

RODRIGO MENDONÇA CRUZ

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À MODELAGEM DA DECISÃO DE  
COMPRA DE PETRÓLEO

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

Orientador: Prof. HELDER GOMES COSTA

Niterói

2007

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.

RODRIGO MENDONÇA CRUZ

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À MODELAGEM DA DECISÃO DE  
COMPRA DE PETRÓLEO

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

Aprovada em 26 de julho de 2007.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Helder Gomes Costa, D.Sc. – Orientador  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D. Sc.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Rogério Atem de Carvalho, D. Sc.  
CEFET Campos

Niterói

2007

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa e ao meu filho pelo incentivo, paciência e compreensão pelo tempo ausente;

Aos meus pais pela dedicação e apoio nos momentos mais difíceis;

Ao Helder pela orientação, esclarecimentos e confiança sem as quais não seria possível a realização do trabalho;

Aos amigos da PETROBRAS pelas sugestões, críticas e opiniões que contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

Este trabalho tem como problema principal a aplicação da abordagem multicritério na decisão de compra de petróleo importado, levando em consideração aspectos de valorização do produto e do fornecedor. O método utilizado foi o ELECTRE TRI que é um método de classificação ordenada onde as alternativas são divididas em grupos obedecendo a um padrão pré estabelecido. Para a aplicação deste método, foi necessário desenvolver alguns conceitos básicos para se entender o problema. O conceito de valor foi o primeiro a ser pesquisado, seguido das informações sobre a indústria do petróleo no passado e no presente. Na seqüência foram abordadas as definições de o que é petróleo, as principais unidades de refino e as principais técnicas de valoração de petróleo. Por fim, foi realizada uma análise comparativa entre os resultados da aplicação da abordagem multicritério e do Planab, que é o programa utilizado pela Petrobras atualmente para se mensurar os valores do petróleo.

Palavras-chave: Multicritério. Petróleo. Decisão. Valor.

## **ABSTRACT**

It is of common knowledge that the oil is one of the most valued products in the current days. Therefore it can be said that any improvement in the purchase process means a great increase in the results of any company. This work has as main problem the application of the Multicriteria Decision Method in the decision of purchase of imported oil, which consider aspects of valuation of the product and the supplier. The used method was ELECTRE TRI that is a method of command classification where the alternatives are divide in groups following a preview standards. For application of this method, it was necessary to develop some basic concepts to understand the problem like the value concept, information about the petroleum industry and definitions of what it is oil, the main units of refining and the main techniques of valuation of oil. Following the application of Multicriteria Methods, this work presents the comparative analyzes between the results of the application of Multicriteria Methods and the PLANAB, that is the program used for the Petrobras nowadays to measure the values of the oil.

**Keywords:** Multicriteria. Petroleum. Decision. Value.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Levantamentos de Teses relacionadas aos assuntos.....	18
Quadro 2 – Critérios para avaliação de fornecedores.....	20
Figura 1 – Curva de Destilação.....	42
Figura 2 – Utilização das Correntes da Destilação.....	46
Figura 3 – Esquema de Refino.....	50
Figura 4 – Esquema logístico do fluxo operacional da cadeia de suprimento.....	57
Figura 5 – Dados sobre o PLANAB.....	58
Figura 6 – <i>Inputs</i> e <i>Outputs</i> do PLANAB.....	58
Figura 7 – Macrofluxo do Processo Decisório.....	66
Figura 8 – Escolha da Alternativa mais adequada: Abordagem Multicritério.....	70
Figura 9 – Exemplo de Grafo de Relações de Superação.....	75
Figura 10 – Exemplo de Ordenação no ELECTRE III .....	76
Figura 11 – Alocação por Categorias no ELECTRE TRI.....	78
Figura 12 – Relações de Superação no ELECTRE TRI.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Derivados de Petróleo e Típicas Faixas de Corte.....	39
Tabela 2 – Análise elementar do óleo cru típico.....	39
Tabela 3 – Correntes e fendimentos do FCC.....	47
Tabela 4 – Cálculo <i>Netback</i> do Sahara Blend.....	54
Tabela 5 – Exemplo do °API de Alguns Petróleos.....	60
Tabela 6 – Rendimentos em % de Petróleos.....	61
Tabela 7 – Alternativas de Importação.....	87
Tabela 8 – Julgamento dos pesos dos critérios.....	89
Tabela 9 – Pesos atribuídos aos critérios.....	90
Tabela 10 – Escala de Julgamento de Valor do ° API.....	90
Tabela 11 – Escala de Julgamento de Valor do Teor de Enxofre.....	91
Tabela 12 – Escala de Julgamento de Valor do Rendimento do Óleo Combustível.....	91
Tabela 13 – Escala de Julgamento de Valor do Rendimento Diesel + QAV.....	91
Tabela 14 – Escala de Julgamento de Valor do Atendimento a Prazo de Entrega.....	92
Tabela 15 – Escala de Julgamento de Valor da Flexibilidade.....	92
Tabela 16 – Classes de Equivalência e seus Limites.....	93
Tabela 17 – Desempenho de cada petróleo à luz de cada critério.....	93
Tabela 18 – Resultados do ELECTRE TRI.....	95
Tabela 19 – Resultados da sensibilidade do ELECTRE TRI.....	96
Tabela 20 – Matriz Credibilidade.....	97
Tabela 21 – Resultados do PLANAB.....	99
Tabela 22 – Tabelas comparativas de resultados .....	101

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histórico das Reservas Provadas no Mundo.....	34
Gráfico 2 – Histórico das Cotações dos Preços do Petróleo.....	35
Gráfico 3 – Maiores Reservas Provadas do Mundo.....	36
Gráfico 4 – Maiores Consumidores de Petróleo do Mundo em 2005.....	36
Gráfico 5 – Cotações dos Produtos.....	86
Gráfico 6 – Gráfico da Matriz Credibilidade.....	98

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVO DA PESQUISA.....	13
1.2 METODOLOGIA.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	15
1.5 QUESTÕES DA PESQUISA.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>3 BASE CONCEITUAL: CONCEITO DE VALOR</b> .....	24
3.1 EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE VALOR.....	24
3.1.1 <b>Economia clássica</b> .....	24
3.1.2 <b>Economia marginalista</b> .....	25
3.2 HISTÓRIA DO VALOR NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO.....	27
3.2.1 <b>O início da indústria do petróleo nos EUA</b> .....	27
3.2.2 <b>O início da indústria do petróleo no resto do mundo</b> .....	28
3.2.3 <b>O século XX</b> .....	29
3.2.4 <b>O petróleo na América Latina</b> .....	30
3.2.5 <b>O período entre guerras</b> .....	30
3.2.6 <b>O papel do petróleo na 2ª Guerra Mundial</b> .....	31
3.2.7 <b>O pós-guerra</b> .....	32
3.3 O VALOR NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO SÉCULO XXI.....	34
<b>4 BASE CONCEITUAL: O VALOR DO PETRÓLEO NO <i>DOWNSTREAM</i></b> .....	38
4.1 O QUE É PETRÓLEO? .....	38
4.2 A QUALIDADE DO PETRÓLEO.....	40
4.2.1 <b>As características do petróleo</b> .....	41
4.2.1.1 <i>Curva de destilação</i> .....	41
4.2.1.2 <i>Grau API</i> .....	42
4.2.1.3 <i>Teor de enxofre</i> .....	43

4.2.2	<b>Outras características</b> .....	43
4.3	<b>O REFINO DO PETRÓLEO</b> .....	44
4.3.1	<b>As frações dos processos de refino</b> .....	45
4.3.1.1	<i>Destilação</i> .....	45
4.3.1.2	<i>Craqueamento Catalítico Fluido (FCC)</i> .....	48
4.3.1.3	<i>Coqueamento</i> .....	47
4.3.1.4	<i>Processo de tratamento – hidrotratamento</i> .....	47
4.3.2	<b>Esquema de refino</b> .....	48
4.3.3	<b>Considerações adicionais do refino</b> .....	50
<b>5</b>	<b>TÉCNICAS DE VALORIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO</b> .....	<b>52</b>
5.1	TÉCNICA DO VALOR DE REALIZAÇÃO POR RENDIMENTO ( <i>NETBACK</i> )...	53
5.2	TÉCNICA DO VALOR MARGINAL DE PETRÓLEO.....	54
5.3	TÉCNICA DA ANÁLISE DE CARGA.....	55
5.4	TÉCNICA DE VALORIZAÇÃO DO PETRÓLEO NA PETROBRAS.....	56
5.4.1	<b>Modelo PLANAB</b> .....	56
5.4.2	<b>A técnica</b> .....	59
5.4.3	<b>As variáveis</b> .....	59
5.4.3.1	<i>Produção nacional de petróleo</i> .....	60
5.4.3.2	<i>Rendimentos de destilação</i> .....	61
5.4.3.3	<i>Cotações dos petróleos e derivados</i> .....	61
5.4.3.4	<i>Mercado interno de derivados</i> .....	62
5.4.3.5	<i>Mercado externo de derivados e petróleo</i> .....	62
5.4.3.6	<i>Movimentações de petróleo e derivados</i> .....	63
5.4.4	<b>Considerações adicionais</b> .....	63
<b>6</b>	<b>BASE CONCEITUAL: AUXÍLIO À DECISÃO E ANÁLISE MULTICRITÉRIO</b> .....	<b>64</b>
6.1	AUXÍLIO À DECISÃO.....	64
6.1.1	<b>Classificação das situações de decisão</b> .....	64
6.1.1.1	<i>Classificação quanto ao conhecimento do cenário futuro</i> .....	65
6.1.1.2	<i>Classificação quanto ao tipo de decisão</i> .....	65
6.1.1.3	<i>Classificação quanto ao número de critérios considerados</i> .....	66

6.1.2 Etapas do processo decisório.....	66
6.1.3 Elementos do processo decisório.....	67
6.1.4 Considerações sobre o processo decisório e o uso de modelos.....	68
6.2 AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO.....	69
6.2.1 Evolução do AMD.....	70
6.2.2 Principais métodos de análise multicritério.....	72
6.2.3 Os métodos ELECTRE.....	73
6.2.4 ELECTRE TRI.....	77
<b>7 MODELAGEM E APLICAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>82</b>
7.1 ESTRUTURA PROPOSTA PARA A MODELAGEM NO ELECTRE TRI.....	83
7.2 APLICAÇÃO DA MODELAGEM PROPOSTA NO ELECTRE TRI.....	84
7.3 RESULTADO DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA PETROBRAS.....	98
7.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS.....	99
<b>8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>102</b>
8.1 CONCLUSÕES.....	102
8.2 SUGESTÕES.....	104
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Percebe-se no mundo uma tendência de valorização do petróleo ou ainda um acréscimo contínuo dos preços deste produto conforme se pode observar no histórico das cotações até 2006, no *site* da British Petroleum (2006).

Conforme reportado na empresa Petróleo Brasileiro S/A - Petrobras (2007), o Brasil alcançou a sua auto-suficiência na produção de petróleo em 2006. Porém, mesmo sendo este fato uma realidade, não significa que o país deixou de importar petróleo para processamento interno e muito menos de importar alguns tipos de derivados como óleo diesel e QAV (querosene de aviação).

Conforme dados estatísticos divulgados pela Agência Nacional do Petróleo - ANP (2007), a produção de petróleo no nosso país está cada vez maior: o Brasil já produz um volume de petróleo igual ao que consome de derivados, mas ainda é compulsória uma troca considerável de óleos importados e nacionais para atender às necessidades específicas de refino e conseqüentemente de produção de derivados.

Pode-se conferir através dos balanços divulgados pela ANP (2007) que, durante o ano de 2006, o Brasil importou em média 10 milhões de barris de petróleo por mês. Segundo Petrobras (2005), esta importação representa uma grande parcela dos custos da companhia e contribui diretamente na redução do resultado da balança comercial externa do país.

Com esse cenário, torna-se cada vez mais importante a elaboração de estudos para uma redução dos custos de importação de petróleo para a Petrobras. Diversas alternativas têm sido estudadas e aprofundadas na busca desta redução: otimização logística; maior parcela de processamento de petróleo nacional nas refinarias brasileiras; reformas metalúrgicas nas refinarias e mudanças no perfil da frota de navios petroleiros do país.

Com isso, melhorias no processo de escolha dos óleos que serão importados pela Petrobras, podem gerar uma melhoria representativa para a cadeia de suprimento, quando são

considerados os critérios mais adequados na hora da compra. Assim torna-se cada vez mais importante a idéia de se estudar os valores do petróleo para o sistema Petrobras.

Por estas razões, este trabalho será realizado com o objetivo de elaborar uma análise comparativa da abordagem Multicritério e um produto do modelo PLANAB, elaborado em programação linear, aplicado na avaliação dos valores dos petróleos importados para a Petrobras.

As empresas de petróleo, tanto no Brasil quanto no mundo, não divulgam publicamente o valor de cada petróleo para elas e muito menos abrem seus sistemas de informação ou de modelagem para as outras, já que estas são informações estratégicas e consideradas confidenciais. Em função destas considerações, o modelo que auxilia a tomada de decisão da escolha de petróleo pela Petrobras atualmente, não será detalhado. Serão apresentadas apenas algumas variáveis que este modelo considera e a lógica entre elas que sejam fundamentais para uma discussão de quais os critérios que serão utilizados na Análise Multicritério.

## 1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo do trabalho é realizar um estudo de aplicação dos conceitos do Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) à modelagem da decisão de aquisição de petróleo.

Como objetivo secundário será efetuada uma análise comparativa entre os resultados obtidos da abordagem AMD e os oriundos do modelo de Programação Linear (PLANAB), utilizados atualmente na Petrobras, quando aplicados na ordenação dos valores dos petróleos para o Sistema Petrobras.

## 1.2 METODOLOGIA

Neste trabalho será feito um levantamento da literatura conceitual de valor, posteriormente será apresentado como o valor está inserido na indústria do petróleo e ainda o valor do petróleo para o *Downstream*.

Para se entender como o petróleo possui este valor, será necessário uma breve apresentação de conceitos básicos e definições do que é petróleo, suas principais

características e o processo de transformação do petróleo, já que é o refino que agrega valor a este produto.

Depois de apresentado como o valor do petróleo é percebido pela sociedade, serão mostradas as técnicas de valorização do petróleo mais praticadas, tanto na Petrobras como na indústria do petróleo.

Para alcançar o objetivo de aplicar os conceitos de multicritério para uma modelagem de compra de petróleo, será feita uma apresentação dos conceitos de auxílio à decisão e posteriormente uma explanação do que é multicritério exemplificando também, com uma base teórica, um método específico desta abordagem multicritério.

Após toda esta apresentação conceitual, será realizada uma aplicação do método ELECTRE TRI (ELEction et Choix Traduisant la REalité) e posteriormente uma análise comparativa dos resultados desta aplicação com os resultados do PLANAB, fazendo um levantamento dos aspectos que ainda não são utilizados ou que ainda não possuem peso representativo na hora da decisão de compra de petróleo pela Petrobras.

Para efetuar a aplicação da abordagem multicritério, mais especificamente o método ELECTRE TRI, serão definidos os critérios para a modelagem, baseando a escolha destes critérios na revisão bibliográfica dos métodos empregados para a solução deste tipo de problema.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O trabalho foi motivado a partir das dificuldades observadas no processo decisório de compra de petróleo e principalmente pelo valor econômico que representa qualquer melhoria no processo.

Este processo de decisão de compra de petróleo é considerado muito relevante dentro da cadeia de suprimento já que é ele que vai definir quais óleos serão comprados e misturados aos petróleos nacionais para formarem a matéria prima do processo de refino e conseqüentemente a qualidade dos derivados produzidos.

Algumas vezes perdem-se oportunidades de comprar petróleos que poderiam ser mais interessantes no momento devido ao atraso na decisão em função de possuir apenas uma ferramenta de auxílio. A modelagem empregada busca suprir carências da ferramenta atualmente empregada (PLANAB) no processo de escolha. Por exemplo: uma alternativa que

é posicionada em primeiro lugar no ranking pelo PLANAB pode apresentar “dificuldades de negociação” não consideradas no modelo, que onerem sobre maneira o processo de aquisição.

Por isso, a idéia de elaborar uma proposta de modelagem, complementar à existente, pode significar um aumento representativo na flexibilidade da análise das negociações e nos resultados das compra de petróleo.

Os conceitos de AMD (conhecido na língua inglesa por *Multiple Criteria Decision Aid* – MCDA) vêm sendo desenvolvidos para lidar com problemas que envolvam múltiplos critérios e análises subjetivas.

É por possuir esta característica de subjetividade que será aplicada a abordagem multicritério, já que o PLANAB é um modelo que considera apenas as variáveis objetivas.

#### 1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho será apresentado com uma divisão de capítulos conforme a descrição abaixo.

O capítulo 1 apresenta uma breve introdução ao assunto tratado, o objetivo deste trabalho, juntamente com uma metodologia e a justificativa para a realização deste, além da sua estruturação.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica de estudos realizados anteriormente que foram utilizados na elaboração deste trabalho. Abordando a parte técnica e a revisão bibliográfica da parte conceitual.

O terceiro capítulo apresenta os conceitos valor e discute esses conceitos. O valor na indústria de petróleo no decorrer da sua história e nos dias atuais também fará parte do capítulo. O propósito é exemplificar algumas tendências e variáveis que não farão parte do trabalho, por serem variáveis que necessitem de estudo mais abrangente de estimativas de acontecimentos mundiais que estão fora de controle. Será feita uma descrição do cenário atual de consumo, produção e de processamento no mundo, a fim de mostrar os argumentos e a importância de se estudar o valor do petróleo.

O capítulo 4 descreve como o petróleo é valorizado na cadeia de suprimento de uma empresa de petróleo, no caso a Petrobras, dando ênfase para o *Downstream*. Para isso foi necessário conceituar o que é petróleo, apresentando algumas características além de descrever o processo de refino.

O quinto capítulo apresenta algumas técnicas de valorização realizadas por outras empresas do setor de petróleo no decorrer da história, além da técnica de valorização de petróleo utilizada atualmente na Petrobras.

O sexto capítulo apresenta os conceitos sobre Auxílio à Decisão e a abordagem multicritério. Mostra ainda os métodos ELECTRE e especificamente a teoria do ELECTRE TRI, método que será aplicado no capítulo 7.

O capítulo 7 apresenta a metodologia do ELECTRE TRI, seguindo de uma aplicação prática desta metodologia no problema proposto de valoração de petróleo. Ainda neste capítulo são feitas as análises dos resultados obtidos e a comparação com um exemplo da técnica da Petrobras.

O capítulo 8 apresenta as conclusões e recomendações da pesquisa, respondendo às questões levantadas no capítulo 1.

## 1.5 QUESTÕES DA PESQUISA

O trabalho proposto terá atendido às expectativas e atingido seus objetivos após ter respondido às questões chave enumeradas a seguir:

- É viável a aplicação de um método da abordagem multicritério na decisão de compra de petróleo?
- O ELECTRE TRI pode ser um método substituto do método atualmente utilizado na Petrobras para a valoração de petróleo?
- Quais as vantagens e desvantagens da aplicação do ELECTRE TRI na decisão de compra do petróleo em relação à técnica da Petrobras (PLANAB)?

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada a revisão bibliográfica realizada para o contexto da pesquisa. Esta revisão foi realizada com base em consultas a uma série de fontes. Algumas estão listadas abaixo:

- Portal de periódicos CAPES.
- Base de Teses da CAPES.
- Bibliotecas da Petrobras.
- Biblioteca da USP.
- Biblioteca da UNICAMP.
- Biblioteca da UFSCAR.
- Biblioteca da UFRGS.
- Base SCIELO.
- Biblioteca SOBRAPO.
- Portal do Mapa Brasil Multicritério.
- Portal do *International Society on Multiple Criteria Decision Making* (MCDM).

Com base nestas fontes e dentre outras observações, pode-se registrar, em consulta feita ao banco de teses de mestrado na CAPES no período compreendido entre 2001 e 2006, alguns índices de quantitativos de pesquisas relacionadas aos assuntos apresentados no quadro 1.

<b>Assuntos (palavras Chave)</b>	<b>Quantidades de Teses (2001 a 2006)</b>
Auxílio à Decisão	Mais de 50 por ano
Multicritério	Mais de 20 por ano
ELECTRE TRI	12
Multicritério na Indústria do Petróleo	6
Decisão de compra de petróleo	0

Quadro 1 – Levantamentos de Teses relacionadas aos assuntos.

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (2004).

Este levantamento ilustra uma oportunidade de pesquisa que ainda não foi explorada, ou que pelo menos não foi divulgada de forma abrangente, o assunto relacionado à decisão de compra de petróleo. Apesar de ser expressiva de teses relacionadas com auxílio à decisão e análises multicritérios, não há registro de pesquisas de Análise Multicritério Aplicada à Decisão de Compra de Petróleo.

Com essa vasta extensão de trabalhos referentes ao assunto, a pesquisa foi direcionada aos autores que possuíam uma quantidade grande de citações em outros trabalhos, como também uma quantidade relevante de publicações realizadas sobre o assunto. Com isso, a busca concentrou em trabalhos, artigos, teses e publicações de autores com experiência e credibilidade neste tema e que propuseram abordagens direcionadas aos objetivos deste trabalho.

A tomada de decisão é uma atividade rotineira na vida de qualquer pessoa. É aplicável nas situações mais simples e nas bem complexas. Qualquer situação de escolha se faz necessário tomar uma decisão.

Costa (2005b) apresenta uma metodologia para as estruturas de suporte a decisão. Neste trabalho ele apresenta inicialmente os elementos do processo decisório, explicando como cada um deles influencia a situação de tomada de decisão, define o que é uma situação de tomada de decisão e sugere algumas classificações dessas situações.

As principais classificações das situações de tomada de decisão são:

- quanto ao conhecimento dos desdobramentos futuros;
- quanto ao tipo de decisão;
- quanto ao número de critérios considerados.

Costa (2005b) ainda descreve sobre as etapas do processo decisório, construção de modelos e considerações sobre o uso dos modelos.

É apresentado também o conceito de auxílio multicritério à decisão e resumo da história dos principais pensadores que iniciaram com esta abordagem

Ando (2004) mostra a fundamentação dos conceitos do ELECTRE I, II e TRI e a metodologia de aplicação destes 3 métodos numa análise da estratégia de manutenção de uma empresa de táxi aéreo “*off-shore*”.

Campello (2005) apresenta, baseado em conceitos fundamentados por autores como Yu (1992), que existem 3 formulações diferentes (escolha, ordenação e classificação) que podem servir de orientação para o analista na estruturação do problema e Freitas (1997), que diz que as alternativas devem ser diretamente comparadas umas com as outras e o resultado informado a partir da noção comparativa num problema de escolha.

Outro trabalho que apresentou uma proposta de metodologia do ELECTRE TRI estruturada e embasada nos principais autores do tema, além fazer a aplicação desta metodologia de maneira simples e clara foi o de Costa, Soares e Oliveira (2004).

Neste trabalho eles descrevem o passo a passo de uma adaptação da aplicação da metodologia sugerida por Yu (1992) e Mousseau, Slowinsk e Ziniewicz (1999), exemplificando todas essas etapas com aplicações em um problema de avaliação de transportadoras de materiais perigosos utilizando o método ELECTRE TRI.

Essa metodologia consiste na identificação do problema, na especificação dos critérios e dos pesos atribuídos a cada um desses critérios através de uma escala de julgamento, especificação de uma escala de julgamento dos desempenhos de cada alternativa a luz de cada critério, estabelece as classes de equivalência e os limites de preferência e indiferença para cada critério e finalmente emitir um julgamento de valor à luz de cada critério.

Neste artigo, Costa, Soares e Oliveira (2004) aplicam esta metodologia com o objetivo de avaliar tanto o desempenho dos prestadores de serviço, no caso transportadoras de materiais perigosos, quanto sua qualidade de serviços considerando alguns critérios subjetivos.

