas, adesivos, manufaturados de borracha e laminação.

Solventes de naftas diversos – são frações de hidrocarbonetos com faixas de destilação estreitas variando entre 52°C e 200°C, obtidas a partir do fracionamento de naftas e purificadas através do processo de peneiras moleculares, para a eliminação do benzeno. Estes solventes são disponíveis em várias faixas de destilação, os quais são diferenciados pelo ponto de fulgor e produzidos de acordo com a aplicação específica. São utilizados nas indústrias de borracha, adesivos, vernizes, revestimentos protetores e de tintas.

Solventes Ecológicos – desenvolvidos para atender exigências ambientais e legais, cada vez mais restritas, a linha de solventes ecológicos é produzida a partir do fracionamento e hidrogenação de frações do querosene e de frações intermediárias do petróleo. Esses solventes se apresentam sob diversas faixas de temperatura variando ente 145°C e 310°C, em função do segmento de mercado a ser suprido. Tais produtos destinam-se aos segmentos de tintas, resinas, lavagem de roupas a seco, formulação de produtos domésticos, aerossóis, máquinas copadoras, pesticidas, limpeza industrial, laminação a frio e agroquímica.

#### Solventes Aromáticos

Os solventes aromáticos são solventes polares provenientes do processamento de naftas nas Unidades de Reforma Catalítica (URC) e de Recuperação de Aromáticos (URA).

São obtidos como produtos quimicamente puros ou misturas. Entre os solventes aromáticos destacam-se:

Tolueno – é um solvente aromático de alta pureza, possuindo alto poder de solvência e baixo teor de voláteis, sendo utilizados na indústria de tintas, vernizes, adesivos, borracha, óleos de corte, resinas, gráfica, aditivo para gasolinas automotivas e como componente da gasolina de aviação.

Xilenos – este solvente é constituído de uma mistura dos isômeros para-xileno, orto-xileno e meta-xileno, e da mesma forma que o tolueno possui um alto poder de solvência e baixo teor de voláteis. Sua utilização se dá nas indústrias de tintas, colas e adesivos, borracha, corantes, resinas, vernizes, metalurgia, defensores agrícolas e eletroeletrônica.

### **2.2.1 Evolução e tendências do mercado de solventes**

O mercado de solventes vem sofrendo diversas transformações ao longo destes últimos anos. Estas transformações foram ocasionadas, por um lado, pelo desenvolvimento tecnológico, exigindo produtos inovadores. Por outro lado, por crescentes restrições ambientais e legais. Tais restrições, mais rigorosas nos países desenvolvidos, dizem respeito a alguns solventes mais voláteis considerados como produtos perigosos, sob os aspectos ambientais e de saúde ocupacional, tais como os compostos orgânicos voláteis (Volatile Organic Compounds – VOCs). Também, alguns solventes aromáticos foram enquadrados no grupo designado como poluentes perigosos (Hazardous Air Pollutants – HAPs). Este aspecto é extremamente importante sob o ponto de vista dos formuladores de solventes, principalmente no segmento de tintas, uma vez que os solventes aromáticos são utilizados devido ao seu grande poder de solvência.

Em face disto, a necessidade por produtos alternativos vem crescendo, particularmente os solventes oxigenados, tais como os acetatos de enila e butila, e também por especialidades, tais como ciclo-parafinas e fluídos especiais hidrogenados.

Diversas empresas têm ofertado estes produtos em todo o mundo. Entretanto, tais produtos apresentam preços bastantes elevados e nem sempre uma eficiência desejada em todos os segmentos de aplicação, quando comparados com os solventes tradicionais.

A substituição dos solventes tradicionais por esses produtos exige mudanças nas tecnologias de produção, acarretando elevados investimentos. Essa substituição vem ocorrendo aos poucos, inicialmente em formulações e em mercados de nichos, e a partir daí, em novas indústrias produtoras a serem instaladas, as quais já seriam projetadas com tecnologias adequadas à nova realidade.

Apesar destas crescentes restrições ao uso dos solventes tradicionais, eles são de extrema importância para o desenvolvimento econômico dos países, envolvendo um negócio de dezenas de bilhões de dólares em todo o mundo.

Neste quadro, como forma de se manterem no mercado globalizado, as empresas produtoras e distribuidoras têm adotado como posicionamento, o controle dos custos e a oferta de maiores níveis de serviços. Assim, algumas empresas oferecem programas de computação para o desenvolvimento de novos produtos e/ou formulações. Outras empresas têm como compromisso a conformidade das especificações e a responsabilidade sobre seus produtos desde a produção em laboratórios até o seu descarte final. Estas empresas normalmente têm seus produtos e processos certificados segundo as normas ISO 9000 e ISO 14000.

No Brasil, o comportamento das empresas tem acompanhado essa tendência mundial. Como forma de se manterem no mercado, as empresas refinadoras têm ampliado seu portfólio de produtos e ofertando maiores níveis de serviços aos seus clientes. Por outro lado, algumas companhias tanto refinadoras quanto distribuidoras ensaiam um movimento no sentido de instalarem plantas visando a obtenção de novos produtos, mais refinados, a partir do fracionamento e tratamento de solventes tradicionais.

### 2.2.2 Produção de solventes

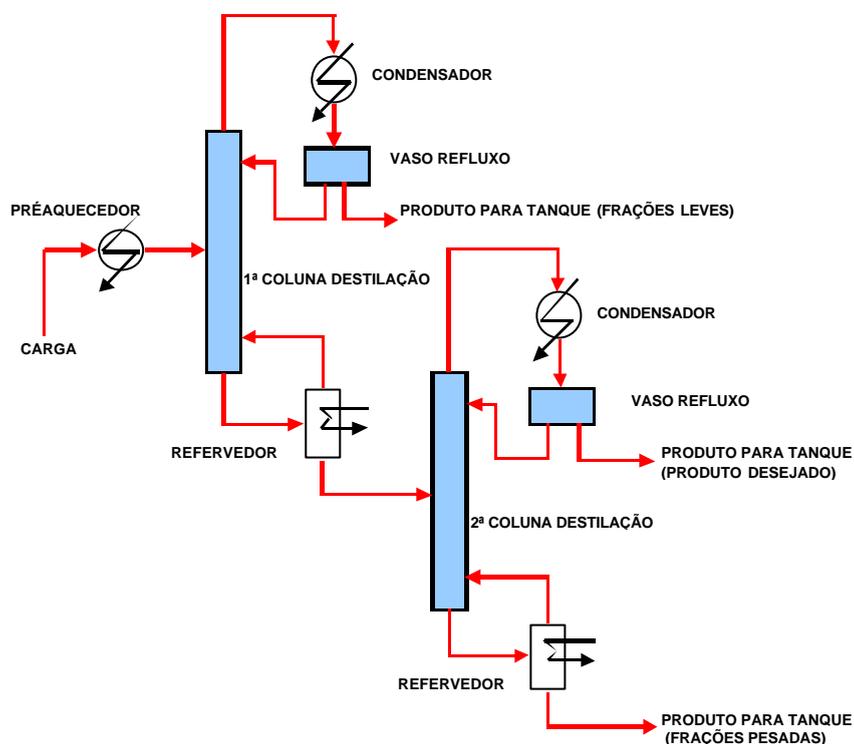
Várias matérias-primas são usadas para a produção de solventes alifáticos e aromáticos. As mais usadas são as frações de naftas e querosenes, obtidas da destilação atmosférica de petróleos. Entretanto, também são utilizadas frações oriundas dos processos de reforma catalítica e de recuperação de aromáticos, como é o caso da Refinaria Presidente Bernardes Cubatão (RPBC), da PETROBRAS.

#### Manufatura de solventes alifáticos

Estes solventes podem ser obtidos por destilação contínua ou em bateladas, dependendo da quantidade a ser produzida e do grau de padronização das especificações requeridas pelo produto.

A figura 3 apresenta o processo de produção de solventes alifáticos. Neste processo, uma determinada fração de petróleo é pré-aquecida e então enviada a primeira coluna de destilação. Esta coluna tem por função acertar o ponto inicial de ebulição (PIE) do produto desejado, através a remoção por condensação do compostos mais leves que saem pelo topo da coluna. A temperatura no topo é controlada pela vazão de refluxo de topo. O fundo da coluna é então enviado a segunda coluna de destilação, a qual tem por objetivo acertar o ponto final de ebulição (PFE) do produto desejado, através da remoção dos compostos mais pesados pelo fundo da coluna. O produto desejado, com a sua faixa de destilação já especificada (PIE e PFE) sai pelo topo desta segunda coluna.

Figura 3 - Processo de produção de solventes alifáticos



### Manufatura de solventes aromáticos

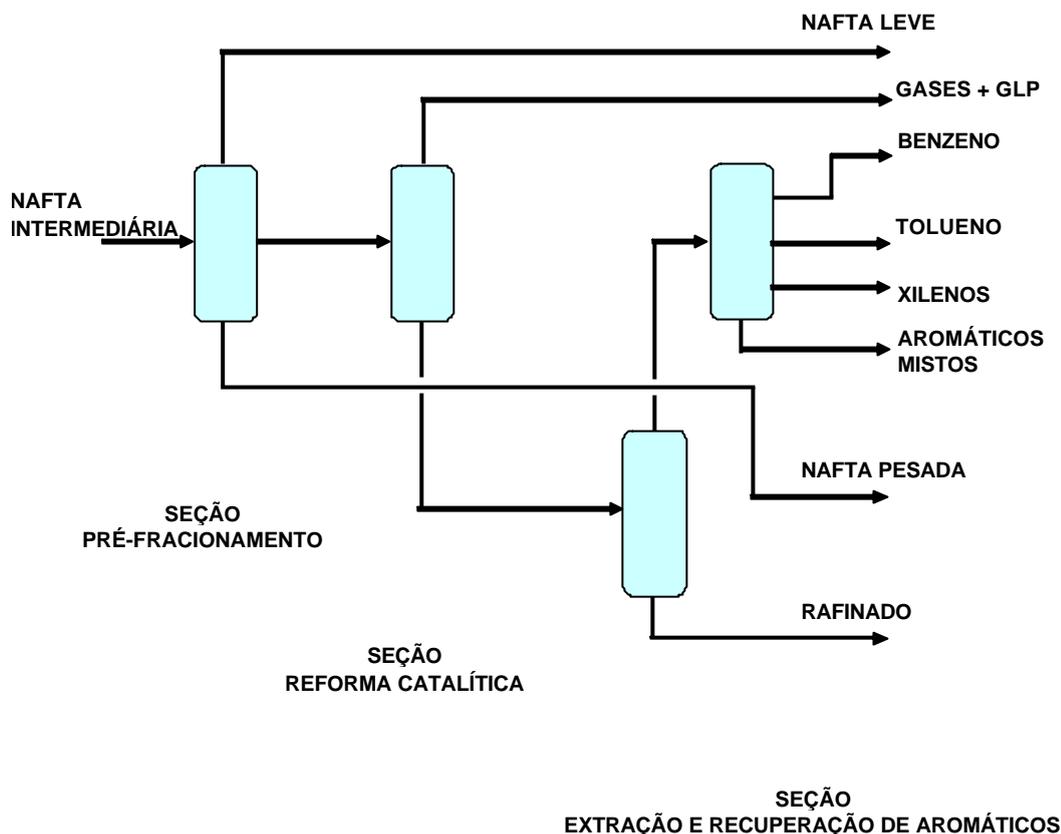
Os solventes aromáticos são obtidos a partir do processamento de nafta nas Unidades de Reforma Catalítica e de Recuperação de Aromáticos.

A Unidade de Reforma Catalítica tem por finalidade transformar compostos alifáticos presentes na nafta, obtida da destilação do petróleo, em frações ricas de compostos aromáticos. Com a seleção da matéria-prima, catalisador, temperatura e pressão adequados, as reações podem ser direcionadas para maximização de Benzeno, Tolueno e Xilenos.

A Unidade de Recuperação de Aromáticos tem por finalidade a extração dos compostos aromáticos, obtidos no processamento da nafta na unidade de reforma catalítica, e o fracionamento nas correntes de Benzeno, Tolueno, Xilenos e Aromáticos mistos (Corrente C9).

A figura 4 mostra o fluxograma simplificado do produção de produção de solventes aromáticos, a qual encontra-se descrita a seguir.

Figura 4 - Processo de produção de solventes aromáticos



#### Seção de fracionamento e pré-tratamento de nafta

A nafta proveniente da unidade de destilação atmosférica é fracionada em 3 cortes. A parte leve é enviada ao “pool” de nafta petroquímica e a parte pesada ao “pool” de diesel. O corte médio, rico em frações precursoras de formação de compostos aromáticos, segue para a seção de pré-tratamento. Nesta, a corrente é hidrogenada a baixa pressão e em presença de catalisador, a fim de saturar todo e qualquer hidrocarboneto olefínico, e a eliminação dos compostos de enxofre e nitrogênio, os quais são venenos para o catalisador da unidade de reforma catalítica.

### Seção de reforma catalítica

Na seção de reforma catalítica, em presença de catalisador à base de metais nobres e temperatura, ocorrem diversas reações, tais como: ciclização, isomerização, e desidrogenação, com a finalidade de transformar a corrente parafínica em uma corrente rica em compostos aromáticos. Essa corrente é fracionada para a remoção de gases e hidrocarbonetos leves, que saem pelo topo da fracionadora. O reformado resultante tanto pode ser enviado para o “pool” de gasolina, como aditivo de octanagem, como pode ser encaminhado para a seção de recuperação de aromáticos, para a produção de solventes.

### Seção de extração e recuperação de aromáticos

Nesta seção, a corrente reformada é misturada a um solvente de extração, onde ocorre a separação entre a fração rica em aromáticos (extrato aromático) e a fração pobre em aromáticos (refinado). O extrato aromático é enviado a um conjunto de torres de fracionamento para a separação do Benzeno, Tolueno e Xilenos, enquanto o refinado é enviado para fracionamento e obtenção do Hexano.

### **2.2.3 Distribuição física de solventes**

A distribuição física do segmento de solventes, visando o atendimento ao mercado interno brasileiro, é realizada via modal rodoviário. As companhias distribuidoras retiram os solventes diretamente nas refinarias produtoras, segundo condições contratuais.

No caso das exportações, as mesmas são realizadas da seguinte forma:

- Transporte rodoviário para países fronteiriços, comercializados nas modalidades CPT (Carriage Paid To ...) ou FCA (Free Carrier).
- Transporte rodoviário até o terminal marítimo, armazenagem em tanques de terceiros, e daí então, via transporte marítimo, comercializados nas modalidades FOB (Free on Board) ou CIF (Cost, Insurance and Freight).

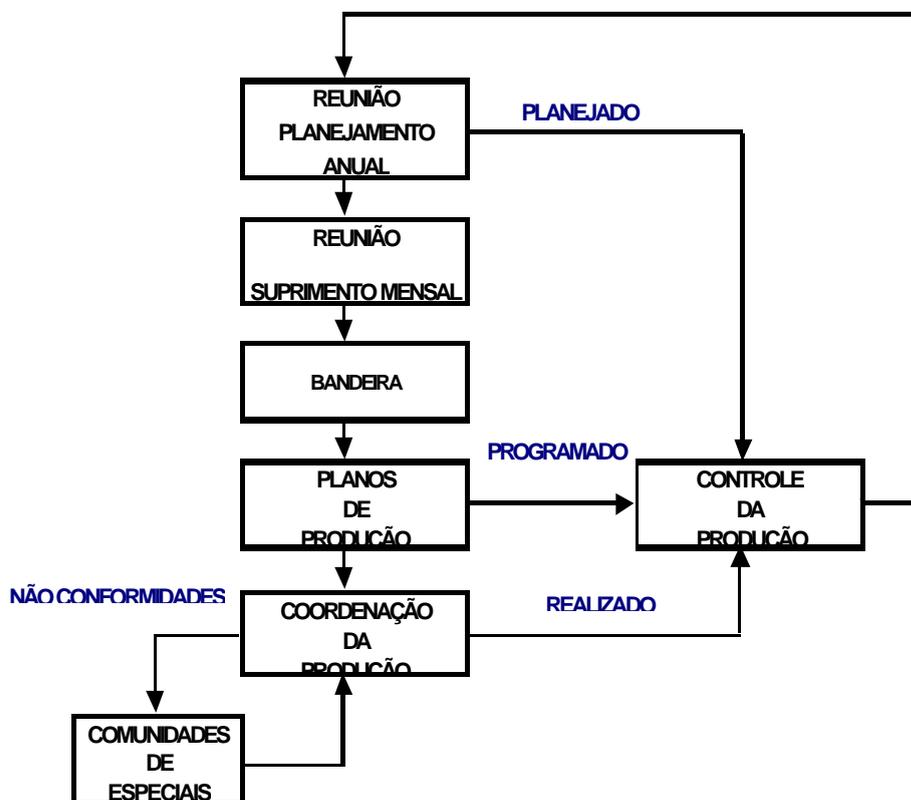
## 2.3 O Planejamento Operacional de Produtos Especiais

As atividades de planejamento operacional dos produtos especiais constituem a Gerência de Planejamento e Programação de Especiais, a qual acha-se inserida dentro da logística, na área de planejamento operacional da PETROBRAS.

O objetivo da Gerência de Planejamento e Programação de Especiais da PETROBRAS é “Planejar, programar e coordenar a cadeia de suprimento dos produtos especiais, atuando como integradora dos fluxos logísticos, combinando as necessidades de mercado com a capacidade de produção, aos menores custos e prazos logísticos”.

Baseado neste objetivo foi estabelecido o ciclo de planejamento de produtos especiais na PETROBRAS. Embora apresente variações de grupamento para grupamento, este ciclo segue em linhas gerais a metodologia mostrada na figura 5.

Figura 5 - Ciclo do planejamento de produtos especiais



Segundo a figura 5, as etapas que compõem a metodologia apresentada são:

#### Reuniões de Planejamento Anual de Produtos Especiais

Estas reuniões anuais, de cunho estratégico e tático, são realizadas para cada grupamento de produtos, contando com as participações das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento, Refino, Marketing e Logística.

O início do planejamento anual se dá com a apresentação de cada área sobre os desvios ocorridos ao longo do ano em relação ao planejamento, bem como em relação às não conformidades de produção, de programação e de distribuição física de produtos especiais. Após esta etapa, são apresentados por cada área os cenários para o próximo ano, envolvendo as demandas previstas, as oportunidades comerciais, as capacidades de produção disponíveis, a confiabilidade das instalações de produção, as limitações e restrições operacionais, os investimentos aprovados para o segmento, as inovações tecnológicas e o desenvolvimento de novos produtos e serviços. Tais informações são consolidadas, e então, são elaborados os planos anuais, com suas diretrizes e metas.

#### Reuniões Mensais de Suprimento de Produtos Especiais

As reuniões mensais de suprimento têm como participantes as áreas de Marketing, Refino e Logística, sendo coordenadas por esta última área. Nestas reuniões são avaliados os desvios em relação à produção programada no mês anterior e são estabelecidas as programações de produção para os próximos três meses. Também são analisados os desvios em relação às metas estabelecidas nos planos anuais. O produto resultante desta reunião é uma ata de reunião, contendo os comentários e as planilhas com a evolução trimestral dos estoques, produções, mercados, importações e exportações, por produto, para os três meses seguintes. Estas planilhas são conhecidas como “bandeiras” de produtos especiais. Uma vez concluídas as “bandeiras”, estas servirão de base para a elaboração dos planos de produção pelas refinarias (horizonte de três meses).

### Coordenação da Produção de Produtos Especiais

A coordenação da produção é exercida pela área de Logística, e compreende as atividades do dia-a-dia da programação da produção, tais como: correções e ajustes de desvios da programação, controle de estoques de matérias-primas e produtos, controle de cabotagens, etc.

### Controle da Produção de Produtos Especiais

O controle da produção consiste na avaliação das atividades de planejamento e programação da produção, sendo realizado em três etapas:

- Nas reuniões anuais de planejamento (avaliação anual);
- Nas reuniões de avaliação dos objetivos da produção (avaliação semestral). Estas reuniões seguem a mesma metodologia das reuniões do planejamento anual, sendo o foco centrado na avaliação do primeiro semestre do ano e as expectativas em relação ao restante do ano em curso;
- Nas reuniões mensais de suprimento (avaliação mensal).

Os indicadores de produção utilizados pela área de planejamento operacional são:

- Produção realizada versus programada;
- Produção realizada versus planejada;

### Tratamento das não conformidades

As não conformidades relativas à qualidade dos produtos, faltas e atrasos nas entregas, entre outras, encaminhadas pelos clientes, são lançadas no VANTIVE. Este é um “software” da Vantive Internacional, o qual utiliza conceitos de CRM (Customer Relationship Management), que abrange toda a área comercial do ABASTECIMENTO, e tem por objetivo gerenciar o relacionamento com os clientes externos. O sistema abrange três módulos: Atendimento a clientes (SAC), Informações Comerciais e Marketing.

As não conformidades oriundas de problemas crônicos são encaminhadas às comunidades técnicas, para análise e implementação das soluções. Estas comunidades são constituídas de técnicos das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento, Tecnologia de Processos de Refino, Logística e Marketing, e definidas por grupamento de produtos.

O planejamento das operações logísticas, base da programação operacional, compreende as atividades de avaliação de alternativas de produção, aproveitamento de oportunidades comerciais nos mercados internos e externos, avaliação de transportes e armazenagens, análise de cenários e de sensibilidades, entre outras. Estas atividades, em sua grande maioria, utilizam planilhas eletrônicas como ferramenta nos processos de decisão. Tais planilhas, desenvolvidas em Microsoft Excel/Solver por técnicos da área de planejamento de produtos especiais, guardam uma ligação com o modelo de planejamento do abastecimento da PETROBRAS –PLANAB-, no que diz respeito aos preços de matérias-primas e de derivados. Estes dados, obtidos do resultado otimizado do modelo, bem como os dados provenientes de diversos sistemas de informações da Companhia, são lançados manualmente nas tabelas de entrada de dados das referidas planilhas eletrônicas.

## **2.4 Conclusões do Capítulo**

As características dos produtos especiais quanto às matérias-primas, produção, mercado e distribuição física, fazem com que estes produtos mereçam um tratamento diferenciado da área de derivados combustíveis no segmento “Downstream” da indústria de petróleo. Enquanto os derivados combustíveis são produzidos em larga escala, os produtos especiais são comercializados em pequenos volumes, destinados a segmentos de mercados específicos.

Estas características interferem diretamente no planejamento operacional da companhia. Conforme já mencionado, para o planejamento operacional do abastecimento na PETROBRAS, se utiliza um modelo de programação linear, o PLANAB, o qual faz a otimização global da aquisição e obtenção de matérias-primas, e da produção, comercialização e transporte de derivados. Entretanto, devido às características bem específicas dos produtos especiais, tal modelo não é adequado para o planejamento operacional destes produtos.