Carvalho (2001) apresenta uma metodologia, que será seguida com adaptações neste trabalho, de escolha de critérios subjetivos para a avaliação de fornecedores.

Este modelo propõe um modelo de classificação para a avaliação de fornecedores baseado em cinco critérios básicos que são: Qualidade, Pontualidade, Flexibilidade, Histórico de Preços e Saúde Institucional. Os 3 primeiros critérios, considerados o núcleo da Classificação, são agregações apresentadas por Ferreira (1993).

Carvalho (2001) ainda apresenta um quadro dos principais critérios que são considerados na hora de uma avaliação do fornecedor, seus subcritérios e a descrição de cada um deles. O quadro 2 reproduz as idéias propostas por Carvalho (2001).

CRITÉRIOS	SUBCRITÉRIOS	SIGNIFICADO
<b>Qualidade</b>	Índice de Refugo	Percentual do produto recusado por baixa qualidade
	Suporte Técnico	Suporte ao uso do produto ou a seu emprego no projeto ou produção
	Garantia	Quão rápido e em que taxa produtos refugados são repostos
<b>Pontualidade</b>	Atendimento a Prazos	Freqüência com as quais as encomendas são recebidas no momento certo
	Atendimento a Qualidades	Percentual das encomendas entregues na quantidade contratada
	Prazo Total de Abastecimento	Tempo total para entrega de uma encomenda, desde a compra
<b>Flexibilidade</b>	Capacidade de Resposta	Capacidade de responder a mudanças nas encomendas
	Práticas de Frete	Capacidade de trabalhar com parcelas pequenas
	Práticas de Encomenda	Emprego de práticas que reduzem custos de encomendas
	Termos de Pagamento	Descontos e prazos de pagamento
<b>Histórico de Preços</b>	Preço Médio	Preço médio cobrado
	Variância	Variância da série de preços
<b>Saúde Institucional</b>	Market Share	Participação no mercado
	Saúde Financeira	Saúde financeira geral
	Relacionamento com a Sociedade	Nível de relacionamento com sociedade, entidades e governos
	Relacionamento com a Concorrência	Nível de relacionamento com a concorrência

Quadro 2 – Critérios para avaliação de fornecedores.  
Fonte: Carvalho (2001).

Neste trabalho, Carvalho (2001) explica que os 5 critérios pertencem a dimensões diferentes. Qualidade, Pontualidade e Flexibilidade são relativos ao nível de serviço oferecido pelo fornecedor; Histórico de Preços é relativo ao posicionamento histórico do fornecedor em relação ao mercado e às negociações de preço e a Saúde Institucional é a relação do fornecedor com o negócio como um todo.

Estas diferenças de dimensões podem ocultar desempenhos que sejam extremos, porém estes critérios podem ser empregados de maneira separada, tomando decisões baseadas nos subcritérios.

Carvalho (2001) ainda propõe que a avaliação seja feita para cada par produto/fornecedor, que formam as alternativas avaliadas e mostram o desempenho de cada um deles em cada critério.

Em outro levantamento realizado através de consultas ao portal do Mapa Brasil de Multicritério (2006), foram encontrados mais alguns trabalhos que contribuíram de maneira indireta para a pesquisa.

Nesta base de dados foram consultados alguns trabalhos sobre a abordagem multicritério que aplicavam métodos diferentes do ELECTRE TRI, que foi o método adotado nesta pesquisa, e ainda alguns trabalhos específicos de aplicação do ELECTRE TRI.

Gomes (2004) escreve sobre uma proposta de aplicação do AMD em processos de decisões em grupos e em negociações. Neste artigo ele mostra como usar as teorias dos conjuntos aproximativos, a teoria da utilidade multiatributo, a teoria dos jogos, bem como a teoria dos conjuntos nebulosos em um processo de negociação. O objetivo do seu artigo é apresentar como ferramentas que tratem de imprecisões e/ou indiscernibilidades e sistemas de apoio à decisão/negociação devem ser utilizadas para facilitar a obtenção de consenso.

Brito (2006) escreve em seu trabalho uma proposta de um modelo de decisão que se ajuste à existência de múltiplos critérios ou objetivos nos quais os riscos são avaliados. Ele se baseia em uma adaptação do método PROMETHEE II para problemática de classificação, realizando a alocação de trechos de gasodutos a classes pré-estabelecidas que correspondem a categorias hierárquicas de riscos, permitindo com que medidas e ações específicas sejam direcionadas a estas categorias para reduzir ao máximo os riscos inerentes aos gasodutos.

Thomaz (2006) apresenta em seu artigo um estudo de caso desenvolvido numa importante operadora de telefonia brasileira no âmbito do planejamento anual de seus custos com pessoal. Seu objetivo é racionalizar a alocação dos recursos disponíveis através do desenvolvimento de um modelo decisório que possibilita atribuir soluções, ou recomendações, diferenciadas aos diversos setores da companhia de modo satisfazer uma ampla gama de objetivos.

Um dos poucos trabalhos sobre auxílio à decisão com aplicação na indústria do petróleo encontrado foi escrito por Margueron e Carpio. (2005) que apresenta o desenvolvimento teórico sobre análise de projetos de exploração e produção de petróleo, desde a avaliação econômica tradicional através do Fluxo de caixa Descontado até a apresentação da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), que possibilita a consideração dos riscos e incertezas típicos dos investimentos internacionais no setor *upstream* do petróleo em um novo ambiente competitivo.

Já no âmbito mais específico da aplicação do ELECT TRI, também foi consultado o trabalho de Gomes e Cunha (2006) que apresenta o modelo de classificação de riscos de

empresas e grupos não-financeiros desenvolvido pelo Departamento de Crédito do BNDES no decorrer de 1993.

Outro trabalho de aplicação do ELECTRE TRI foi escrito por Szajubok, Mota e Almeida. (2006) que apresenta o uso de um modelo de decisão multicritério, para processo de gestão de materiais na construção civil, visando classificar os materiais de uma obra em três categorias para as quais devem ser adotados procedimentos de políticas de estoque.

No cenário internacional, foram consultados alguns trabalhos utilizando a base de dados do portal da Internet do Multiple Criteria Decision Aid Bibliography (2007).

Kangas et al. (2002) explicita a importância do uso de modelos matemáticos nesta atividade e aplica alguns métodos multicritério como ELECTRE, PROMETHEE e o Analytic Hierarchy Process (APH). Diferentemente dos outros trabalhos consultados, Kangas et al. (2002) ainda sugere a aplicação de um método híbrido do AHP e Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) que chama de Analytic Hierarchy Process and Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (AWOT) para mostrar a utilidade deste tipo de método com um outro ponto de vista. O artigo é desenvolvido num contexto de planejamento estratégico de reflorestamento de um local de produção de madeiras na Finlândia.

Bell et al. (2002) apresenta o desenvolvimento de métodos multicritério na avaliação integrada da política do clima. Bell ainda mostra que as pessoas que conduzem essas avaliações integradas de clima estão cientes da necessidade de considerar explicitamente múltiplos critérios e incertezas ao avaliar políticas para impedir aquecimento global. Neste artigo, são aplicados diversos métodos no contexto da política de decisão da emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. Os métodos aplicados consideram o valor e as funções de serviço público aplicados no ELECTRE e nos jogos *fuzzy*.

A título de curiosidade vale citar Ozernoy (1987) sobre tomada de decisão com múltiplos critérios na URSS. Ele apresenta uma visão geral histórica breve do desenvolvimento da tomada de decisão com múltiplos critérios (AMD) na URSS durante os últimos quinze anos e ainda exemplifica com algumas aplicações da metodologia, mostrando assim a importância histórica, mesmo que recente, da abordagem multicritério.

Matsatsinis (2003) apresenta um novo sistema de apoio à decisão na avaliação de cartão de crédito, baseado em um algoritmo chamado *Composite Rule Induction System and Rough Sets*. A vantagem principal do algoritmo e do sistema é a incorporação das variáveis qualitativas, que têm um papel essencial na avaliação do cartão de crédito. O sistema é aplicado em um estudo de caso real a respeito da avaliação do cartão de crédito por um banco comercial grego.

Raju (2004) apresenta a execução da Análise Multicritério na tomada de decisão (AMD) para um estudo de caso da área da irrigação de *Flumen Monegros* na província de Huesca na Espanha. Os critérios usados para ordenar as alternativas consistem em fatores econômicos como, custo de manutenção, lucratividade das colheitas, extensão de subsídios europeus; fatores de volume ambiental da água, como qualidade de água após a irrigação, eficiência do uso da água, resistência às inundações ou secas e fatores sociais, incluindo o emprego rural e área não cultivada. A técnica de classificação Multicritério do ELECTRE-TRI é empregada para ordenar as melhores alternativas de áreas disponíveis.

Será apresentada agora, a revisão bibliográfica da base conceitual sobre assuntos específicos que são imprescindíveis para o entendimento e aplicação de uma proposta de avaliação e valoração de petróleos.

Conceitos sobre o que é valor, como este conceito de valor foi percebido na história da indústria do petróleo, como o petróleo é valorizado e o porquê dele ter esse valor serão apresentados com o objetivo de compilar este tipo de informação, muito escassa na literatura hoje, e nivelar um mínimo de conhecimento para o entendimento da proposta de valorização do petróleo.

A história do pensamento econômico que baseia todo o conceito do que é valor foi pesquisada em obras de autores clássicos como Smith (1999) e Ricardo (1982) e marginalistas como Menger (1923) e Jenvons (1987).

Yergin (1992) apresenta a história e evolução da indústria do petróleo. Alguns fatos históricos são contextualizados tendo como ponto de vista o petróleo como um produto estratégico.

Para a descrição breve da indústria do petróleo a British Petroleum (2006) e Petrobras (2007) são fontes confiáveis e atualizadas para este tipo de informação. Nelas são baseados alguns cursos de petróleo ministrados pela Petrobras e alguns artigos escritos sobre o tema indústria do petróleo.

Para a definição do que é petróleo e qual é sua composição química e origem, Thomas (2001) consegue, de forma detalhada, resumir estas informações. Farah (2003) e Speight (1992) contribuem com visões menos voltadas para a formação do petróleo e mais concentradas na definição de petróleo para sua utilização.

Farah (2003) descreve ainda as principais características do petróleo, essas grandes influentes para as diferenças de valor deste produto, apresentando ainda o conceito de refino, suas unidades, cargas produtos e utilizações.

### **3 BASE CONCEITUAL: CONCEITO DE VALOR**

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos de valor que já foram estudados no decorrer da história dos pensamentos econômicos, mostrando como evoluíram durante o tempo. Posteriormente será descrito o valor do petróleo no mundo, mostrando a história da evolução do valor do petróleo desde sua descoberta. O relato desses principais fatos históricos tem como objetivo mostrar a importância de algumas variáveis que influenciam de uma maneira significativa no valor do petróleo, mas que não serão consideradas por serem variáveis que não possuem controle ou que, para serem levadas em consideração, seriam necessários estudos bem mais aprofundados na busca da inferência dos acontecimentos futuros.

#### **3.1 EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE VALOR**

Neste tópico serão apresentadas as principais correntes do pensamento econômico e seus pensadores. Foram nestas teorias que o conceito de valor utilizados até hoje foi desenvolvido.

##### **3.1.1 Economia clássica**

A teoria moderna de valor começou com Smith (1999), Ricardo (1982) e alguns outros autores que compõe a Escola Clássica de Economia. Estes autores explicavam a formação dos preços, basicamente, pelos seus custos de produção. Se uma mercadoria **A** custava para ser produzida, o dobro que a mercadoria **B**, o preço de **A** seria duas vezes maior que o preço de **B**.

O pensamento dos economistas clássicos fundamenta-se, portanto, na liberdade individual e no comportamento racional dos agentes econômicos. Com a publicação da *Riqueza das Nações*, Smith (1999), tendo como experiência a Revolução Industrial inglesa em curso desde as primeiras décadas do Século XVIII, estabeleceu as bases científicas da teoria econômica moderna. Ao contrário dos Mercantilistas e Fisiocratas, que consideravam os metais preciosos e a terra, respectivamente, como os geradores da riqueza nacional, para Smith (1999) o elemento essencial da riqueza é o trabalho produtivo. Essas idéias mostram a tendência do movimento econômico de migração dos conceitos de valor, que antes era gerado somente pelas riquezas da terra e na economia clássica o valor é percebido em qualquer mercadoria que seja vendida a um preço superior ao seu custo de produção.

Os economistas clássicos enfatizavam o lado da produção. Porém a idéia de que tudo o que fosse produzido seria consumido, foi explicitada por Say (1983), ao formular a lei dos mercados (Lei de Say). Segundo Say (1983), a oferta cria a sua própria procura. Isso explica porque os clássicos supunham que a produção realiza-se com proporções fixas, ou seja, todo acréscimo de produção exige o aumento simultâneo e proporcional de capital e de trabalho.

A Lei de Say do equilíbrio dos mercados foi criticada por Malthus (1983) pela existência de crises no sistema capitalista resultantes do subconsumo da população, ou seja, do crescimento insuficiente da demanda efetiva, que define o nível de produto total doméstico absorvido pela economia, em função de sua capacidade de pagamento.

Porém, ficava evidente que essa análise era muito imperfeita. Como os custos dependem do volume de produção e, na maioria dos casos, quando o volume de produção aumenta os custos caem, as análises da teoria dos preços, precisariam levar em consideração a demanda pelas mercadorias.

### 3.1.2 Economia marginalista

A criação do conceito de utilidade marginal, que floresceu no final do século XIX, veio trazer a resposta ao paradoxo e hoje é a base teórica da análise econômica da demanda. Esta análise foi desenvolvida por alguns pensadores como Grossen em 1854 na Alemanha, Carl Menger em 1871 na Áustria; Leon Walras em 1874 na França e Jevon em 1871 na Inglaterra.

O valor da utilidade marginal pode também ser definido como sendo o valor, para o consumidor, representado por uma unidade adicional de alguma mercadoria. Exemplificando:

para um consumidor que esteja com fome, a primeira fatia de pão tem uma utilidade enorme. Essa utilidade vai decrescendo à medida que se vai adicionando mais unidades. A décima fatia de pão já representará uma utilidade bem menor que a primeira.

Em teoria econômica, denomina-se utilidade, a propriedade que os produtos tangíveis e serviços têm de satisfazer as necessidades e desejos humanos. O conceito de utilidade marginal demonstrou que as escolhas econômicas são tipicamente feitas entre pequenas quantidades adicionais, ou marginais. (RIMA, 1977, p.247).

O consumidor não escolhe entre uma grande quantidade de um produto ou não comprar nada. Em termos práticos, ele se pergunta, com base nos preços praticados, se não seria mais vantajoso comprar um pouco mais ou um pouco menos deste produto. Sua comparação não se dá em termos de quantidades totais, mas de quantidades marginais. Ele pondera as possíveis vantagens de fazer pequenos ajustamentos nas fronteiras de seu padrão de consumo atual. Embasado na teoria da utilidade marginal observa-se que a demanda por determinado produto tende a aumentar com a redução do seu preço, considerando que tudo mais permaneça constante, pois o preço menor é fator de incentivo ao consumo e o oposto também é verdadeiro: com o aumento do preço a demanda tende a diminuir.

Para Oser e Blanchfield (1983), a essência do pensamento marginalista pode ser sintetizado em 10 pontos: raciocínio na margem, a decisão de produzir ou consumir vai depender do custo benefício proporcionado pela última unidade; Abordagem microeconômica, o indivíduo e a firma estão no centro da análise, cada bem levado ao mercado é único, possuindo um preço que equilibra sua oferta com a demanda; Método abstrato-dedutivo, abstração teórica, argumentação lógica e conclusão; concorrência pura nos mercados; ênfase na demanda, como elemento crucial para determinar os preços, ao contrário dos clássicos que enfocavam a oferta, ou custo de produção; teoria da utilidade, utilidade que as pessoas têm no consumo dos bens, determinada por seus gostos; teoria do equilíbrio, as variáveis econômicas interagem e o sistema manifesta uma tendência ao equilíbrio pelo jogo das livres forças de mercado; direitos de propriedade, cada proprietário recebe pela posse de um fator de produção; racionalidade, as firmas e consumidores maximizam lucro e satisfação e não agem por impulso, capricho ou por objetivos humanitários; *laissez-faire* ou liberdade de mercado, toda e qualquer interferência nos automatismos do mercado gera custos e reduz o bem-estar social.

Em sua obra, Marshall realizou a chamada primeira síntese neoclássica, tentando conciliar o pensamento clássico e o marginalista, dando nascimento ao termo neoclássico.

Segundo economistas neoclássicos, a utilidade de um produto determina o valor dos bens, a quantidade demandada e, então, o preço de equilíbrio do mercado de cada bem.

A grande diferença entre a Escola Neoclássica e a Escola Clássica, diz respeito à teoria do valor. Enquanto na clássica o valor é determinado pela quantidade de trabalho incorporado nos bens, na neoclássica, o valor depende da utilidade marginal. Desse modo, pelo pensamento neoclássico, quanto mais raro e útil for um produto, tanto mais ele será demandado e valorizado e tanto maior será seu preço.

Por estas idéias, o marginalismo constitui a corrente mais importante desse período. Sua principal característica foi o abandono da teoria clássica do valor-trabalho, substituída pelo conceito de utilidade. O surgimento destas idéias no final do século XIX e de obras que trouxeram o fundamento para uma nova concepção de Economia foi chamado de Revolução Marginalista.

## 3.2 HISTÓRIA DO VALOR NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

Para falarmos sobre valor do petróleo que é o contexto onde serão aplicadas as abordagens propostas pela tese, é interessante apresentar primeiramente alguns fatos da história do desenvolvimento deste produto. É no decorrer da história que se nota como o petróleo foi e ainda é considerado um dos produtos mais importantes comercializados e como aconteceu a evolução do seu valor para a sociedade. Será mostrada sua importância estratégica, exemplificando, ou mesmo justificando alguns acontecimentos históricos pela busca do tão valorizado *commodite*.

### 3.2.1 O início da indústria do petróleo nos EUA

O surgimento do petróleo não possui uma data definida, porém existem diversas citações históricas e até mesmo na bíblia, como a referência feita ao petróleo na impermeabilização da Arca de Noé, como uma utilização nos primórdios da humanidade. Alguns livros citam a utilização do petróleo pelos egípcios no embalsamento das múmias. Na idade média era utilizado como elixir medicinal e nos tempo dos índios americanos e astecas, o chamado *óleo de seneca* era usado como impermeabilizante das tendas.

O primeiro passo para a evolução da indústria do petróleo aconteceu realmente no século XIX, quando se buscavam alternativas para substituir o óleo de baleia na iluminação. Em uma pesquisa feita pela Universidade de Yale, descobriu-se que o querosene poderia servir tanto como substituto do óleo de baleia como também para o óleo de carvão. Assim começou a busca pelo óleo no solo, evento chamado de *a corrida pelo ouro negro*, onde muitas riquezas foram trocadas por terras na esperança de se encontrar petróleo.

A partir da época das buscas incessantes, surgiu uma grande dificuldade de se controlar os fluxos de produção fazendo com que o preço do barril em 1859 passasse de US\$ 20,00 para US\$ 0,50 em 1861. Porém a utilidade do óleo ia crescendo a cada ano, o resíduo que sobrava das queimas começou a ser utilizado como lubrificante para máquinas a vapor, incentivando assim a continuação da busca pelo produto mesmo com a desvalorização momentânea. Pode-se observar tal fato no salto de produção no oeste da Pensilvânia que em 1860 era de 450 mil barris por ano e passou para 3 milhões de barris/ano, logicamente derrubando ainda mais o preço para US\$ 0,10. Essa produção descoordenada e predatória, devido à ignorância do tamanho e capacidade dos poços, causou oscilações de superprodução e esgotamento do produto implantando assim uma instabilidade no mercado.

Porém, John Rockefeller, um dos nomes mais marcante da fase inicial indústria do petróleo, se juntou com mais dois sócios e construiu uma destilaria. Logo depois, com o negócio prosperando cada vez mais, compra a parte dos sócios e funda a *Standard Oil*, implementando refino e ampliando suas refinarias. A *Standard Oil* cresce tanto no decorrer dos anos seguintes que acaba solidificando o monopólio do setor com a construção de dutos, baixando assim ainda mais seus custos. Essa empresa após algumas décadas veio a se chamar Exxon.

Em 1890, preocupado com a grandiosidade da *Standard Oil* e com seu poder, o governo americano decreta a Lei *Anti-Trust, Sherman ACT* assim começa o processo contra a SO, *Standard Oil*, como era conhecida, que acaba sendo dividida em 34 outras empresas e já no ano seguinte obtém uma valorização superior a 100% em cada uma. Algumas delas se mantêm até hoje com nomes diferentes, como é o caso da *Exxon, Chevron e Mobil*.

### 3.2.2 O início da indústria do petróleo no resto do mundo

Em paralelo à história da evolução da indústria do petróleo americano, serão descritos agora alguns fatos que aconteceram nas outras partes do mundo. Em 1860, o querosene

americano chega pela primeira vez em território europeu e 13 anos mais tarde o governo russo autoriza os irmãos Robert e Ludwing Nobel a produzirem petróleo e a construir refinarias em Baku, no Afeganistão, para abastecerem a Rússia.

Em 1877, são desenvolvidos os navios petroleiros e Rothschild se associa aos Nobel e ao governo russo para a construção de uma ferrovia ligando o Mar Cáspio (Baku) ao Mar Negro (Batum), com o objetivo de atingir o Mediterrâneo e disputar mercado com a *Standard Oil*. No ano de 1890, um inglês transportador de pérolas e conchas das Índias Orientais e do Japão para a Inglaterra, proprietário da Shell CO. negocia com os Nobel para transportar petróleo e querosene para o extremo oriente, via Canal de Suez, aproveitando a viagem de volta.

A *Shell* CO. constrói mais de 10 navios petroleiros, o grande petroleiro Murex e consegue autorização para cruzar Suez. Rockefeller da *Standard Oil* tenta embargar o trânsito sentindo a ameaça do diferencial logístico da *Shell*. A disputa entre Standard Oil e Shell se intensifica tanto que Rockefeller tenta se unir com a recém fundada *Royal Dutch Oil*, porém esta acaba se fundindo com a própria *Shell*, formando assim um grupo anglo-holandês.

Complementando esse cenário, começam a surgir no oriente grandes empresas de petróleo, que vão contra os interesses russos. A *Anglo Persian Oil* CO. é fundada em 1908 e por não conseguir achar petróleo e por ter grande dívida com o governo inglês, acaba sendo comprada pelo almirantado inglês comandado por Winston Churchill que temia pela dependência da marinha inglesa à *Shell* e *Standard Oil*. A *Anglo Persian Oil* vem a se chamar mais tarde *British Petroleum* (BP).

### 3.2.3 O século XX

Com a queda da demanda de querosene nos EUA devido à implantação da energia elétrica no final do século XIX, a indústria do petróleo consegue se estabelecer graças ao início da produção de veículos leves movidos à gasolina e diesel. Essa mudança fez com que a estrutura de produção do refino se reposicionasse progressivamente para atender a alta da demanda de gasolina e diesel.

Em 1905, começam a ocorrer greves e violentas rebeliões contra a indústria do petróleo na Rússia de Stalin e posteriormente acontece a Revolução Bolchevista que estatiza toda a indústria do petróleo da União Soviética. Com esse acontecimento a *Shell* acaba tendo

um enorme prejuízo e começa a desenvolver certa aversão às idéias socialistas da extrema esquerda, apoiando então a Alemanha contra a Rússia na 1ª Guerra Mundial.

No período pós-guerra, com a escassez de petróleo no mundo, tem início a consciência estratégica do petróleo. Com a briga de interesses pela busca do petróleo, começa a haver fusão de várias empresas pelo mundo, formando assim as conhecidas Sete Irmãs, que começam a ver seus domínios estabilizados a partir de uma cooperação mútua. No ano de 1928 é assinado o Acordo de Achnacarrye: este sugere que a competição é destrutiva e induz a custos elevados, propondo um congelamento dos mercados das Sete Irmãs. Neste acordo também é implementando o sistema de preços *Gulf Plus* que é usado até hoje, onde o preço do petróleo mais o frete são iguais ao preço exercido, independentemente do lugar da fabricação, consolidando assim o Cartel das Sete Irmãs.

### 3.2.4 O petróleo na América Latina

A descoberta de petróleo em 1908 no México, perto da fronteira, fez com que a produção deste país aumentasse consideravelmente e as descobertas seguintes fez com que o México se tornasse já em 1917 o segundo maior produtor mundial. Porém, com a revolução mexicana liderada por Zapata e Pancho Villa, a população mexicana começou a criticar fortemente as companhias petrolíferas, gerando assim uma crise do governo com as operadoras e, conseqüentemente, uma queda brutal no volume de produção de petróleo.

Em 1938, com a nacionalização da indústria do petróleo mexicano e criação da PEMEX (Petróleo Mexicano) a Inglaterra ameaça um boicote a este país. Alemanha, Itália e Japão, porém, passam a comprar fracassando assim o boicote proposto. Com isso a PEMEX emerge e passa a ser uma das primeiras e mais importantes estatais petrolíferas do mundo, apesar de graves crises em relação a investimentos e acesso a tecnologia de ponta.

Paralelamente, a Shell começa a produzir óleo na Venezuela em 1922 e passa de 1 milhão e 400 mil barris neste ano para 137 milhões em 1937, ultrapassando o México que nesta época ainda sofre com os conflitos da revolução.

### 3.2.5 O período entre guerras

Com grandes descobertas de óleo nos EUA, em 1929 eles já produzem 63% do óleo mundial, porém consomem 60% do petróleo disponível no mundo. No ano seguinte acontece

o *Boom do Petróleo* no Texas, elevando demasiadamente a produção americana. Isso faz com que ocorra uma saturação de óleo no mercado levando o preço do barril a uma queda de US\$ 1,85 para US\$ 0,15 em 1931. O governo americano intervém e estabiliza o preço novamente estipulando cotas de produção no seu território.

Na Europa, os países investem em refino por falta de produção de petróleo e em 1933, com a chegada de Adolf Hitler no poder da Alemanha, o mercado de derivados é estimulado pela corrida armamentista alemã, incentivando principalmente a produção de combustíveis sintéticos por hidrogenação catalítica do carvão.

### 3.2.6 O papel do petróleo na 2ª Guerra Mundial

Com a sua saída da Rússia em 1905, a Shell e seus comandantes começam a simpatizar com o nazismo e a criticar violentamente o regime socialista. Como na 2ª Guerra a tática alemã era a utilização de blindados e bombardeios por aviões, com uma dependência enorme a combustíveis líquidos, a Shell começou a fornecer petróleo e derivados para a Alemanha abarrotar seus estoques. Porém, como Alemanha e Itália possuíam a Shell como fornecedor, a entrada da Inglaterra fez com que seu principal supridor interrompesse o abastecimento. Assim as principais companhias americanas começaram a fazê-lo já que os EUA ainda seguiam neutros no conflito.

Com a invasão do território chinês pelo Japão, o governo americano proíbe exportações de ferro e aço para o Japão e posteriormente petróleo e derivados. O governo japonês por sua vez protesta sem nenhum efeito e em 1941 acontece o bombardeio nipônico à Base de Pearl Harbor, no Hawaii, destruindo quase toda a frota norte americana. Com isso os EUA declaram guerra a todos os países do eixo com embargo total de petróleo e derivados. Com a escassez, a Alemanha decide mudar sua tática de guerra e pede a Rússia que a abasteça. Por pressões dos EUA e Inglaterra, a Rússia nega o fornecimento e Hitler ordena a invasão e dirige um ataque para Baku. Com a falta de petróleo, o eixo formado por Alemanha, Itália e Japão começa a perder força e poder bélico e em 1945, com os ataques dos aliados, se rendem.

A Segunda Guerra Mundial confirma ainda mais o vital papel estratégico do petróleo.

### 3.2.7 O pós-guerra

Com o fim da 2ª Guerra Mundial, a demanda nos EUA cresce significativamente, tornando-o importador de petróleo e derivados. Nesta época o valor do petróleo já é percebido pelo mundo, e com a disseminação do sentimento nacionalista, os países produtores começam a perceber que estão sendo explorados pelas grandes companhias petrolíferas.

Em setembro de 1960 a Venezuela solicita reunião emergencial em Bagdá com as grandes produtoras árabes para criar a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). O objetivo era claramente manter os altos preços do petróleo através de regulamentações na produção mundial, evitando o *esgotamento* e estabelecendo novas regras de exploração com maiores participações para os países produtores.

No período de 1945 a 1970, o preço do barril de petróleo permanece estabilizado entre US\$ 1,50 e US\$ 2,00. Porém, em 1971, em reunião da OPEP, surge um acordo onde começam as arbitragens do preço do petróleo, prevendo aumentos regulares.

Em 1973 começa a Guerra do Yom Kippour, onde mais uma vez árabes e israelenses entram em conflito. Os árabes usam o petróleo como arma política e reduzem a produção de óleo a cada mês, aumentando assim o preço do petróleo em até 70% (agora US\$ 5,00/barril). Os árabes fazem também embargo aos países que apóiam Israel, criando assim um “pânico” no abastecimento mundial de petróleo, o que chamam de *o 1º Choque do Petróleo*. O preço do petróleo mais uma vez dá um grande salto de US\$ 5,00/bbl para US\$ 11,00/barril.

No ano seguinte mesmo com o fim do embargo árabe, o preço do petróleo não diminui, causando uma fragilização no sistema americano e europeu. Com isso os EUA lançam o projeto em que até o ano de 1980 deixarão de ser importadores de petróleo. Após a primeira crise do petróleo os países exportadores praticamente triplicam suas riquezas e países como Irã e Iraque investem fortemente nas suas indústrias armamentistas.

A economia dos países desenvolvidos se reaquecem e os mesmos conseguem conviver bem com os altos preços do petróleo enquanto os países do terceiro mundo se afundam mais na grande recessão.

Em 1977, é assassinado o filho do líder iraniano Ayatollá Khomeini, principal opositor do atual Xá do Irã. Instala-se no Irã uma grande instabilidade política que sucedem revoltas e greves nas regiões petrolíferas. O Irã, que era o 2º maior exportador mundial de petróleo, reduz de 5,6 milhões de barris por dia para 800 mil bpd. Os preços do petróleo crescem

vertiginosamente e em 1978 o Irã cessa totalmente suas exportações. Em 1979, o Xá deixa o Irã e Khomeini assume o poder.

Com o aumento dos preços no *spot*, os países produtores cancelam seus contratos e desviam as exportações para o mercado livre. Mesmo com a volta das exportações do Irã, o preço do barril do petróleo não reduz e se estabiliza na faixa dos 30 dólares.

Em 1980, o Iraque de Saddam Houssein bombardeia os postos de fronteira do Irã, iniciando a Guerra do Irã e Iraque. Essa guerra, que além dos interesses petrolíferos era fundada em diferenças étnicas, religiosas e políticas, causa nova instabilidade no abastecimento de petróleo no mundo, causando mais um grande aumento no preço do petróleo que chega agora aos US\$ 45,00 por barril. Assim acontece o 2º Choque do petróleo.

Essa crise causa diretamente um aumento nos preços dos derivados em todo o mundo, já que os refinadores repassaram o aumento para os consumidores, indiretamente uma redução no consumo dos derivados e assim uma interrupção no crescimento industrial de vários países, além do início de uma conscientização pela busca de novas fontes energéticas além do petróleo.

Para o Brasil, particularmente, o alto preço do petróleo desencadeou pelo menos um grande benefício que foi a viabilização da exploração em águas profundas. Porém tanto no Brasil como em outros países do 3º mundo a dívida externa aumentou consideravelmente.

Foram apresentados alguns fatos que contribuíram diretamente para a variação do valor do petróleo no decorrer da história. Porém, algumas observações podem ser feitas quanto à causa destas variações, já que em quase todas, a causa estava associada ao volume de petróleo que estava sendo oferecido pelas companhias produtoras. Essas companhias variavam seus volumes para poderem de alguma maneira influenciar o preço do petróleo ou ainda como arma política contra países desafetos.

Assim, pode-se concluir que o valor do petróleo está diretamente ligado a utilidade dele, sendo o petróleo valorizado seguindo o pensamento marginalista da Teoria da Utilidade e não pelo valor do seu custo de produção conforme o pensamento econômico clássico. Esta é uma característica muito marcante da indústria do petróleo, já que o valor do petróleo que o mercado mundial enxergava é muito maior do que o seu custo produtivo.

### 3.3 O VALOR NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO SÉCULO XXI

Nos anos compreendidos de 2000 a 2007, a característica da indústria do petróleo se manteve estável em relação ao histórico anteriormente descrito. Os óleos continuam sendo valorizados conforme sua utilidade que está cada vez maior em função do desenvolvimento de novas tecnologias. Na contramão desta tendência, pode-se observar uma redução no crescimento das reservas provadas de petróleo no mundo a partir de 2002 conforme mostra o gráfico 1, e também uma recuperação, desde a década de 80 pós 1º e 2º choques do petróleo, na participação do petróleo como fonte energética primária no consumo mundial, causando assim uma supervalorização do produto.

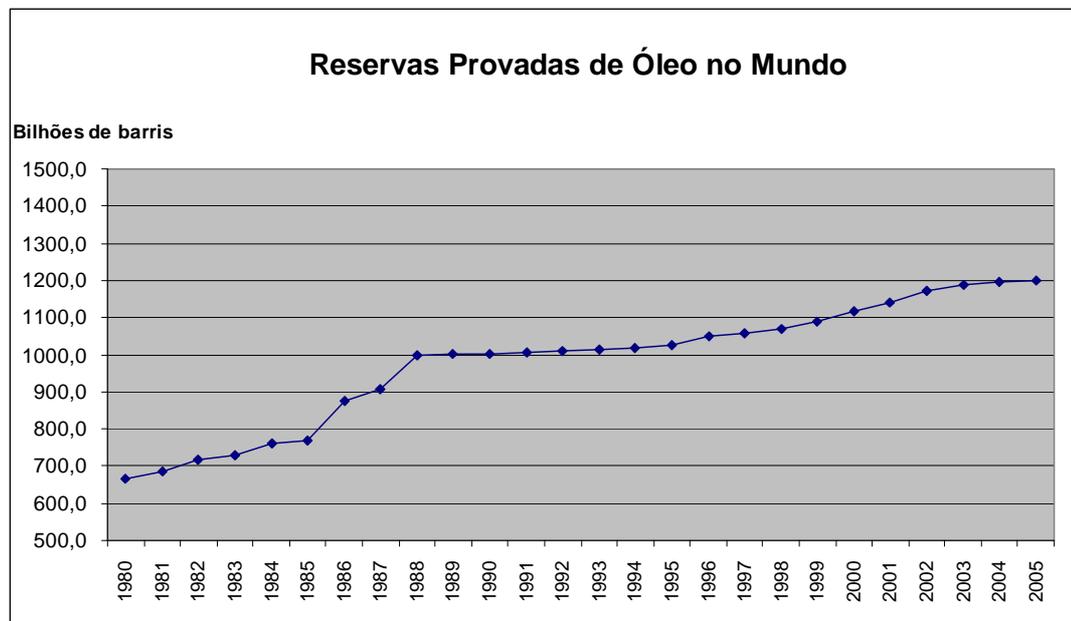


Gráfico 1 – Histórico das Reservas Provadas no Mundo.  
Fonte: British Petroleum, (2006).

A revista Economia & Energia (2005) chega a citar que os últimos acontecimentos dos anos de 2005, no caso a invasão dos EUA no Iraque, estão contribuindo para o acontecimento do 3º choque do petróleo. Os preços que de 1994 a 2004 ficavam numa média de US\$ 20/bbl, conforme a cotação internacional do Brent divulgada pelo *site* da British Petroleum (2006) está batendo picos de US60/bbl no ano de 2005 conforme gráfico 2.

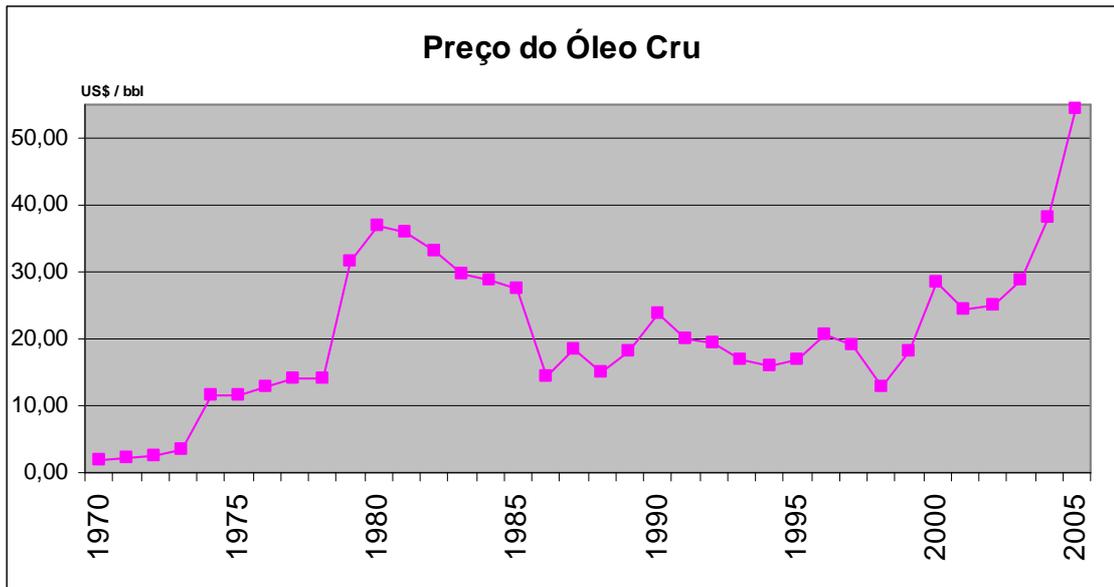


Gráfico 2 – Histórico das Cotações dos Preços do Petróleo.  
 Fonte: British Petroleum, (2006).

Esta tendência citada acontece pelo fato do Iraque ser, além de um grande produtor de petróleo, a terceira maior reserva de óleo do mundo, como se pode observar no gráfico 3, causando assim uma incerteza quanto à disponibilidade desse petróleo no mercado mundial. Outros acontecimentos também influenciaram o mercado de óleo nos anos de 2005 e 2006. Pode-se citar o furacão Katrina que atingiu a Golfo do México indisponibilizando por volta de 4 mil plataformas de extração de óleo, o que equivale a 30% da produção de petróleo do local. Além disso, as atividades portuárias, oleodutos e refinarias também foram atingidas, desestabilizaram o suprimento de petróleo nos EUA, que hoje é o maior consumidor mundial conforme gráfico 4.

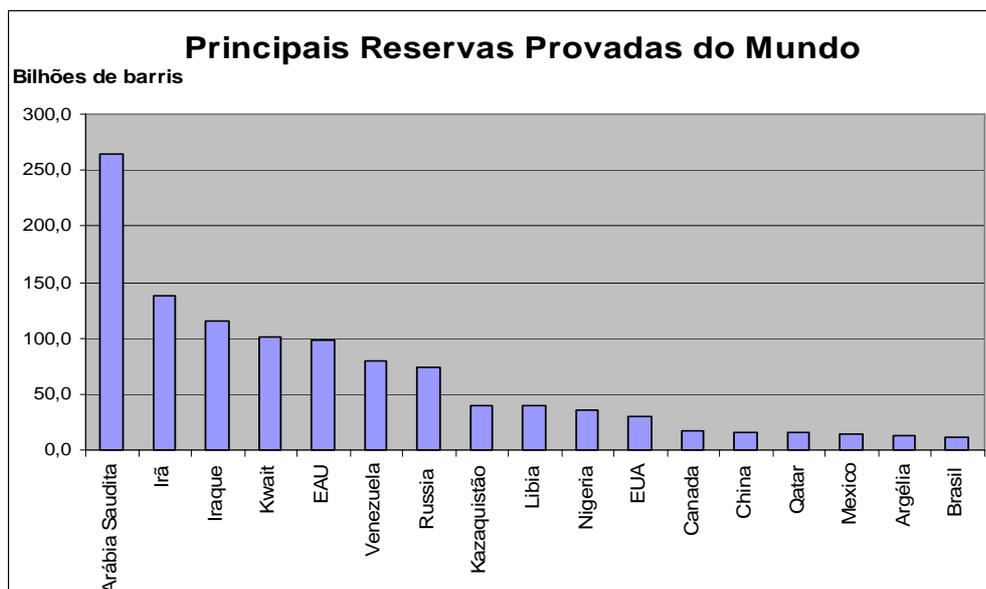


Gráfico 3 – Maiores Reservas Provadas do Mundo.  
Fonte: British Petroleum, (2006).

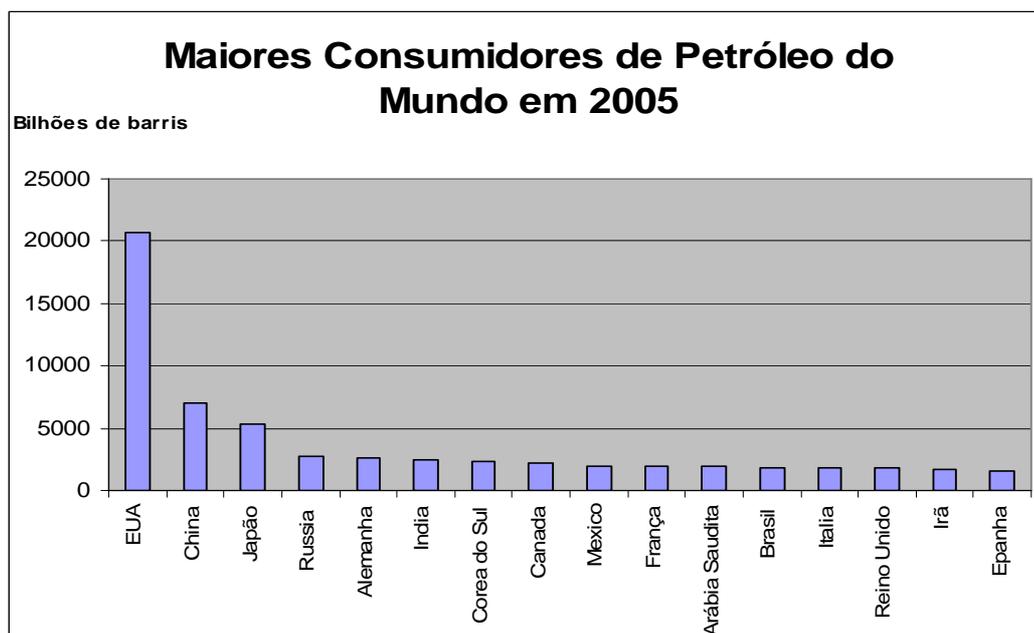


Gráfico 4 – Maiores Consumidores de Petróleo do Mundo em 2005.  
Fonte: British Petroleum, (2006).

Com isso pode-se dizer que os países que possuem uma grande produção de petróleo como Arábia Saudita, Rússia, Irã e EUA, que além de ser grande produtor é o maior consumidor de óleo do mundo, têm o poder de influenciar diretamente o valor do petróleo. Qualquer acontecimento seja ele bélico ou de fenômeno natural, pode desestabilizar a

produção mundial de petróleo e, conseqüentemente, contribuir para uma supervalorização do óleo bruto.

Analisando ainda de maneira menos extremista, apenas boatos ou possibilidades desses tipos de acontecimentos já são suficientes para causar uma desestabilidade no mercado devido apenas à incerteza ao redor destes grandes pólos.

## 4 BASE CONCEITUAL: O VALOR DO PETRÓLEO NO *DOWNSTREAM*

Para se entender o valor do petróleo com uma visão do *downstream* é preciso que se saiba primeiro o que é o petróleo, depois como ele é transformado em produtos que tem valor para a sociedade e ainda a utilidade destes produtos. Com isso, será apresentada neste capítulo, uma definição do que é o petróleo, descrevendo como este produto é transformado passando a ter utilidade para a sociedade, já que este, sem passar por nenhum processo não possui quase nenhuma utilidade. O processo básico de refino e depois a utilidade e o valor dos produtos gerados pelo petróleo após este processo físico químico também serão apresentados neste capítulo.

Além disso, serão descritas algumas técnicas de valorização do petróleo mais utilizadas nas empresas de petróleo no mundo.

### 4.1 O que é petróleo?

Existem varias definições de petróleo numa vasta literatura sobre o assunto. Porém uma das mais difundidas no setor de petróleo é a definição que segue abaixo.

Do latim *petra* (pedra) e *oleum* (óleo), o petróleo no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com cheiro característico e cor variando entre o negro e o castanho-claro. O petróleo é constituído por uma mistura de compostos químicos orgânicos, os hidrocarbonetos. Quando a mistura contém uma maior percentagem de moléculas pequenas seu estado físico é gasoso e quando contém moléculas maiores ele é líquido. (THOMAS, 2001)

O petróleo contém centenas de compostos químicos e é separado em frações de acordo com faixa de ebulição dos compostos. A tabela 1 mostra as frações típicas que são obtidas do petróleo.

TABELA 1 – Derivados de Petróleo e Típicas Faixas de Corte

Fração	TEB (°C)	Utilidades
Gás residual	<40	Gás Combustível
GLP	<40	Gás Combustível, Doméstico e Industrial
Nafta	40-175	Matéria Prima para Petroquímica
Querosene	175-235	Combustível Aviação, Iluminação
Diesel	235-305	Combustível de Cargas Pesadas
Gasolina	305-400	Combustível Automotivo
Resíduos	>400	Asfalto, piche, Combustíveis Pesados

Fonte: Szklo, (2005).

Os óleos obtidos de diferentes reservatórios de petróleo possuem características diferentes. Alguns são pretos, densos, viscosos, liberando pouco ou nenhum gás, enquanto outros são castanhos ou bastantes claros, com baixa densidade e viscosidade, liberando quantidade significativa de gás. Outros reservatórios podem produzir ainda, somente gás. Porém todos eles possuem análises elementares semelhantes conforme as apresentadas na tabela 2.

TABELA 2 – Análise elementar do óleo cru típico

Elementos	% em Peso
Hidrogênio	11 - 14 %
Carbono	83 - 87 %
Enxofre	0,06-8,00 %
Nitrogênio	0,11 – 1,70 %
Oxigênio	0,1 – 2,0 %
Metais	Até 0,3 %

Fonte: Thomas, (2001).

A alta percentagem de carbono e hidrogênio existente no petróleo mostra que os seus principais constituintes são os hidrocarbonetos. Os outros constituintes aparecem sob forma de compostos orgânicos que contêm outros elementos, sendo os mais comuns o nitrogênio, o enxofre e o oxigênio. Metais também podem ocorrer como sais de ácidos orgânicos.

Traduzindo uma definição da American Society for Testing and Materials (1996), o petróleo é uma mistura de ocorrência natural constituindo, predominantemente, de hidrocarbonetos e derivados orgânicos sulfurados, nitrogenados e oxigenados, a qual é ou pode ser removida da terra no estado líquido. O petróleo bruto está comumente acompanhado por quantidades variáveis de substâncias estranhas tais como a água, matéria inorgânica e gases. A remoção destas substâncias estranhas não modifica a condição de mistura do petróleo cru. No entanto, se houver qualquer processo que altere apreciavelmente a composição de óleo, o produto resultante não poderá mais ser considerado petróleo.