Entre as principais razões pela qual tal modelo não é adequado, se encontram:

- O nível de detalhamento bem específico para cada grupamento de produtos especiais;
- A grande quantidade de produtos especiais a serem equacionados no PLANAB;
- Os fluxos financeiros de cada produto especial representam uma parcela muito pequena em relação aos demais derivados de petróleo.

Em face disto, para o planejamento e a avaliação das operações logísticas, são utilizadas planilhas eletrônicas como ferramenta nos processos de decisão. Tais planilhas guardam uma ligação com o PLANAB, no que diz respeito aos preços dos petróleos e de seus derivados. Os dados provenientes de diversas fontes da companhia são lançados manualmente nas diversas planilhas.

A utilização desses modelos específicos, se por um lado fornece a área de planejamento operacional de produtos especiais um poderoso e ágil instrumento de trabalho, por outro lado também trouxe alguns inconvenientes. Entre esses, a proliferação de planilhas eletrônicas cada vez mais sofisticadas; dados similares sendo utilizados em diferentes tipos de planilhas sem atualização simultânea; falta de documentação e de padronização dos relatórios finais.

O próximo capítulo trata da revisão bibliográfica abordando a logística empresarial e sua adequação ao segmento de produtos especiais.

## **CAPÍTULO 3 - LOGÍSTICA EMPRESARIAL**

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica da logística empresarial, descrevendo a cadeia de suprimento de produtos especiais derivados de petróleo da PETROBRAS, o nível de serviço e seus custos logísticos. Finalmente, é feita uma abordagem dos sistemas de informações logísticas.

### **3.1 Logística Integrada**

O início da década de 80 marcou o ressurgimento da logística integrada, base da logística empresarial moderna, proporcionada entre outras, pela revolução da tecnologia de informação (TI) e pela adoção do gerenciamento da qualidade total (TQM).

Segundo BOWERSOX e CLOSS (2001), a combinação de “hardwares” e “softwares” avançados, permitiram uma capacidade de informática capaz de realizar a maior parte do processamento das transações, o controle de desempenho e informações de apoio às decisões dos usuários. Ainda sobre o impacto da revolução da TI sobre a logística integrada, ressalta a capacidade de desenvolver o planejamento dos recursos logísticos de áreas inter-relacionadas, utilizando banco de dados relacionais, para atingir níveis de desempenho logístico sem precedente. Por outro lado, o comprometimento da alta administração das empresas com os movimentos da qualidade, tornou-se uma força importante que passou a exigir um melhor desempenho logístico.

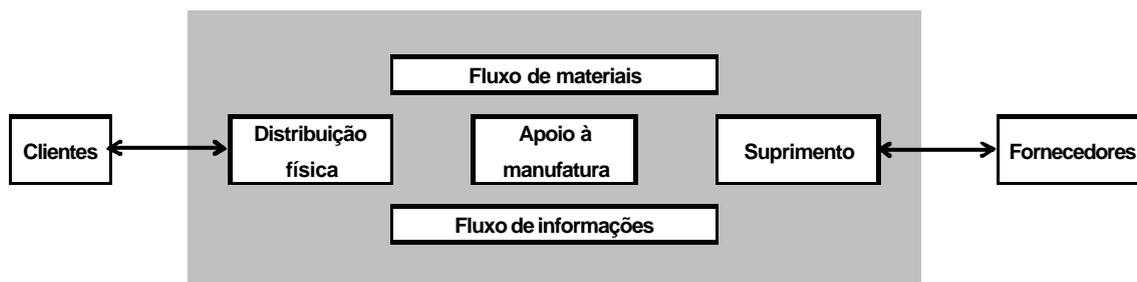
Existem inúmeros conceitos para logística empresarial. BALLOU (1993), define a logística empresarial, como “colocar o produto certo, na hora certa, no local certo e ao menor custo possível, desde as fontes de matéria-prima até o produto acessar o consumidor final”.

O Council of Logistics Management, conceitua a logística empresarial, como “o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenagem eficientes e de baixo custo de matérias-primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender os requisitos do cliente”.

BOWERSOX e CLOSS (2001), definem a logística integrada como a competência que une uma empresa a seus clientes e fornecedores. Segundo essa definição, um fluxo de informações a partir dos clientes e sobre eles atravessa a empresa na forma de atividades de vendas, previsões e pedidos. As informações são refinadas para dentro de planos de compras de materiais e de produção. O momento em que materiais e produtos são adquiridos, um fluxo de material em sentido contrário é iniciado, ganhando valor a cada passo da sua transformação em estoques de produtos acabados, que finalmente resultará na transferência de propriedade destes produtos para os clientes finais na data e no local especificado.

A figura 6 apresenta a conceituação da logística integrada, ilustrada pela área sombreada. Nesta figura, a área da distribuição física é responsável pelas etapas de movimentação e estocagem de produtos acabados para entrega aos clientes. A área de apoio à manufatura é responsável pelas etapas de planejamento, controle da produção e pelo gerenciamento dos estoques em processo para a manufatura. A principal responsabilidade logística na manufatura é formular a programação da produção e providenciar a disponibilidade em tempo hábil de materiais, componentes e estoques em processo. A área de suprimento compreende a compra e a organização da movimentação de entrada de materiais, peças e de produtos acabados dos fornecedores, no tempo requerido e ao menor custo.

Figura 6 - Conceituação da Logística Integrada



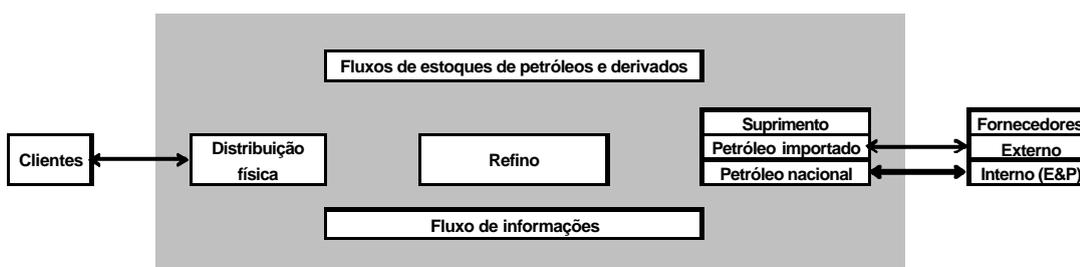
Fonte: Bowersox e Closs (2001, p.44)

Portanto, para ser gerenciada de forma integrada, a logística deve ser tratada como um sistema, com cada componente trabalhando de forma coordenada, e tendo um objetivo comum.

LAMBERT e STOCK (1993), citam que a chave para a integração é o conceito de custo total, o qual examina os “trade-offs” de custos que ocorrem entre e dentro das atividades de marketing e logística. É através do nível de serviço provido pelas atividades de logística e de marketing, que irão propiciar a vantagem competitiva no mercado.

Considerando o objetivo do estudo poderíamos representar a atuação da logística integrada de produtos especiais segundo a figura 7. Nela, a parte sombreada representa o segmento “Downstream”. Neste segmento, os fluxos de informações provenientes das áreas de Marketing, Refino e E&P, são consolidados pela área de Logística e serão bases para a elaboração do Planejamento e da Programação de Especiais. A partir do Planejamento, a área de Logística se articula com a área de Marketing no sentido de definir as compras de petróleos, e definir com a área de Refino a programação corporativa. Esta fornecerá os indicativos para a alocação de petróleos para as refinarias, balanço da produção programada, importações e exportações, bem como as movimentações nos diversos modais de transporte. A partir da aquisição dos petróleos pela área de Marketing, um fluxo de materiais é iniciado, cabendo à Logística a coordenação da execução das operações estabelecidas na Programação Operacional, bem como os ajustes decorrentes de desvios da programação.

Figura 7 - Atuação da Logística Integrada de produtos especiais



Portanto, a logística empresarial envolve o gerenciamento dos fluxos de informação e de material através a cadeia de suprimento. O sucesso deste gerenciamento depende em grande parte da integração de todos os elos da cadeia de suprimento através o compartilhamento das informações entre todos os seus participantes. A informação deve fluir entre a companhia, seus fornecedores, transportadores e clientes, possibilitando a todos os atores a obtenção de melhores resultados tanto na redução de seus custos e ciclos operacionais quanto na performance global de toda a cadeia de suprimento.

### 3.2 Nível de Serviço e Custos Logísticos

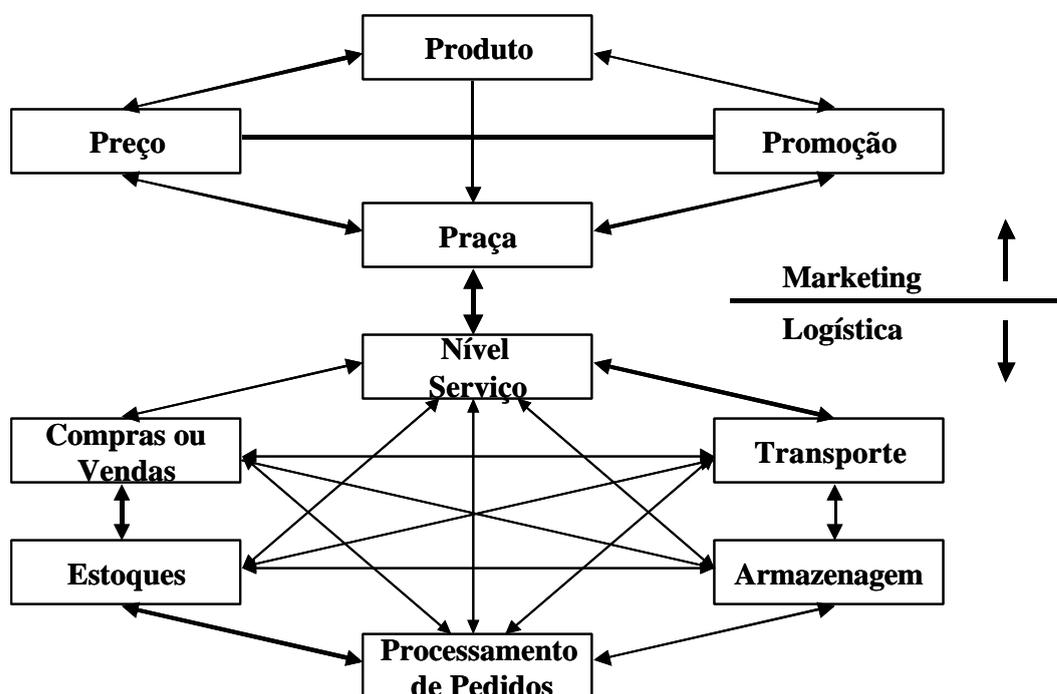
BALLOU (1993) define o nível de serviço como todas as atividades que atendem as vendas, geralmente se iniciando na recepção do pedido e terminando na entrega do produto ao cliente e, em alguns casos, continuando em serviços ou manutenção do equipamento ou outros tipos de apoio técnico.

O nível de serviço está diretamente associado com os custos de prover esse serviço, sendo que o grande desafio das empresas é o de manter o nível de serviço ao menor custo total da logística.

Na figura 8 acha-se representado o modelo conceitual de logística integrada. Segundo FLEURY et. al. (2000), um conjunto de conceitos ajuda a explicar o modelo adotado na utilização da logística como um instrumento gerencial, capaz de agregar valor à atividade de marketing. Na parte superior da figura está representado o conceito de marketing mix, ou composto de marketing. Na parte inferior da figura, está representado o conceito de sistema logístico, com seus componentes. As setas indicam os diversos “trade-offs” existentes entre os mesmos.

Segundo a figura 8, a logística deve atender ao nível de serviço ao cliente, estabelecido pela estratégia de marketing, ao menor custo total de seus componentes, ou seja, o somatório dos custos de Compras e Vendas, Estoques, Processamento do Pedido, Armazenagem e Transporte.

Figura 8 - Modelo conceitual de Logística Integrada



Fonte: Fleury et. al. (2000, p.34)

Retomando o objeto do presente estudo, os produtos especiais fornecidos pela PETROBRAS são comercializados sob a forma de contratos. Estes contratos, gerenciados pela área de Marketing, são elaborados por grupamento de produtos. Com base nestes contratos, são determinados os níveis de serviços a serem atendidos pela área de Logística.

Dentro deste enfoque, são apresentados os custos logísticos, conforme segue:

- (i) Custos com nível de serviço – são os custos referentes às perdas de receitas decorrentes da falta de produto ou perda de uma oportunidade comercial, no caso de uma exportação.
- (ii) Custos de transporte – são todos os custos relacionados com a movimentação de materiais entre dois pontos. Envolvem os custos de fretes, e no caso das movimentações marítimas, podem incluir também as tarifas portuárias.
- (iii) Custos de armazenagem – são os custos relacionados a aluguel de armazenagem e serviços agregados em terminais de terceiros. As operações de

importações e exportações de produtos especiais normalmente utilizam armazenagem de terceiros.

- (iv) Processamento de pedidos – são os custos relativos com o recebimento, transmissão e processamento de ordens de aquisição de matérias-primas e de produtos. Estes custos normalmente são pequenos quando comparados aos demais custos.
- (v) Custos de estoques – são todos os custos que variam com os níveis de estoques, ou seja, custo de oportunidade de capital, seguros, taxas, perdas e danos. Dada a características dos produtos especiais utiliza-se um estoque de segurança de 15 dias de demanda.
- (vi) Custos de compras e vendas – são os custos relativos a mudanças de condições do sistema logístico. Envolvem os custos decorrentes dos tempos de ajustes das plantas pelo processamento de pequenos volumes de produtos (“setup”), perdas de capacidade, etc.

JOHNSON e WOOD (1993) citam que a chave para a abordagem do custo total é que todos os itens de custos são considerados simultaneamente para um especificado nível de serviço. Quando esta abordagem é empregada nos processos de tomada de decisão na logística, costuma ser denominada de conceito logístico total.

### **3.3 Sistemas de Informações Logísticas**

No cenário econômico atual, cada vez mais baseado em informação, a competitividade é suportada pela capacidade de adquirir, manter, analisar e utilizar a informação da forma mais eficaz e estratégica. As empresas entendendo a importância da informação, bem como a necessidade de armazenar e recuperar de forma estruturada os dados da organização, passaram a desenvolver os chamados Sistemas de Informações.

Segundo BOWERSOX e CLOSS (2001), o custo decrescente da tecnologia de informação, associado à sua maior facilidade de uso, têm permitido aos executivos de logística usar essa tecnologia, com o objetivo de transferir e gerenciar informações eletronicamente, com maior eficiência, eficácia e rapidez.

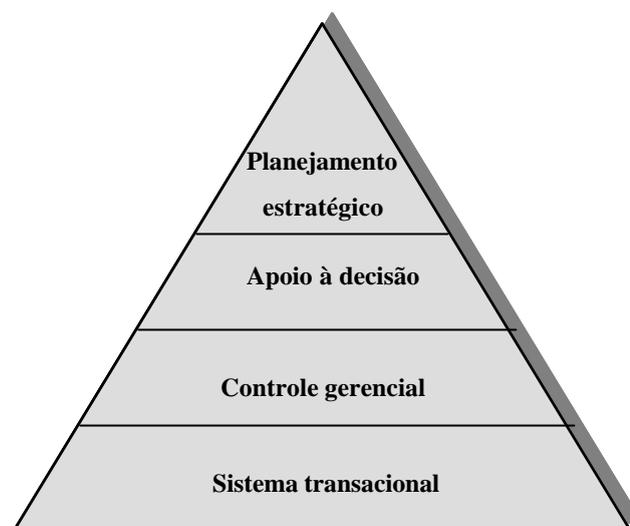
DORNIER (2000), cita que os especialistas de logística encontram-se cada vez mais liberados da gestão diária de operações físicas, e livres para gastar mais tempo desenvolvendo e explorando sistemas de informações, que lhes permitem monitorar melhor as operações e adaptar o sistema logístico, de modo que responda em tempo real a objetivos estratégicos e às restrições operacionais.

Sem dúvida nenhuma, os sistemas de informações representam um papel importante para o desenvolvimento da logística moderna, ao funcionarem como elementos integradores entre as suas atividades, combinando “hardware” e “software” para prever, planejar, medir, controlar e gerenciar as operações logísticas.

HANDFELD (1999), comenta que os sistemas de informações e as tecnologias utilizadas nesses sistemas representam um dos elementos fundamentais que ligam as organizações de uma cadeia de suprimento, constituindo um sistema unificado e coordenado.

NAZÁRIO (FLEURY et. al., 2001), menciona que a integração baseia-se em quatro níveis de funcionalidades: sistema transacional, controle gerencial, apoio à decisão e planejamento estratégico. Estes quatro níveis de funcionalidades são apresentados na figura 9.

Figura 9 - Funcionalidades de um sistema de informações logísticas



Fonte: Fleury et. al. (2000, p. 288)

O sistema transacional é caracterizado por regras formais, comunicações interfuncionais, um grande volume de transações e um foco operacional nas atividades do dia-a-dia. Contém registros básicos sobre as transações efetuadas pela empresa, sendo base para as operações logísticas e fonte para atividades de planejamento e coordenação NAZÁRIO (FLEURY et. al., 2001). Este nível se refere a atividades logísticas básicas como estoques de matérias-primas e produtos, cotações de fretes, situação dos pedidos, etc. Dada a sua importância, as empresas têm buscado nos sistemas de gestão integrada (Enterprise Resource Planning - ERP) uma forma de contornar problemas de integração entre as operações, bastante comuns em sistemas transacionais tradicionais. Os ERPs são sistemas corporativos que interligam várias funções dentro da empresa através de processos, gerenciamento de dados e padronização de linguagem para toda a empresa.

O controle gerencial é caracterizado por um enfoque crítico, que visa avaliar o desempenho das diversas atividades das empresas. Este nível focaliza as atividades de Marketing, Produção, Logística, Finanças, Recursos humanos, etc., disponibilizando relatórios pré-programados sobre a eficiência da empresa, tais como os sistemas de informações gerenciais (SIG). Um aplicativo que vem ganhando espaço junto às empresas, como facilitador na geração de relatórios gerenciais, é o Data Warehouse (DW). Este sistema

armazena dados, atuais e históricos, das diversas áreas da empresa em um banco único com a finalidade de facilitar a elaboração de relatórios.

O apoio à decisão caracteriza-se pelo uso de “softwares” para apoiar atividades operacionais, táticas e estratégicas que possuem elevado nível de complexidade. Tais ferramentas permitem uma melhoria na eficiência das operações logísticas, incrementando o nível de serviço e a redução de custos NAZÁRIO (FLEURY et. al., 2001). Neste nível encontram-se os sistemas de apoio à decisão (SAD). Estes sistemas, permitem aos usuários a análise de “trade-offs”, avaliações de cenários e o controle das operações logísticas. Dependendo da complexidade da cadeia logística e da relação custo/benefício, as ferramentas utilizadas podem ser desenvolvidas ou adquiridas no mercado. Entre estas, destacam-se os “softwares” APS (Advanced Planning Systems), Caps e i2.

No planejamento estratégico as informações logísticas são sustentáculos para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da estratégia logística. Com frequência, as decisões tomadas são extensões do nível de apoio à decisão, embora sejam mais abstratas, menos estruturadas e com foco no longo prazo NAZÁRIO (FLEURY et. al., 2001) .

Nestes últimos anos as empresas têm expandido suas cadeias de suprimento, envolvendo também fornecedores e clientes. Em face disto, novos conceitos e tecnologias surgiram, tais como:

- EDI (Eletronic Data Interchange) – que visa a troca de informações estruturadas de negócios, via computador-a-computador;
- ECR (Efficient Consumer Response) – que através da padronização de informações e operações entre parceiros, torna a cadeia de suprimento mais ágil;
- CRM (Customer Relationship Management) – que permite que as empresas atraiam, retenham e satisfaçam clientes através do marketing e do atendimento via EDI, WEB, Call Center, entre outros;
- JIT (Just-in-Time) – que se baseia no atendimento das necessidades dos clientes internos e externos, no tempo e quantidades necessárias, evitando-se a manutenção de grandes estoques.

- MRP (Material Requirement Planning) – que é uma técnica para o planejamento das necessidades de materiais orientada por um programa mestre de produção, relacionando as demandas de componentes aos programas de produção de itens.
- MRP II (Manufacturing resource Planning) – que é o planejamento e programação eficiente de recursos, mão-de-obra, instalações, materiais e ferramentas de uma empresa de manufatura.

Na PETROBRAS, a área de Tecnologia da Informação (TI) tem acompanhado a tendência mundial das grandes empresas, introduzindo diversas metodologias inovadoras na Companhia. Entre estas, destacam-se:

- Sistemas baseados em conhecimento;
- Redes neurais;
- Algoritmos de busca local;
- Sistemas de informações geográficas;
- Simulações;
- Modelos estatísticos e de previsão;
- Sistemas de informações para executivos;
- Inteligência empresarial;
- Data Warehouse;
- Datamining;
- Enterprise Resource Planning.

Na área do Abastecimento, destacam-se:

- A implantação em 1998, do Vantive. Este projeto é composto de três módulos: Sistema de Atendimento ao cliente (SAC), Canal Cliente e Comercialização de Produtos.
- Desenvolvimento e implantação de um aplicativo que permite a realização de operações comerciais e a prestação de serviços associados ao cliente, via Internet.

- Integração de diversos sistemas de informação corporativos, adotando os conceitos de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM), tais como:
  - BDEMQ – Banco de Dados de Estocagem, Movimentação e Qualidade;
  - BDSUP – Banco de Dados de Suprimento;
  - SISTRAM – Sistema de Informações de Transporte Marítimo;
  - PLANAB – Modelo de Planejamento do Abastecimento;
  - FAC – Sistema de Faturamento.

### **3.4 Conclusões do Capítulo**

Conforme mostrado, neste capítulo, a logística envolve o gerenciamento dos fluxos de informação e de material através a cadeia de suprimento. Também foi visto que o sucesso deste gerenciamento depende em grande parte da integração de todos elos da cadeia de suprimento através o compartilhamento das informações entre todos os seus participantes.

O processo logístico pode ser visto de forma mais clara se considerarmos a cadeia de suprimento de produtos especiais. Nesta cadeia, a área de Logística é responsável tanto pelo fornecimento de matérias-primas necessárias à área de Refino para a produção dos derivados de petróleo, quanto pela forma com que os derivados produzidos são armazenados e distribuídos até os clientes, segundo o nível de serviço estabelecido pela área de Marketing.

O gerenciamento destas interfaces entre áreas se dá a partir do planejamento operacional, quando os fluxos de informações provenientes das áreas de Marketing, Refino e E&P, são consolidados pela área de Logística e serão bases para a elaboração do mesmo.

A integração entre as áreas de Logística e de Marketing é mais complexa. Primeiro, porque o nível de serviço está diretamente associado com os custos de prover esse serviço, o que acaba gerando constantes conflitos entre estas áreas. Segundo, pelas características das atividades envolvidas entre estas áreas, onde a área de Marketing é vista como estratégica e a área de Logística assumindo um papel meramente operacional. Entretanto, conforme visto, quando a área de Marketing decide sobre qual estratégia do composto de marketing deverá ser

seguida, é a área de Logística quem irá coordenar tal implementação. Portanto, é fundamental a integração da área de Logística ao processo decisório, de forma a permitir que a companhia possa otimizar os recursos necessários para a execução de tal tarefa.

Outro fato que corrobora a importância da integração da Logística com o Marketing é o surgimento do "e-commerce", que exige o planejamento e a estruturação da rede logística da empresa para atuar neste tipo de comércio.

Finalmente, a importância da informação no desenvolvimento da logística moderna como fator de integração dos subsistemas de toda a cadeia logística. A revolução da tecnologia de informação tem permitido que as empresas disponibilizem uma grande massa de informações, abrangendo todos os níveis hierárquicos da organização. Esses fluxos de informações que permeiam toda a organização são os chamados sistemas de informações. Estes sistemas permitem a coleta, o armazenamento, o processamento, a recuperação e a disseminação das informações.

Tais sistemas são importantes fontes de informações para o gerenciamento e para o processo de tomada de decisão nas empresas. Entretanto, nem todos os sistemas de informações são considerados como sistemas de apoio à decisão. Os sistemas de apoio à decisão, avaliam, simulam e também fornecem soluções, entre outras funções.

As empresas estão usando os sistemas de informações como uma ferramenta para a obtenção de competitividade no desenvolvimento de novos produtos e serviços, bem como no desenvolvimento de novas formas de se relacionar com seus fornecedores e clientes.

No próximo capítulo aborda-se a modelagem de sistemas de apoio à decisão que serve como base para a aplicação do capítulo cinco.

## **CAPÍTULO 4 - MODELAGEM DE SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO**

Este capítulo apresenta uma continuação da revisão bibliográfica, descrevendo o processo de tomada de decisão, a evolução dos sistemas de apoio à decisão e a arquitetura básica de um sistema de apoio à decisão. Finalmente, é feita uma abordagem sobre a modelagem em planilhas eletrônicas.

### **4.1 Tomada de Decisão e Solução de Problemas**

O processo de tomada de decisão nas organizações tem se tornado uma tarefa cada vez mais complexa e dinâmica. Devido às mudanças que vêm ocorrendo no ambiente externo organizacional, os gerentes estão tendo que lidar com uma imensa quantidade de informações necessárias ao processo decisório, bem como solucionar problemas cada vez mais multidisciplinares.

Segundo STAIR (1998), a solução de problemas começa com a tomada de decisões. Para explicar os processos de tomada de decisões e de solução de problemas, um modelo desenvolvido por Hebert Simon e mais tarde expandido por George Huber, acha-se mostrado na figura 10.

Figura 10 - Modelo de Simon



Fonte: Stair (1998, p.33)

STAIR (1998), cita que o primeiro estágio da fase de tomada de decisão do processo de solução de problemas é o da inteligência. Neste estágio, os problemas e/ou oportunidades são identificados e definidos. É a fase do entendimento do problema.

No estágio de projeto, as soluções alternativas para o problema são desenvolvidas. É a fase onde são identificados os cursos de ação e as soluções possíveis são modeladas.

O último estágio da fase de tomada de decisão, o estágio de escolha, requer a seleção de um curso de ação. É a fase onde deve ser escolhida uma das alternativas com base na análise do estágio anterior.

A solução de problemas inclui e vai além da tomada de decisão. Ela também inclui o estágio de implementação, quando uma ação é executada para efetivar a solução.

O estágio final do processo de solução de problemas é denominado estágio de monitoramento. Neste estágio, os tomadores de decisões avaliam a implementação da solução.

Conforme pode ser observado, a complexidade do processo de tomada de decisão depende do grau de como o problema for entendido e estruturado pelo decisor.

Os problemas podem ser classificados como:

- Problemas estruturados – são aqueles que podem ser perfeitamente definidos, pois suas variáveis são conhecidas. São facilmente automatizados. Podem ser subdivididos em três categorias:

- Decisões sob certeza – onde as variáveis são conhecidas e a relação entre a ação e as conseqüências, é determinista.
- Decisões sob risco – onde as variáveis são conhecidas e a relação entre a conseqüência e a ação é conhecida em termos probabilísticos.
- Decisões sob incerteza – onde as variáveis são conhecidas, mas as probabilidades para determinar a conseqüência de uma ação são desconhecidas ou não podem ser determinadas com algum grau de certeza.

- Problemas não-estruturados – são aqueles que não podem ser claramente definidos, pois uma ou mais de suas variáveis são desconhecidas ou não podem ser determinadas com algum grau de confiança. São difíceis de serem automatizados, pois envolvem a necessidade de julgamento humano.

Segundo STAIR (1998), inúmeros fatores influenciam a seleção dos tomadores de decisão quanto à solução. Um destes fatores é se a decisão pode ser programada ou não. As decisões programadas são aquelas tomadas mediante uma regra, procedimento ou método quantitativo. Estas decisões são tomadas frente a problemas simples e complexos, porém rotineiros. Neste caso, as variáveis do problema podem ser definidas, previstas e analisadas. Por outro lado, as decisões não-programadas lidam com situações incomuns ou excepcionais. Estas decisões são tomadas frente a problemas não-rotineiros, tendo soluções específicas oriundas de um processo não-estruturado.

As decisões tomadas num nível estratégico tendem a ser decisões não-programadas, enquanto as decisões tomadas em níveis mais próximos do operacional, tendem a ser decisões programadas.

Dada a natureza do planejamento das operações logísticas dos produtos especiais, onde as decisões ocorrem nos níveis tático e operacional, no presente estudo estaremos lidando com problemas estruturados e decisões programadas.

## 4.2 Abordagem de Otimização, Satisfação e Heurística

### 4.2.1 Otimização

As técnicas de otimização matemática são ferramentas fundamentais para aumentar a eficiência e a eficácia dos processos decisórios nas empresas.

Segundo STAIR (1998), um modelo de otimização encontrará a melhor solução, geralmente a que mais ajudará a organização a realizar suas metas. Tipicamente envolve a determinação de como alocar os recursos de tal forma a maximizar lucros ou minimizar custos.

Como exemplos de situações de tomada de decisões onde se fazem usos de modelos de otimização, estão: a determinação do “mix” de produtos, planos de produção e planejamento financeiro.

Normalmente, um modelo matemático de otimização é constituído de quatro elementos básicos:

- Dados
- Variáveis (contínuas, semi-contínuas, binárias, inteiras)
- Restrições (igualdades, desigualdades)
- Função Objetivo

Segundo Floudas (1995), a estrutura de um problema de otimização pode ser representada como:

Minimizar  $F(x, y)$

$$\begin{aligned} \text{Sujeito a:} \quad & \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \mathbf{0} \\ & \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \mathbf{0} \\ & \mathbf{x} \in \mathbf{X} \subseteq \Re^n \\ & \mathbf{y} \in \mathbf{Y} \text{ discreto (inteiro)} \end{aligned}$$

onde  $\mathbf{F}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  é a função objetivo,  $\mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  são as equações que descrevem a performance do sistema ( $\mathbf{m}$  equações de igualdade),  $\mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  são as inequações que definem as restrições ( $\mathbf{p}$  restrições de desigualdade),  $\mathbf{x}$  é um vetor de  $\mathbf{n}$  variáveis contínuas e  $\mathbf{y}$  é um vetor de  $\mathbf{r}$  variáveis discretas (inteiras), as quais geralmente tomam o valor  $\mathbf{0} - \mathbf{1}$  para a seleção de uma ação.

Com base nesta estrutura, os problemas de programação matemática podem ser definidos como:

- Programação linear (linear programming – LP)

Quando a função objetivo e as restrições são funções lineares e o conjunto  $\mathbf{Y}$  de variáveis inteiras é vazio.

Problemas de programação linear são geralmente resolvidos por algoritmos Simplex.

- Programação não-linear (nonlinear programming – NLP)

Quando a função objetivo e/ou as restrições contém uma ou mais funções não lineares e o conjunto  $\mathbf{Y}$  de variáveis inteiras é vazio.

Problemas de programação não-linear são resolvidos com os métodos GRG (Generalized Reduced Gradient) ou SQP (Sequential quadratic programming).

- Programação mista-inteira linear (mixed integer linear programming – MILP)

Quando a função objetivo e as restrições são funções lineares e o conjunto  $Y$  de variáveis inteiras é não-vazio.

Problemas de programação mista-inteira linear são resolvidos utilizando-se diversos algoritmos, entre estes destacam-se o método de Branch&Bound com relaxação LP e o método de planos cortantes (Cutting planes – CP). Para problemas que envolvem tomadas de decisão sequenciais é utilizada a programação dinâmica.

- Programação mista-inteira não-linear (mixed integer nonlinear programming – MINLP)

Quando a função objetivo e/ou as restrições contém uma ou mais funções não-lineares e o conjunto  $Y$  de variáveis inteiras é não vazio.

Os problemas de programação mista-inteira não-linear são de natureza bem mais complexas que os anteriormente apresentados, uma vez que combinam todas as dificuldades de resolução dos problemas NLP e MILP. KALLRATH (1997) cita que, até o momento, não existe um algoritmo que possa resolver estes problemas de forma geral. Entretanto, existem métodos determinísticos para a resolução de problemas MINLP (convexos), tais como:

- Branch&Bound – desenvolvido por Gupta e Ravindram (1985);
- Decomposição de Benders generalizada (GDB) – desenvolvido por Geoffrion (1972);
- Método da aproximação externa – desenvolvido por Duran e Grossmann (1986).

No presente estudo, foi utilizado para otimização o Microsoft Excel Solver. O Solver usa tanto para resolução de problemas lineares quanto inteiros o método Simplex com limites sobre as variáveis e o método de desvio e limite, implementado por John Watson e Dan Fylstra, da Fontline Systems, Inc. Para problemas de otimização não linear, o Solver utiliza o

método do gradiente reduzido generalizado (GRG2), desenvolvido por Leon Lasdon, da Universidade do Texas em Austin e Allan Waren, da Universidade Estadual de Cleveland.

#### **4.2.2 Satisfação**

Segundo STAIR (1998), o modelo de satisfação é o que encontrará uma boa – embora não necessariamente a melhor – solução para o problema. A satisfação normalmente não leva em consideração todas as soluções possíveis, mas aquelas que têm maior probabilidade de dar bons resultados.

Uma aplicação do modelo de satisfação é no estudo de localização de uma planta industrial, onde determinadas condições devem ser atendidas, tais como: disponibilidade de utilidades (água para captação, energia elétrica), infra-estrutura para recebimento e escoamento de matérias-primas e produtos, proximidade do mercado, mão-de-obra adequada, custos de construção, incentivos fiscais, entre outros.

#### **4.2.3 Heurística**

A heurística, freqüentemente referida como “método do empírico” – diretrizes ou procedimentos comumente aceitos que geralmente encontram uma boa solução – é na maioria das vezes usada no processo de tomada de decisão STAIR (1998). São procedimentos de análise em que se utilizam regras indutivas.

### **4.3 Sistemas de Apoio à Decisão**

Conforme já mencionado, o ambiente organizacional está mais complexo. O nível de informações aumentou muito, não só pela necessidade de maior conhecimento sobre o ambiente externo organizacional, mas também, pela necessidade do conhecimento dos processos dentro das organizações.

Neste quadro, os gerentes vêm enfrentando um grande desafio – tomar decisões sobre problemas cada vez mais complexos num tempo cada vez menor. Como consequência, uma

busca maior por ferramentas que permitam a análise de dados e diversos tipos de consultas, bem como facilitem a tomada de decisão e o controle das operações dentro das organizações.

Uma das ferramentas é a utilização de modelos e da modelagem. PIDD (1998), afirma que, se usados com sensibilidade, os modelos e a modelagem fornecem uma maneira de gerenciar o risco e a incerteza e que nesse sentido podem ser considerados “ferramentas para pensar”.

Quando aplicadas ao processo decisório, tais ferramentas são conhecidas na literatura como Sistemas de Apoio à Decisão – SAD.

SPRAGUE e WATSON (1991) citam que os conceitos envolvidos nos sistemas de apoio à decisão foram articulados inicialmente no início da década de 70, por Michael S. Scott Morton, sob o termo “sistemas de decisões gerenciais”. A partir de então, empresas e pesquisadores começaram a desenvolver e a pesquisar sobre esses sistemas, os quais começaram a ser caracterizados como sistemas computacionais interativos, que ajudavam os responsáveis pela tomada de decisões a utilizar dados e modelos para resolver problemas não estruturados.

Os anos 80 marcam a chegada ao mercado de novos “softwares”, como as planilhas eletrônicas e os programas de visualização gráfica dos dados.

Na década de 90, surgiram novas ferramentas de apoio à decisão, entre estas o ERP (Enterprise Resource Planning), o OLAP (On-Line Analytical Processing), o datamining e o data warehouse.

#### **4.3.1 Características dos sistemas de apoio à decisão**

Segundo STAIR (1998), um sistema de apoio à decisão é um conjunto organizado de pessoas, procedimentos, “software”, banco de dados e dispositivos utilizados para dar suporte à tomada de decisões específicas de um problema.

Os sistemas de apoio à decisão permitem associar informações provenientes de diversas fontes de dados para criar cenários que suportem o processo de tomada de decisão

em todos os níveis de uma organização. Geralmente estes sistemas apresentam as informações, de forma customizada, em planilhas eletrônicas e/ou gráficos.

Segundo ALTER (1996) existem duas classes de sistemas de apoio à decisão: os que se baseiam em dados e os que se baseiam em modelos. Os sistemas baseados em dados caracterizam-se pelo tratamento, recuperação e estatísticas de grandes volumes de dados. Enquanto os sistemas baseados em modelos, são utilizados em situações onde a decisão exige a consideração de um número significativo de variáveis interdependentes. Estes sistemas são compostos de modelos analíticos, usando técnicas de pesquisa operacional, segundo as necessidades do decisor.

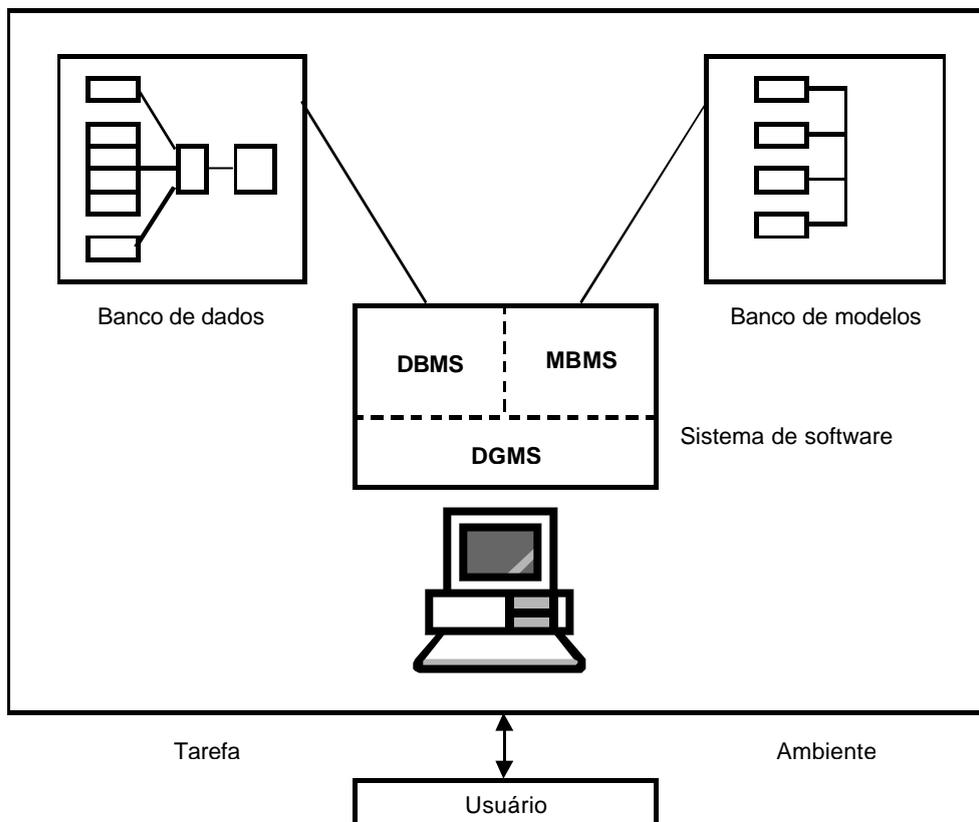
STAIR (1998) cita algumas características que um sistema de apoio à decisão deve possuir:

- Manipular grande volume de dados;
- Obter e processar dados de fontes diferentes;
- Proporcionar flexibilidade de relatórios e de apresentação;
- Possuir orientação tanto textual quanto gráfica;
- Executar análises e comparações complexas e sofisticadas utilizando pacotes de “softwares” avançados;
- Dar suporte às abordagens de otimização, satisfação e heurística;
- Executar análises de simulações e de atingimento de metas.

#### **4.3.2 Componentes de um sistema de apoio à decisão**

Segundo SPRAGUE e WATSON (1991), um sistema de apoio à decisão é constituído de um banco de dados, um banco de modelos, e um sistema de “software” complexo para vincular o usuário a cada um deles, conforme mostrado na figura 11.

Figura 11 - Componentes de um sistema de apoio à decisão



Fonte: Sprague & Watson (1991, p.28)

Com base na figura 11, SPRAGUE & WATSON (1991) citam que tanto o banco de dados quanto o banco de modelos possuem alguns componentes inter-relacionados, e que o sistema de “software” é composto de três conjuntos de recursos: o “software” para gerenciamento de dados (DBMS), o “software” para gerenciamento do banco de modelos (MBMS), e o “software” para gerenciamento da interface entre o usuário e o sistema, que pode ser denominado “software” para gerenciamento de geração de diálogos (DGMS).

STAIR (1998) cita que um sistema de apoio à decisão típico, além dos componentes já mencionados, deve conter uma conexão para bancos de dados externos (corporativos) e acessos a outros sistemas baseados em computadores.

### Banco de dados e Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados

O banco de dados tem um papel importante na elaboração do sistema de suporte à decisão, visto que representa uma ferramenta indispensável para sua construção.

SPRAGUE e WATSON (1991) ressaltam que a abordagem de um banco de dados aplicável a um sistema de apoio à decisão é diferente da abordagem de um banco de dados de sistemas tradicionais. Isto se deve, em primeiro lugar, às características do processo decisório, a qual lida com diversas fontes de dados, internas e externas. Segundo, a necessidade de dados suplementares, que normalmente não estão disponíveis em banco de dados tradicionais. Terceiro, diz respeito à forma de extração e obtenção de dados nestas fontes adicionais.

Um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) é um sistema que armazena e recupera informações em um banco de dados. Entre os SGBDs existentes no mercado, estão os sistemas de gerenciamento de banco de dados relacional, os quais armazenam e recuperam informações de acordo com os relacionamentos pré-estabelecidos, e as tecnologias de bancos de dados orientados a objetos, que permitem além dos recursos básicos, a utilização de recursos multimídia.

O importante é que a base de dados deve ser capaz de reunir todas as informações necessárias sobre o problema e gerenciá-las de forma adequada.

### Banco de Modelos e Sistemas de Gerenciamento de Banco de Modelos

O propósito do banco de modelos (BM) de um sistema de apoio à decisão é proporcionar aos tomadores de decisões acesso a uma variedade de modelos e auxiliá-los no processo decisório.

A vantagem da utilização de modelos é a capacidade de simulação, uma vez que a modelagem geralmente é menos dispendiosa do que a experimentação com abordagens de sistemas reais.

Os modelos utilizados nos sistemas de apoio à decisão podem ser desenvolvidos para análise de “trade-offs”, prever a participação no mercado, a rentabilidade de um negócio,

planejamento das operações logísticas e da produção, “mix” de produtos, roteirização em transportes, localização de instalações, planejamento orçamentário, etc.

Um banco de modelos, conforme mencionado anteriormente, pode utilizar diversas técnicas de Investigação Operacional, tais como: otimização matemática, satisfação, heurística, grafos, modelos de filas, análise das decisões, inteligência artificial, etc. Também pode incorporar diferentes níveis de abordagens, envolvendo modelos estratégicos, táticos e operacionais.

Segundo BINDER (1994), os sistemas gerenciadores de banco de modelos (SGBM) têm capacidades análogas às do sistema gerenciador de banco de dados, ou sejam:

- Criação e alteração de modelos rápida e facilmente;
- Manutenção e armazenagem de uma ampla variedade de modelos, abrangendo diversos tipos de tomada de decisão e atendendo a todos os níveis gerenciais;
- Inter-relacionamento entre os modelos através do banco de dados do SAD;
- Gerenciamento de todos os modelos através de funções de manipulação, criação, manutenção e atualização.

O sistema gerenciador de banco de modelos (SGBM) tem funções análogas ao SGBD. NETO (2000) cita que diversos autores concordam que as funcionalidades de SGBM podem ser extraídas de SGBD convencionais. Ainda, que o modelo é considerado como usuário do dado, capaz de transformá-lo. Conseqüentemente, entrada e produto do modelo são dados armazenados no banco de dados e manipulados pelo SGBD.

A interface com o usuário, ou gerenciador de diálogo, possibilita que os usuários interajam com o sistema de apoio à decisão para obter informações.

#### **4.4 Modelagem em Planilhas Eletrônicas**

Até recentemente, os sistemas de apoio à decisão eram desenvolvidos por profissionais de informática, em ambiente de “mainframe”. A relação entre estes profissionais e os usuários destes sistemas, era dificultada pela linguagem excessivamente técnica empregada pelos

profissionais de informática. Com os custos decrescentes da tecnologia de informação, e o uso cada vez mais fácil de “softwares”, na forma de pacotes de planilhas eletrônicas, os usuários passaram a desenvolver seus próprios sistemas de apoio à decisão.

COLES (1996), cita que embora ainda exista um papel para os sistemas de apoio à decisão organizacional, cada vez mais gerentes estão buscando construir seus próprios modelos. Isto é mais freqüente dentro de uma organização avançada em tecnologia de informação, onde os gerentes se sentem confortáveis com a TI como uma ferramenta.

PIDD (1998), menciona que problemas de grande porte requerem sistemas computacionais potentes. Entretanto para problemas de médio porte, recomenda a utilização de planilhas eletrônicas com recursos para resolução de problemas. Entre estas, o “What`s Best?” (Lindo Systems) para Lotus 1-2-3, o Microsoft Excel e Borland Quattro, e ainda o Solver (Microsoft) para Microsoft Excel.