Conforme Farah (2003), o petróleo é constituído por hidrocarbonetos propriamente ditos e outra parcela de não hidrocarbonetos, que são compostos por derivados orgânicos sulfurados, oxigenados, nitrogenados e organo-metálicos.

Ainda seguindo as idéias de Farah (2003) os hidrocarbonetos presentes no óleo cru são de três classes diferentes: parafínicos, naftênicos e aromáticos. Já conforme Speight (1992), o teor de hidrocarbonetos no petróleo pode variar cerca de mais de 97% em petróleos parafínicos e cerca de 50% em petróleos pesados.

#### 4.2 A QUALIDADE DO PETRÓLEO

A partir de qualquer petróleo pode-se obter todos os derivados, diferindo apenas o grau de refino necessário, ou seja, os tipos de processos empregados. Assim, o tipo de petróleo determina o grau de refino necessário para a produção das quantidades e tipos desejados. A qualidade do óleo cru, utilizada para definir o seu valor comercial, é traduzida pelo rendimento e tipos de derivados obtidos através de um dado esquema de refino e também por suas características de transporte e estocagem.

Segundo Farah (2003), os petróleos são diferentes entre si quanto às suas características produtivas, daí surge à necessidade de qualificá-lo para sua alocação em uma refinaria, cujo esquema de refino disponível viabilize economicamente o atendimento das necessidades do mercado consumidor. No entanto, sempre se pode adequar o esquema de refino a ser utilizado às características do petróleo escolhido, para se atender às necessidades

do mercado consumidor. Assim, é evidente que a forma de processar o petróleo em uma refinaria depende do mercado consumidor, do esquema de refino e do tipo de petróleo.

Então, é fundamental conhecer a qualidade intrínseca do óleo, que depende basicamente de sua constituição físico-química. Essa constituição determinará os rendimentos e propriedades dos seus derivados.

#### 4.2.1 As características do petróleo

Segundo Szklo (2005), no *Downstream*, o valor do petróleo é também definido por suas características, indo de acordo com a citação de Farah exposta no parágrafo anterior. Por isso, serão apresentadas agora, as características do petróleo que mais influenciam na sua valorização.

##### 4.2.1.1 Curva de destilação

Cada petróleo tem uma curva típica de destilação. Normalmente, quanto maior for o seu teor de carbono, maior será sua temperatura de ebulição. Isto significa que compostos hidrocarbonetos de maior peso molecular têm maior temperatura de ebulição ou são menos voláteis. A diferença de volatilidade entre os compostos que constituem o petróleo é a base fundamental para sua separação dentro desta *cesta* de hidrocarbonetos, conforme afirmações de Szklo (2005).

Na figura 1, observa-se uma curva de destilação típica de um petróleo qualquer, em cujas ordenadas são também apontadas faixas das temperaturas de corte para cada derivado ou fração de petróleo. Na curva de destilação de cada petróleo, identifica-se o percentual de cada produto ou derivado que se pode extrair para cada faixa de corte, obtendo-se assim os rendimentos dos derivados para aquele petróleo.

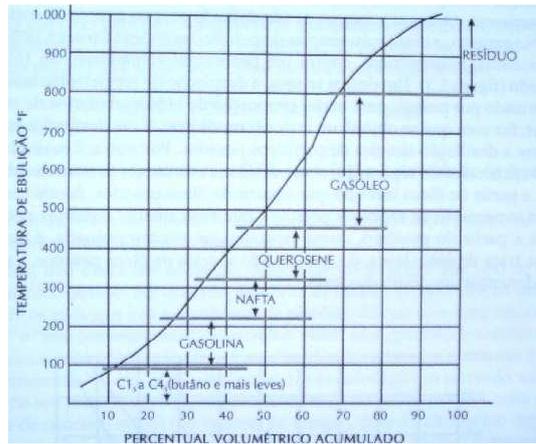


Figura 1 – Curva de Destilação.  
Fonte: Szklo, (2005).

Essa é a principal característica de precificação dos óleos utilizada até 2007, mas que é somada com outros critérios de avaliação conforme será explicitado adiante. A avaliação do valor do óleo somente pelos seus rendimentos é uma técnica que foi utilizada nos anos 80 que se chama *Fob Net Back*. Esta técnica será apresentada mais à frente no trabalho.

#### 4.2.1.2 Grau API

O Grau API é apenas uma forma de expressar a densidade do petróleo, através de um índice adimensional. Quanto maior for a densidade do petróleo, menor será o seu grau API, ou ainda, mais pesado será o petróleo, conforme mostra a expressão abaixo:

$$^{\circ}\text{API} = (141,5 \div \text{densidade}) - 131,5$$

Várias definições são utilizadas na indústria do petróleo, entre elas a do *Unitar Centre*, que define, como pesados, os óleos com  $^{\circ}\text{API}$  inferior a 30; e do Departamento de Energia do Governo dos EUA (DOE), que define como pesados, os óleos com  $^{\circ}\text{API}$  inferior a 22. Esta última definição é mais condizente com a própria evolução tecnológica do refino mundial desde a década de 60, quando muitas refinarias se converteram em refinarias otimizadas na produção de derivados de alto valor agregado, ou seja, partindo de cargas cada vez mais pesadas. Finalmente, a classificação mais adotada na indústria do petróleo até 2007 segue a regra do *American Petroleum Institute* – API, que classifica os óleos de acordo com seu grau API, da seguinte forma:

- Petróleos Leves: °API superior a 31,1;
- Petróleos Médios: °API entre 22,3 e 31,1;
- Petróleos Pesados: °API entre 10,0 e 22,3;
- Petróleos Ultrapesados: °API inferior a 10,0

#### 4.2.1.3 *Teor de enxofre*

Este teor mede a quantidade de enxofre encontrada no petróleo em partes por milhão (ppm). Se o petróleo possui o teor de enxofre maior que 1 % ele é considerado de Alto Teor de Enxofre (ATE), caso tenha número inferior a 1%, ele é considerado de baixo Teor de Enxofre (BTE).

A partir do século XXI, os órgãos ambientais pressionam cada vez mais para as empresas petrolíferas entregarem seus derivados combustíveis com um menor teor de enxofre. Quanto maior o teor de enxofre do óleo, maior o percentual encontrado nos cortes dos derivados e maior quantidade exalada para o meio ambiente na queima destes produtos. Sendo assim, quanto maior o teor de enxofre encontrado no petróleo, menor o valor dele para a indústria.

#### 4.2.2 **Outras características**

Outras caracterizações também são importantes para distinção e precificação de petróleos:

- Viscosidade: mede as forças internas de atrito do fluido em movimento, ou a perda de carga em tubulações. Quanto mais viscoso for o petróleo, mais energia será demandada para sua movimentação do petróleo;
- Teor de Sais e sedimentos: este teor afeta basicamente o refino devido à formação de depósitos e de corrosão;
- Índice de Acidez Total (IAT): este índice mede a acidez naftênica do petróleo. É alto, quando está acima de 1,0. Ácidos naftênicos podem atacar as unidades de refino diminuindo assim a vida útil delas e conseqüentemente aumentando a frequência das paradas para manutenções destas unidades. Há 3 soluções para este

caso: investir em tratamento da carga na refinaria; diluir a carga da refinaria com outros óleos ou ainda investir em metalurgia para as unidades de refino;

- Fator de Caracterização (KUOP): este fator foi proposto pela *Universal Oil Products* (UOP) e indica a natureza do petróleo. Valores iguais ou superiores a 12,0 indicam material predominantemente parafínicos e iguais ou menores a 10,0 indicam produtos predominantemente aromáticos. A quantidade de parafinas no petróleo é valorizada principalmente nos cortes de naftas que são utilizados por algumas unidades petroquímicas.

### 4.3 O REFINO DO PETRÓLEO

Conforme definição da ANP (2007), o refino de petróleo é, basicamente, um conjunto de processos físicos e químicos que objetivam a transformação dessa matéria-prima em derivados. Ele começa pela destilação atmosférica, que consiste no fracionamento do óleo cru processado em toda e qualquer refinaria. Tal operação é realizada em colunas de fracionamento, de dimensões variadas, que possuem vários estágios de separação, um para cada fração desejada.

Pelo refino do petróleo se obtêm inúmeros produtos com vastas aplicações em diversos tipos de equipamentos, industriais e consumo em geral. Esta grande diversidade de produtos pode ser dividida em duas classes principais: combustíveis ou energéticos como gás de cozinha, gasolina, diesel, querosene e óleo combustível; e não combustíveis ou não energéticos como lubrificantes, parafinas, naftas, solventes, asfalto, coque e graxas.

As necessidades do mercado brasileiro de derivados de petróleo ao longo de mais de quarenta anos, ou seja, desde a década de 60, têm sido supridas pela Petrobras, que oferece centenas de produtos obtidos pelo refino do petróleo e processamento do gás natural em unidades industriais localizadas do norte ao sul do país.

Os combustíveis se constituem no conjunto de derivados de maior demanda em todo o mundo, em particular alcançam no Brasil mais de 80% do consumo de derivados. Para que seja possível abastecer o mercado de derivados de petróleo na quantidade e qualidade desejada torna-se necessário dispor de processos de refino que permitam obter os derivados de forma comercialmente otimizada. Segundo Farah (2003), a distribuição relativa da produção de derivados, denominada como perfil de refino, juntamente com a qualidade necessária nestes derivados implica na necessidade de se dotar as refinarias de processos de refino

capazes de produzirem os derivados necessários ao mercado, com o menor custo possível. Esse perfil de refino que Farah (2003) cita, tem de ser alterado ao longo dos anos, em função da política nacional de combustíveis, com reflexos no aumento de investimentos feitos nas refinarias da Petrobras.

Com a evolução das exigências de qualidade dos derivados, simultaneamente à disponibilidade cada vez maior de petróleo pesado e com maior teor de contaminantes, surge a necessidade de se adaptar o refino para se atender determinadas características de produção dos derivados.

#### **4.3.1 As frações dos processos de refino**

Os produtos de petróleo são constituídos pelas chamadas frações de petróleo, obtidas a partir dos diversos processos de refino de diferentes petróleos. Em um produto de petróleo podem estar presentes uma ou mais frações de diferentes processos de refinação. Numerosos são os processos de refinação utilizados na produção de derivados, sendo que aqui será abordado aquele considerado como básico e de maior importância para indústria de petróleo.

##### *4.3.1.1 Destilação*

O processo de petróleo se inicia com a Destilação Atmosférica e à Vácuo, de onde se obtém o que chamam de frações básicas de refino, que podem compor diretamente um produto de petróleo ou servir de carga para outra unidade de processo.

Segundo Farah (2003), a destilação de petróleo é um processo físico que separa os constituintes de acordo com seus pontos de ebulição, obtendo-se as seguintes frações, com os possíveis destinos mostrados na figura 2.

<b>Correntes da Destilação</b>	<b>Utilização</b>
GLP	Produto final
Nafta DD (Destilação Direta)	Nafta Petroquímica / Gasolina
Querosene Intermediário	QAV / diluente / carga HDT
Diesel Intermediário	Diesel Final e carga HDT
Gasóleo (GO)	Carga FCC
Resíduo de Vácuo (RV)	Óleo Combustível / carga Coque

Figura 2 – Utilização das Correntes da Destilação.  
Fonte: O autor (2007).

O petróleo após ser aquecido é enviado a dessalgadora, onde a água e o sal nele dissolvido são removidos. Após a dessalgação, o petróleo é enviado a torre de pré-fracionamento, onde são separados o gás combustível, o GLP e a Nafta. Estes produtos seguem para uma torre estabilizadora onde serão separados, posteriormente.

O petróleo pré-vaporizado, produto de fundo da torre de pré-vaporização é aquecido a um nível mais elevado de temperatura, onde são separados: a nafta pesada, o querosene e os diversos cortes de diesel. O resíduo desta torre segue, então, para a torre de vácuo que opera a baixa pressão para permitir a separação de frações ainda mais pesadas como o gasóleo leve, gasóleo pesado e o resíduo de vácuo.

#### 4.3.1.2 Craqueamento Catalítico Fluido (FCC)

O processo de Craqueamento Catalítico Fluido (FCC) assume o papel de destaque por sua grande utilização devido à elevada produção de frações leves a partir de frações pesadas, o que lhe confere grande rentabilidade. Por este processo de conversão química catalítica a partir do gasóleo ou resíduo atmosférico, produz-se frações leves em grande quantidade, GLP e nafta de ótima qualidade antidetonante, que é a principal característica da gasolina usada atualmente.

A carga deste processo pode ser o gasóleo pesado ou o resíduo atmosférico dependendo das características deste último. Carga e catalisador à altíssima temperatura são enviados através da unidade onde ocorrem as reações de craqueamento dos constituintes da carga, seguindo para um reator onde o catalisador e a carga craqueada, que está na fase vapor, são separados. A carga craqueada segue para a fracionadora onde será separada, nas diversas frações produzidas e listadas na tabela 3.

TABELA 3 – Correntes e rendimentos do FCC

Correntes	Rendimento Médio	Utilidades das Correntes
GLP	25%	Combustível doméstico e Industrial.
Nafta Craqueada	45%	Gasolina alta octanagem
LCO (Óleo Leve de Resíduo)	20%	Diluinte para Óleo Combustível e/ou carga de HDT de Diesel
Óleo Decantado	10%	Resíduo Aromático; Diluinte para Óleo Combustível.

Fonte: Szklo, (2005).

#### 4.3.1.3 Coqueamento

Entre os diversos processos de refino, o Coqueamento retardado merece menção por sua importância na redução da produção de produtos pesados, fazendo parte do grupo de processos chamados de **fundo de barril**. Tal como o processo de craqueamento catalítico, efetua-se neste caso um craqueamento térmico de frações pesadas em outras mais leves. Por isso, rendimentos menores são obtidos e não se consegue direcionar os tipos de derivados produzidos. Por outro lado, o processo tem a vantagem de não possuir contaminante na carga, como o imposto pelo catalisador no FCC.

Neste processo, a carga de resíduo do vácuo, que sobrou no fundo da torre de destilação, é enviada ao forno na parte inferior da fracionadora, onde tem a função de reduzir o teor de sólidos em suspensão neste local, que são trazidos pelo vapor coqueado que circula no processo oriundo do tambor de coqueamento. A seguir, a carga é aquecida em um forno, sob injeção de vapor d'água, a uma temperatura de 500° C, quando ocorre o seu craqueamento térmico.

O coque e os vapores formados seguem para os tambores onde o coque se deposita, enquanto que os produtos mais leves do craqueamento seguem juntamente com o vapor d'água para a torre fracionadora.

#### 4.3.1.4 Processo de tratamento – hidrotratamento

Os processos de acabamento são fundamentais para se corrigir propriedades relacionadas, principalmente, à presença de compostos sulfurados, nitrogenados, oxigenados

ou metálicos. O objetivo destes processos é o de conferir as características de acabamento necessárias nos produtos, tais como corrosividade, teor de enxofre, estabilidade química e térmica. Em si, estes processos não efetuam praticamente transformação nenhuma nos hidrocarbonetos, atuando principalmente nestes contaminantes.

O processo de hidrotratamento é baseado na adição de hidrogênio às frações de petróleo, a pressões e temperaturas elevadas em leitos catalíticos. Segundo o tipo de catalisador e as condições operacionais podem ocorrer reações de dessulfuração, desnitrificação, saturação de olefinas e craqueamento. O processo toma o nome de hidrodessulfuração, ou ainda hidrotratamento, quando é realizado em condições em que ocorre a remoção de compostos sulfurados ou nitrogenados.

#### 4.3.2 Esquema de refino

Para visualizar de maneira mais organizada as unidades de refino citadas e quais as cargas utilizadas e os produtos que saem de cada uma delas, pode-se observar no esquema da figura 3 o fluxo do processo.

Primeiramente, o petróleo entra como carga da destilação atmosférica, que, por separação, produz GLP, Nafta, Querosene, Diesel, e um resíduo chamado de Resíduo Atmosférico (RAT). O GLP já pode ser usado como produto final; a nafta normalmente é separada por outra unidade a fim de segregar as de maior e menor qualidade, mas também já pode ser enviada a petroquímica; o querosene, dependendo do petróleo, pode ir uma parte para produto final (QAV) e outra para tratar no HDT e melhorar sua qualidade. O diesel segue o exemplo do querosene.

O Resíduo Atmosférico (RAT) é utilizado na maioria das vezes como carga da Destilação a Vácuo, porém em alguns casos vai diretamente para o FCC. Na Destilação a Vácuo, o RAT é separado em Gasóleo Leve e Pesado e um novo resíduo é formado, o Resíduo de Vácuo (RV).

Os gasóleos gerados pela unidade de vácuo vão para a unidade de Craqueamento catalítico (FCC) e sofrem a reação com os catalisadores gerando os seguintes produtos segregados: GLP, novamente já pronto para consumo final; uma nova nafta que agora vai se chamar de Nafta Craqueada, utilizada na gasolina automotiva; o Óleo Leve de Reciclo (LCO), que possui duas utilizações, como carga do HDT para Diesel e como um produto mais leve para a produção de óleo combustível, quando somado a um volume de RV. Pode-se observar

que, nesta unidade, a grande diferenciação é que ela consegue transformar uma parte pesada do petróleo, que são os gasóleos, em produtos mais rentáveis como GLP e gasolina.

Dando continuidade ao processo, o diesel da destilação que não estava especificado serve de carga para o HDT onde será tratado na busca de aumentar sua qualidade. Junto com ele, grande parte do LCO gerado pela unidade de FCC também é processada. O objetivo desta unidade é transformar um produto de baixíssima qualidade e rentabilidade que é o LCO em diesel, ao invés de utilizá-lo como um diluente para o RV que sobrou da unidade de vácuo. Essa mistura de RV mais diluente denomina-se Óleo Combustível. E para fechar a utilização dos produtos do FCC, existe ainda o Óleo Decantado que seria a parte mais pesada da unidade que normalmente é utilizada como diluente para o Óleo Combustível.

Porém, a produção do Óleo Combustível, que é o produto citado de menor valor no mercado, deve ser minimizada para se obter uma maior rentabilidade. Com esse objetivo a unidade de coque foi elaborada. Ela recebe como carga o RV que viraria óleo combustível e os transforma nos seguintes produtos: GLP; Nafta de Coque, que serve como carga de FCC, Gasóleo Leve de Coque (Gol de Coque), utilizado como carga de HDT de Diesel e também como diluente de Óleo Combustível; o Gasóleo Pesado de Coque, onde uma pequena parte é carga de FCC e o resto utiliza-se como diluente de Óleo Combustível e o resíduo desta unidade que é o Coque propriamente dito.

Mais uma vez, vale ressaltar que, ainda mais intensamente do que o FCC, a unidade de Coqueamento Retardado consegue transformar produtos mais pesados em derivados economicamente mais atrativos. Por isso, diz-se que o Coque é uma das unidades de maior margem de refino quando se trata de processamento de petróleos pesados como os óleos brasileiros.

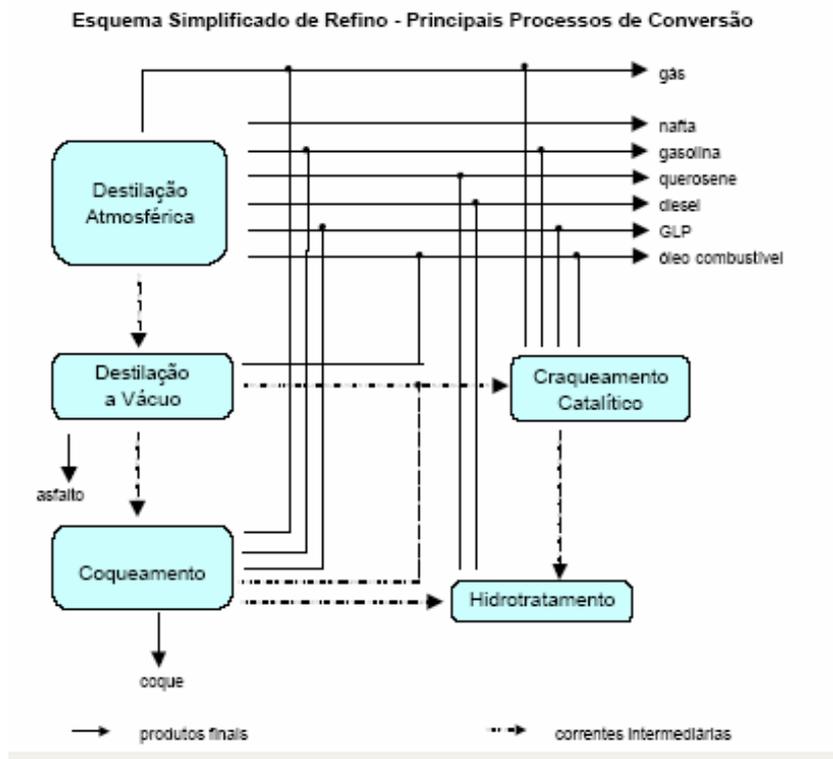


Figura 3 – Esquema de Refino.  
Fonte: Szklo, (2005).

#### 4.3.3 Considerações adicionais do refino

Para mostrar a lógica de valorização do petróleo no *Downstream* é necessário entender o processo de refino do óleo como visto anteriormente. Szklo (2005) conceitua a idéia da relação entre o processo de refino e o valor do petróleo sendo, na verdade, uma cesta de hidrocarbonetos, com características comuns, origens parecidas, talvez até **país** semelhantes; pode ser avaliado conforme um padrão, uma referência, mas, em seu refino, tem **nome**, **sobrenome**. Ele ainda continua a sua definição dizendo que existem petróleos leves, outros pesados, outros até ultrapesados; existem petróleos com alto teor de enxofre, alto teor de nitrogenados; petróleos doces, petróleos azedos, petróleos ácidos; petróleos cujos gasóleos envenenam os catalisadores; petróleos cujo coque tende a ter menor teor de enxofre; petróleos onde predominam cadeias parafínicas, outros mais aromáticos, outros mais naftênicos; petróleos “bons” para gasolina, ou para diesel, ou para lubrificantes, ou para QAV ou para petroquímicos. A carga de uma refinaria é seu ponto de partida.

A mensagem que fica e o grande passo para se entender o valor do petróleo no *Downstream* é que cada petróleo tem um valor diferente dependendo do sistema que está

integrado. Esse sistema pode ser influenciado, e conseqüentemente variar o valor do petróleo para ele, por variáveis como: capacidade e perfil do parque de refino e unidades que este possui; demanda dos derivados; cotações do mercado internacional destes derivados e do petróleo; e também a estrutura logística de abastecimento tanto do petróleo às refinarias como também dos derivados aos consumidores finais. Logicamente não se pode esquecer das características citadas anteriormente de cada petróleo.

É esse conjunto de variáveis que vai definir o valor do petróleo para o *Downstream*. Porém uma das variáveis que mais influenciam nesta valorização é a dos rendimentos dos derivados do petróleo. Logicamente que os rendimentos variam por petróleo e variam até para o mesmo petróleo em refinarias diferentes.

Pode-se dizer que para o Brasil, país importador de diesel que possui demanda interna maior que a capacidade de produção, o volume de diesel gerado por petróleo possui uma influência significativa. Logicamente que a relação dos rendimentos dos derivados com as suas cotações também são fatores preponderantes.

Assim pode-se observar que o valor do petróleo para um sistema é uma variável muito flexível e dinâmica que depende de uma quantidade significativa de outras variáveis. Por isso é necessário identificar quais as variáveis que possuem maior impacto nessa alteração de valor e também definir quais as premissas e o cenário que será analisado o valor do petróleo para o *Downstream*.

## 5 TÉCNICAS DE VALORIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

Na indústria do petróleo, as técnicas de avaliação e valorização do petróleo seguem a lógica do valor deste produto no *Downstream*. O que valoriza mais ou menos o óleo é a utilização que cada empresa fará com aquele óleo específico.