O uso de planilhas eletrônicas está cada vez mais difundido entre os gerentes como sistemas de apoio à decisão, devido as seguintes características:

- Planilhas eletrônicas oferecem uma grande variedade de funções aritméticas padrão, e podem assim calcular taxas internas de retorno e valor presente líquido, e têm funções estatísticas comuns tais como desvio padrão;
- Relatórios são disponibilizados, incluindo diagramas e gráficos;
- Modelos podem ser desenvolvidos os quais interagem e extraem dados a partir de uma base de dados;
- Análises “What-if”, ou cenários, onde os usuários podem modificar os valores de uma ou mais variáveis num modelo, e a partir de tabelas ou gráficos contemplar as implicações dos vários cenários;
- Análise de sensibilidade permite ao usuário testar qual será efeito sobre as saídas do modelo ocorrerá quando são realizadas alterações nas variáveis assumidas;
- Atingir metas permite aos usuários descobrir o valor que uma variável particular deve assumir para um desejado nível de performance;

- Otimização permite aos usuários identificar os valores de um leque de variáveis as quais otimizarão variáveis associadas com as saídas.

COLES (1996), entretanto, ressalta a existência de alguns inconvenientes quando do desenvolvimento ad hoc de modelos em planilhas eletrônicas:

- Muitos modelos são desenvolvidos de forma rápida e como resultado são mal estruturados, pesados, e de difícil manutenção;
- O relacionamento entre os dados do modelo de planilhas eletrônicas dos gerentes e aqueles disponíveis em outros sistemas de informações dentro da organização ou externamente.

Para contornar tais inconvenientes, é recomendável a utilização de metodologias de modelagem e/ou apoio de profissionais de informática. O importante é que o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão deve envolver diretamente os usuários finais.

## **4.5 Conclusões do Capítulo**

As crescentes mudanças na ambiência externa às empresas têm aumentado a quantidade de informações a serem consideradas no processo decisório das organizações. Não só a disponibilidade das informações cresceu, como também se tornou mais rápida. Os problemas também ficaram mais complexos devido à natureza multidisciplinar assumida pelos mesmos.

Tal contexto levou as organizações a buscarem ferramentas que permitam a análise e consultas de dados, bem como auxiliem no processo decisório. Entre estas ferramentas estão os sistemas de apoio à decisão (SAD).

Conforme visto no modelo de SPRAGUE e WATSON (1991), a arquitetura básica de um sistema de apoio à decisão inclui dados, modelos e usuário.

O banco de dados tem um papel fundamental num sistema de apoio à decisão. A abordagem de um banco de dados de um SAD é diferente do banco de dados de sistemas

tradicionais. O banco de dados de um SAD lida com diversas fontes de dados, internas e externas, além de conter dados suplementares que não se encontram disponíveis nos bancos de dados tradicionais.

Outro elemento importante é o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), o qual armazena e recupera informações em um banco de dados. Um SGBD também incorpora outras funcionalidades, tais como, a geração de relatórios e formulários básicos para a entrada de dados.

O banco de modelos tem a finalidade de proporcionar aos tomadores de decisões acesso a uma variedade de modelos e auxiliá-los no processo decisório. Um banco de modelos possibilita a utilização de diversas técnicas de Investigação Operacional, tais como: otimização matemática, satisfação, heurística, etc. Também permite a incorporação de diferentes níveis de abordagens, envolvendo modelos estratégicos, táticos e operacionais.

No capítulo a seguir é apresentada a descrição da modelagem de um sistema de apoio à decisão para o planejamento das operações logísticas de produtos especiais e a aplicação prática desta modelagem.

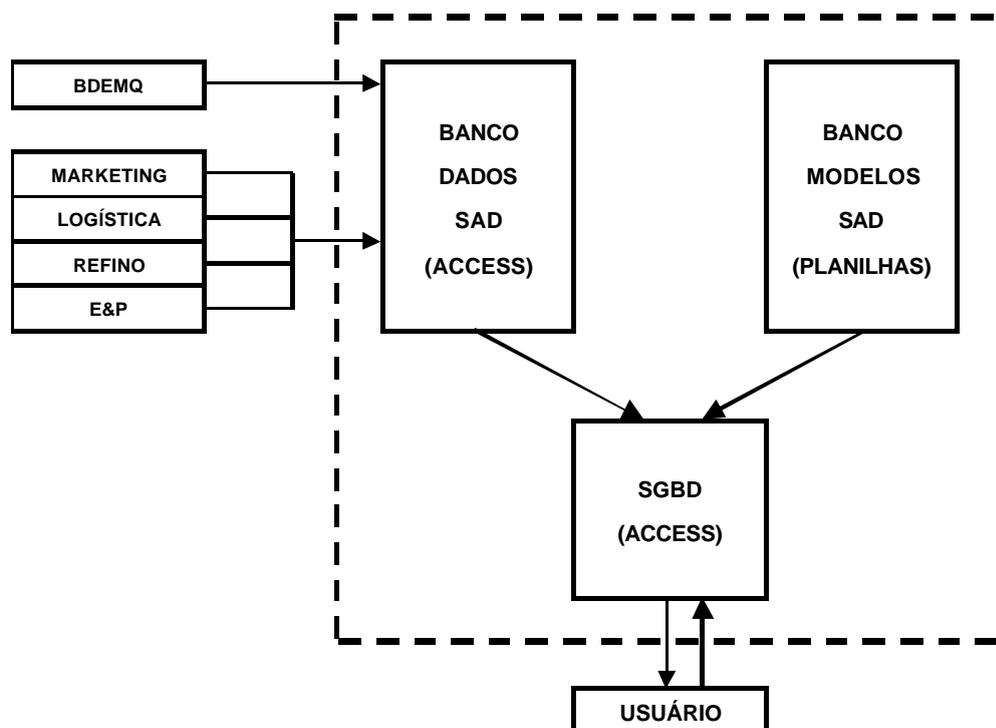
## CAPÍTULO 5 – DESCRIÇÃO DA MODELAGEM E APLICAÇÃO PRÁTICA

Este capítulo trata do desenvolvimento de uma modelagem de um sistema de apoio à decisão destinada ao planejamento das operações logísticas de produtos especiais da PETROBRAS e de sua aplicação prática ao segmento de solventes. A análise e a interpretação dos resultados da aplicação prática são apresentadas no final deste capítulo.

### 5.1 Descrição da Modelagem

A figura 12 apresenta a modelagem de um sistema de apoio à decisão para as atividades do planejamento das operações logísticas de produtos especiais, aqui denominado como SADE, baseada no modelo de SPRAGUE e WATSON (1991).

Figura 12 – Modelagem do SADE



Os componentes que compõem o SADE, são:

Banco de Dados de Estoque, Movimentação e Qualidade (BDEMQ)

O BDEMQ é um Banco de dados transacional que contém informações, de toda a PETROBRAS, referentes a estoques (em tanques, navios, dutos e outros locais), movimentações (quantidades diárias de operações, composições, degradações, etc.) e qualidade (amostras e resultados de laboratório, associados aos estoques).

Este sistema transacional tem como plataforma tecnológica:

- “Hardware” – IBM
- Gerenciador de Banco de Dados – DB2
- Linguagem de programação – CSP

As principais áreas de interface do BDEMQ são:

- Logística operacional
- Faturamento
- Contabilidade
- Desempenho empresarial
- Transporte (contrato PETROBRAS - Transpetro)
- Comércio eletrônico (canal cliente)
- Órgãos externos (ANP, IBGE)
- Joint-ventures (REFAP S/A)
- Enterprise Resource Planning

A importância do BDEMQ no modelo apresentado é, além da sua função principal como banco de dados transacional, manter a padronização dos dados (códigos, nomes completos, nomes abreviados, etc.) também no Banco de Dados do SADE.

A área de Tecnologia da Informação da PETROBRAS, disponibiliza uma base de dados em ambiente DW (Data Warehouse) do BDEMQ em ORACLE, de forma a facilitar o desenvolvimento de aplicativos em ambiente Windows.

## Banco de Dados do SADE

Seguindo a tendência na Companhia no sentido de utilização de SGBD de uso geral, em ambiente Windows para aplicações localizadas, o banco de dados foi desenvolvido em Microsoft Access 97. O Microsoft Access é um banco de dados relacional, tendo um SGBD que armazena e recupera informações de acordo com relacionamentos definidos pelo usuário. Os componentes do Access são:

- Tabelas – é um conjunto de dados sobre um assunto específico. Estes dados são exibidos em colunas (campos) e linhas (registros). Como exemplos, tabelas de produtos, tabela de mercados, tabela de preços de produtos, tabela de fretes, etc.
- Consulta – define um conjunto de critérios sobre os dados da tabela. Permite, entre outras funções:
  - Selecionar os campos que satisfaçam determinadas condições;
  - Calcular totais, médias ou valores dependentes através de expressões;
  - Alterar valores de campos em registros que satisfaçam certas condições;
  - Ordenar registros;
  - Eliminar registros que satisfaçam certas condições.

Como exemplos de consultas: saber quais as unidades de processo existem num determinado órgão.

- Formulário – um objeto utilizado para inserir, modificar e visualizar registros de dados em layout personalizado. Pode ser utilizado para exibir registros na tela ou na impressão. São construídos baseados em tabelas ou consultas.
- Relatório – um objeto utilizado para imprimir registros em layout personalizado.
- Macros – uma ação ou um conjunto de ações que pode ser utilizado para automatização de tarefas.

O Banco de Dados do SADE mantém uma interface com o DW para extração de dados, utilizando o protocolo ODBC (Open Database Connectivity). Os dados, provenientes de outras fontes, Marketing, Logística, Refino, E&P, são inseridos diretamente no Banco de Dados do SADE, pelos usuários autorizados destas áreas.

Além de armazenar os dados de entrada do modelo, o SGBD Access também guarda os resultados obtidos em cada “rodada” do modelo, permitindo a sua recuperação futuramente.

### Banco de Modelos (BM)

O Banco de Modelos é composto de planilhas eletrônicas desenvolvidas em Microsoft Excel, atualizadas pelo Banco de Dados do SADE. Cada modelo possui uma referência padrão, sendo gerenciados pelo SGBD Access. Através de uma tela de entrada em Microsoft Access, o modelo desejado é selecionado, e as informações não provenientes do Banco de Dados SADE referentes à corrida, são adicionadas. Uma vez as informações terem sido adicionadas, um modelo é gerado e os resultados são vistos nas planilhas do modelo. O próprio modelo então, caso se queira, é arquivado como documento final.

## **5.2 Implantação do Sistema**

A modelagem desenvolvida foi implementada utilizando um modelo de planejamento da produção de solventes, desenvolvido para a Refinaria Presidente Bernardes Cubatão (RPBC).

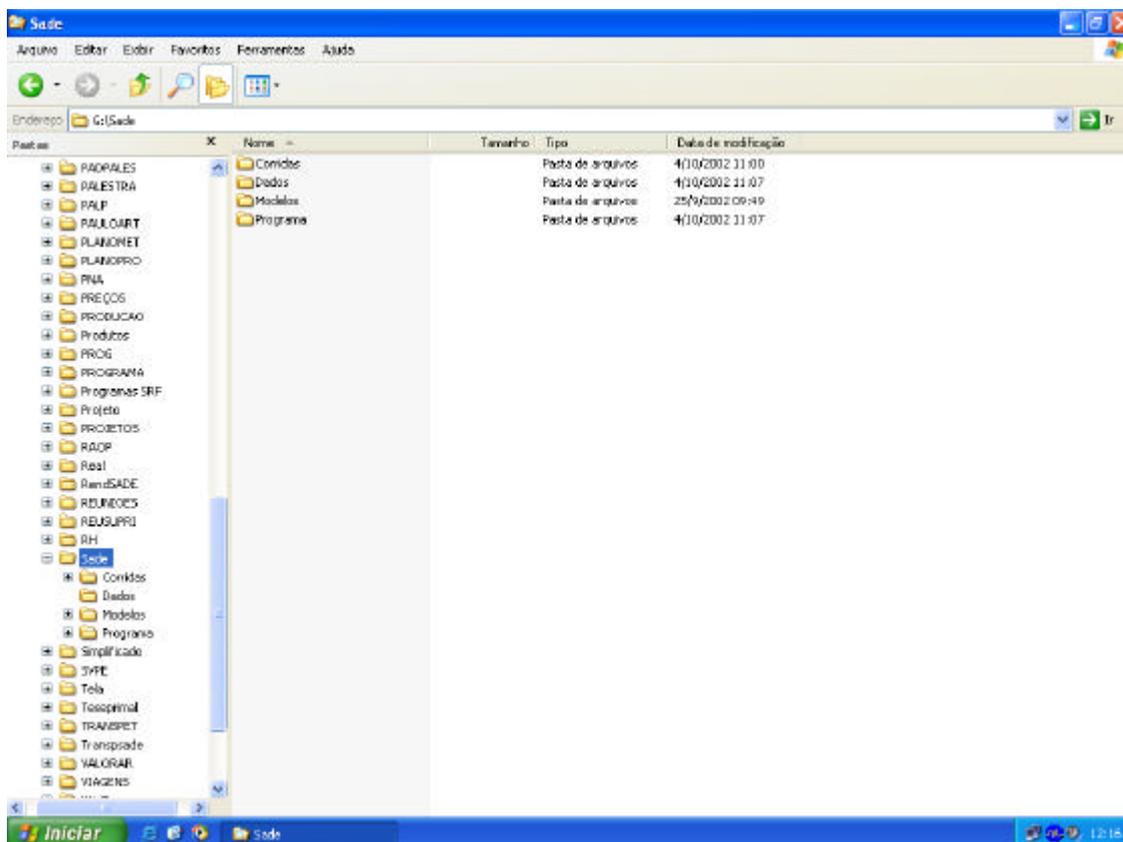
Os dados utilizados na aplicação prática foram modificados em relação à realidade, devido à necessidade de manter o aspecto confidencial dos mesmos. Entretanto, as modificações foram efetuadas de forma a não distorcerem as conclusões.

Em termos de recursos materiais foram utilizados o Microsoft Access 97 e Microsoft Excel 97, em suas versões autorizadas.

A implantação do SADE, compreendeu o desenvolvimento dos subsistemas, descritos a seguir, e mostrados na figura 13.

- Corridas – trata-se do arquivo onde são armazenadas as “corridas” ou “rodadas” efetuadas dos modelos, em Microsoft Excel 97;
- Dados – trata-se do arquivo onde se encontra o Banco de Dados (SADED), em Microsoft Access 97;
- Modelos – trata-se do arquivo onde está armazenado o Banco de Modelos, em Microsoft Excel 97;
- Programa – trata-se do arquivo onde estão armazenados os programa em Visual Basic e os formulários que compõem o sistema de gerenciamento de corridas (SADEE), em Microsoft Access 97. Este guarda um vínculo com o Banco de Dados SADED.

Figura 13 – Subsistemas do Sistema de Apoio à Decisão SADE



### 5.2.1 Banco de dados SADED

O Banco de Dados SADED, em Microsoft Access 97, foi desenvolvido em duas fases. A primeira fase compreendeu a criação das tabelas que compõem o Banco de Dados. A concepção destas tabelas consumiu muito tempo, pois o banco de dados teve que contemplar todas as informações relativas aos diversos modelos que compõem o segmento dos produtos especiais na PETROBRAS. Também algumas tabelas foram preenchidas a partir do Banco de Dados de Estocagem, Movimentação e Qualidade da PETROBRAS – BDEMQ -, visando manter a padronização das informações com os demais sistemas da companhia e possibilitar o desenvolvimento de futuros aplicativos. A segunda fase compreendeu o estabelecimento dos relacionamentos entre as diversas tabelas, visando à elaboração das tabelas básicas. As figuras 14 e 15 apresentam a lista de tabelas contidas no banco de dados e alguns dos relacionamentos entre as tabelas, respectivamente.



### 5.2.2 Banco de modelos

O Banco de Modelos, no presente estudo, é composto de modelos de planilhas em Microsoft Excel 97. Cada modelo é composto das seguintes planilhas:

Planilha “equacionamento” – nesta planilha encontram-se representadas todas as equações que compõem o modelo, no Excel/Solver.

Planilha “dados” – esta planilha contém os dados de entrada do modelo, provenientes do Módulo de tabelas básicas e da tela do Gerenciador de corridas, ambos do SADEE e descritos mais adiante. É uma planilha fixa, onde o usuário não tem nenhuma ação.

Planilha “balanço” – onde se encontram as equações do modelo, balanço e a otimização. Os resultados da corrida são apresentados nesta planilha.

Planilha “Fluxograma” – esta planilha apresenta de forma gráfica o modelo, mostrando os fluxos de cada corrente com os valores de vazão e os valores resultantes da corrida.

Planilha “Sumário” – esta planilha apresenta um sumário gerencial da corrida.

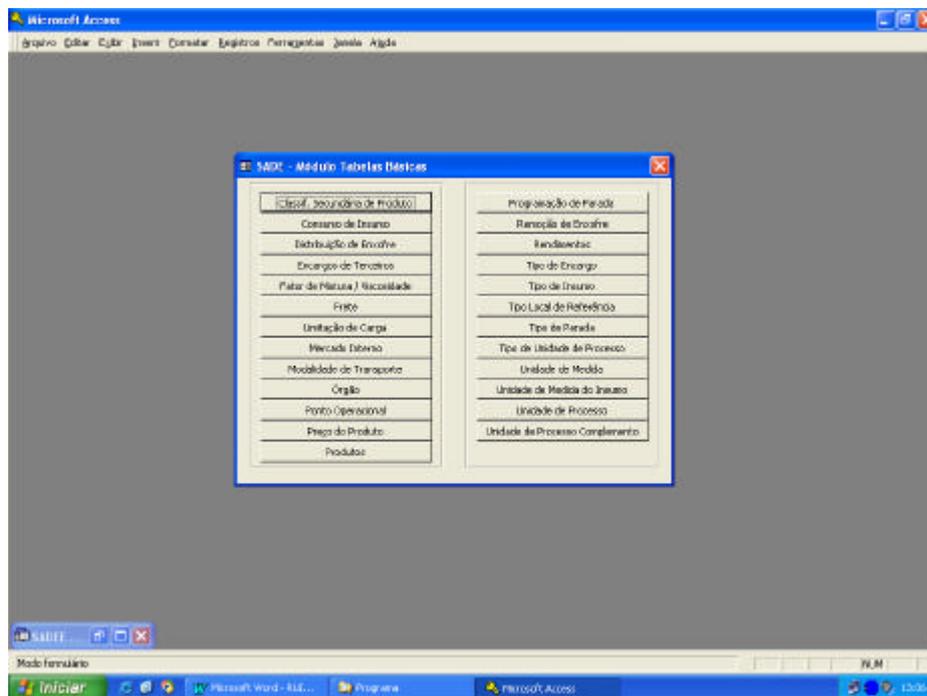
Estas planilhas serão apresentadas e detalhadas mais adiante, nas seções 5.3, 5.4 e 5.5.

### 5.2.3 Banco de dados SADEE

Conforme já mencionado, o SADEE é um Banco de Dados desenvolvido em Microsoft Access 97, onde se encontram os programas em Visual Basic, e os formulários, estando vinculado ao SADED. É no SADEE que se encontram as consultas, “queries” pré-estabelecidas desenvolvidas em função de cada modelo, que geram os dados para os modelos e gerenciam as corridas.

O SADEE apresenta um módulo de tabelas básicas, conforme mostrado na figura 16.

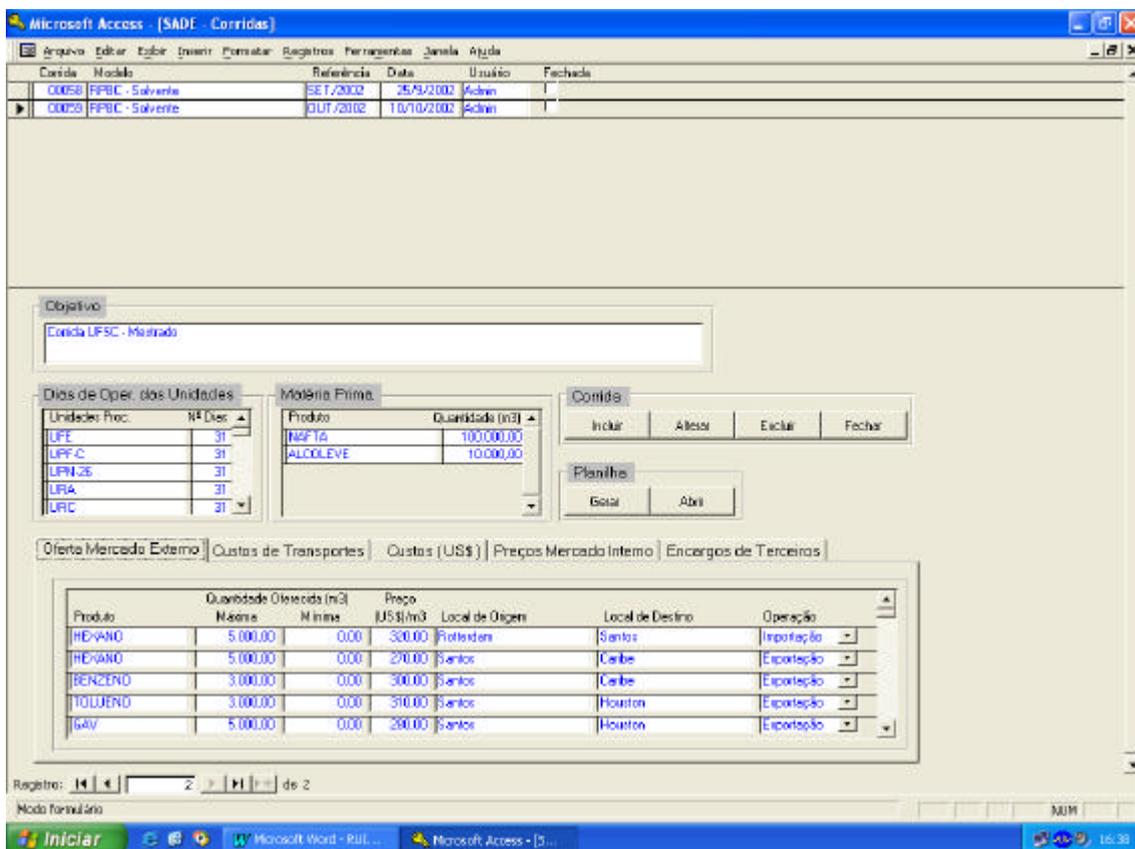
Figura 16 – Módulo de tabelas básicas



Estas tabelas são atualizadas pelos usuários autorizados do SADE, e contêm os dados que irão alimentar os diversos modelos do Banco de Modelos.