Esse uso do petróleo é diferenciado para cada sistema além de um mesmo sistema nem sempre estar nas mesmas condições em dois momentos distintos. Por isso que um óleo pode valer muito para um sistema **A** em um determinado mês e no mês seguinte o valor variar consideravelmente. As paradas de unidades de refino são um exemplo clássico a ser citado para que essa variação do valor do petróleo se realize. Períodos de sazonalidade no mercado de atendimento de derivados é outro exemplo que também pode influenciar na desvalorização ou valorização do óleo de um mês para outro.

Outras variáveis também são fundamentais para se analisar o valor de um petróleo para o sistema e a principal delas é a curva de rendimentos dos derivados deste petróleo

Com isso, busca-se na indústria do petróleo técnicas de valorização do que consigam contemplar tais tipos de perturbações no sistema. E como será mostrado a seguir nem todos têm essa capacidade.

Conforme define o Sidawi et al. (2003), a relação entre os rendimentos do petróleo e a complexidade do sistema de refino mostra se os diferentes tipos de petróleo serão mais ou menos atrativos, dependendo sempre da disponibilidade do sistema de refino e das necessidades do mercado do *Downstream* que serão atendidas.

Segundo Refinery (2005) existem 3 tipos de técnicas de valoração de petróleo para um sistema. A Indicação das Despesas por Rendimento (*Yield-Expense Statement*) também conhecida como *Netback*, a Análise do Valor Marginal na Programação Linear (*Margin Value-analysis in Linear Program*) e a Análise de Cargas (*Cargo Analysis*).

Porém, todas estas técnicas possuem o mesmo princípio. Após realizarem a valorização do óleo a ser comercializado, é necessário analisar e comparar esses valores calculados com os ofertados pelo mercado externo. Caso a diferença entre o valor analisado e o preço de mercado esteja mostrando uma margem positiva na comercialização para o sistema, a negociação de compra é efetuada.

Cada uma destas técnicas possui sua particularidade, vantagens e desvantagens que serão descritas a seguir junto com as suas definições.

### 5.1 TÉCNICA DO VALOR DE REALIZAÇÃO POR RENDIMENTO (*NETBACK*)

A técnica do Valor de Realização, também chamada de *Netback* foi muito utilizada na década de 80 por empresas da indústria de petróleo como a própria Petrobras, Shell e BP. Sidawi et al. (2003), define *Netback* como sendo um termo da indústria do petróleo para o valor de um óleo específico baseado nos produtos que podem ser produzidos por ele, menos os custos de transporte e processamento. Isso permite a comparação do valor do óleo para uma refinaria com o preço de mercado ofertado. Porém, essa é uma das técnicas que não conseguem ter a flexibilidade de abranger variações do sistema como as citadas anteriormente.

Esta técnica consiste basicamente em valorizar o petróleo pelos seus rendimentos multiplicados pela cotação de cada derivado que se produz. Ou seja, um óleo que tem rendimento de 2% de GLP, 10% de Nafta, 15% QAV, 40% de diesel, 23% de gasóleo e 10% de óleo combustível, terão seus derivados valorizados pela cotação desses produtos no mercado, normalmente em uma base de cotação padronizada, para se chegar ao valor do óleo.

O óleo apresentado com os rendimentos na coluna “% Rendimentos” e as cotações do dia, ou valores de realização do dia no mercado listados na coluna *Valor de Realização*, possuem o valor para o sistema a partir de uma média ponderada dos rendimentos desses derivados com esses valores de realização. A tabela 4 mostra um exemplo do cálculo do *netback* para o petróleo Sahara Blend num cenário de cotações hipotético.

TABELA 4– Cálculo *Netback* do Sahara Blend**Petróleo: Sahara Blend**

	<b>% Rendimentos</b>	<b>Valor de Realização (em US\$/bbl)</b>
<b>GLP</b>	4,8%	41,59
<b>NQ</b>	35,3%	65,97
<b>QAV</b>	15,0%	84,32
<b>DI</b>	30,6%	78,21
<b>GO</b>	9,4%	64,86
<b>RV</b>	4,9%	53,47
	<b>Netback:</b>	<b>70,58</b>

Fonte: O autor (2007)

## 5.2 TÉCNICA DO VALOR MARGINAL DO PETRÓLEO

Como visto no segundo capítulo, a história dos conceitos de valor, essa técnica é baseada na teoria marginalista, onde o valor do produto é igual ao valor da utilização de uma unidade adicional no sistema, e não do valor médio do petróleo em relação aos rendimentos de seus derivados.

Logicamente que os rendimentos desses óleos influenciam no valor marginal, porém muitas outras variáveis do sistema considerado estão contribuindo para a formação deste valor marginal.

Porém, as técnicas que utilizam o valor marginal possuem um inconveniente, apesar de serem muito mais precisas do que a técnica do valor de realização primeiramente apresentada. Elas necessitam de alguma ferramenta que se possa mensurar qual é o valor de utilização marginal do petróleo. Por esta razão é que Refinery (2005) conceitua e define essa técnica sempre associada a um modelo de Programação Linear.

Esta é uma técnica que consiste em preparar um cenário em um modelo de Programação Linear o mais próximo da realidade possível, sem comprometer a eficiência do programa utilizado e analisando posteriormente os resultados obtidos da simulação.

Um dos valores que este modelo calcula é o valor marginal de cada produto seja derivado ou óleo cru, em cada local do sistema que representa. Este valor marginal é a

quantificação de quanto vale uma *gota* adicional daquele produto para o sistema, ou seja, a próxima utilização para aquela gota no sistema. Pode-se dizer que ele representa ao valor da alternativa marginal do uso deste volume, seja ele um processamento de óleo para a produção de derivados para a venda no mercado interno ou para a exportação.

Assim, quando se analisa o valor marginal de um óleo cru num modelo de Programação Linear, diz-se que se está considerando todas as alternativas futuras representadas que existem para a utilização do óleo. Portanto, conclui-se que quanto maior o número de variáveis estiver sendo modelado, maior será a precisão do valor marginal estimado.

No ano de 2007, esse é um inconveniente que a maioria das empresas de petróleo já superou, senão pode-se dizer que todas já superaram. Isso porque os sistemas de informação e modelagem da cadeia logística são peças fundamentais na busca de uma otimização no uso de recursos disponíveis dessas grandes empresas.

### 5.3 TÉCNICA DA ANÁLISE DE CARGA

Essa é uma técnica que conceitualmente é igual a do valor marginal, se diferenciando apenas pelo volume que será mensurado o valor marginal. Como normalmente os óleos são comprados em lotes de navios na busca de preços de frete mais econômicos, os valores marginais medido é do lote inteiro, ou como chamam na indústria do petróleo, o valor de utilização de uma carga adicional no sistema. Neste caso a unidade *gota* de petróleo adicional é trocada pela unidade *carga* do petróleo, deixando assim de correr riscos de pequenos volumes de óleos influenciarem na valorização de cargas inteiras.

Nesta técnica, a utilização do modelo deixa de ser apenas uma análise dos resultados obtidos do primeiro cenário inicial e passa a ser um estudo de sensibilidade que considera algumas variações em cima deste primeiro cenário.

Neste estudo de sensibilidade é feita uma comparação do resultado do cenário inicial com o resultado de uma segunda simulação onde a carga a ser analisada é compulsoriamente comprada. Caso exista uma diferença de resultado positiva, isso significa uma atratividade econômica para se realizar a compra desta carga.

No caso da Petrobras, esta é a técnica utilizada para a avaliação das cargas de petróleo a serem compradas e o modelo de programação linear utilizado é o PLANAB que será apresentado no próximo capítulo.

## 5.4 TÉCNICA DE VALORIZAÇÃO DO PETRÓLEO DA PETROBRAS

Na Petrobras, a técnica de valorização de petróleo utilizada mensalmente é baseada na técnica descrita acima do valor médio da carga marginal, onde a utilização de mais uma carga de cada petróleo ofertado para o sistema é analisada.

Como também já foi dito anteriormente, para se calcular esses valores das cargas marginais é necessária à utilização de uma ferramenta que auxilie neste processo.

A ferramenta utilizada para a valorização dos petróleos na Petrobras é um modelo de Programação Linear que será detalhado a seguir para ser entendido posteriormente o processo de análise de valor do petróleo no qual a técnica anteriormente descrita será aplicada.

### 5.4.1 Modelo PLANAB

O PLANAB é um modelo de Programação Linear Integrado, que representa as atividades da logística do abastecimento de petróleo e derivados, incluindo compra, transporte, refino e entrega às bases de distribuição. O objetivo do modelo é auxiliar no planejamento da logística do Abastecimento, de maneira integrada, visando ao atendimento das necessidades dos consumidores, a custos competitivos, buscando otimizar a utilização dos recursos e alcançar maiores margens.

O PLANAB, como todo modelo, foi realizado para representar as principais atividades realizadas na logística. Para isso, foi necessário identificar as principais variáveis que ocorrem no processo o Abastecimento. Essas variáveis podem ser temporais, que mudam mês a mês em função de acontecimentos operacionais ou atemporais, que são as capacidades dos *hardwares* que são utilizados como: capacidade das unidades refino e vazão dos dutos de transporte.

O esquema logístico do fluxo operacional da cadeia de suprimento da Petrobras apresentado na figura 4, mostra de maneira resumida as macro-variáveis do sistema.

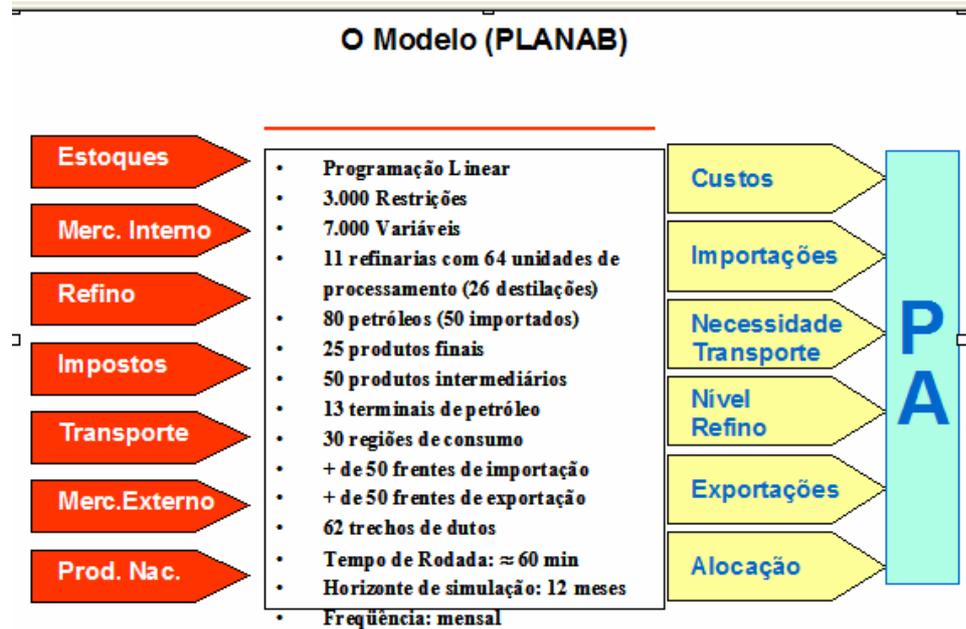


Figura 4 – Esquema logístico do fluxo operacional da cadeia de suprimento.  
Fonte: O autor (2007).

Assim nota-se que, para o modelo ter a capacidade de representar de maneira simples, porém o mais próximo da realidade, ele necessita de vários *inputs*, que serão chamados de dados de premissas, que quando estão agrupados formam um Cenário Base. Como este processo acontece mensalmente, pode-se dizer que todo mês esses dados de premissas são atualizados para se gerar um Cenário Base com as modificações temporais e até as atemporais caso ocorra alguma mudança. A partir deste cenário, é feita uma rodada do modelo para obter as indicações da otimização dos recursos dos próximos 12 meses. Essa rodada com todas as premissas atualizadas se chama Plano de Abastecimento da Petrobras (PA).

Porém, este modelo matemático também apresenta algumas restrições, apesar de ser um modelo bastante abrangente e de capacidade equivalente aos utilizados pelas maiores empresas de petróleo do mundo. A sua grande vantagem é que o modelo é um dos poucos que consegue representar todo o esquema da cadeia de suprimento de petróleo e derivados do país.

A figura 5 mostra algumas restrições do modelo e quais são as principais indicações para a elaboração do principal produto que é o Plano de Abastecimento. O *Ranking de Petróleo*, que é a análise dos valores do petróleo, é um subproduto deste Plano. O Ranking de Petróleo será explicado posteriormente e servirá de parâmetro de comparação com a valoração de petróleo da abordagem multicritério.



**Função-Objetivo: "Maximização do resultado da Companhia"**

Figura 5 – Dados sobre o PLANAB.

Fonte: O autor (2007).

Outro esquema que ajuda na visualização da lógica do modelo, mostrando um esquema dos principais *inputs* dele e algumas de suas indicações são mostradas na figura 6:

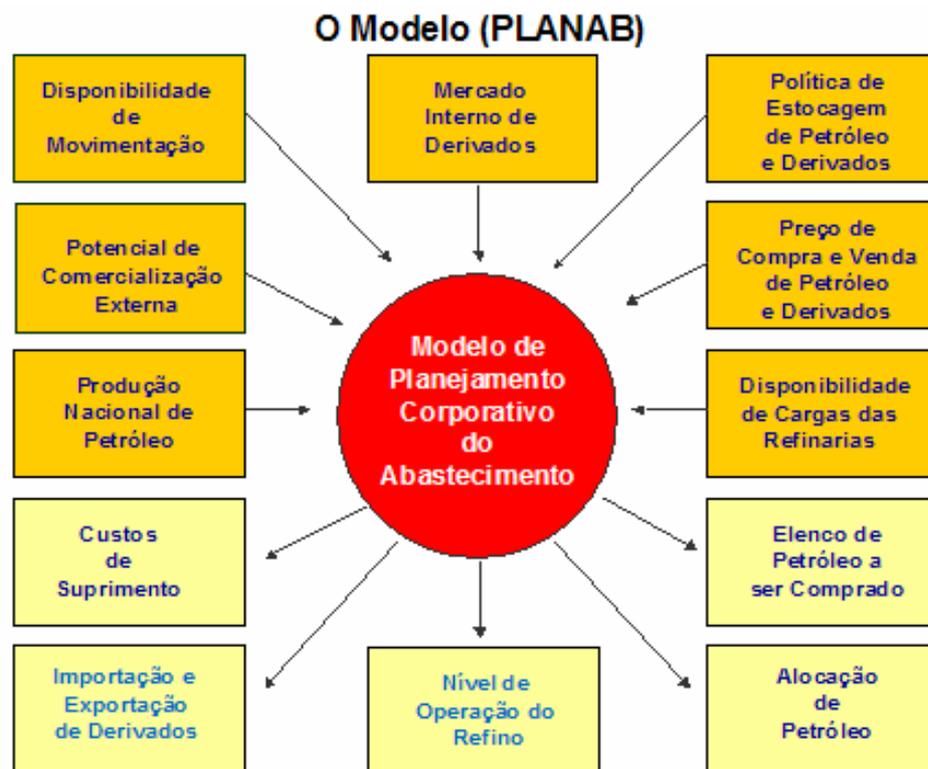


Figura 6 – *Inputs* e *Outputs* do PLANAB.

Fonte: O autor (2007).

O Plano de Abastecimento possui um número de indicações do modelo bastante significativo, indo desde as cargas que as unidades de refino devem utilizar nos meses considerados até as cargas de petróleo e derivados que devem ser importadas e exportadas conforme os balanços encontrados na rodada do modelo.

#### 5.4.2 A técnica

A técnica da valoração da carga marginal utilizada pela Petrobras para se obter os valores do petróleo para o sistema é, no fundo, uma análise de sensibilidade feita a partir do Plano de Abastecimento como foi descrita no capítulo anterior a Técnica da Análise de Cargas. Esta técnica consiste em adotar a corrida que gerou o PA como sendo a corrida ótima para o sistema com as premissas consideradas, e fazer novas simulações do modelo considerando novas cargas compulsoriamente importadas e outras rodadas sem a existência destas cargas.

Se o resultado econômico da rodada com a carga compulsória é maior do que o resultado da rodada sem a existência desta carga, pode-se dizer que o valor médio desta carga é atrativo ao modelo. Para se gerar o Ranking de quais os melhores resultados para o sistema, divide-se a diferença de resultado econômico pelo volume da carga em barris para se quantificar em dólar por barril (\$/bbl) e comparar com os preços de mercado de cada uma dessas cargas. Quando os valores marginais médios da carga são maiores do que os preços das ofertas de mercado, fica definido que as maiores diferenças são as primeiras alternativas do Ranking.

Realizando este procedimento para as ofertas de petróleo que existem no mercado para serem compradas, e ordenando estes resultados, obtém-se o Relatório do Ranking de Petróleo, utilizado pela área comercial para as negociações das ofertas.

#### 5.4.3 As variáveis

Para entendermos melhor como funciona o modelo, e conseqüentemente como é utilizada para a análise do valor do petróleo, serão descritas a seguir as principais variáveis consideradas e como elas podem influenciar o resultado do Plano de Abastecimento.

#### 5.4.3.1 *Produção nacional de petróleo*

A Produção Nacional de Petróleo é para o modelo a maior fonte de matéria prima. É a partir do volume de produção que se origina um volume de petróleo para ser distribuído nas refinarias, exportar ou até mesmo estocar. O volume de cada corrente tem um destino diferente de acordo com a sua melhor economicidade, dependendo sempre do conjunto de premissas adotado.

Esta é a variável que mais influencia o modelo e conseqüentemente os valores do petróleo. Conforme a produção de petróleo aumenta, maior a necessidade de se exportar o excedente. Isso porque o refino do Brasil possui um limite de processamento de óleos pesados, característica básica dos óleos nacionais. O volume total de óleo produzido também influencia os valores dos óleos importados, porém de forma bem mais amena, já que o perfil de importação é de óleos mais leves, impactando de uma forma mais indireta.

A tabela 5 apresenta alguns óleos nacionais e importados com seus respectivos °API, a fim de mostrar como é o perfil de peso desses dois tipos de óleos.

TABELA 5 – Exemplo do °API de Alguns Petróleos

<b>Produto</b>	<b>Origem</b>	<b>° API</b>
<b>Marlim</b>	Brasil	19
<b>Albacora Leste</b>	Brasil	20
<b>Caratinga P-48</b>	Brasil	24
<b>Barracuda P-43</b>	Brasil	25
<b>Espadarte</b>	Brasil	27
<b>Roncador Mistura</b>	Brasil	27
<b>EA</b>	Nigéria	34
<b>Pennington</b>	Nigéria	35
<b>Brass River</b>	Nigéria	36
<b>Amenam Blend</b>	Nigéria	39
<b>Golfinho</b>	Brasil	41
<b>Okono</b>	Nigéria	42
<b>Sahara Blend</b>	Argélia	44
<b>Bolivian Blend</b>	Bolívia	47
<b>N'kossa</b>	Congo	48

Fonte: O autor (2007).

#### 5.4.3.2 Rendimentos de destilação

Conforme descrito no capítulo 3, a curva de destilação define os rendimentos básicos de cada petróleo. A partir destes rendimentos, o modelo consegue valorizar cada óleo em função dos preços ofertados no modelo para a venda de cada derivado.

Assim, pode-se dizer que, quando o mercado está com o preço do diesel muito alto em relação aos outros derivados, observa-se uma valorização dos óleos com alto rendimento em diesel. Esses óleos são normalmente os mais leves e não existem em grande quantidade no Brasil. Já no caso da gasolina estar com seu valor de mercado alto, os óleos nacionais passam a ter mais valor para o sistema, já que estes têm um alto rendimento de gasóleo e conseqüentemente uma alta produção de gasolina, fazendo com que o modelo indique uma menor exportação de óleos nacionais e conseqüentemente uma menor importação de óleos leves a fim de fechar o balanço da capacidade de refino brasileiro. A tabela 6 mostra alguns rendimentos de petróleo.

TABELA 6 – Rendimentos em % de Petróleos

Produto	glp	nafta	querosenes	diesel	gasóleo	RV
Albacora Leste	0,5%	8,8%	4,8%	27,1%	28,1%	30,7%
Barracuda P-43	1,2%	9,2%	10,0%	27,9%	25,5%	26,2%
Caratinga P-48	0,7%	6,3%	6,5%	31,1%	27,8%	27,7%
Espadarte	1,3%	13,0%	10,0%	29,8%	25,5%	20,5%
Golfinho	1,3%	18,0%	10,7%	39,3%	20,7%	10,0%
Marlim	0,7%	5,6%	6,4%	27,9%	28,7%	30,7%
Roncador Mistura	2,0%	9,2%	9,0%	35,4%	23,6%	20,9%
Bolivian Blend	3,9%	43,5%	0,0%	44,8%	4,8%	3,0%
N'kossa	2,6%	33,6%	0,0%	47,7%	10,9%	5,2%
Okono	3,2%	28,8%	0,0%	49,6%	18,4%	0,0%
Sahara Blend	3,5%	27,5%	11,0%	44,0%	9,5%	4,5%
Brass River	2,2%	22,9%	10,2%	49,4%	13,4%	1,9%
Amenam Blend	3,8%	20,3%	10,4%	49,0%	14,1%	2,4%
EA	2,0%	10,9%	12,1%	62,3%	9,9%	2,9%
Pennington	0,9%	10,9%	13,3%	63,0%	9,7%	2,3%

Fonte: O autor (2007)

#### 5.4.3.3 Cotações dos petróleos e derivados

A cotação do mercado de óleo e derivados é outra variável que influencia de maneira significativa nas indicações do modelo. Ela é uma premissa que representa as condições do mercado externo e futuro, buscando uma correlação de valor entre o petróleo e os derivados.

São estas cotações que indicam as diretrizes do modelo quanto a economicidade de se

buscar um ou outro tipo de derivado através desse ou daquele petróleo. Por isso, diz-se que as cotações influenciam diretamente nos resultados dos valores do petróleo para o modelo.

#### 5.4.3.4 *Mercado interno de derivados*

O mercado interno considerado no modelo busca se aproximar ao máximo da realidade da Petrobras e do Brasil. As ofertas inseridas no modelo são todas fixadas com volume mínimo de entrega igual ao volume máximo, sempre de acordo com a previsão de vendas para aquele mês. Isto porque a Petrobras é responsável por garantir o abastecimento dos derivados em todo o território nacional conforme Lei nº 9.478, de 06/08/1997 – DOU 07/08/1997, Art 1. V, conforme ANP (2007).

Assim, pode-se dizer que esta é uma das variáveis que menos influencia nas indicações do modelo quando são expostas a variações para se realizar um estudo de sensibilidade.

#### 5.4.3.5 *Mercado externo de derivados e petróleo*

As premissas de mercado externo possuem uma influência considerável nas indicações do modelo. O sistema possui um dado inicial de volume de petróleo que será fornecido pela variável Produção Nacional, mais o estoque inicial inserido no modelo, além do mercado interno, capacidade de refino e de estoque. Com esses dados fixados no momento de preparação da base inicial, as alternativas para a otimização do modelo do volume excedente dos derivados e petróleo são o atendimento das ofertas do mercado externo ou a redução de carga das unidades de refino.

Como já foi visto anteriormente que as margens de refino estão positivas nos últimos anos e o perfil de refino no Brasil não comporta todos os óleos nacionais produzidos, faz-se necessária a exportação desse óleo excedente e também a importação de petróleo adequado para completar a carga de refino.

Todo esse balanço dos volumes excedentes é otimizado em função da utilização da capacidade de refino, principalmente das unidades de fundo de barril, e das ofertas de exportações dos derivados/petróleo. Por isso diz-se que esta é a variável mais sensível a alterações no modelo.