O sistema Gerenciador de Corridas é o próprio SGBD Microsoft Access. A figura 17 apresenta a tela do gerenciador de corridas dos modelos.

Figura 17 – Tela do gerenciador de corridas



Na parte central da referida figura, à direita, encontram-se disponíveis diversos botões de controle. Estes botões estão dispostos em dois blocos: Corrida e Planilha. As funções desses botões de controle são:

### Bloco “Corrida”

Botão “Incluir” – ao pressionar este botão aparecerá um formulário para seleção do modelo a ser utilizado.

Botão “Alterar” – Após selecionar o modelo, o usuário ao pressionar este botão, terá acesso para a inclusão das informações pertinentes a corrida. São os dados relativos à corrida que não são oriundos do Módulo de tabelas básicas e devem ser adicionados manualmente. Estes dados irão ser transferidos posteriormente, de forma automática, para a planilha “dados” do modelo selecionado.

Botão “Excluir” – este botão permite a exclusão de uma corrida selecionada na parte superior da tela. Trata-se de uma segurança do sistema, uma vez que o usuário preenche diversos dados manualmente nesta tela e poderia utilizar o comando “Del” eliminando uma corrida indevidamente.

Botão “Fechar” – é o último botão a ser utilizado pelo usuário, sendo pressionado para conclusão da corrida e seu arquivamento. Uma corrida fechada não pode ser mais alterada.

### Planilha

Botão “Gerar” – ao pressionar este botão, um modelo será gerado. Os dados constantes da tela do Gerenciador de Corridas e do Módulo de tabelas básicas são automaticamente transferidos para a planilha “dados” do modelo em questão.

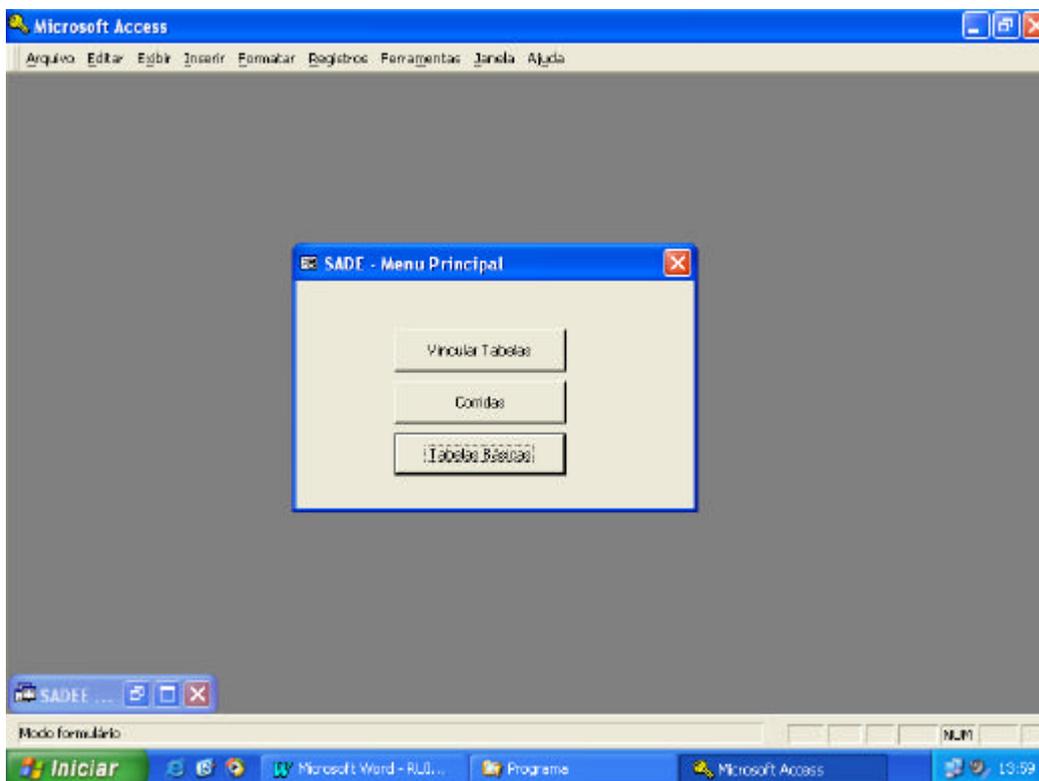
Botão “Abrir” – ao pressionar este botão o modelo de planilhas se abrirá automaticamente, apresentando as planilhas.

Os dados relativos a cada corrida, que não são provenientes do Módulo de tabelas básicas, são preenchidos nas tabelas do Gerenciador de Corridas, conforme mostrado na seção 5.4.

Segundo pode ser observado na tela de entrada, na parte superior encontra-se a referência do modelo “RPBC – Solventes” e a data da corrida. Cada corrida é numerada de forma a possibilitar a sua posterior recuperação.

Na parte central superior, encontra-se disponível um espaço para descrição dos objetivos da corrida. O sistema apresenta ainda, um menu principal de forma a possibilitar a seleção de opções, conforme pode ser observado na figura 18.

Figura 18 – Menu Principal



Segundo esta figura, as opções disponíveis para os usuários são:

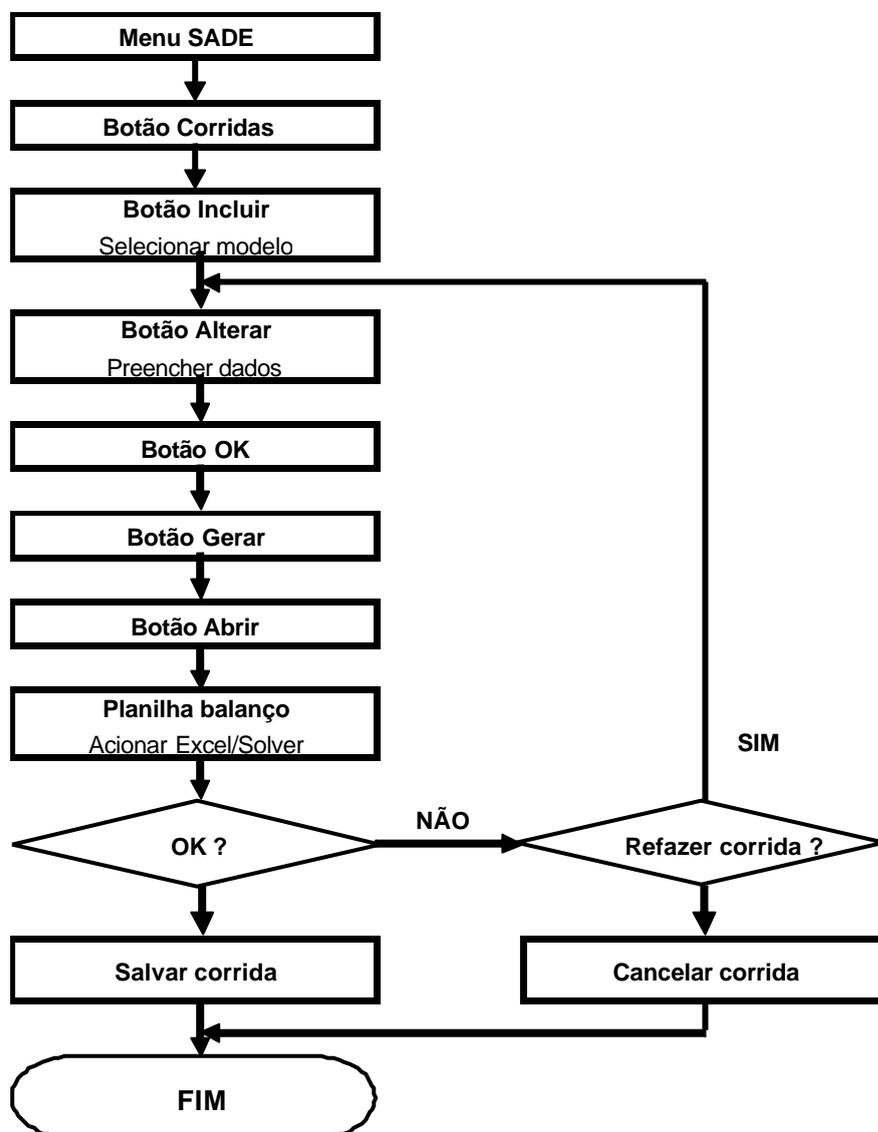
Opção “Vincular tabelas” – esta opção deve ser sempre acionada quando houver mudanças de ambiente de instalação. Esta facilidade permite utilizar o sistema em qualquer local.

Opção “Corridas” – esta opção trás a tela do Gerenciador de Corridas.

Opção “Tabelas básicas” – esta opção permite aos usuários autorizados, atualizarem os dados nas tabelas básicas do Banco de Dados SADEE.

Finalmente, a figura 19 apresenta um fluxograma mostrando os passos necessários para a realização de uma corrida.

Figura 19 – Fluxograma da corrida



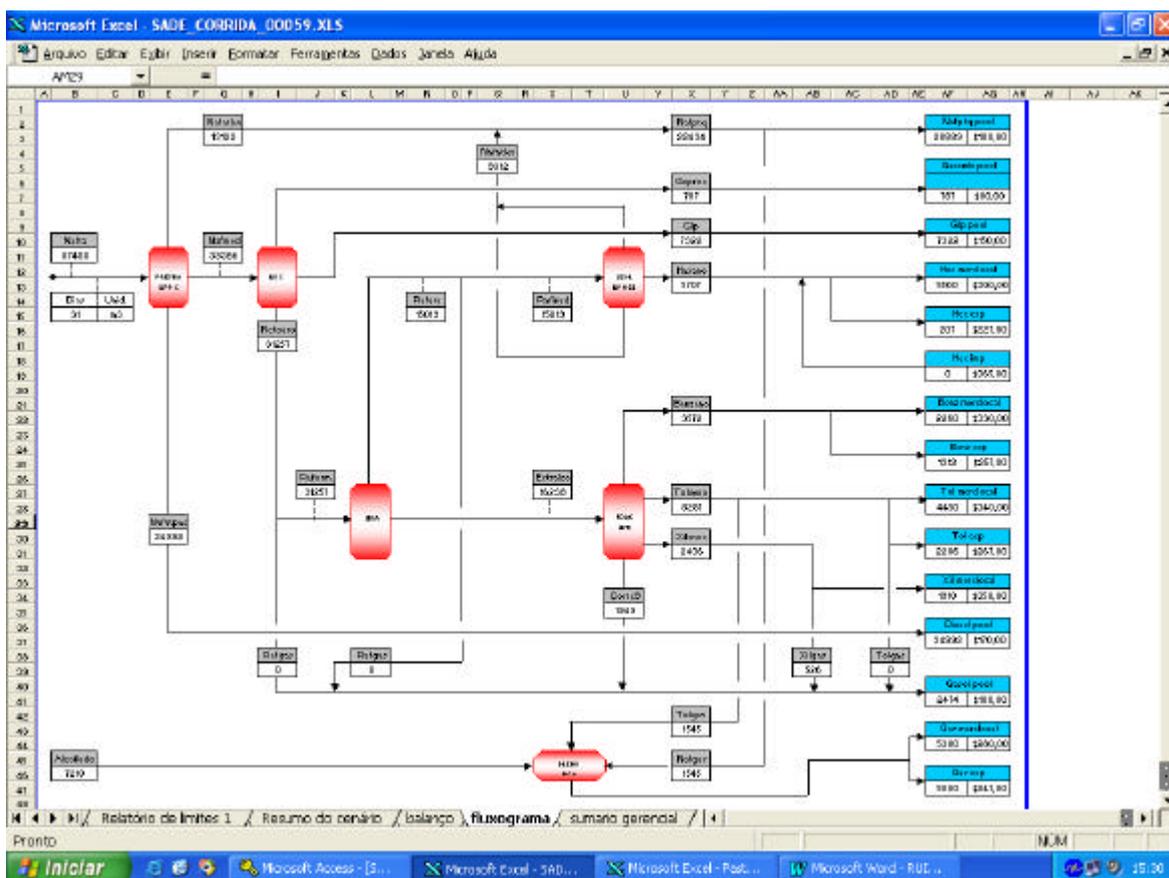
### 5.3 Formulação Conceitual do Modelo

De acordo com a metodologia do trabalho apresentada no capítulo um, nesta secção é descrito o modelo de solventes da Refinaria Presidente Bernardes Cubatão (RPBC).

### 5.3.1 Descrição do modelo

A descrição do modelo de produção de solventes da RPBC, utilizado na aplicação prática, pode ser acompanhada no fluxograma apresentado na figura 20.

Figura 20 – Fluxograma de produção de solventes da RPBC



Com base nesta figura, a matéria-prima – nafta –, é enviada a unidade de pré-fractionamento. Desta, derivam três correntes:

- Nafta leve – a qual irá compor o “pool” de nafta petroquímica da refinaria. Uma parte desta nafta irá compor o “blend” gasolina de aviação, na proporção de 15 % em volume do produto final.
- Nafta média – é a carga da unidade de reforma catalítica.
- Nafta pesada – a qual irá compor o “pool” de óleo diesel da refinaria.

A nafta média entra como carga da unidade de reforma catalítica. Desta, saem três correntes:

- Gás combustível – a qual irá compor o “pool” de gás combustível da refinaria;
- GLP – a qual irá compor o “pool” de Gás liquefeito de petróleo – GLP-, da refinaria;
- Reformado – a qual será carga da unidade de extração de aromáticos. Caso seja atrativo, parte desta corrente poderá ser desviada para o “pool” de gasolina automotiva.

A corrente de reformado entra como carga da unidade de recuperação de aromáticos. Desta, saem duas correntes:

- Extrato – a qual será carga da unidade de fracionamento de aromáticos;
- Refinado – a qual será carga da unidade de solventes. Parte desta corrente poderá ser enviada para o “pool” de gasolina automotiva, caso seja atrativo.

A corrente de extrato entra como carga na unidade de fracionamento. Desta, saem quatro correntes:

- Benzeno – este produto final destina-se ao mercado local. Caso ocorram excedentes deste produto, os mesmos poderão ser colocados no mercado externo;
- Tolueno – este produto final destina-se ao mercado local, sendo uma parte deste deslocada para compor o “blend” de gasolina de aviação, na proporção de 15%. Caso existam excedentes de tolueno, estes poderão ser colocados tanto no mercado externo quanto no “pool” de gasolina automotiva;
- Xilenos – este produto final destina-se ao mercado local, podendo ainda compor o “pool” de gasolina automotiva;
- Corrente C9+ - esta corrente destina-se ao “pool” de gasolina automotiva.

A corrente refinado oriunda da unidade de recuperação de aromáticos é enviada como carga da planta de solventes. Desta, saem duas correntes:

- Hexano – este produto destina-se ao mercado local. Por ter um mercado local com grandes variações sazonais, dependendo da época tanto pode ser exportado como importado;
- Nafta leve – esta corrente irá compor o “pool” de nafta petroquímica.

A gasolina de aviação é produzida através do seguinte “blend”:

- Nafta leve – 15% em volume;
- Tolueno – 15% em volume;
- Alquilado – 70% em volume.

Este produto destina-se ao mercado local e ao mercado externo, caso seja atrativo.

As exportações, de todos os produtos, são realizadas da seguinte forma:

- Transferência rodoviária da RPBC até Santos;
- Produto armazenado em tanques de terceiros;
- Transferência marítima de Santos até o destino.

As importações de Hexano são realizadas da seguinte forma:

- Transferência marítima do ponto de origem até Santos;
- Produto armazenado em tanques de terceiros;
- Companhias distribuidoras retiram o produto importado diretamente em tanques de terceiros.

### 5.3.2 Equacionamento do modelo

O equacionamento apresentado no modelo em estudo é mostrado a seguir:

#### Receitas

- Receita de venda no mercado interno

$$RVMI = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot PN_i)$$

Onde: RVMI = receita de venda no mercado interno, em US\$;

$Q_i$  = quantidade vendida no mercado interno do produto i, em m<sup>3</sup>;

$PN_i$  = preço no mercado interno do produto i, em US\$/m<sup>3</sup>.

- Receita de exportação de derivados

$$RED = \sum_{i=1}^n (QE_i \cdot PE_i)$$

Onde: RED = receita de exportação de derivados, em US\$;

$QE_i$  = quantidade exportada do produto i, em m<sup>3</sup>;

$PE_i$  = preço de exportação do produto i, na origem, em US\$/m<sup>3</sup>.

Sendo:  $PE_i = PCIF_i - CF_i$

Onde:  $PCIF_i$  = preço CIF do produto i, no destino, em US\$/m<sup>3</sup>;

$CF_i$  = custo de frete do produto i, origem-destino, US\$/m<sup>3</sup>.

**Receita total (RT)**

$$\mathbf{RT = RVMI + RED}$$

**Custos Variáveis**

- Custo do produto nacional

$$\mathbf{CPN = \sum_{i=1}^n (MP_i \cdot P_i)}$$

Onde: CPN = custo do produto nacional, em US\$;

MP<sub>i</sub> = quantidade da matéria-prima i, em m<sup>3</sup>;

P<sub>i</sub> = preço da matéria-prima i, em US\$/m<sup>3</sup>.

- Custo de importação

$$\mathbf{CI = \sum_{i=1}^n (QI_i \cdot PI_i)}$$

Onde: CI = custo de importação, em US\$;

QI<sub>i</sub> = quantidade importada do produto i, em m<sup>3</sup>;

PI<sub>i</sub> = preço de importação do produto i, no destino, em US\$/m<sup>3</sup>.

Sendo: PI<sub>i</sub> = PFOB<sub>i</sub> + CF<sub>i</sub>

Onde: PFOB<sub>i</sub> = preço FOB do produto i, na origem, em US\$/m<sup>3</sup>;

CF<sub>i</sub> = custo de frete do produto i, origem-destino, em US\$/m<sup>3</sup>.

- Custo de energia

$$\mathbf{CENR} = \sum_{i=1}^n (\mathbf{CIS}_i \cdot \mathbf{CG}_i \cdot \mathbf{PCE})$$

Onde: CENR = custo de energia, em US\$;

$\mathbf{CIS}_i$  = consumo de insumo na unidade i, em m3 insumo/m3 de carga;

$\mathbf{CG}_i$  = carga da unidade i, em m3;

$\mathbf{PCE}$  = preço do insumo (óleo combustível), em US\$/m3.

- Custo de transporte

$$\mathbf{CTR} = \sum_{i=1}^n (\mathbf{QE}_i \cdot \mathbf{CFR}_i)$$

Onde: CTR = custo de transporte rodoviário na exportação, em US\$

$\mathbf{QE}_i$  = quantidade exportada do produto i, em m3;

$\mathbf{CFR}_i$  = custo do frete rodoviário da refinaria ao terminal marítimo, em US\$/m3.

- Encargos terceiros

$$\mathbf{CET} = \sum_{i=1}^n (\mathbf{QE}_i + \mathbf{Q}_i) \cdot \mathbf{TX}$$

Onde: CET = custo de encargos de terceiros, em US\$

$\mathbf{QE}_i$  = quantidade exportada do produto i, em m3;

$\mathbf{Q}_i$  = quantidade importada do produto i, em m3;

$\mathbf{TX}$  = taxa de aluguel de tanque e serviços, em US\$/m3.

- Custo de manutenção de estoques

$$\mathbf{CME} = \left( \sum_{i=1}^n ((\mathbf{DPM}_i)/2) \cdot \mathbf{PN}_i \right) \cdot \mathbf{r}$$

Onde: CME = custo de manutenção de estoques, em US\$

DPM<sub>i</sub> = demanda interna do produto i, em m3;

PN<sub>i</sub> = preço no mercado interno do produto i, em US\$/m3;

r = taxa de atratividade considerada pela PETROBRAS no período, em (%).

- Custo processamento do pedido

$$\mathbf{CPP = 0}$$

Trata-se de um custo muito pequeno, não sendo considerado no presente trabalho.

### Custos Fixos

CF = Valor informado pelo sistema orçamentário da Companhia.

### **Custo Total (CT)**

$$\mathbf{CT = CPN + CI + CENR + CTR + CME + CPP + CF}$$

### Função Objetivo

A função objetivo do modelo é a maximização da margem.

$$\mathbf{MÁX ( RT - CT )}$$

## **5.4 Preparação dos Dados**

Neste item do trabalho são apresentados os dados de entrada para o modelo utilizado na aplicação prática, bem como uma descrição de sua função no referido modelo.

#### 5.4.1 Tabelas da tela do gerenciador de corridas

Nesta seção são apresentadas as tabelas que são preenchidas na tela do Gerenciador de Corridas, as quais contemplam os dados específicos da corrida, e que serão transferidas automaticamente para a planilha “dados”.

Tabela “Dias de operação das unidades” – são os dados referentes ao número de dias de operação, num período considerado, sendo uma função dos planos de paradas das unidades que compõem o modelo, e da eficiência dessas unidades. A tabela 1 apresenta os valores considerados na aplicação prática.

Tabela 1 - Dias de operação das unidades

Dias operação	
Unidade	Dias
UFE	31
UPF-C	31
UPN-26	31
URA	31
URC	31

Tabela “Matéria Prima” – são as quantidades disponíveis de matérias-primas, em volume, ofertadas para o período considerado. Nesta aplicação prática, as matérias-primas consideradas são: a nafta, a qual é carga para Unidade de Pré-fracionamento, e o alcoiloado leve, o qual é um componente recebido externamente para compor o “blend” de Gasolina de Aviação. A tabela 2 apresenta as ofertas de matérias-primas para o modelo.

Tabela 2 – Matéria-prima

Matéria -prima	
Produto	m3
NAFTA	100.000
ALCOLEVE	10.000

Tabela “Oferta mercado externo” – são os dados pertinentes às ofertas de importação e exportação dos produtos. Para cada produto são fornecidos as quantidades ofertadas, máximas e mínimas (caso obrigatória), o preço unitário na origem, a origem e o destino, bem como o tipo de operação (importação ou exportação). A tabela 3 apresenta as frentes consideradas nesta aplicação prática.

Tabela 3 – Oferta Mercado Externo

Produto	Quantidade		Preço [US\$/m3	Local de origem	Local de destino	Operação
	máxima	mínima				
Hexano	5.000	0	320	Rotterdam	Santos	Importação
Hexano	5.000	0	270	Santos	Caribe	Exportação
Benzeno	3.000	0	300	Santos	Caribe	Exportação
Tolueno	3.000	0	310	Santos	Houston	Exportação
GAV	5.000	0	280	Santos	Houston	Exportação

Tabela “Custos de transporte” – são os dados referentes aos fretes nas importações e exportações consideradas na corrida, para cada produto. São informados, para cada produto, as origens e destinos das operações, os tipos de operação – importação ou exportação, o modal de transporte e o valor do frete unitário. A tabela 4 apresenta os custos de transporte considerados nesta aplicação prática.