#### 5.4.3.6 *Movimentações de petróleo e derivados*

Essa variável forma um conjunto de premissas que tendem a uma variação muito pequena de um mês para outro, já que os dutos e os navios possuem capacidade e disponibilidade fixas todos os meses. Apenas quando acontecem manutenções nos dutos que estas premissas são alteradas. Porém, quando isto ocorre, dependendo da complexidade da malha de arcos de movimentações envolvida na manutenção, as indicações do modelo podem variar bastante.

#### 5.4.4 **Considerações adicionais**

As unidades de refino possuem como variável as mesmas características da movimentação de derivados e petróleo. Por já possuir um conjunto de unidades que não varia todos os meses a não ser por paradas para manutenção, as alterações dessas premissas quase não acontecem.

O que pode ocorrer são alterações nas indicações da utilização dessas unidades que são influenciadas pela quantidade de petróleo e produtos intermediários disponíveis ou ainda pelas cotações dos produtos finais ditando a margem do refino.

Porém, como foi visto anteriormente, o parque de refino Petrobras é adequado para processamento de petróleo pesado que, por sua vez, tem a característica de transformar a parte que teria um menor valor para o mercado, como o Óleo Combustível em diesel e gasolina. Isso acontece em função da utilização das unidades de alta conversão e tratamento existentes, como o FCC e a unidade de coque.

Essas são as principais macrovariáveis que influenciam o modelo. Foram apresentados também alguns exemplos de restrições e conseqüências de variações dessas variáveis. Porém, nosso objetivo no trabalho é comparar o produto Ranking de Petróleo, que é o resultado de uma rodada do modelo apresentado com o resultado de uma técnica da abordagem multicritério. Para isso será escolhido um cenário básico hipotético, com premissas pré-estabelecidas para apenas um único mês. Essa metodologia será adotada já que para se gerar um Ranking de Petróleo com o PLANAB é necessária essa definição de premissas.

Pode-se dizer que, para ter uma melhor modelagem na abordagem multicritério, essas premissas devem ser muito bem analisadas já que influenciarão de maneira determinante no momento de definição dos critérios.

## **6 BASE CONCEITUAL: AUXÍLIO À DECISÃO E ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos coletados pela Internet, trabalhos sobre os temas a serem abordados e nas bibliografias especializadas. O auxílio à decisão será o foco na primeira parte do capítulo enquanto o multicritério será o tema abordado posteriormente.

### **6.1 AUXÍLIO À DECISÃO**

Uma situação de escolha de alternativas ou curso de ação viável que um decisor tem de realizar, dentre um conjunto de soluções viáveis, é denominada como processo de decisão. Uma alternativa viável é também caracterizada como alternativa de decisão.

Para Enssline e Borget (1998) a tomada de decisão é um esforço para tentar resolver um problema de objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência de solução ótima e conduz à procura do melhor compromisso.

Já segundo Costa (2005b), uma situação ou problema de decisão caracteriza-se por uma necessidade de avaliação de um conjunto de alternativas, para que se realize uma escolha ou decisão. Segundo Zeleny (1982), uma decisão ocorre mesmo quando o decisor decide por *não decidir*.

#### **6.1.1 Classificação das situações de decisão**

Ainda conforme Costa (2005b) existem diferentes formas de classificar as situações de decisão, podendo classificá-las quanto ao conhecimento do cenário futuro, quanto ao tipo de decisão e quanto ao número de critérios considerados.

#### 6.1.1.1 *Classificação quanto ao conhecimento do cenário futuro*

Para se estruturar um processo decisório, alguns cenários devem ser construídos para contextualizar o problema. Conforme Costa (2005b), as situações de decisão podem ser classificadas de acordo com o conhecimento das possibilidades de ocorrência de tais cenários. Neste caso as decisões podem ser classificadas em:

- Decisão sob certeza: quando se conhece com 100% de certeza o resultado futuro oriundo da decisão;
- Decisão sob incerteza: quando o decisor não sabe qual a probabilidade da ocorrência dos cenários, não podendo avaliar, portanto, o risco envolvido na decisão adotada;
- Decisão sob risco: quando o decisor possui conhecimento para estimar a probabilidade da ocorrência dos cenários futuros, podendo assim avaliar os riscos envolvidos.

#### 6.1.1.2 *Classificação quanto ao tipo de decisão*

Ainda conforma Costa (2005b), outra forma de se classificar a situação de decisão é considerar os objetivos da decisão. Conforme reportado em Costa (2005b), neste caso a decisão pode ser classificada nas seguintes categorias:

- Escolha: onde o decisor decide uma alternativa viável dentre um conjunto de outras alternativas também viáveis;
- Classificação: quando o decisor divide os elementos do conjunto inicial de alternativas em subconjuntos conforme um critério ou um conjunto de critérios;
- Ordenação: quando o decisor coloca em seqüência os elementos do conjunto inicial de alternativas seguindo algum critério ou conjunto de critérios;
- Classificação ordenada: quando o decisor ordena, conforme algum critério, os conjuntos formados pela classificação das alternativas iniciais conforme outros critérios;
- Priorização: quando o decisor estabelece uma ordem de prioridade para os elementos do conjunto de alternativas inicial.

### 6.1.1.3 Classificação quanto ao número de critérios considerados

As decisões podem ser efetuadas considerando um único critério ou um conjunto de critérios. Neste contexto, as decisões são classificadas em monocritério, quando a decisão encontrada pelo decisor considera um único critério, ou ainda em multicritério, quando a decisão encontrada pelo decisor considera um conjunto de critérios simultaneamente.

### 6.1.2 Etapas do processo decisório

Segundo Costa (2005b), a arte da decisão é um assunto extremamente desafiador e que vem sendo pesquisado com maior profundidade a cada dia. O macrofluxo do processo decisório é mostrado na figura 7 e contempla as seguintes etapas:

1. A partir dos dados presentes em uma base de dados, submete-se a mesma a um sistema de informação, no qual se realiza um ou mais processos de informação, obtendo uma base e informações;
2. Uma vez obtida à base de informações, processam-se as informações contidas na mesma, obtendo a decisão, ou seja, escolhe-se um curso de ação;
3. Depois de executada a ação, a mesma interfere agindo sobre a base de dados. Portanto, a base de dados no final, acaba sendo alimentada pelos resultados das ações.

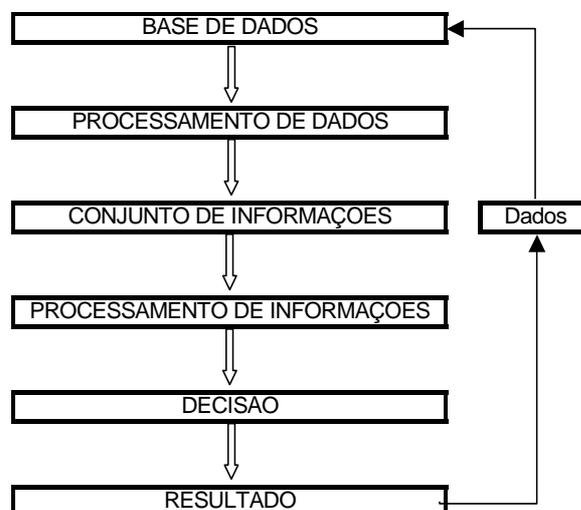


Figura 7 – Macrofluxo do Processo Decisório.  
Fonte: Costa, (2005b).

Para Gomes (2004), existem alguns modelos de processo decisório onde cada um tem etapas distintas. As 5 etapas de uma análise sistemática, vindo num foco mais próximo das atividades realizadas em um processo decisório, são descritas a seguir:

- Definição dos objetivos;
- Formulação de critérios / medidas de eficácia;
- Geração de alternativas;
- Avaliação de alternativas;
- Seleção das alternativas.

### 6.1.3 Elementos do processo decisório

Conforme Costa (2005b), o processo decisório no ambiente corporativo organizacional envolve alguns elementos fundamentais para que este processo aconteça de uma forma bem organizada e eficiente. Dentre os elementos da teoria da decisão que se destacam, pode-se citar os seguintes:

- Decisor: elemento que é responsável pela tomada de decisão. Pode ser um único indivíduo ou ainda um conjunto de pessoas;
- Analista: elemento consultivo que tem função de estruturar e analisar o problema, apresentando orientações e argumentos que auxiliem o decisor na sua tomada de decisão;
- Alternativa viável: elemento fundamental para que possa se tomar uma decisão correta. É uma estratégia ou curso de ação que pode ser adotado pelo decisor;
- Critério: propriedade ou variável à luz da qual a alternativa é avaliada;
- Atributo: valor do desempenho da alternativa à luz do critério;
- Tabela de pagamentos: tabela com os valores a serem retornados pelas alternativas;
- Cenário: conjunto de premissas que projetam o futuro.

É natural que diferentes decisores escolham alternativas diferentes para a solução de um mesmo problema. Além de possuírem linhas de raciocínio diferentes e experiências

diferentes, pesa muito também o cenário que está sendo considerado, além das ferramentas utilizadas para se gerar uma análise. Para Mousseau, Slowinsk e Ziniewicz (1999), cada decisor aloca uma importância relativa diferente a cada critério no processo decisório. O decisor fará atribuições de pesos nos critérios de acordo com os valores pessoais que determinarão sua preferência.

Segundo Roy (1985), chama-se de critério uma *ferramenta* que permite comparar alternativas de acordo com um particular ponto de vista ou ainda eixo de significância. Normalmente pode-se simplesmente perguntar ao decisor qual o peso que atribuirá a cada um dos critérios que representarão a importância relativa dos mesmos. Para Gomes (2002), esta metodologia é adequada para critérios classificados em escala verbal ou ordinal.

O outro elemento de extrema importância no processo de decisão é o analista. Sua função no processo é analisar, auxiliar e munir o decisor com informações técnicas relevantes para a tomada de decisão. O papel do analista consiste em:

- selecionar o modelo a ser utilizado no processo decisório;
- obter as informações necessárias para o modelo e interpretar os resultados de modelo de uma forma facilmente compreensível;
- explicar o mecanismo do modelo para o decisor.

#### 6.1.4 Considerações sobre o processo decisório e o uso de modelos

Atualmente, devido à globalização e à forte concorrência encontrada na nossa sociedade, as organizações estão buscando cada vez mais ferramentas mais eficientes para ajudar os gestores a tomar suas decisões. Com isso, as ferramentas precisam ser desenvolvidas para tratar de problemas complexos de uma maneira bem simples, ou seja, devem auxiliar os decisores sem que estes tenham que gastar muito tempo e dinheiro para utilizá-lo.

O processo decisório solicita instrumentos que, além de apresentarem formalismo matemático, devem auxiliar os decisores por meio da flexibilidade na descrição dos problemas. Esses instrumentos devem oferecer facilidade de análise e entendimento dos componentes do processo decisório, facilidade de comunicação e na explanação dos resultados e habilidade em captar e manipular as preferências do decisor.

Os modelos matemáticos estão cada vez mais robustos e mais próximos das necessidades dos gestores. Porém, para se desenvolver um modelo matemático, é preciso

levar em consideração alguns fatores primordiais para não se obter modelos muito caros ou que sejam lentos ou ainda complexos demais, dificultando o papel do decisor.

A primeira consideração é que o modelo deve ser uma simplificação e uma abstração da realidade, pois sua eficácia depende da sua proximidade da realidade e sua eficiência do tempo e da complexidade de seu manuseio.

Segundo Costa (2005b), o grau de complexidade com que o modelo aborda o problema é função das conseqüências da decisão tomada e das restrições associadas ao tempo, dinheiro, disponibilidade de dados e a complexidade do problema.

Outras considerações importantes de serem citadas são que os modelos têm um menor custo do que as experiências reais permitem aos gestores ter a sensibilidade de situações hipotéticas e tendem a reduzir o tempo necessário para a tomada de decisão.

Existem vários tipos de modelos de decisão e alguns são desenvolvidos para situações de decisão do tipo monocritério. Esses modelos são considerados mais simplistas e por não conseguirem representar o contexto do trabalho que exige uma quantidade grande de variáveis a se considerar, eles não serão abordados por este trabalho.

## 6.2 AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Um importante instrumento para tratar problemas de decisão é o Auxílio Multicritério à Decisão (AMD). Segundo Freitas (1997), a finalidade do AMD é classificar e priorizar as alternativas de decisão considerando o desempenho destas à luz de múltiplos critérios e reconhecendo a inexistência, de modo geral, de uma alternativa que seja a melhor em todos os critérios. Portanto, pode-se dizer que a solução de um problema de decisão multicritério passa pela classificação de um conjunto de alternativas avaliado à luz de  $n$  critérios em uma das classes pré-definidas, de acordo com o desempenho destas alternativas em um critério particular.

Conforme as idéias de Costa (2005b), o tratamento de processos decisórios pela análise multicritério, como o próprio nome diz, considera a avaliação de alternativas à luz de múltiplos critérios, na solução de problemas discretos de decisão. Costa (2005b) ainda exemplifica esta filosofia de abordagem multicritério conforme a figura 8.

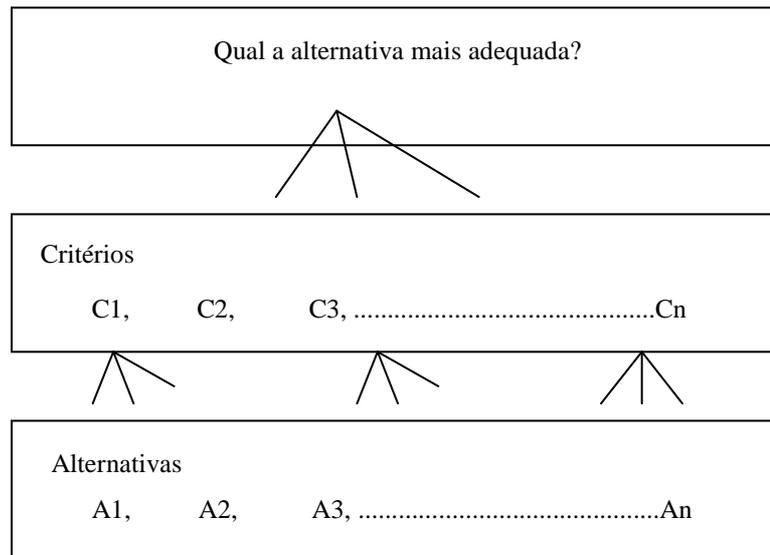


Figura 8 – Escolha da Alternativa mais Adequada: Abordagem Multicritério.  
Fonte: Costa, (2005b).

Ainda conforme Costa (2005b), uma das principais e mais atraentes características das metodologias de AMD, é que as mesmas reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utilizam julgamentos de valor como forma de tratá-la cientificamente. Além de ser útil na dificuldade de obter informações oriundas de dados probabilísticos, esta propriedade possibilita a incorporação de variáveis sociais e ambientais ao tratamento dos problemas de decisão.

A maioria dos autores resume as duas principais características do AMD:

- Análise dos problemas de decisão à luz de vários critérios;
- Reconhecimento e abordagem da subjetividade relativa aos problemas de decisão.

### 6.2.1 Evolução do AMD

Com o intuito de apresentar a evolução e o surgimento das idéias da abordagem multicritério, serão apresentados agora alguns fatos no decorrer da história que contribuíram para a sua evolução e as principais personalidades que idealizaram os primeiros estudos de AMD.

Conforme descreve Costa (2005b), um dos primeiros marcos que se tem notícia sobre uma tentativa de formulação científica do processo decisório é o trabalho de Ramon LLULL (1235-1316), que abordava o problema da eleição.

Posteriormente, mais especificamente durante a Revolução Francesa, Marie-Jean Antoine Nicolas de Cariat *Condorcet* (1724-1794), o Marquês de Condorcet, investigou o problema de decisão experimentado por um júri na definição das sentenças dos réus. Segundo Costa (2005b), Condorcet considerava que diferentes membros do júri poderiam ter diferentes opiniões sobre a sentença a ser atribuída no julgamento de um réu. Partindo desse pressuposto, Condorcet formulou a hipótese de que, neste caso, os juízes utilizavam critérios diferentes. Membro do movimento Iluminista e da Academia Francesa de Ciências, Condorcet se dedicou ao desenvolvimento e aplicação de conceitos matemáticos e métodos científicos às Ciências Sociais. Ainda conforme Costa (2005b), Condorcet estudou em especial o problema do voto e das eleições, quando vários eleitores, considerando seus próprios critérios e desejo, devem escolher uma única opção dentre vários candidatos.

Contemporâneo de Condorcet e também membro da Academia Francesa de Ciências, o Cavaleiro BORDA (Jean-Charlie de Borda, 1733-1799) também investigou o processo de eleição e voto. Propôs uma abordagem mais simplificada: o Método de Borda que acabou sendo mais conhecido e adotado.

Willian Stanley Jenvons (1835-1882), economista, nascido em Liverpool, estudou lógica e economia na Inglaterra, foi professo de Lógica, Filosofia Moral e Economia no Owens College de Manchester. Através da abordagem matemática, Jenvons buscou equiparar a Economia às Ciências Naturais. Afirmou que o “valor do trabalho deve ser determinado a partir do valor do produto”, contradizendo a abordagem clássica segundo a qual *o valor do produto deveria ser determinado a partir do valor do trabalho*. Jenvons considerava que a utilidade somente poderia ser medida em termos ordinais.

Nascido na Galícia, Carl Menger conclui seus estudos de Economia nas Universidades de Praga e Viena em 1863 e de Direito na Universidade de Cracóvia em 1867. Segundo Costa (2005b), Menger apresentou em paralelo aos trabalhos de Jenvons, uma convincente cadeia de raciocínio que associa as *coisas úteis* aos bens e em seqüência aos bens econômicos. Este encadeamento, que considerava a subjetividade presente na associação da *utilidade às coisas* e aos principais atributos dos bens econômicos, forma a base de uma doutrina incorporada aos livros textos de economia. Menger se diferencia de Jenvons por apresentar uma argumentação para a *Utilidade* mais fundamentada nas necessidades subjetivamente percebidas.

Em paralelo aos trabalhos de Menger e Jenvons sobre a utilidade, no início da década de 1870, o francês Marie-Ésprit Leon Walras, (1834-1910), considerado por Schumpeter como *o maior dos economistas*, desenvolveu a Teoria Geral do Equilíbrio, na qual podem ser identificados os conceitos apresentados por Jenvons e por Menger sobre a utilidade.

Dando prosseguimento aos estudos de Walras sobre a Teoria da Utilidade, o francês Vilfredo Pareto (1848-1923) investigou situações em que o decisor considera critérios conflitantes entre si. Nestas situações não é normal encontrar uma alternativa que seja a que melhor atenda aos desejos do decisor em todos os critérios considerados. Uma alternativa com estas características é denominada *Ótimo de Pareto*. Esta evolução histórica levou a formação da Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiattribute Utility Theory*, MUAT) e, conseqüentemente, contribuiu fortemente na criação e aceitação dos conceitos da Análise Multicritério.

Conforme cita Costa (2005b), a partir da década de 1960, o Auxílio Multicritério à Decisão ganha identidade e terminologia próprias destacando-se os trabalhos de Bernardo Roy e de Thomas L. Saaty. A partir do trabalho de Roy se desenvolvem os Métodos ELECTRE (ELEction et Choix Traduisant la REalité) e se consolida a Escola Francesa de Auxílio Multicritério à Decisão. Com base nos trabalhos de Saaty desenvolvem-se os métodos AHP (*Analytic Hierarchic Process*) e suas variações, que se tornam referências da Escola Americana de Auxílio Multicritério à Decisão.

Atualmente, a Análise Multicritério encontra-se em uma etapa de desenvolvimento bastante avançada e observa-se um crescimento de sua aplicação na prática.

### 6.2.2 Principais métodos de análise multicritério

Dentre as mais conhecidas metodologias caracterizadas na literatura como pertencentes à disciplina AMD, citam-se:

- Método BORDA;
- Método Condorcet;
- Método AHP;
- Método ELECTRE.

Cada um desses métodos possui suas variações e particularidades. O Método Borda, por exemplo, é um dos métodos com maior facilidade de aplicação que, segundo Costa (2005b), pode acabar induzindo a sua aceitação e implementação dos seus resultados. Este método, como foi dito anteriormente, foi criado por Jean-Charles Borda em 1871, na França para ser aplicado em comitês compostos por mais de um indivíduo, caracterizando-o como um problema multidecisor.

Conforme Costa (2005b), a idéia central deste método consiste em estabelecer uma combinação das ordenações ou “ranking” individuais estabelecidos por cada um dos decisores em um *ranking* global.

### 6.2.3 Os métodos ELECTRE

Como já foi dito anteriormente, a sigla ELECTRE é a contração de *Elimination Et Choix la Réalité*. A metodologia ELECTRE foi apresentada por Bernard Roy como sendo uma teoria matemática para desenvolver um sistema prático de auxílio à tomada de decisão, que foi publicado como *Classement et Choix em présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE)*.

Os métodos da família ELECTRE são baseados na comparação direta par a par de todas as alternativas em análise, estabelecendo relações entre estes pares de alternativas para cada critério. Estes métodos receberam a denominação original de *surclassement*, que foi traduzida por *outranking* em inglês, sendo que em português, aparecem com as denominações de superação, subordinação, superclassificação ou prevalência.

O estudo da superação se baseia em uma lógica não compensatória, usando as noções de concordância e de discordância, e permite a construção de uma relação classificatória que incorpora as preferências estabelecidas pelo decisor diante do problema e das alternativas disponíveis.

Os métodos ELECTRE não buscam estabelecer um valor global para cada alternativa, que sintetize as avaliações da alternativa considerando aos vários critérios em que está sendo analisada, diferentemente do método AHP.

As relações de superação são construídas de tal forma que uma alternativa não é pior que outra alternativa nas seguintes condições: uma maioria suficiente de critérios, considerando os seus pesos, apóia esta proposição (princípio da concordância) e a oposição da minoria não é considerada forte o suficiente para discordar desta proposição.

O decisor estabelece pesos para cada critério e são feitas as avaliações de cada alternativa frente a cada critério, a partir das quais são calculados os índices de concordância e discordância.

Para o cálculo da discordância e da concordância adota-se que sejam:

- $a$  e  $b$  duas alternativas;
- $j$  índice de critério;
- $g_j(a)$  avaliação da alternativa  $a$  pelo critério  $j$ ;
- $g_j(b)$  avaliação da alternativa  $b$  pelo critério  $j$ ;
- $w_j$  peso para as avaliações do critério  $j$ .

A concordância de  $a$  em relação a  $b$  é calculada por:

$$C(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{\forall j: g_j(a) \geq g_j(b)} w_j \quad \text{onde} \quad W = \sum w_j$$

A discordância de  $a$  em relação a  $b$  é calculada por:

$$D(a,b) = 0 \text{ se } g_j(a) \geq g_j(b) \quad \forall j$$

$$D(a,b) = \frac{1}{\delta} \max_J [g_j(b) - g_j(a)] \quad \text{onde} \quad \delta = \max_{\forall j} [g_j(b) - g_j(a)]$$

O índice de concordância representa uma medida de quanto à alternativa “a” é preferível a alternativa “b”. E o índice de discordância com valores pré-estabelecidos de referência  $p$  e  $q$  para a concordância e discordância são estabelecidas as relações entre as alternativas, que podem ser:

- a) preferência forte: quando  $C(a,b) \geq p$  e  $D(a,b) \leq q$ , isto é, há concordância de que  $a$  supera  $b$  na maioria dos critérios e baixa discordância;
- b) preferência fraca: quando  $a$  supera  $b$  mas não há uma convicção disto, pois há discordância significativa  $p > C(a,b) > p'$  e  $D(a,b) < q$ ;
- c) indiferença: quando não se consegue estabelecer uma diferença significativa entre as alternativas. Ex:  $C(a,b) \geq p$  e também  $D(a,b) \geq q$ ;

- d) incomparabilidade: quando acontece nenhum dos casos anteriores, isto é, temos  $C(a,b) \leq p$  com  $D(a,b) < q$  ou ainda  $C(a,b) > p$  com  $D(a,b) \geq q$ .

Estas relações são exploradas também através da análise de grafos, como na figura 9, e através de processos de ordenação ou classificação.

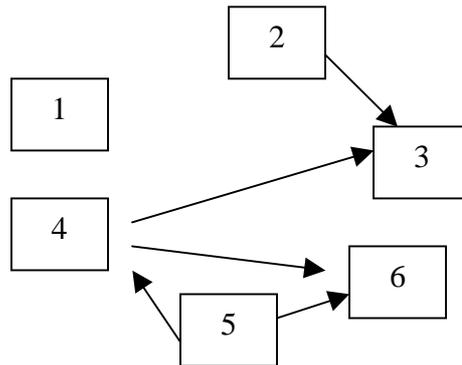


Figura 9 – Exemplo de Grafo de Relações de Superação.  
Fonte: Ando, (2004).

Existem seis versões do ELECTRE que apresentam pequenas variações no cálculo dos valores de concordância ou que refinam o processo de ordenação das alternativas.

- 1) ELECTRE I: busca reduzir o conjunto de alternativas para o menor conjunto possível por meio do cálculo de índices de concordância e discordância, que medem a vantagem e desvantagem relativa par a par entre as alternativas, seguida de uma análise dos grafos das relações. Este conjunto obtido é formado pelas alternativas que não são dominadas pelas demais;
- 2) ELECTRE IS: é uma generalização do método ELECTRE I. Sendo dado um conjunto finito de alternativas avaliadas sob uma família coerente de critérios quantitativos, o método busca comparar estas alternativas tendo em vista a escolha final de uma alternativa ou de um subconjunto de alternativas;
- 3) ELECTRE II: produz uma classificação das alternativas, agrupando as alternativas equivalentes, utilizando um critério verdadeiro sobre os índices de concordância e discordância calculados. Através de grafos são montadas duas pré-ordenações, direta e inversa, onde são exploradas as preferências forte e fraca;

- 4) ELECTRE III: utiliza pseudocritérios, com níveis de indiferença de preferência, para classificar as alternativas, utilizando os índices de concordância e discordância para se obter um novo índice, o grau de confiabilidade da relação de cada par de alternativas. O método ELECTRE III se aplica quando o decisor consegue estabelecer pesos intrínsecos aos pseudocritérios. Explorando a fundo as preferências de relações de superação fraca, através de um “processo destilatório”, estabelece uma ordenação explícita das alternativas, conforme mostra a figura 10.

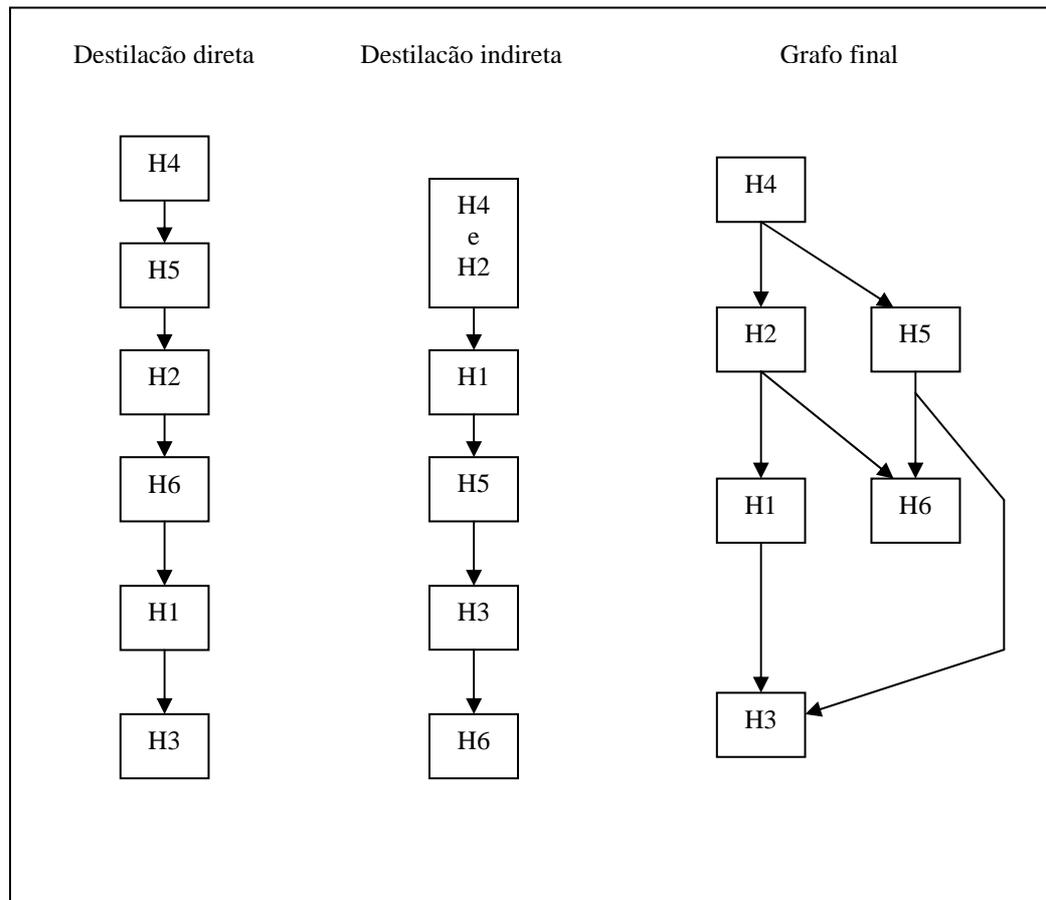


Figura 10 – Exemplo de Ordenação no ELECTRE III.  
Fonte: Ando, (2004).

- 5) ELECTRE IV: é uma variação do ELECTRE III, que permite a construção de relações de superação quando não é possível estabelecer um peso a cada critério. A partir das relações são construídas duas classificações: uma ascendente e outra descendente. A interseção destas duas ordenações estabelece uma nova ordenação que evidencia se há ou não incompatibilidade entre alternativas;

- 6) ELECTRE TRI: esta última versão do ELECTRE será apresentada a seguir com um pouco mais de detalhamento.

#### 6.2.4 ELECTRE TRI

O método ELECTRE TRI, reportado em Yu (1992), Roy (1985) e Mousseau, Slowinsk e Ziniewicz (1999), também pertence a família ELECTRE e caracteriza-se por tratar de problemas específicos de classificação ordenada Costa et al, (2004). Ou seja, dado um conjunto A de alternativas, classificá-las em subconjuntos específicos de classes ordenadas A1, A2, ..., An.

Esta classificação é feita considerando os seguintes fatores:

- A análise do desempenho das alternativas à luz de um conjunto de critérios F;
- A avaliação da importância dos critérios pertencentes a F;
- Classes de equivalência, definidas por limites superiores e inferiores de desempenho das alternativas em cada critério. Estes limites são denominados limites de classes.

Costa, Soares e Oliveira (2004) resumem as etapas de aplicação do ELECTRE TRI da seguinte maneira:

- 1) Identificar e caracterizar o problema;
- 2) Especificar os critérios;
- 3) Especificar a escala para o julgamento de pesos de cada critério;
- 4) Atribuir pesos para cada critério;
- 5) Especificar a escala de julgamentos dos desempenhos de cada variável à luz de cada critério;
- 6) Identificar as classes de equivalência juntamente com seus respectivos limites;
- 7) Estabelecer os limites de preferência (p) e de indiferença (q) para cada critério;
- 8) Estabelecer o limite de veto (v) associado a cada critério;
- 9) Emitir julgamento de valor à luz de cada critério;
- 10) Executar o algoritmo de classificação do ELECTRE TRI;
- 11) Analisar os resultados obtidos pela classificação.

O ELECTRE TRI é uma ferramenta de auxílio multicritério à decisão especialmente concebida para tratar de problemas de segmentação, isto é, particionar um conjunto de alternativas, avaliadas frente a um conjunto de critérios quantitativos ou qualitativos, em subconjuntos de categorias, que são pré-definidas para o mesmo conjunto de critérios, explica Ando (2004). A figura 11 ilustra essa alocação.

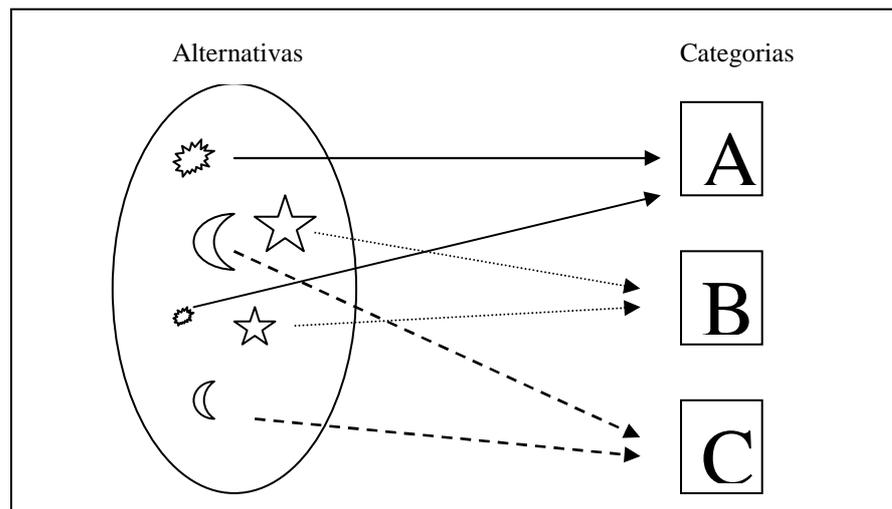


Figura 11 – Alocação por Categorias no ELECTRE TRI.  
Fonte: Ando, (2004).

Diferentemente dos outros métodos ELECTRE, no ELECTRE TRI a relação entre as alternativas é feita indiretamente, uma vez que os valores de concordância e discordância são calculados em relação aos valores de referência das categorias pré-definidas.

O ELECTRE TRI integra funções específicas que dão suporte ao decisor no processo de preferência. Estas funções agrupadas no ELECTRE TRI ajudam a reduzir o esforço cognitivo do decisor na fase de estruturação do modelo. A principal característica do ELECTRE TRI é a inferência de parâmetros preferenciais na determinação de exemplos fornecidos pelo decisor. Este método ainda classifica as alternativas em classes pré-definidas. A classificação de uma alternativa  $a$  resulta da comparação com os desempenhos que definem os limites das classes padrão.

Como dito anteriormente, este método consiste na alocação de alternativas em classes pré-definidas, portanto, para efetuar a alocação, necessita-se inicialmente de um conjunto de classes e suas respectivas avaliações frente a cada critério. Posteriormente também serão necessários: um conjunto de alternativas a ser avaliado, um conjunto de critérios para avaliar as alternativas e as avaliações de cada alternativa frente a cada critério.

Como nos demais métodos, o ELECTRE TRI apresenta duas etapas:

- Construção das relações de superação;
- Exploração das relações de superação.

Seja  $b_h$  o perfil limite superior da classe  $C_f$  e inferior da classe  $C_{h+1}$  e  $a$  uma alternativa a avaliar.

A construção das relações de superação é feita através do cálculo da concordância e da discordância de cada alternativa  $a$  e cada perfil  $b_h$ .

- Cálculo do índice de concordância parcial:

$$c_j(a, b_h) = 0 \text{ se } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h)$$

$$c_j(a, b_h) = 1 \text{ se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h)$$

caso contrário;

$$c_j(a, b_h) = (p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)) / (p_j(b_h) - q_j(b_h)).$$

- Cálculo do índice de concordância global:

$$C(a, b_h) = 1/W \sum_{\forall j} w_j * c_j(a, b_h) \quad \text{onde} \quad W = \sum_j w_j$$

- Cálculo do índice de discordância para cada critério:

$$d_j(a, b_h) = 0 \quad \text{se} \quad g_j(a) \leq g_j(b_h) + p_j(b_h)$$

$$d_j(a, b_h) = 1 \quad \text{se} \quad g_j(a) > g_j(b_h) + v_j(b_h)$$

caso contrário;

$$d_j(a, b_h) = [g_j(b_h) - g_j(a) - p_j(g_j(b_h))] / [v_j(g_j(b_h)) - p_j(g_j(b_h))]$$

- Cálculo dos índices de credibilidade:

$$\sigma(a,bh) = c(a,bh) \prod_{j \in F} [1-d_j(a,bh)] / [1-c_j(a,bh)]$$

onde;

$$F = \{j : dj(a,bh) > cj(a,bh)\}.$$

O índice de credibilidade da relação de superação  $\sigma(a,bh)$ , expressa a extensão e, que “ $a$  supera  $bh$ ” de acordo com o índice de concordância global  $C(a,bh)$  e os índices de discordância  $d_j(a,bh)$ ,  $\forall j \in F$ .

O cálculo do índice de credibilidade  $\sigma(a,bh)$ , está baseado nos seguintes princípios:

- quando não há discordância em nenhum critério, o índice de credibilidade  $\sigma(a,bh)$  é igual ao índice de concordância global  $C(a,bh)$ ;
- quando algum critério veta a asserção “ $a$  supera  $bh$ ”, o índice de credibilidade  $\sigma(a,bh)$  é nulo (a asserção “ $a$  supera  $bh$ ” não tem nenhuma credibilidade);
- quando um critério apresenta discordância tal que  $C(a,bh) < d_j(a,bh) < 1$ , o índice de credibilidade  $\sigma(a,bh)$  é reduzido em função do efeito da discordância deste critério.

Desta maneira o índice de credibilidade é o índice de concordância enfraquecido pelas discordâncias existentes. De forma semelhante são calculados os índices de credibilidade  $\sigma(bh,a)$ .

Em seguida, a partir de um valor de corte  $\lambda$  para o índice de credibilidade, são estabelecidas as relações de superação entre cada alternativa  $a$  e cada perfil  $bh$  da seguinte maneira:

- $\sigma(a,bh) \geq \lambda$  e  $\sigma(bh,a) \geq \lambda \Rightarrow a S bh$  e  $bh S a \Rightarrow a I bh$  ou seja  $a$  é indiferente a  $bh$ ;
- $\sigma(a,bh) \geq \lambda$  e  $\sigma(bh,a) < \lambda \Rightarrow a S bh$  e não  $bh S a \Rightarrow a \succ bh$  ou seja  $a$  é preferível a  $bh$ ;
- $\sigma(a,bh) < \lambda$  e  $\sigma(bh,a) \geq \lambda \Rightarrow$  não  $a S bh$  e  $bh S a \Rightarrow bh \succ a$  ou seja  $bh$  é preferível a  $a$ ;
- $\sigma(a,bh) < \lambda$  e  $\sigma(bh,a) < \lambda \Rightarrow$  não  $a S bh$  e não  $bh S a \Rightarrow bh R a$  ou seja  $bh$  e  $a$  são incomparáveis.

A figura 12 esquematiza a definição das relações de superação:

FIGURA 12 – Relações de Superação no ELECTRE TRI

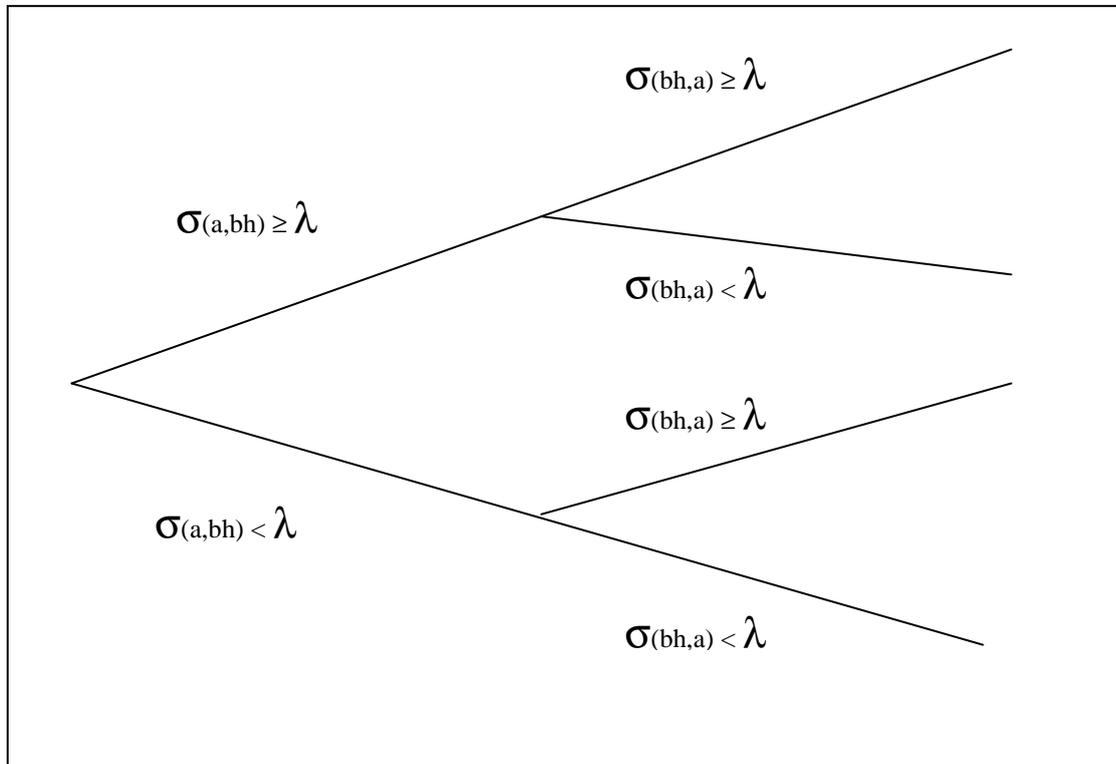


Figura 12 – Relações de Superação no ELECTRE TRI.  
Fonte: Ando, (2004).

A partir das relações de superação estabelecidas, são feitas duas classificações: pessimista e otimista.

Na classificação pessimista é adotado o seguinte procedimento:

- comparar a alternativa  $a$  sucessivamente com os perfis  $bi$  onde  $i = p, p-1, \dots, 0$ ;
- identificar o primeiro perfil  $bh$  onde  $a S bh$ ;
- classificar  $a$  como pertencente a categoria  $C_{h-1}$ .

Na classificação otimista é adotado o seguinte procedimento:

- comparar a alternativa  $a$  sucessivamente com os perfis  $bi$  onde  $i = 1, 2, \dots, p$ ;
- identificar o primeiro perfil  $bh$  onde  $bh \succ a$ ;
- classificar  $a$  como pertencente a categoria  $C$ .

## 7 MODELAGEM E APLICAÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo serão apresentadas a estrutura da modelagem e a aplicação da mesma a um caso real de classificação ordenada de petróleos.

O problema consiste em escolher quais os petróleos são melhores para serem comprados pela Petrobras. Para isso, é necessário ordenar ou agrupar os óleos de maneira que facilite a tomada de decisão, na hora de priorizar uma negociação em relação à outra.

Como foi dito anteriormente, a Petrobras necessita importar um volume de petróleo todos os meses, para balancear a sua produção e importação de derivados, bem como otimizar a utilização do seu parque de refino, atender o mercado interno e principalmente otimizar seus recursos e resultado econômico.

Existe na Petrobras atualmente um modelo de Programação Linear, PLANAB, que é utilizado, dentre outras coisas, para elaborar um *ranking* dos valores de petróleo importado.

Com isso, um objetivo secundário do trabalho e da aplicação da abordagem multicritério será gerar um novo resultado de ordenação de valores de petróleo, baseado no mesmo cenário do PLANAB, para se obter uma análise comparativa entre os dois resultados.

A solução deste problema envolve a avaliação de alternativas à luz de múltiplos critérios de escolha e julgamentos subjetivos por parte do analista ou de grupo responsável pela aplicação. Assim, imprecisões e incertezas podem ser amplificadas, dificultando o estabelecimento de padrões bem definidos, originando escolhas diferentes em relação ao ranking do PLANAB.

## 7.1 ESTRUTURA PROPOSTA PARA A MODELAGEM NO ELECTRE TRI

As etapas de modelagem do problema são estruturadas a partir da adaptação da proposta reportada em Costa, Soares e Oliveira (2004) e estão apresentadas a seguir:

- i) **Identificar e caracterizar o problema.** Identificar os óleos a serem comprados considerando algumas características dos seus fornecedores. Para isso será escolhido um cenário base para a contextualização do problema em relação aos fatores externos que influenciam os pesos dos critérios posteriormente escolhidos.
- ii) **Especificar os critérios.** Definir quais os critérios que serão considerados na avaliação dos petróleos a serem comprados. Este tópico necessita de uma análise situacional, baseada no cenário exposto pela caracterização do problema.

Conforme Costa (2005b), a escolha destes critérios é de contexto pessoal e ambiental, sendo um processo em permanente evolução, visto a dinâmica do ambiente externo e da própria percepção pessoal de quem define os critérios. Com isso pode-se perceber que os critérios podem ser diferentemente percebidos por especialistas e analistas diferentes.

- iii) **Especificar a escala para o julgamento de pesos de cada critério.** O peso indica a importância ou a influência dos critérios no grau de adequação de cada alternativa.
- iv) **Atribuir pesos para cada critério.** Nesta etapa estabelecem-se os pesos associados a cada critério. Estes pesos são obtidos por julgamento de valor, coletados junto a especialistas, com auxílio de cada julgamento.
- v) **Especificar a escala de julgamento dos desempenhos de cada petróleo à luz de cada critério.** Avalia-se o desempenho de cada petróleo em cada critério. É possível adotar uma escala específica para cada critério.

- vi) **Identificar as classes de equivalência juntamente com seus respectivos limites.** Neste passo, estabelecem-se as classes de desempenho que servirão de padrões para classificar os óleos sob análise.
- vii) **Estabelecer os limites de preferência (p) e de indiferença (Q) para cada critério.** Estes permitem considerar a natureza imprecisa e intrínseca das avaliações do desempenho das alternativas à luz dos critérios considerados.
- viii) **Estabelecer limite de veto (v) associado a cada critério.** Este limite lida com o conceito de rejeição ou veto (ou redução de credibilidade) quanto à afirmação de que uma alternativa subordina um limite de classes (e vice versa).
- ix) **Emitir julgamento de valor à luz de cada critério.** Emitem-se julgamentos de valor, avaliando o desempenho das alternativas à luz de cada critério. Esta etapa deverá ser, preferencialmente, efetuada por especialistas que tenham conhecimento profundo sobre o comportamento das alternativas.
- x) **Executar o algoritmo de classificação do ELECTRE TRI.** Nesta etapa obtém-se a classificação dos petróleos analisados.
- xi) **Analisar os resultados obtidos pela classificação.** De posse dos resultados individuais de cada alternativa à luz dos critérios considerados, avalia-se as alternativas, analisando inclusive, o grau de credibilidade destes resultados.

## 7.2 APLICAÇÃO DA MODELAGEM PROPOSTA NO ELECTRE TRI

A partir da estrutura apresentada no tópico anterior, será feita a seguir a aplicação deste método proposto.

### i) **Identificar e caracterizar o problema.**

A área de comércio externo de petróleo da Petrobras é uma área que está sempre envolvida com valores financeiros muito grandes. Por esta razão, a aplicação do método

proposto tem como objetivo auxiliar na elaboração de uma ordenação dos petróleos que podem ser importados com menor custo e utilizando menos tempo dos decisores da área de comércio externo.