Tabela 4 – Custos de Transportes

Produto	Local de origem	Local de destino	Modal	Preço [US\$/m3
Hexano	Rotterdam	Santos	Marítimo	35,00
Hexano	RPBC	Santos	Rodoviário	3,00
Hexano	Santos	Caribe	Marítimo	30,00
Benzeno	RPBC	Santos	Rodoviário	3,00
Benzeno	Santos	Caribe	Marítimo	30,00
Tolueno	RPBC	Santos	Rodoviário	3,00
Tolueno	Santos	Houston	Marítimo	30,00
Gav	RPBC	Santos	Rodoviário	3,00
Gav	Santos	Houston	Marítimo	20,00

Tabela “Custos” – São os dados referentes aos custos de energia, custos fixos, custos de manutenção de estoques, e de processamento do pedido. A tabela 5 apresenta os custos envolvidos no modelo em questão.

Tabela 5 – Custos

Unidade de processo	Insumo	Unidade de medida	Fator de consumo
UFE	Óleo combustível pet.	m3 Ocpe/m3	0,0300
UPF-C	Óleo combustível pet.	m3 Ocpe/m3	0,0172
UPN-26	Óleo combustível pet.	m3 Ocpe/m3	0,0170
URA	Óleo combustível pet.	m3 Ocpe/m3	0,0350
URC	Óleo combustível pet.	m3 Ocpe/m3	0,0400

Fixos [US\$]	225.000
--------------	---------

Outros [US\$]	
Estoques	25.000
Processamento do pedido	0,00

Tabela “Preços mercado interno” – são os dados relativos aos preços de cada produto no mercado interno. Estes dados são obtidos diretamente do Banco de Dados, e estão como dados de entrada do modelo apenas para facilitar a transferência dos mesmos, de forma ordenada, para a planilha “dados” do modelo. A tabela 6 apresenta os preços dos produtos no mercado interno utilizados nesta aplicação prática.

Tabela 6 – Preços Mercado Interno

Produto	Preço [US\$]/m3
ALCOILADO LEVE	245,00
BENZENO	330,00
DIESEL OIL	170,00
GAS COMBUSTIVEL	80,00
GASOLINA B	180,00
GAV	280,00
GLP	150,00
HEXANO	300,00
NAFTA	180,00
OLEO COMBUSTIVEL	125,00
TOLUENO	340,00
XILENOS	350,00

Tabela “Encargos de Terceiros” – são os dados relativos às taxas portuárias, taxas de armazenamento em tanques de terceiros, etc. Estes dados são obtidos diretamente do banco de dados, e estão como dados de entrada do modelo tanto para facilitar a transferência dos mesmos para a planilha “dados” de forma ordenada, como também para possibilitar alterações nos valores dos encargos de forma manual. Esta opção se deve ao fato de que algumas taxas variam de produto para produto. A tabela 7 apresenta os encargos de terceiros considerados nesta aplicação.

Tabela 7 – Encargos de Terceiros

Encargos de Terceiros			
Local Referência	tipo Local	Tipo Encargo	US\$/m3
Santos	Porto	Taxas	3,00
Santos	Porto	Aluguel Tancagem	7,00

#### 5.4.2 Tabelas do módulo de tabelas básicas

Nesta seção serão apresentadas as tabelas que compõem a planilha “dados” do modelo selecionado (RPBC – Solventes), com dados provenientes do Módulo de tabelas básicas do Banco de Dados SADEE. Os dados destas tabelas são transferidos automaticamente para modelo selecionado quando o botão de comando “Gerar” é acionado na tela do Gerenciador de Corridas. Estas tabelas podem ser visualizadas na planilha “dados”, como mostrado mais adiante na figura 21.

Tabelas “Rendimentos das unidades” – os dados destas tabelas são oriundos do Módulo tabelas básicas, a partir da tabela “Rendimentos” (Órgão\_Unidade\_Produto\_Valor). Trata-se dos rendimentos das unidades de processo utilizados no modelo selecionado. As tabelas 8, 9, 10, 11 e 12, apresentam os rendimentos dessas unidades.

Tabela 8 – Rendimentos do Prefa (UPF-C)

Prefa (UPF-C)	
Produtos	(%) vol.
NAFATLEV	15,00
NAFATPES	40,00
NAFATREF	45,00

Onde:

- NAFATLEV – nafta leve
- NAFATPES – nafta pesada
- NAFATREF – nafta intermediária carga para a URC

Tabela 9 – Rendimentos da Reforma Catalítica (URC)

Reforma Cat. (URC)	
Produtos	(%) vol.
GCPROC	2,00
GLP	18,60
REFOARO	79,40

Onde:

- GCPROC – gás combustível
- GLP – gás liquefeito de petróleo
- REFOARO – reformado aromático

Tabela 10 – Rendimentos da Recuperação de Aromáticos (URA)

Recup. Aromáticos (URA)	
Produtos	(%) vol.
EXTRALCO	51,95
RAFURA	48,05

Onde:

- EXTRALCO – extrato aromático carga da UFE
- RAFURA – refinado da URA cara da UPN-26

Tabela 11 – Rendimentos da Unidade de Solventes (UPN-26)

Solventes (UPN-26)	
Produtos	(%) vol.
HEXANO	38,00
NAFATLEV	62,00

Onde:

- HEXANO – hexano comercial
- NAFTATLEV – nafta leve

Tabela 12 – Rendimentos da Fracionadora de Extrato Aromático (UFE)

Fracionadora Ext. (UFE)	
Produtos	(%) vol.
BENZENO	22,00
CORRC9	12,00
TOLUENO	51,00
XILENOS	15,00

Onde:

- BENZENO – benzeno grau químico
- CORRC9 – corrente C9+ para “pool” de gasolina

Tabela “Limitações de cargas” – são os dados relativos às restrições de cargas, máximas e mínimas, das unidades de processo. A tabela 13 apresenta esses dados.

Tabela 13 – Limitações de cargas

Limitações de cargas		
Unidade	mínima	máxima
UFE	0	540
UPF-C	0	3.100
UPN-26	0	550
URA	0	1.200
URC	0	1.700

Tabela “Fator operacional” – são os dados que representam o percentual de dias em que cada uma dessas unidades encontra-se disponível para operação, em relação ao total de dias do período considerado. A tabela 14 apresenta os dados considerados na presente aplicação.

Tabela 14 – Fator operacional

Fator operacional	
Unidade	Fator
UFE	0,97
UPF-C	0,98
UPN-26	0,98
URA	0,97
URC	0,98

Tabela “Mercado interno” – são os dados relativos ao mercado interno de cada produto, no período considerado, em m<sup>3</sup>. A tabela 15 apresenta o mercado considerado nesta aplicação.

Tabela 15 – Mercado interno

Mercado interno	
Produto	m <sup>3</sup>
BENZENO	2.260
GAV	5.300
HEXANO	5.500
TOLUENO	4.450
XILENOS	1.910

Tabela “Composição da GAV” – trata-se da composição da gasolina de aviação a ser produzida no “blend”. A tabela 16 apresenta a composição da GAV considerada na presente aplicação.

Tabela 16 – Composição da GAV

Composição da GAV	
Correntes	(%) vol.
NAFATLEV	15,00
TOLUENO	15,00
ALCOLEVE	70,00

Onde:

- NAFATLEV – nafta leve
- ALCOLEVE – alcoilado leve externo

A seguir é apresentada a planilha “dados” do modelo considerado na aplicação prática.

Figura 21 – Planilha “dados”

RENDIMENTOS DAS UNIDADES								
Prefra (UPF-C)		Reforma Catalítica (URC)		Recup. Aromáticos (URA)				
Produtos	(%) vol.	Produtos	(%) vol.	Produtos	(%) vol.			
NAFATLEV	15	GCPROC	2,00	EXTRALCO	51,95			
NAFATPES	40	GLP	18,60	RAFURA	48,05			
NAFATREF	45	REFOARO	79,40					
Solventes (UPN-26)		Fracionamento Ext. (UFE)						
Produtos	(%) vol.	Produtos	(%) vol.					
HEXANO	38	BENZENO	22					
NAFATLEV	62	CORRC9	12					
		TOLUENO	51					
		XILENOS	15					
LIMITAÇÕES DE CARGAS E FATORES OPERACIONAIS DAS UNIDADES								
Limitações de cargas			Fator Operacional		Dias operação			
Unidade	mínima	máxima	Unidade	Fator	Unidade	Dias		
UFE	0	540	UFE	0,97	UFE	31		
UPF-C	0	3.100	UPF-C	0,98	UPF-C	31		
UPN-26	0	550	UPN-26	0,98	UPN-26	31		
URA	0	1.200	URA	0,97	URA	31		
URC	0	1.700	URC	0,98	URC	31		
CUSTOS FIXOS E OPERACIONAIS DAS UNIDADES								
Custos operacionais				Custos fixos [US\$]				
Unidade	Insumo	medida	Fator de consumo	Unidades	[US\$]			
UFE	Oleo Combustivel Pet	m3 Ocpe / m3	0,03		225.000			
UPF-C	Oleo Combustivel Pet	m3 Ocpe / m3	0,0172					
UPN-26	Oleo Combustivel Pet	m3 Ocpe / m3	0,017					
URA	Oleo Combustivel Pet	m3 Ocpe / m3	0,035					
URC	Oleo Combustivel Pet	m3 Ocpe / m3	0,04					
CUSTOS TRANSPORTES E ENCARGOS								
Custos de Transportes				Encargos Terceiros				
Produto	Origem	Destino	Modal	[US\$/m3]	Referência	Tipo local	Tipo encargo	[US\$/m3]
BENZENO	RPBC	Santos	RODOVIARIO	3	Santos	Porto	Taxas	3
BENZENO	Santos	Caribe	MARITIMO	30	Santos	Porto	Aluguel de Tanque	7
GAV	RPBC	Santos	RODOVIARIO	3				
GAV	Santos	Houston	MARITIMO	20	Total encargos	Porto	Taxas/Armaz.	10
HEXANO	RPBC	Santos	RODOVIARIO	3				
HEXANO	Rotterdam	Santos	MARITIMO	35				
HEXANO	Santos	Caribe	MARITIMO	30				
TOLUENO	RPBC	Santos	RODOVIARIO	3				
TOLUENO	Santos	Houston	MARITIMO	30				
OUTROS CUSTOS								
Estoque [US\$]	25000	Processamento Pedido [US\$]	0					
PREÇOS E MERCADOS								
Preços Mercado Interno		Mercado Interno		Oferta de importação				
Produto	[US\$/m3]	Produto	m3	Produto	Origem	Min	Max	[US\$/m3]
ALCOILADO LEVE	245,00	BENZENO	2.260	HEXANO	Rotterdam	0	5000	320
BENZENO	330,00	GAV	5.300					
DIESEL OIL	170,00	HEXANO	5.500					
GAS COMBUSTIVEL	80,00	TOLUENO	4.450					
GASOLINA B	180,00	XILENOS	1.910					
GAV	280,00							
GLP	150,00							
HEXANO	300,00							
NAFTA	180,00							
OLEO COMBUSTIVEL	125,00							
TOLUENO	340,00							
XILENOS	350,00							
Oferta de exportação								
Produto	Destino	Min	Max	[US\$/m3]				
BENZENO	Caribe	0	3000	300				
GAV	Houston	0	5000	280				
HEXANO	Caribe	0	5000	270				
TOLUENO	Houston	0	3000	310				
COMPOSIÇÃO E DISPONIBILIDADE DAS CORRENTES								
Composição da Gav		Oferta de matérias-primas		10/10/2002				
Correntes	(%) vol.	Produto	m3					
Nafta leve	15	NAFTA	100.000					
Tolueno	15	ALCOLEVE	10.000					
Alquilado	70							

## 5.5 Equacionamento do Solver

Conforme já mencionado, na aplicação prática do presente estudo é usada como ferramenta de otimização o Microsoft Excel Solver.

Para sua utilização é necessário acessar no menu de utilitários o item Ferramentas e selecionar a opção “Solver”. Em seguida, aparecerá uma tela, mostrada na figura 22, onde deverão ser especificados os parâmetros do Solver. Na parte superior deve ser definida a célula de destino, ou seja, a célula onde aparecerá o valor da função objetivo. No caso do presente estudo, a célula correspondente é \$C\$63 da planilha “balanço”, que corresponde ao resultado (receitas menos custo).

Figura 22 – Tela parâmetros do Solver

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver Parameters dialog box. The target cell is set to \$C\$63. The variable cells are \$E\$7:\$E\$17. The constraints are:

- \$E\$15 <= dados!\$C\$24\*dados!\$F\$24\*dados!\$
- \$E\$16 >= dados!\$E\$24\*dados!\$F\$24\*dados!\$
- \$E\$25 >= 0
- \$E\$26 >= 0
- \$E\$27 >= 0
- \$E\$28 >= 0

The background spreadsheet shows the following data tables:

RECEITA			
Receita de Venda no Mercado Interno			
	m2	Unidade	Unit
Óleo Combustível	797,26	30,00	52835,98
Dip	1,232	8,00	1098,24
Mafra	20,908	8,00	1752,64
Gasolina	2,474	8,00	445,32
Diesel	34,892	7,00	548,43
Heavio	5,008	200,00	1653,00
Dna	5,208	200,00	1414,00
Dereino	2,268	120,00	745,00
Tolano	4,458	140,00	1153,00
Olano	1,918	200,00	659,00
R.Total	85,884		87.976,548
Receita de Encantação de Derivado			
	m2	Unidade(CPF)	Unit
Benzona	1,372	200	305,60
Tolano	2,236	200	709,20
Heavio	2,67	200	652,00
Dna	5,008	200	1414,00
R.Total	3,286		2.658,36
Receita Total			
	m2	Unidade	Unit
Total	84,698		89.634,908

CUSTOS			
Custos sem imposto			
Custos Variáveis			
Gasto do Produto Nacional			
	m2	Unidade	Unit
Plata	87,488	150,00	13122,24
Algodão	7,218	200,00	1268,40
R.Total			12.390,64

	Quantidade	Unidade	Valor
Óleo Combustível	287	Santos	6,28
Dip	287	PRBC	2
Gaz/Exp	1.000	PRBC	3
	1.000	Santos	15,00
		Houston	20
			88,000
Heavio	1	Rotterdam	35
		Santos	0
R.Total			219,289

Nesta mesma tela deve ser informado qual tipo de problema espera-se resolver, se de maximização, de minimização ou de valor de igualdade. Voltando a nosso estudo, o problema a ser resolvido é de maximização da função objetivo, ou seja, maximizar o resultado.

A seguir, na mesma tela, devem ser informadas as células variáveis do problema, ou células de decisão. No nosso estudo, as variáveis consideradas na planilha “balanço” são:

- Carga da URC (\$E\$7)
- Carga da UFE (\$E\$17)
- Mercado interno de GAV (\$B\$44)
- Mercado interno de Benzeno (\$B\$45)
- Mercado interno de Tolueno (\$B\$46)
- Mercado interno de Xilenos (\$B\$47)
- Exportação de Tolueno (B\$52)
- Exportação de GAV (\$B\$54)
- Produção de Hexano para mercado interno (\$K\$25)
- Importação de Hexano para mercado interno (\$K\$26)
- Produção de Hexano para mercado externo (\$K\$30)
- Exportação de Hexano (\$K\$31).

Finalmente, nesta mesma tela, devem ser adicionadas as restrições relativas ao mercado interno, ao mercado externo, as cargas das unidades, as ofertas de matérias-primas, a produção, além das restrições de não negatividades.

O equacionamento completo do modelo selecionado representado no Solver é apresentado na planilha equacionamento, mostrada na figura 23.

Figura 23 – Equacionamento no Solver

EQUACIONAMENTO DO SOLVER		
1	<b>Função Objetivo</b>	balanço!\$C\$63
2		
3	<b>Sujeito a</b>	
4		
5	Restrições de Mercado Interno	Benzeno
6		balanço!\$B\$45 <= dados!\$E\$62
7		GAV
8		balanço!\$B\$44 <= dados!\$E\$63
9		Hexano
10		balanço!\$K\$27 <= dados!\$E\$64
11		Tolueno
12		balanço!\$B\$46 <= dados!\$E\$65
13		Xilenos
14		balanço!\$B\$47 <= dados!\$E\$66
15	Restrições de Mercado Externo	Benzeno
16		balanço!\$B\$51 <= dados!\$J\$66
17		balanço!\$B\$51 >= dados!\$I\$66
18		Hexano Exportação
19		balanço!\$K\$32 <= dados!\$J\$68
20		balanço!\$K\$32 >= dados!\$I\$68
21		Hexano Importação
22		balanço!\$K\$26 <= dados!\$J\$62
23		balanço!\$K\$26 >= dados!\$I\$62
24		balanço!\$K\$31 <= dados!\$J\$62
25		balanço!\$K\$31 >= dados!\$I\$62
26		GAV
27		balanço!\$B\$54 <= dados!\$J\$67
28		balanço!\$B\$54 >= dados!\$I\$67
29		Tolueno
30		balanço!\$B\$52 <= dados!\$J\$69
31		balanço!\$B\$52 >= dados!\$I\$69
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39	Restrições de Cargas nas Unidades	URC
40		balanço!\$E\$7 <= dados!\$C\$26*dados!\$F\$26*dados!\$I\$26
41		balanço!\$E\$7 >= dados!\$B\$26*dados!\$F\$26*dados!\$I\$26
42		URA
43		balanço!\$H\$6 <= dados!\$C\$25*dados!\$F\$25*dados!\$I\$25
44		balanço!\$H\$6 >= dados!\$B\$25*dados!\$F\$25*dados!\$I\$25
45		UFE
46		balanço!\$E\$17 <= dados!\$C\$22*dados!\$F\$22*dados!\$I\$22
47		balanço!\$E\$17 >= dados!\$B\$22*dados!\$F\$22*dados!\$I\$22
48		UPN-26
49		balanço!\$B\$15 <= dados!\$C\$24*dados!\$F\$24*dados!\$I\$24
50		balanço!\$B\$15 >= dados!\$B\$24*dados!\$F\$24*dados!\$I\$24
51		UPF-C
52		balanço!\$B\$7 <= dados!\$C\$23*dados!\$F\$23*dados!\$I\$23
53		balanço!\$B\$7 >= dados!\$B\$23*dados!\$F\$23*dados!\$I\$23
54		
55		
56		
57		
58		
59	Restrições de Oferta de M. Prima	Nafta
60		balanço!\$B\$7 <= dados!\$E\$79
61		Alcoilado Leve
62		balanço!\$G\$42 <= dados!\$E\$80
63	Restrições de Produção	Hexano
64		balanço!\$K\$25 <= \$B\$13
65		balanço!\$K\$30 <= \$B\$13
66		
67	<b>Não Negatividade</b>	Reformado da URC p/ "pool" de gasolina
68		balanço!\$B\$25 >=0
69		Rafinado da URA p/ "pool" de gasolina
70		balanço!\$B\$26 >=0
71		Tolueno p/ "pool" de gasolina
72		balanço!\$B\$27 >=0
73		Xilenos p/ "pool" de gasolina
74		balanço!\$B\$28 >=0
75		Corrente C9 p/ "pool" de gasolina
76		balanço!\$B\$29 >=0
77	<b>Variáveis de Decisão</b>	Carça da URC
78		balanço!\$E\$7
79		Carça da UFE
80		balanço!\$E\$17
81		GAV mercado interno
82		balanço!\$B\$44
83		Benzeno mercado interno
84		balanço!\$B\$45
85		Tolueno mercado interno
86		balanço!\$B\$46
87		Xilenos mercado interno
88		balanço!\$B\$47
89		Tolueno mercado externo exp
90		balanço!\$B\$52
91		Gav mercado externo exp
92		balanço!\$B\$54
93		Produção Hexano Merc. Interno
94		balanço!\$K\$25

## 5.6 Apresentação dos Resultados Otimizados

Uma vez concluído o preenchimento dos parâmetros do Solver, o próximo passo é clicar na tela anteriormente mencionada, o comando “Opções”. Uma nova tela aparecerá, conforme mostrada na figura 24.

Figura 24 – Tela Opções do Solver

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Solver Options dialog box open. The spreadsheet in the background displays financial data for 'Balanco econômico' and 'CUSTOS'. The Solver Options dialog box is open, showing settings for 'Tempo máximo', 'Iterações', 'Precisão', 'Tolerância', 'Convergência', and 'Estimativas'.

Balanco econômico			
RECEITA			
Reseita de Venda no Mercado Interno			
	m3	Usd/m3	Usd
38 Diesel	797,32	80,08	63935,26
39 Gás	7,352	84,00	618,61
40 Napha	33,883	84,00	2845,29
41 Gasolina	2,474	84,00	208,32
42 Diesel	24,992	71,00	1772,83
43 Heavio	5,508	300,08	1652,00
44 Gás	5,308	290,08	1540,00
45 Benzona	2,268	320,08	726,00
46 Toluena	4,478	340,08	1523,00
47 Nitroto	1,811	350,08	636,00
48 Total	85,64		77.376.548
Reseita de Exportação de Derivado			
	m3	Usd/m3 (CF)	Usd
51 Benzona	1,211	280	339,08
52 Toluena	2,268	270	612,96
53 Heavio	297	270	80,19
54 Gás	5,008	280	1402,24
55 Total	3,784		2.054,26
Reseita Total			
	m3	Usd/m3	Usd
56 Total	89,424		79.430.807

CUSTOS			
Custos sem imposto			
Custos Variáveis			
Custo do Produto Nacional			
	m3	Usd/m3	Usd
57			18.468.957
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			

The Solver Options dialog box is open, showing the following settings:

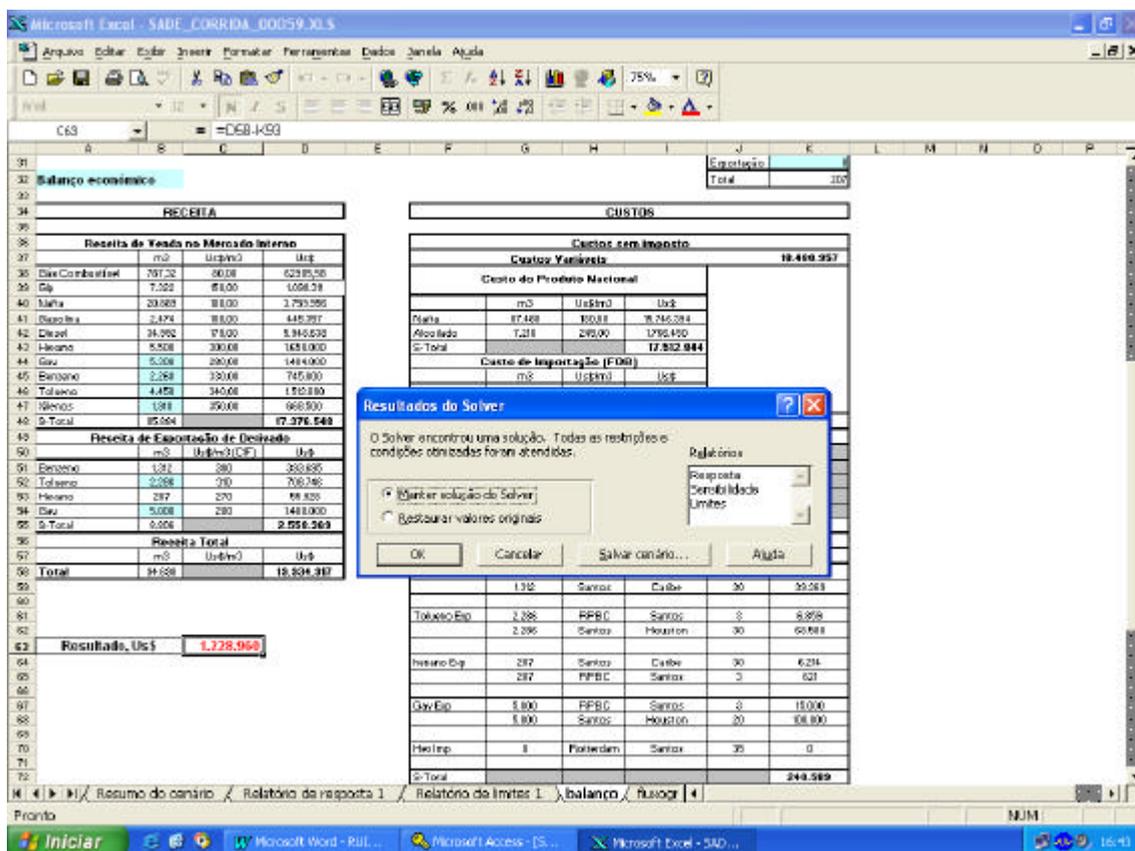
- Tempo máximo: 100 segundos
- Iterações: 100
- Precisão: 0,000001
- Tolerância: 1 %
- Convergência: 0,001
- Presunzir modelo linear
- Usar escala automática
- Presunzir não negativos
- Mostrar resultado de iteração
- Estimativas:  Tangente
- Derivadas:  Autocálculo
- Pesquisar:  Negativo
- Quadrática
- Central
- Conjugado

The spreadsheet also shows a 'Resultado, Usd' cell with the value 1.728.968.

Esta nova tela tem por finalidade definir a forma como o Solver irá resolver o problema, como por exemplo, o tempo a ser utilizado na solução do problema, a precisão dos resultados, entre outras. No presente estudo, são consideradas as informações já pré-informadas, ressaltando que o problema não é de programação linear. Tendo concluído esta parte, basta clicar o botão “OK”, e retornaremos novamente a tela parâmetros do Solver. Nesta tela, a solução do problema é obtida clicando o botão Resolver.

Ao solicitar a resolução do problema, uma nova tela chamada Resultado do Solver aparecerá. A figura 25 mostra esta nova tela.

Figura 25 – Tela Resultado do Solver



Conforme pode ser observado na figura 25, a caixa de diálogo mostra que o Solver encontrou uma solução. Também, disponibiliza diversos tipos de relatórios. Para acioná-los, basta selecionar o relatório desejado e clicar o botão “OK”.

Os resultados da otimização do modelo são apresentados na própria planilha “balanço”, a qual é mostrada na figura 26.

Figura 26 – Planilha “balanço”

## Cargas e produções, m3

Prefra - UPF-C	
Nafatlev	13.122
Nafatref	39.366
nafatpes	34.992
Total	87.480
do	30,38
Carga, m3/do	2.880
Carga, m3/dc	2.822

URC	
Gcproc	787.31972
Glp	7.322
Refoaro	31.257
Total	39.366
do	30,38
Carga, m3/do	1.296
Carga, m3/dc	1.270

URA	
Extralco	16.238
Rafura	15.019
Total	31.257
do	30,07
Carga, m3/do	1.039
Carga, m3/dc	1.008

USOL - UPN-26	
Hexano	5.707
Nafatlev	9.312
Total	15.019
do	30,38
Carga, m3/do	494
Carga, m3/dc	484

Frac. Extr - UFE	
Benzeno	3.572
Tolueno	8.281
Xilenos	2.436
Corrc9	1.949
Total	16.238
do	30,07
Carga, m3/do	540
Carga, m3/dc	524

## Composição das correntes, m3

"Pool" de Gasolina	
Refgas	0
Rafgas	0
Tolgas	0
Xilgas	526
Corrc9	1.949
Total	2.474

Compos. da Gav local	
Nafgav	795
Tolgav	795
alcoillado	3.710
Total	5.300

Compos. da Gav Exp	
Nafgav	750
tolgav	750
alcoillado	3.500
Total	5.000

Compos. Hex. Merc Int	
Produção	5.500
Importação	0
Total	5.500

Compos. Hex. Merc Ext	
Produção	207
Exportação	0
Total	207

## Balanço econômico

RECEITA			
Receita de Venda no Mercado Interno			
	m3	Us\$/m3	Us\$
Gás Combustível	787.32	80,00	62985,58
Glp	7.322	150,00	1.098.311
Nafta	20.889	180,00	3.759.956
Gasolina	2.474	180,00	445.357
Diesel	34.992	170,00	5.948.638
Hexano	5.500	300,00	1.650.000
Gav	5.300	280,00	1.484.000
Benzeno	2.260	330,00	745.800
Tolueno	4.450	340,00	1.513.000
Xilenos	1.910	350,00	668.500
S-Total	85.884		17.376.548
Receita de Exportação de Derivado			
	m3	Us\$/m3 (CIF)	Us\$
Benzeno	1.312	300	393.695
Tolueno	2.286	310	708.746
Hexano	207	270	55.928
Gav	5.000	280	1.400.000
S-Total	8.806		2.558.369
Receita Total			
	m3	Us\$/m3	Us\$
Total	94.690		19.934.917

<b>Resultado, Us\$</b>	<b>1.228.960</b>
------------------------	------------------

CUSTOS					
Custos sem imposto					
Custos Variáveis					18.480.957
Custo do Produto Nacional					
	m3	Us\$/m3	Us\$		
Nafta	87.480	180,00	15.746.394		
Alcoillado	7.210	245,00	1.766.450		
S-Total			17.512.844		
Custo de Importação (FOB)					
	m3	Us\$/m3	Us\$		
Hexano	0	320	0		
S-Total			0		
Custo de energia					
	m3	m3oc/m3e	m3oc	us\$/m3	Us\$
UPF-C	87.480	0,0172	1505		
URC	39.366	0,04	1575		
URA	31.257	0,035	1094		
UPN-26	15.019	0,017	255		
UFE	16.238	0,03	487		
S-Total			4916	125,00	614.466
Custo de transporte					
	m3	De	Para	us\$/m3	Us\$
Benzeno Exp	1.312	RPBC	Santos	3	3.937
	1.312	Santos	Caribe	30	39.369
Tolueno Exp	2.286	RPBC	Santos	3	6.859
	2.286	Santos	Houston	30	68.588
hexano Exp	207	Santos	Caribe	30	6.214
	207	RPBC	Santos	3	621
Gav Exp	5.000	RPBC	Santos	3	15.000
	5.000	Santos	Houston	20	100.000
Hex Imp	0	Rotterdam	Santos	35	0
S-Total					240.589
Encargos Terceiros					
	m3	Referência	Tipo encargo	us\$/m3	Us\$
Benzeno Exp	1.312	Santos	Taxas/Armaz.	10	13.123
Tolueno Exp	2.286	Santos	Taxas/Armaz.	10	22.863
hexano Exp	207	Santos	Taxas/Armaz.	10	2.071
Gav Exp	5.000	Santos	Taxas/Armaz.	10	50.000
hexano Imp	0	Santos	Taxas/Armaz.	10	0
S-Total	8.806				88.057
Blend					
	m3	Insumos	us\$/m3	Us\$	
Gav	10.300				0
S-Total	10.300				0
Custo de Manutenção de Estoques					
Total			US\$		25.000
Custo Processamento do Pedido					
Total					0
Custos Fixos					
Unidades					225.000
Custo total					
Total Geral					18.705.957

Outras formas de mostrar os resultados otimizados da corrida são a sua apresentação sob a forma de fluxograma ou do sumário gerencial, conforme mostrados nas figuras 20 e 27, respectivamente.

Figura 27 – Sumário Gerencial

### Sumário Gerencial

#### Gerencia de Planejamento e Programação de Especiais - Logística

Referência:

Data: 10/10/2002

#### Objeto do Estudo:



<b>Sumário Econômico</b>	<b>US\$</b>
--------------------------	-------------

<b>1 - Resultado</b>	<b>1.228.960</b>
<b>1.1 - Receita Total</b>	<b>19.934.917</b>
1.1.1 - Receita de Venda no Mercado Interno	17.376.548
1.1.2 - Receita de Exportação	2.558.369
<b>1.2 - Custo Total</b>	<b>18.705.957</b>
1.2.1 - Custo sem imposto	18.705.957
1.2.1.1 - Custo de Produto Nacional	17.512.844
1.2.1.1.1 - Custo da Nafta	15.746.394
1.2.1.1.2 - Custo do Alcochado	1.766.450
1.2.1.2 - Custo de Importação	0
1.2.1.2.1 - Custo de Hexano	0
1.2.1.3 - Custo de Transporte	240.589
1.2.1.5 - Custo de Energia	614.466
1.2.1.6 - Encargos de Terceiros	88.057
1.2.1.7 - Custo de Estoques	25.000
1.2.1.8 - Custo de Processamento do Pedido	0
1.2.1.9 - Custos Fixos	225.000

<b>Resumo das Operações</b>	<b>m3</b>
-----------------------------	-----------

<b>2 - Cargas das Unidades</b>	
2.1 - Pré-fracionamento	87.480
2.2 - Reforma Catalítica	39.366
2.3 - Recuperação de Aromáticos	31.257
2.4 - Fracionadora de Aromáticos	16.238
2.5 - Solventes	15.019
<b>3 - Importação de Derivados</b>	<b>0</b>
3.1 - Hexano	0
<b>4 - Exportação de Derivados</b>	<b>8.806</b>
4.1 - Benzeno	1.312
4.2 - Hexano	207
4.3 - Gasolina de Aviação	5.000
4.4 - Tolueno	2.286

## 5.7 Análise dos Resultados

Conforme mencionado, o Solver possibilita diversos tipos de relatórios. Estes relatórios permitem uma análise complementar dos resultados. O primeiro relatório, mostrado na figura 28, é o de respostas.

Figura 28 – Relatório de respostas

Microsoft Excel 8.0e Relatório de resposta					
Planilha: [SADE_CORRIDA_00059.XLS]balanço					
Relatório criado: 10/10/2002 16:34:15					
Célula de destino (Máx)					
Célula	Nome	Valor original	Valor final		
\$C\$63	Resultado, Us\$ Us\$/m3	1.228.960	1.228.960		
Células ajustáveis					
Célula	Nome	Valor original	Valor final		
\$E\$7	Total	39.366	39.366		
\$E\$17	Total	16.238	16.238		
\$B\$44	Gav m3	5.300	5.300		
\$B\$45	Benzeno m3	2.260	2.260		
\$B\$46	Tolueno m3	4.450	4.450		
\$B\$47	Xilenos m3	1.910	1.910		
\$B\$52	Tolueno m3	2.286	2.286		
\$B\$54	Gav m3	5.000	5.000		
\$K\$25	Produção	5.500	5.500		
\$K\$26	Importação	0	0		
\$K\$30	Produção	207	207		
\$K\$31	Exportação	0	0		
Restrições					
Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
\$B\$15	Total	15.019	\$B\$15<=dados!\$C\$24*dados!\$F\$24*dados!\$I\$24	Sem agrupar	
\$B\$15	Total	15.019	\$B\$15>=dados!\$B\$24*dados!\$F\$24*dados!\$I\$24	Sem agrupar	15.019
\$B\$27	Tolqas	0	\$B\$27>=0	Agrupar	0
\$B\$28	Xlqas	526	\$B\$28=0	Sem agrupar	526
\$B\$29	Corrc9	1.949	\$B\$29=0	Sem agrupar	1.949
\$B\$26	Rafqas	0	\$B\$26=0	Agrupar	0
\$K\$26	Importação	0	\$K\$26<=\$J\$62	Sem agrupar	5000
\$B\$44	Gav m3	5.300	\$B\$44<=\$E\$63	Agrupar	0
\$B\$46	Tolueno m3	4.450	\$B\$46<=\$E\$65	Agrupar	0
\$H\$6	Total	31.257	\$H\$6>=dados!\$B\$25*dados!\$F\$25*dados!\$I\$25	Sem agrupar	
\$H\$6	Total	31.257			
\$B\$51	Benzeno m3	1.312	\$B\$51<=\$J\$66	Sem agrupar	1687.684
\$B\$47	Xilenos m3	1.910	\$B\$47<=\$E\$66	Agrupar	0
\$K\$27	Total	5.500	\$K\$27<=\$E\$64	Agrupar	0
\$K\$31	Exportação	0	\$K\$31<=\$J\$62	Sem agrupar	5000
\$K\$30	Produção	207	\$K\$30<=\$B\$13	Sem agrupar	5500
\$B\$54	Gav m3	5.000	\$B\$54<=\$J\$67	Agrupar	0
\$B\$54	Gav m3	5.000			
\$E\$17	Total	16.238	\$E\$17>=dados!\$B\$22*dados!\$F\$22*dados!\$I\$22	Sem agrupar	16.238
\$G\$42	Alcoolido m3	7.210	\$G\$42<=\$E\$80	Sem agrupar	2790
\$B\$45	Benzeno m3	2.260	\$B\$45<=\$E\$62	Agrupar	0
\$E\$7	Total	39.366	\$E\$7<=dados!\$C\$26*dados!\$F\$26*dados!\$I\$26	Sem agrupar	12280.01401
\$E\$7	Total	39.366	\$E\$7>=dados!\$B\$26*dados!\$F\$26*dados!\$I\$26	Sem agrupar	39.366
\$B\$7	Total	87.480	\$B\$7>=dados!\$B\$23*dados!\$F\$23*dados!\$I\$23	Sem agrupar	87.480
\$B\$7	Total	87.480			
\$B\$52	Tolueno m3	2.286	\$B\$52>=\$I\$69	Sem agrupar	2.286
\$H\$6	Total	31.257	\$H\$6<=dados!\$C\$25*dados!\$F\$25*dados!\$I\$25	Sem agrupar	4827.407122
\$B\$7	Total	87.480	\$B\$7<=\$E\$79	Sem agrupar	12520.03113
\$B\$25	Rafqas	0	\$B\$25=0	Agrupar	0
\$B\$51	Benzeno m3	1.312	\$B\$51>=\$I\$66	Sem agrupar	1.312
\$B\$52	Tolueno m3	2.286	\$B\$52<=\$J\$69	Sem agrupar	713.722
\$B\$7	Total	87.480	\$B\$7<=dados!\$C\$23*dados!\$F\$23*dados!\$I\$23	Sem agrupar	6698.031129
\$K\$25	Produção	5.500	\$K\$25<=\$B\$13	Sem agrupar	207.1412936
\$K\$32	Total	207	\$K\$32<=\$J\$68	Sem agrupar	4792.858706
\$K\$26	Importação	0	\$K\$26=0	Agrupar	0
\$K\$31	Exportação	0	\$K\$31>=\$I\$62	Agrupar	0
\$K\$32	Total	207	\$K\$32>=\$I\$68	Sem agrupar	207

O relatório de resposta fornece a solução ótima encontrada pelo Solver para o problema apresentado (célula de destino), ou seja, a margem de US\$ 1.228.960. Também são apresentados os valores assumidos pelas células ajustáveis. Na parte relativa as restrições, encontram-se os valores assumidos pelas variáveis (coluna Valor da célula) e as folgas

existentes (coluna Transigência). A coluna denominada Status indica se os recursos foram totalmente utilizados (Agrupar) ou não (Sem agrupar).

Com base neste relatório podemos observar que:

- A carga da Unidade de Reforma Catalítica (\$E\$7) apresenta uma folga de 12280,01 m<sup>3</sup> em relação ao seu máximo. Isto significa que esta unidade operou para gerar a corrente de reformado suficiente como carga da Unidade de Recuperação de Aromáticos (\$H\$6), de tal forma que esta última, produzisse a quantidade máxima de extrato aromático possível de ser processada na Unidade de Fracionamento de Extrato (\$E\$17).
- Como resultado da maximização de aromáticos – Benzeno, Tolueno, Xilenos e Corrente C9-, ocorreram excedentes em relação mercado interno de Benzeno e Tolueno que foram destinados às exportações. No quadro de restrições são apresentadas as folgas existentes destes dois produtos em relação às ofertas máximas disponíveis para o mercado externo: 1687,684 m<sup>3</sup> de Benzeno (\$B\$51) e 713,722 m<sup>3</sup> de Tolueno (\$B\$52). Com respeito a este último, ressalta-se que parte dos excedentes, anteriormente mencionada, foi destinada ao “blend” de GAV para os mercados interno e externo. A exportação de GAV (\$B\$54) foi máxima.
- Com relação ao Hexano (\$K\$32), foram exportados 207 m<sup>3</sup> para uma oferta de 5.000 m<sup>3</sup> para o mercado externo, ocasionando uma folga de 4792,86 m<sup>3</sup>.
- Finalmente, as matérias-primas. Foram ofertados 100.000 m<sup>3</sup> de Nafta e 10.000 m<sup>3</sup> de Alcoilado. Em relação à Nafta (\$B\$7), vemos que foram consumidos 87.480 m<sup>3</sup> para uma capacidade disponível de processamento na Unidade de Reforma Catalítica de 94.178 m<sup>3</sup>, gerando uma folga de 6.698 m<sup>3</sup>.

Outro relatório oferecido pelo Solver é o Relatório de sensibilidade. Para problemas de programação não linear, este relatório apresenta valores para gradientes reduzidos e multiplicadores de Lagrange. Para os modelos lineares, são apresentados os custos reduzidos, preços sombra (shadow prices), coeficiente objetivo e intervalos do lado direito da restrição (RSH). Este relatório apresenta alguns problemas de capacidade de memória quando utilizado na análise de problemas com muitas variáveis. Por esta razão não foi utilizado nesta aplicação.

Finalmente, o Solver fornece o relatório de limites, conforme mostrado na figura 29.

Figura 29 – Relatório de limites

Microsoft Excel 8.0e Relatório de limites  
Planilha: [SADE\_CORRIDA\_00059.XLS]balanço  
Relatório criado: 10/10/2002 16:35:40

Destino		
Célula	Nome	Valor
\$C\$63	Resultado, Us\$	Us\$/m3 1.228.960

Ajustável			Inferior	Destino	Superior	Destino
Célula	Nome	Valor	Limite	Resultado	Limite	Resultado
\$E\$7	Total	39.366	39.366	1.228.960	42.380	1.149.850
\$E\$17	Total	16.238	16.238	1.228.960	16.238	1.228.960
\$B\$44	Gav m3	5.300	0	940.110	5.300	1.228.960
\$B\$45	Benzeno m3	2.260	572	1.105.759	2.260	1.228.960
\$B\$46	Tolueno m3	4.450	0	516.960	4.450	1.228.960
\$B\$47	Xilenos m3	1.910	0	904.260	1.910	1.228.960
\$B\$52	Tolueno m3	2.286	0	1.030.054	2.286	1.228.960
\$B\$54	Gav m3	5.000	0	1.121.460	5.000	1.228.960
\$K\$25	Produção	5.500	0	599.717	5.500	1.228.960
\$K\$26	Importação	0	0	1.228.960	0	1.228.960
\$K\$30	Produção	207	0	1.220.383	207	1.228.960
\$K\$31	Exportação	0	0	1.228.960	4.793	567.545

O relatório de limites apresenta o resultado da otimização do problema, bem como os resultados obtidos para as células ajustáveis (coluna valor). Nos dois quadros, no lado direito, são mostrados os limites inferiores e superiores, e os respectivos valores para a célula destino. Os valores na coluna limite inferior indicam o menor valor que cada célula ajustável pode assumir enquanto todas as demais variáveis permanecem constantes e todas as restrições são satisfeitas. Da mesma forma, os valores na coluna limite superior indicam o maior valor que cada célula ajustável pode assumir enquanto os valores de todas as demais variáveis permanecem constantes e todas as restrições são satisfeitas.

Como pode ser observado neste relatório, vemos que os valores assumidos pelas variáveis realmente são aqueles que maximizam a função objetivo.

Estes relatórios devem ser analisados de forma conjunta, de modo a se obter todas as informações necessárias para o processo decisório. Um exemplo desta análise conjunta seria o caso da exportação de Hexano. O resultado otimizado apresentou o valor de 207 m3 para o mercado externo. Entretanto, este volume é muito pequeno para uma operação via modal marítimo. Assim, se considerarmos esta exportação como nula, podemos verificar que a margem é reduzida de \$ 1.228.960 para \$ 1.220.383, o que é uma perda desprezível.

Um outro tipo de ferramenta, disponível no Microsoft Excel, é a Análise de Cenários. Esta ferramenta permite a criação de cenários onde são especificadas as células que serão modificadas e os valores que cada uma destas células assumirão.

A Análise de Cenários se diferencia da Análise de Sensibilidade pelo fato de trabalhar com inúmeras variáveis, tais como: receitas, custos, de modo a otimizar a margem.

No presente estudo foi considerado que a margem é bastante influenciada pelo preço da nafta. Assim, vamos criar cenários onde temos variações no preço da nafta e verificar como a margem será afetada por estas variações.

Inicialmente, dentro da planilha “balanço”, clicamos em Ferramentas e acessamos o comando “Cenários”. Uma caixa de diálogo aparece, conforme mostrado na figura 30.

Figura 30 – Gerenciador de cenários

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Scenario Manager dialog box open. The background spreadsheet displays financial data for 'SADE\_CORRIDA\_00059.XLS'. The Scenario Manager dialog is titled 'Gerenciador de cenários' and contains the following text: 'Nenhum cenário foi definido. Pressione "Adicionar" para adicionar cenários.' The dialog has buttons for 'Adicionar...', 'Excluir', 'Editar...', 'Modificar...', and 'Remover...'. The spreadsheet data includes:

Custo do Produto Nacional			
	m2	Us\$ (m2)	Us\$
Nafta	87.468	800,00	69.974.400
Alcool Anis	7.311	240,00	1.754.640
<b>S-Total</b>			<b>71.729.040</b>

Custo de Importação (F.O.B.)			
	m2	Us\$ (m2)	Us\$
Heaven	8	228	1.824
<b>S-Total</b>			<b>1.824</b>

Receita de Exportação de Derivado			
	m2	Us\$ (m2) (CF)	Us\$
Derivado	1.312	280	367.360
Tolueno	2.268	310	703.780
Heaven	287	270	77.390
Gas	5.008	280	1.422.240
<b>S-Total</b>			<b>2.568.770</b>

Receita Total			
	m2	Us\$ (m2)	Us\$
<b>Total</b>			<b>15.934.987</b>

Encargos Totais			
	m2	Fator	Us\$ (m2)
Derivado Esp	1.312	Sanctus	11.320
Tolueno Esp	2.268	Sanctus	22.680
Heaven Esp	287	Sanctus	2.071
Gas Esp	5.008	Sanctus	50.080
Industria	8	Sanctus	1.824
<b>S-Total</b>			<b>87.975</b>

The 'Resultado, Us\$' cell shows a value of 1.229.968.

Para a criação de um cenário, clicar no comando “Adicionar”. Em seguida, no campo Nome do cenário colocar um nome para o cenário criado. Em seguida, no campo Células variáveis, introduzir as células que irão se alterar em função de cada cenário. No presente estudo as células variáveis são as células ajustáveis: \$E\$7, \$E\$17, \$B\$44, \$B\$45, \$B\$46, \$B\$47, \$B\$52, \$B\$54, \$K\$25, \$K\$26, \$K\$30, \$K\$31 e \$H\$41. A introdução da célula \$H\$41 na lista de células é devido ao fato do preço da Nafta não ser uma variável diretamente envolvida na função objetivo. Em seguida, no campo Comentário, introduzir as informações pertinentes ao cenário. Finalmente, se apresentam duas caixas de proteção. A primeira “Evitar alterações”, a qual protege as variáveis de serem alteradas por terceiros, e a segunda “Ocultar”, a qual não permite a exibição do cenário. A figura 31 apresenta esta caixa preenchida.

Figura 31 – Adicionar cenário

The screenshot displays the Microsoft Excel interface with a financial model. A dialog box titled "Adicionar cenário" is open, showing the following details:

- Nome do cenário:** Cenário Preço da Nafta \$1.02,5
- Células variáveis:** \$E\$7;\$E\$17;\$B\$44;\$B\$45;\$B\$46;\$B\$47;\$B\$52;\$B\$54;\$K\$25;\$K\$26;\$K\$30;\$K\$31;\$H\$41
- Comentário:** Comida UPSC - Cenário 1
- Proteção:**
  - Evitar alterações
  - Ocultar

The background spreadsheet shows several tables, including:

Composição das receitas, m3			
<b>"Perfil" de Gasolina</b>			
25	Refinac	0	
26	Refinac	0	
27	Toljac	0	
28	Refinac	530	
29	Conco	1343	
30	Total	2414	

Compos. da Gas. Total		
Nafta	795	
Toljac	795	
Alcoolado	510	
Total	5300	

Compos. da Gas. Esp		
Nafta	168	
Toljac	168	
Alcoolado	1000	
Total	5000	

Compos. Hos. Merc. Int		
Producao	5000	
Importacao	0	
Total	5000	

Compos. Hos. Merc. Esp		
Producao	207	
Exportacao	0	
Total	207	

Balanco econômico			
<b>RECEITA</b>			
<b>Receita de Venda no Mercado Interno</b>			
m3	Unid/m3	U\$C	
39	Gas. Combustivel	797,32	90,08
40	Gas	7,322	84,00
41	Nafta	39,598	84,00
42	Gasolina	2,474	84,00
43	Diésel	34,382	210,00
44	Heptano	5,008	300,00
45	Gas	8,308	280,00
46	Gasolina	2,268	220,00
47	Tolaceno	4,488	340,00
48	Alcool	1,98	350,00
49	S-Total	89,084	17.376.548
<b>Receita de Exportação de Derivado</b>			
m3	Unid/m3 (U\$C)	U\$C	
51	Gasolina	1,312	280
52	Tolaceno	2,268	310
53	Heptano	287	220
54	Gas	5,008	280
55	S-Total	5,008	2.558.263
<b>Receita Total</b>			
m3	Unid/m3	U\$C	
57	Total	34,598	18.934.811

Custo de transporte				
m3	Do	Para	Unid/m3	U\$C
58	Reverso Esp	132	PFRC	Santos
59	132	Santos	30	39581
60	Tolaceno Esp	2,268	PFRC	Santos
61	2,268	Santos	31	6.859
62	S-Total	8,238	43E	614.465

Uma vez concluído o preenchimento, clicar “OK”, e uma nova caixa de diálogo irá aparecer, pedindo valores para as células variáveis. Na presente aplicação, a única alteração

foi feita na célula  $\$H\$41$ , onde o preço da nafta passa a ser US\$182,5/m<sup>3</sup>. A figura 32 apresenta esta caixa de diálogo.

Figura 32 – Valores do cenário

The screenshot displays a Microsoft Excel spreadsheet with a dialog box titled "Valores de cenário" (Scenario Values) open. The dialog box prompts the user to "Inserir valores para as células variáveis." (Enter values for the variable cells.) and contains five input fields with the following values:

- 1:  $\$E\$7$ : 50285,0892061499
- 2:  $\$E\$17$ : 16207,0
- 3:  $\$E\$44$ : 5300
- 4:  $\$E\$45$ : 2200
- 5:  $\$E\$46$ : 4450

The background spreadsheet shows a financial model with the following tables:

Composição das receitas, m <sup>3</sup>			
"Prod" de Receitas		Compos. de Rec Total	
25	Polpa	8	799
26	Polpa	8	795
27	Polpa	8	795
28	Polpa	538	3.703
29	Carvão	1.843	5.300
30	Total	3.474	5.300

Compos. de Rec Esp			
25	Polpa	8	799
26	Polpa	8	795
27	Polpa	8	795
28	Polpa	538	3.703
29	Carvão	1.843	5.300
30	Total	3.474	5.300

Compos. Rec. Merc. Esp			
25	Produção	5.300	
26	Importação	0	
27	Total	5.300	

Balanco econômico			
RECEITA			
Resultado de Venda no Mercado Interno			
37	m <sup>3</sup>	Us\$/m <sup>3</sup>	Us\$
38	Gas Combustivel	397,22	90,08
39	Gas	7.282	81,00
40	Maça	30.968	81,00
41	Dióxido	2.474	81,00
42	Carvão	34.562	71,00
43	Heavio	5.508	300,08
44	Bau	5.308	281,08
45	Benzeno	2.268	330,08
46	Tolueno	4.458	240,08
47	Metano	1.981	350,08
48	S-Total	85.981	17.376.648
Resultado de Exportação de Derivado			
51	Benzeno	1.221	280
52	Tolueno	2.268	270
53	Heavio	287	270
54	Bau	5.008	280
55	S-Total	8.806	2.598.268
Resultado Total			
57	m <sup>3</sup>	Us\$/m <sup>3</sup>	Us\$
58	Total	81.987	18.894.916

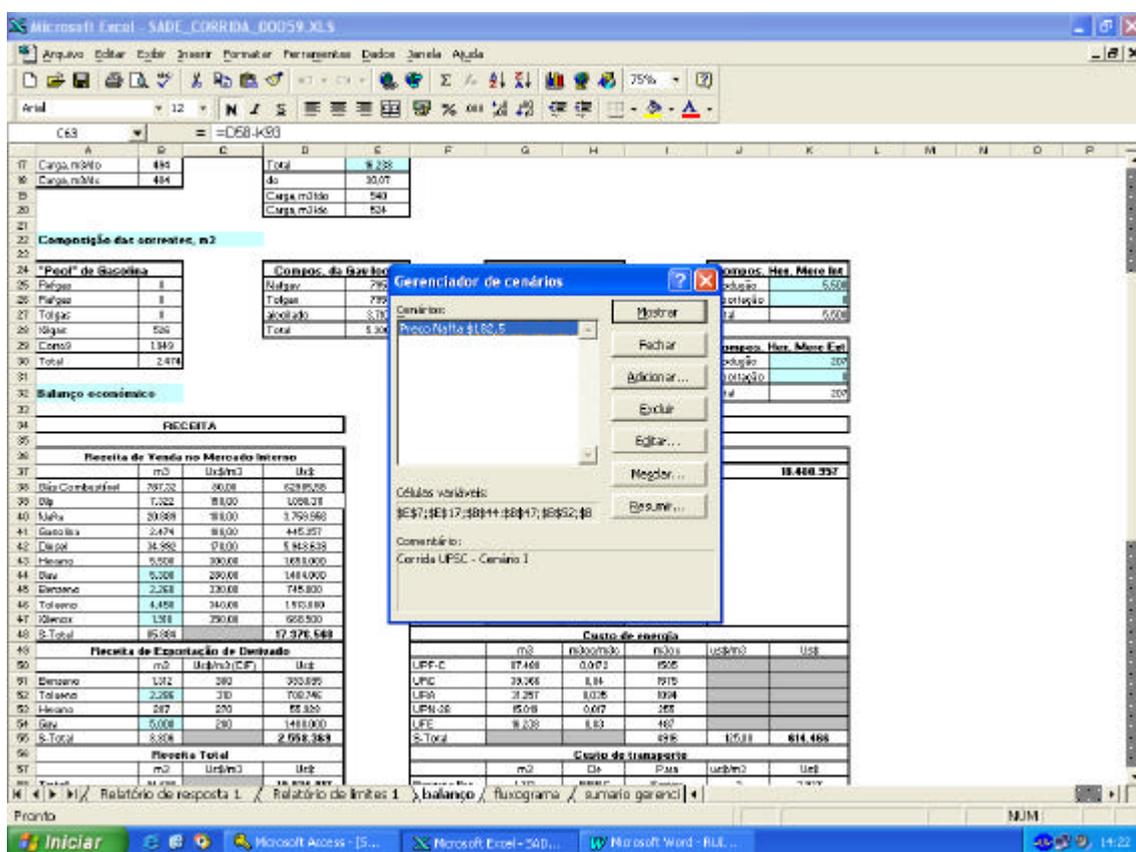
Custo de importação (FOR)			
49	m <sup>3</sup>	Us\$/m <sup>3</sup>	Us\$
50	Heavio	8	328
51	S-Total	8	328

Custo de energia				
52	UFF-C	87148	0,072	6286
53	UFF-D	39288	8,14	3205
54	UFF-E	31297	8,076	2524
55	UFF-F	35078	0,072	2524
56	UFF-G	6230	8,83	549
57	S-Total	165031		14148

Custo de transporte				
58	m <sup>3</sup>	Us\$/m <sup>3</sup>	Us\$	
59	Carvão	1.843	0,072	132
60	S-Total	1.843	0,072	132

Uma vez feita a alteração, clicar em "OK". A tela retorna para a caixa de diálogo Gerenciador de cenário, conforme é visto na figura 33. Ao clicar "Mostrar", pode ser vista na célula Resultado da planilha "balanço" ( $\$C\$63$ ), o valor assumido para o referido cenário.

Figura 33 – Cenário I



A partir daí, o processo se repete para cada cenário desejado. É importante observar que na versão em Português do Excel, é necessário fazer um ajuste nos valores das variáveis salvas, tendo em vista que eles são salvos em formato decimal usando ponto a invés de vírgula. Para estas correções, basta clicar “Editar”, “OK” e quando aparecer “Valores de cenário”, trocar os pontos pelas vírgulas e clicar “OK”.

Voltando a presente aplicação, os cenários criados contemplaram os preços da nafta variando de US\$2,5/m<sup>3</sup>, de US\$182,5/m<sup>3</sup> a US\$195/m<sup>3</sup>. Para visualização de todos os cenários, simultaneamente, é criada uma caixa de cenários. Para isto, clicar em Exibir, barras de ferramentas, personalizar, comandos e selecionar “Cenários”, arrastando-o para o menu.

O relatório de cenários é obtido ao clicar o botão “Cenários” e a seguir “Resumir”. A figura 34 apresenta o Resumo de cenário.

Figura 34 – Resumo de cenário

Resumo do cenário		Valores atuais: Preço Nafta \$182,5    Preço Nafta \$185    Preço Nafta \$187,5    Preço Nafta \$190    Preço Nafta \$192,5    Preço Nafta \$195					
<b>Células variáveis:</b>							
IE17		39.366	39.366	39.366	39.366	39.366	39.366
IE117		16.238	16.238	16.238	16.238	16.238	16.238
IB344		5.300	5.300	5.300	5.300	5.300	5.300
IB345		2.260	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
IB346		4.450	4.450	4.450	4.450	4.450	4.450
IB347		1.910	1.910	1.910	1.910	1.910	1.910
IB352		2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266
IB354		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
IN325		5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
IN326		0	0	0	0	0	0
IN330		207	207	207	207	207	207
IN331		0	0	0	0	0	0
IN341		180,00	182,50	185,00	187,50	190,00	192,50
<b>Células de resultado:</b>							
IC363		1.226.960	1.010.260	791.660	572.660	354.160	-89.240

Observações: A coluna Valores atuais representa os valores das células variáveis no momento em que o Relatório de Resumo do Cenário foi criado.  
As células variáveis para cada cenário estão destacadas em cinza.

Em função do relatório acima, verifica-se que a margem começa a ficar negativa quando o preço da nafta atingir valores acima de US\$192,50/m<sup>3</sup>, mantidas as demais variáveis constantes.

## **CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1 Conclusões**

O objetivo proposto ao início deste trabalho de dissertação foi alcançado com o desenvolvimento e a aplicação de uma modelagem de um sistema de apoio à decisão para utilização no planejamento das operações logísticas de produtos especiais.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi apresentada uma breve descrição das características dos produtos especiais, e em particular o segmento de solventes derivados de petróleo, utilizado na aplicação prática. Também foi discutida a importância do planejamento das operações logísticas no processo decisório empresarial, bem como a necessidade de contar com ferramentas adequadas para a consulta e a análise de dados.

As revisões bibliográficas, apresentadas nos terceiro e quarto capítulos, mostraram que a logística envolve o gerenciamento dos fluxos de informação e de material através a cadeia de suprimento, destacando a importância da informação como fator de integração dos subsistemas que compõem a cadeia e que também contribuem para facilitar a capacidade de planejamento, coordenação e controle dos elementos vitais do processo logístico.

Uma vez concluída a revisão bibliográfica, foi desenvolvida uma modelagem de um sistema de apoio à decisão, denominado SADE, baseada no modelo de SPRAGUE e WATSON (1991). Esta modelagem, composta de um Banco de Dados desenvolvido em Microsoft Access (SADED), um Banco de Modelos utilizando planilhas eletrônicas em Microsoft Excel, e um Banco de Dados em Microsoft Access (SADEE). Neste último, se encontram os programas em Visual Basic, as “queries” pré-estabelecidas desenvolvidas em função de cada modelo, que gerem os dados para os modelos e gerenciam as corridas.

A modelagem desenvolvida foi aplicada utilizando-se um modelo de planejamento da produção de solventes. Neste modelo, o qual tem como objetivo a maximização da margem de lucro, foi utilizado como ferramenta para otimização o Microsoft Excel Solver. Complementam ainda a modelagem, relatórios de análises de resultados e de cenários.

Segundo a modelagem desenvolvida, cabem as seguintes considerações:

- Banco de Dados (SADED)

A opção pelo Microsoft Access foi uma questão de seguir a cultura da Companhia, a qual incentiva sua utilização para aplicações locais, disponibilizando inclusive algumas facilidades para acesso aos bancos de dados corporativos.

Quanto à concepção do Banco de Dados SADED, a mesma contemplou todas as informações necessárias para atender os mais diversos tipos de modelos utilizados na área de produtos especiais pela Companhia. Entretanto, pelo fato deste trabalho tratar-se de uma dissertação de mestrado, com limitação de prazo para conclusão, foram preenchidas somente as tabelas extraídas do Banco de Dados de Estoque, Movimentação e Qualidade – BDEMQ, e aquelas que foram utilizadas na aplicação prática apresentada no quinto capítulo.

- Banco de Modelos

A opção pelo desenvolvimento de modelos em Microsoft Excel, foi devido a sua grande utilização entre os técnicos das áreas de planejamento e programação da produção, e também por sua facilidade de integração com outras bases de dados de diferentes fontes da Companhia.

O modelo de planilha utilizado na aplicação prática do quinto capítulo, desenvolvido para avaliação da produção de solventes da Refinaria Presidente Bernardes Cubatão (RPBC), foi simplificado de forma a atender exigências acadêmicas, dentre elas, o prazo de conclusão da dissertação.

A utilização dos relatórios de análises, constantes do Microsoft Excel, conforme pôde ser vista na aplicação prática, constitui-se em poderosas ferramentas suplementares para o planejamento das operações logísticas. Tais ferramentas permitem uma análise mais profunda dos resultados obtidos da otimização, possibilitando tomadas de decisões mais robustas.

Outro aspecto bastante positivo diz respeito à emissão de relatórios informativos e sumários gerenciais, a qual é bastante facilitada pela utilização do Microsoft Excel.

Dessa forma, a modelagem proposta se aplica perfeitamente para os produtos especiais, que têm entre suas características, o fato de serem produzidos em linhas diferenciadas, exigindo a utilização de diversos modelos.

## **6.2 Recomendações**

A modelagem desenvolvida exige um tempo muito grande na concepção do Banco de Dados, o qual deve ser desenvolvido em conjunto com um profissional de informática. Entretanto, uma vez concluído, o trabalho de inclusão dos modelos no Banco de Modelos passa a ser uma tarefa bem mais simples.

Embora no presente trabalho tenha-se optado pela utilização de um modelo de otimização, outras aplicações podem ser disponibilizadas, tais como, modelos envolvendo algorítmicos genético, árvores de decisão, etc.

Da mesma forma, os modelos a serem desenvolvidos podem contemplar diversos tipos de aplicação, envolvendo avaliações de investimentos em projetos, seqüência de campanhas de produção de diversos produtos , previsões de demandas, lançamento de novos produtos, entre outros.

Uma utilização bastante interessante, é a utilização de modelos de abordagem qualitativa, onde a partir das diversas características de cada componente constante do Banco de Dados SADED, fossem determinadas as características de um produto final que atendesse restrições de segurança, meio ambiente e de saúde ocupacional, sem perda das características relativas ao desempenho. Um exemplo deste tipo de aplicação são os “softwares” desenvolvidos para formulações de solventes voltados para a indústria de tintas.

## BIBLIOGRAFIA

Alter, S. L. **Information Systems: A management perspective**. 2<sup>nd</sup> Ed., EUA Menlo Park, Benjamin & Cummings, 1996.

Binder, Fábio V. **Sistemas de Apoio à Decisão**. Revisão técnica Belmiro Nascimento João. São Paulo, Editora Érica, 1994.

Ballou, Ronald H. **Logística Empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. Tradução Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo, Editora Atlas, 1993.

Ballou, Ronald H. **Business logistics management**: planning, organizing and controlling the supply chain. 4th ed., New Jersey, Prentice-Hall, 1999.

Bodington, E.C. **Planning, Scheduling, and Control Integration in the Process Industrie**. McGraw-Hill, 1995.

Borges, Fernando J. L. **Uma Análise da Cadeia Logística de Suprimento da Indústria de Petróleo Utilizando a Técnica de Simulação** – Um estudo de Caso. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, UFSC, 2000.

Bowersox, Donald J. e Closs, David J. **Logística Empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimento. Tradução Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves, coordenação da revisão técnica Paulo Fernando Fleury, César Lavallo. São Paulo, Editora Atlas, 2001.

Campos, A.C. e Leontsinis, E. **Petróleo e Derivados**. Rio de Janeiro, Editora Técnica Ltda, Coleção Tecnologia Brasileira: 7, 1989.

Christopher, Martin. **Logística e Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços. Editora Pioneira, São Paulo, 1997.

Christopher, Martin. **A logística do Marketing**. São Paulo, Editora Futura, 2000.

Coles, S., Rowley, J. "Spreadsheet modeling for management decision making", **Industrial Management & Data Systems**, 96/7 [1996] 17 – 23.

Dornier, Philippe-Pierre et al. – **Logística e Operações Globais: Texto e Casos**. Tradução Arthur Itakagi Utiyama. São Paulo, Editora Atlas, 2000.

Fleury, Paulo F., Wanke, Peter, Figueiredo, Kleber F. **Logística Empresarial - a perspectiva brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração, São Paulo, Editora Atlas, 2000.

Floudas, C. A. **Nonlinear and mixed-integer optimization**. University Press, Oxford, Oxford 1995.

Handfeld, Robert B. **The role of information systems and technology in supply chain management**. New Jersey, Prentice-Hall, 1999.

Johnson, James C. e Wood, Donald F. **Contemporary Logistics**. Macmillan Publishing Company, NY, 5<sup>th</sup> ed., 1993.

Kallrath, Josef e Wilson, John M. **Business optimization using mathematical programming**. Macmillian Press, Londres, 1997.

Lambert, Douglas M. e Stock, James R. **Strategic Logistics Management**. R. D. Irwin Inc., 3<sup>rd</sup> ed., 1993.

Mattos, João C. F. e Chao, Wisley. **Mercado Internacional de Solventes Industriais**. GT PETROBRAS, 1995.

Murta, Roberto de Oliveira. **Incoterms 1990**: publicação nº 460 da Câmara de Comércio Internacional – CCI. Aduaneiras, 2<sup>a</sup> ed., 1995.

Neto, Sílvio L. R. **Um modelo Conceitual de Sistema de Apoio à Decisão Espacial para Gestão de Desastres por Inundações**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transporte, São Paulo, 2000.

Novaes, Antonio G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2001.

Pidd, M. **Modelagem Empresarial**: ferramentas para tomada de decisão. Editora Bookman, Porto Alegre, 1998.

Possamai, Osmar. **Normas para elaboração da dissertação/tese**. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, PPGEP/UFSC.

Rasgdale, Cliff T. **Spreadsheet Modeling and Decision Analysis**. 3<sup>rd</sup> ed, South-Western College Publishing, 2001.

Resende, Denis A. e Abreu, Aline F. de **Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais**: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas. São Paulo, Editora Atlas, 2000.

Silva, Edna Lúcia da e Menezes, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 2<sup>a</sup> Edição revisada, Florianópolis, 2001.

Silver, Edward A. e Peterson, Rein. **Decision Systems for inventory Management and Production Planning**. John Wiley & Sons, New York, 1998.

Sprague, Ralph H. Jr. e Watson, Hugh J. **Sistema de Apoio à Decisão**: Colocando a Teoria em Prática. Tradução de Anna Beatriz G. R. Silva. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1991.

Stair, Ralph M. **Princípios de Sistemas de Informação**: uma abordagem gerencial. Tradução Maria Lúcia I. Vieira e Dalton C. de Alencar. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Segunda Edição, 1998.