O problema de escolha/ordenação dos petróleos será contextualizado em um cenário passado com a aplicação de um fator de correção em algumas variáveis apresentadas, com o intuito de preservar informações de propriedade da Petrobras, do mês de março de um ano não especificado. A aplicação apresentada a seguir será toda baseada neste cenário citado e as conclusões do estudo serão restritas também a este cenário

Algumas variáveis devem ser consideradas para desenhar o cenário de contexto, antes de se começar a análise do problema e definição de critérios. As principais variáveis que irão influenciar o estudo são:

- Cenário de Produção Nacional de Petróleo: no mês específico estudado do cenário, a Petrobras está com uma capacidade de refino disponível de 1870 mil barris por dia (mil bpd). A produção nacional de petróleo alcançou o volume de apenas 1830 mil bpd devido a algumas paradas de manutenção nos campos produtores. Pelo balanço, nota-se uma necessidade de importação de 40 mil bpd mais a quantidade de óleos nacionais que serão exportados. Com isso, tem-se um número aproximado para a importação de petróleo para esse cenário de 340 mil bpd. Porém alguns óleos importados já possuem contrato, reduzindo a necessidade de busca de ofertas para importação para 240 mil bpd, equivalente a 1200 mil m<sup>3</sup> ou ainda 8 cargas de 150 mil m<sup>3</sup>;
- Unidades de Refino: No mês utilizado para a aplicação, não existe parada significativa de nenhuma unidade do refino;
- Movimentações de Petróleo e Derivados: No mês utilizado para a aplicação, não existe parada significativa de nenhuma linha de dutos que influencie a movimentação dos produtos;
- Mercado Interno: O mercado interno de derivados continua sendo atendido sem grandes alterações de sazonalidade;
- Mercado Externo: O mercado externo acaba sendo influenciado diretamente pelo cenário desenhado de Cotações dos derivados e petróleo;
- Cotações dos Produtos: esta variável é para este cenário uma grande orientadora já que poucas variáveis estão influenciando o sistema como descrito acima. O

cenário de cotações está sendo considerado neste cenário, conforme um mês específico do gráfico 5. Pode-se observar que no mês que está sendo considerado para análise, o terceiro mês do gráfico, a cotação do diesel ainda está acima da cotação da gasolina e a cotação do óleo combustível, que é o produto de maior rendimento dos petróleos nacionais, bem abaixo de todos os outros produtos.

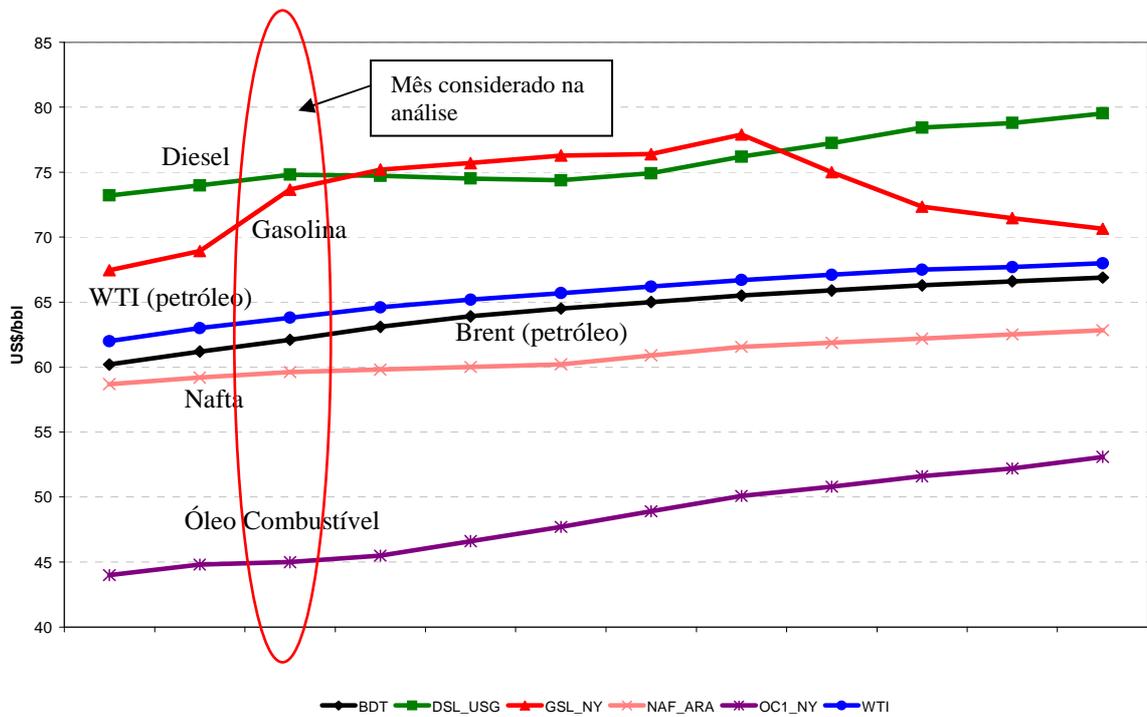


Gráfico 5 – Cotações dos Produtos.  
Fonte: Petrobras (2005).

Depois de formado o cenário base com essas variáveis, serão apresentadas agora as alternativas que serão analisadas e classificadas neste contexto e à luz dos critérios explicitados no tópico seguinte.

Os petróleos são comprados em lotes que são chamados de cargas pela indústria do petróleo. O tamanho destes lotes, normalmente, está de acordo com o tamanho dos navios que vão carregá-los. Neste mercado, o navio mais utilizado é o de 150 mil m<sup>3</sup>, portanto, quando se fala em uma alternativa de carga de petróleo, significa um volume de 150 mil m<sup>3</sup>.

As alternativas dos óleos importáveis serão apresentadas com algumas características e também associadas ao país fornecedor. Como um campo pode ser explorado e seu petróleo comercializado por uma ou mais empresas, pode se definir que os fornecedores de cada óleo são os próprios países. É importante ressaltar que todas as alternativas são petróleos produzidos por países do mundo que não seja o Brasil e são ofertados ao mercado

internacional com os nomes dos campos de produção dos quais são extraídos. A lista das alternativas dos petróleos ofertados para análise está apresentada na tabela 7.

TABELA 7 – Alternativas de Importação

Alternativas								
Petróleo	°API	Nacionalidade	GLP	Nafta	QAV	Diesel	Gasóleo	Res. Vácuo
1 - Abo 3	37,0	Nigéria	2,5%	34,4%	0,0%	36,7%	21,4%	5,0%
2 - Amenam Blend	39,0	Nigéria	3,8%	29,6%	10,4%	39,7%	14,1%	2,4%
3 - Azeri Light	35,0	Azerbaijão	0,7%	17,2%	10,0%	39,6%	20,5%	12,0%
4 - Bonga	31,1	Nigéria	0,8%	17,9%	9,3%	47,4%	19,5%	5,1%
5 - Bonny Leve	35,0	Nigéria	1,2%	24,9%	12,0%	42,1%	14,8%	5,0%
6 - Brass River	42,1	Nigéria	2,2%	31,3%	10,2%	41,0%	13,4%	1,9%
7 - Brega	39,8	Libia	2,0%	23,0%	10,0%	43,9%	13,0%	8,1%
8 - Cabinda	33,0	Angola	1,5%	18,7%	10,0%	26,2%	22,4%	21,3%
9 - Con. Alba Field	52,3	Reino Unido	3,8%	41,5%	14,1%	33,5%	1,8%	5,3%
10 - Con. Oso	45,4	Nigéria	6,7%	45,2%	10,0%	28,5%	8,0%	1,6%
11 - EA	33,0	Nigéria	2,0%	16,3%	12,1%	56,9%	9,9%	2,9%
12 - Erha	31,1	Nigéria	0,5%	16,1%	11,2%	47,8%	17,1%	7,3%
13 - Escravos	35,0	Nigéria	1,6%	27,0%	10,0%	41,0%	14,0%	6,5%
14 - Forcados	29,3	Nigéria	0,9%	17,3%	10,0%	49,4%	16,5%	6,0%
15 - Girassol	31,1	Angola	0,9%	15,5%	8,4%	34,7%	22,2%	18,3%
16 - Mellitah	43,2	Libia	1,4%	35,3%	14,4%	33,0%	10,0%	5,9%
17 - N'kossa	47,6	Congo	2,6%	43,3%	0,0%	38,0%	10,9%	5,2%
18 - Okono	41,1	Nigéria	3,2%	36,9%	0,0%	41,5%	18,4%	0,0%
19 - Okwori	37,0	Nigéria	1,8%	23,3%	12,8%	46,9%	12,5%	2,7%
20 - Palanca	39,0	Angola	2,0%	25,8%	10,0%	34,1%	20,6%	7,5%
21 - Pennington	35,0	Nigéria	0,9%	19,7%	13,3%	54,2%	9,7%	2,3%
22 - Qua Iboe	35,0	Nigéria	1,3%	28,2%	10,0%	40,1%	14,9%	5,5%
23 - Recon Boliviano	43,2	Bolívia	1,0%	46,7%	5,0%	17,3%	15,0%	15,0%
24 - Sahara Blend	43,2	Argélia	3,5%	38,0%	11,0%	33,5%	9,5%	4,5%
25 - Yoho	39,0	Nigéria	2,2%	32,4%	10,4%	41,2%	11,9%	1,9%

Fonte: O autor (2007).

## ii) Especificar os critérios.

Os critérios definidos para o estudo foram discutidos por um grupo de especialistas que se basearam na revisão da literatura e nos conceitos apresentados nos capítulos 2, 3 e 4.

Para se definir os critérios, o grupo de especialistas formado por 3 pessoas, se reuniu discutindo o contexto da aplicação e os critérios que deveriam ser considerados. O consenso foi atingido de maneira natural sem ter que utilizar nenhum método específico para decidir a lista de critérios.

O grupo de especialista chegou ao consenso da seguinte lista de critérios:

**Produto:**

- **° API** - mostra a densidade do óleo em questão;
- **Teor de Enxofre** – indica a quantidade de enxofre diluído no óleo e conseqüentemente nos derivados;
- **Rendimentos de Óleo Combustível** – indica a quantidade de óleo combustível que será produzido no seu refino, que é o derivado de menor valor;
- **Rendimentos de Diesel + QAV** - indica a quantidade de diesel e QAV que serão produzidos no seu refino, derivados mais valorizados.

**Fornecedor:**

- **Atendimento a Prazos de Entrega** – frequência com as quais as cargas são recebidas no momento acordado pelo fornecedor. No caso da indústria do petróleo, grande parte dos atrasos de entrega das cargas está associada a problemas de instabilidade política no país de origem, que ocasionam impossibilidades de carregamento dos navios.
- **Flexibilidade e Capacidade de Resposta** – flexibilidade de escolha das datas de carregamento ofertadas e de responder e atuar em cima de mudanças da entrega das cargas em caso de mudanças de data emergenciais.

**Observações:**

A aplicação da metodologia proposta por Carvalho (2001), não considerou alguns critérios sugeridos em função das características específicas da indústria do petróleo. Essas características estão apresentadas a seguir:

- **Índice de Refugo** – na indústria de petróleo existe muito poucos casos de refugo de um produto, no caso carga de óleo. Isto acontece porque cada petróleo é um produto que possui suas características e especificações próprias, tendo apenas algumas dessas especificações índice de aprovação da carga;

- **Garantia** – este critério não se aplica já que depende do índice de refugo;
- **Suporte Técnico** – esse critério só poderia ser utilizado quando um petróleo novo estivesse sendo ofertado no mercado. Quando o produto já está consolidado no mercado, o que é o caso dos petróleos apresentados, este critério não pode ser aplicado;
- **Atendimento a Quantidades** – na indústria do petróleo as empresas possuem um compromisso bastante rígido com este tipo de problema, pois é um mercado onde cada falha deste tipo, como das especificações citadas no Índice de Refugo, acabam ficando marcadas e taxadas ao produto prejudicando a credibilidade do fornecedor e o preço de negociação da próxima carga;
- **Prazo Total de Abastecimento** – tempo total desde a compra até a entrega da carga. Este critério não será aplicado, já que na indústria do petróleo as cargas são compradas com 1 ou 2 meses de antecedência fixando os prazos de entrega, ocorrendo pouco influência do tempo total de entrega;
- **Práticas de Frete, Práticas de Encomenda, Termos de Pagamento e Preço Médio da Variância** – são práticas que entram na avaliação do preço do petróleo. Estar-se-ia mensurando, neste caso, o valor da compra do óleo e não somente do óleo para o sistema.

**iii) Especificar a escala para julgamento dos graus de importância (pesos) de cada critério.**

A tabela 8, mostrada a seguir, ilustra os pesos considerados para cada critério. Estes pesos também foram levantados através de discussões do grupo de especialistas.

TABELA 8 – Julgamento dos pesos dos critérios.

Escala para julgamento da importância dos critérios (PESO)

Escala verbal	Valor Numérico
Muito Forte	4
Forte	3
Média	2
Fraca	1
Muito Fraca	0

Fonte: O autor (2007).

**iv) Atribuir pesos para cada critério.**

A tabela 9 apresenta os pesos dos critérios considerados. Estes pesos também foram emitidos pelo grupo de especialistas.

TABELA 9 – Pesos atribuídos aos critérios

Pesos atribuídos aos critérios

Critério	Descrição	Peso
Cr1	°API	1
Cr2	Teor de Enxofre	2
Cr3	Rendimento OC	3
Cr4	Rendimento Diesel + QAV	4
Cr5	Atendimento a prazos	3
Cr6	Capacidade de Resposta	3

Fonte: O autor (2007).

**v) Especificar a escala para julgamento dos desempenhos de cada alternativa à luz de cada critério.**

As escalas de julgamento utilizadas para a avaliação do desempenho de cada alternativa de carga de petróleo à luz dos critérios estão ilustradas nas tabelas 10, 11, 12, 13, 14 e 15 a seguir. Estas escalas foram obtidas considerando sempre 5 posições consecutivas distribuídas de maneira simétrica.

TABELA 10 – Escala de Julgamento de Valor do °API

Escala de julgamento de valor do  
"°API"

Avaliação	NOTA
Maior do que 60	2
Entre 60 e 50	1
Entre 50 e 40	0
Entre 40 e 30	-1
Menor do que 30	-2

Fonte: O autor (2007).

TABELA 11 – Escala de Julgamento de Valor do Teor de Enxofre

Escala de julgamento de valor do "Teor de Enxofre no Diesel"

Avaliação	NOTA
Menor ou Igual 1000 ppm de Enxofre (S)	2
Entre 1000 e 1500 ppm de S	1
Entre 1500 e 2000 ppm de S	0
Entre 2000 e 3500 ppm de S	-1
Acima de 3500 ppm de S	-2

Fonte: O autor (2007).

TABELA 12 – Escala de Julgamento de Valor do Rendimento do Óleo Combustível

Escala de julgamento de valor do "Rendimento de Óleo Combustível"

Avaliação	NOTA
Menor do que 3,0%	2
Entre 3,0 e 7,0 %	1
Entre 7,0 e 10,0 %	0
Entre 10,0 e 15,0 %	-1
Maior do que 15,0 %	-2

Fonte: O autor (2007).

TABELA 13 – Escala de Julgamento de Valor do Rendimento Diesel + QAV

Escala de julgamento de valor do "Rendimento de Diesel + QAV"

Avaliação	NOTA
Maior do que 60%	2
Entre 60 e 50 %	1
Entre 50 e 40 %	0
Entre 40 e 30 %	-1
Menor do que 30 %	-2

Fonte: O autor (2007).

TABELA 14 – Escala de Julgamento de Valor do Atendimento a Prazo de Entrega

Escala de julgamento de valor do  
"Atendimento a Prazo de Entrega"

Avaliação	NOTA
Sempre atende no prazo	2
Quase sempre atende no Prazo	1
Maioria das vezes atende no prazo	0
Raramente atende no prazo	-1
Nunca atende no prazo	-2

Fonte: O autor (2007).

TABELA 15 – Escala de Julgamento de Valor da Flexibilidade

Escala de julgamento de valor da "Flexibilidade"

Avaliação	NOTA
Altamente flexível e aberta a negociações	2
Flexível e aberta a negociações	1
Há negociação com certo desgaste	0
Negociação demorada e desgaste intenso	-1
Não são abertos a negociação	-2

Fonte: O autor (2007).

**vi) Identificação das classes de equivalência para cada conjunto de critérios.**

Conforme descrito em Yu (1992) e em Mousseau, Slowinsk e Ziniewicz. (1995), as classes de equivalência são definidas por limites inferiores e superiores. A tabela 16 mostra as classes de equivalência consideradas neste trabalho.

TABELA 16 – Classes de Equivalência e seus Limites

Classes de Equivalência e seus Limites Superiores e Inferiores

Classes	Descrição das Classes	Limite Superior	Limite Inferior
A	Produto de maior valor para o sistema	-	1,5
B	Produto de altíssimo valor para o sistema	1,5	0,5
C	Produto de alto valor para o sistema	0,5	-0,5
D	Produto de valor moderado para o sistema	-0,5	-1,5
E	Produto de menor valor para o sistema	-1,5	-

Fonte: O autor (2007).

**vii) Emitir julgamento de valor, avaliando o desempenho das alternativas à luz dos critérios.**

A tabela 17 ilustra os desempenhos que foram atribuídos a cada petróleo à luz de cada critério considerado. Estes desempenhos foram obtidos por julgamento de valor emitido consensualmente pelo grupo de especialistas.

TABELA 17 – Desempenho de cada petróleo à luz de cada critério

Alternativas		CRITÉRIOS					
Petróleo	Nacionalidade	º API	Teor de S	Rend DSL + QAV	Rend OC	Atend. Praz Entr.	Flexibilidade
1 - Abo 3	Nigéria	1	0	-1	1	1	0
2 - Amenam Blend	Nigéria	1	2	1	2	1	0
3 - Azeri Light	Azerbaijão	1	2	1	-1	2	1
4 - Bonga	Nigéria	0	0	1	1	1	0
5 - Bonny Leve	Nigéria	1	1	1	1	1	0
6 - Brass River	Nigéria	2	2	1	2	1	0
7 - Brega	Libia	1	1	1	0	2	-1
8 - Cabinda	Angola	0	2	-1	-2	2	0
9 - Con. Alba Field	Reino Unido	2	2	0	1	2	1
10 - Con. Oso	Nigéria	2	2	-1	2	1	0
11 - EA	Nigéria	0	2	2	2	1	0
12 - Erha	Nigéria	0	1	1	0	1	0
13 - Escravos	Nigéria	1	1	1	1	1	0
14 - Forcados	Nigéria	-1	0	1	1	1	0
15 - Girassol	Angola	0	0	0	-2	2	0
16 - Mellitah	Libia	2	2	0	1	2	-1
17 - N'kossa	Congo	2	2	-1	1	2	1
18 - Okono	Nigéria	2	2	0	2	1	0
19 - Okwori		1	2	1	2	1	0
20 - Palanca	Angola	1	1	0	0	2	0
21 - Pennington	Nigéria	1	2	2	2	1	0
22 - Qua Iboe	Nigéria	1	1	1	1	1	0
23 - Recon Boliviano	Bolívia	2	2	-1	-1	1	0
24 - Sahara Blend	Argélia	2	1	0	1	2	2
25 - Yoho	Nigéria	1	1	1	2	1	0

Fonte: O autor (2007)

**viii) Estabelecer o limite de preferência (p), de indiferença (q) para cada critério.**

No presente trabalho foram adotados os valores dos limites de preferência (p) e de indiferença (q) iguais a 0,0. Estes valores foram obtidos com base na escala de julgamento utilizada, que contém valores inteiros no intervalo de -2 a 2, e na definição dos perfis das classes, apresentada no tópico anterior. Conforme reportado Costa (2005b), observa-se que:

- Qualquer valor no intervalo [0; 0,5) tem o mesmo efeito em função da escala de julgamento adotada;
- $(q) \leq (p) \leq 0,5$ , em função das classes adotadas.

**ix) Estabelecer o limite de veto (v) para cada critério.**

Quanto ao veto, o grupo de especialistas decidiu não considerar o veto na modelagem após conhecimento do conceito de veto. Isto porque todos os óleos listados como alternativas já estão consolidados no mercado do petróleo há algum tempo e se não tivessem um requisito mínimo de aceitação não estariam sendo buscadas as suas ofertas pela Petrobras. Ou seja, a Petrobras possui um processo de classificação prévio para selecionar os óleos que serão ofertados para o sistema.

**x) Executar o algoritmo de classificação do ELECTRE TRI.**

Para a execução do algoritmo de classificação do ELECTRE TRI foi utilizado um sistema chamado *Muticritéria Lab*. Foram inseridas todas as premissas apresentadas anteriormente, começando pelas 25 alternativas de compra de petróleo, depois os critérios considerados e seus respectivos pesos e também o desempenho de cada alternativa à luz de cada critério.

Os resultados obtidos pela execução do algoritmo de classificação do ELECTRE TRI estão apresentados na tabela 18. Neste método, as alternativas são comparadas aos perfis que delimitam a classe de referência, definidas no tópico (vi).

TABELA 18 – Resultados do ELECTRE TRI

Resultado ELECTRE TRI		
Classes	Petróleo	
A	A11	EA
	A21	Pennington
B	A2	Amenam Blend
	A3	Azeri Light
	A4	Bonga
	A5	Bonny Leve
	A6	Brass River
	A7	Brega
	A9	Con. Alba Field
	A10	Con. Oso
	A12	Erha
	A13	Escravos
	A14	Forcados
	A16	Mellitah
	A17	N'kossa
	A18	Okono
	A19	Okwori
C	A22	Qua Iboe
	A24	Sahara Blend
	A25	Yoho
	A1	Abo 3
	A8	Cabinda
D	A15	Girassol
	A20	Palanca
	A23	Recon Boliviano
E		

Fonte: O autor (2007)

**xi) Analisar os Resultados obtidos pela classificação.**

Como uma sensibilidade ao resultado do ELECTRE TRI, foi realizada uma nova ordenação com o plano de corte igual a 0,75 e não mais com 0,50.

Os resultados da ordenação obtidos estão na tabela 19, apresentada a seguir.

TABELA 19 – Resultados da sensibilidade do ELECTRE TRI

Resultado ELECTRE TRI		
Classes	Petróleo	
<b>A</b>		
<b>B</b>	A2	Amenam Blend
	A3	Azeri Light
	A5	Bonny Leve
	A6	Brass River
	A9	Con. Alba Field
	A11	EA
	A13	Escravos
	A17	N'kossa
	A19	Okwori
	A21	Pennington
	A22	Qua Iboe
	A24	Sahara Blend
	A25	Yoho
	<b>C</b>	A1
A4		Bonga
A7		Brega
A10		Con. Oso
A12		Erha
A14		Forcados
A15		Girassol
A16		Mellitah
A18		Okono
A20		Palanca
<b>D</b>	A8	Cabinda
	A23	Recon Boliviano
<b>E</b>		

Fonte: O autor (2007)

As duas ordenações de grupamentos encontradas foram elaboradas com o corte igual a 0,50 e 0,75 respectivamente, onde na 0,50 se obtém a ordenação mais exigente igual a menos exigente. Já na ordenação onde o corte de credibilidade é 0,75, é identificada uma redução de classes para grande parte das alternativas. Com isso, pode-se dizer que o resultado da ordenação é mais conservador no ponto de vista do comprador.

Para uma análise mais robusta dos resultados dessa ordenação do ELECTRE TRI, será apresentada na tabela 20 a matriz de credibilidade encontrada.

TABELA 20 – Matriz de Credibilidade

<b>Petróleo</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
1 - Abo 3	0,00	0,44	0,75	1,00
2 - Amenam Blend	0,31	0,81	1,00	1,00
3 - Azeri Light	0,31	0,81	0,81	1,00
4 - Bonga	0,00	0,63	1,00	1,00
5 - Bonny Leve	0,00	0,81	1,00	1,00
6 - Brass River	0,38	0,81	1,00	1,00
7 - Brega	0,19	0,63	0,81	1,00
8 - Cabinda	0,31	0,31	0,56	0,81
9 - Con. Alba Field	0,38	0,75	1,00	1,00
10 - Con. Oso	0,38	0,56	0,75	1,00
11 - EA	0,56	0,75	1,00	1,00
12 - Erha	0,00	0,56	1,00	1,00
13 - Escravos	0,00	0,81	1,00	1,00
14 - Forcados	0,00	0,63	0,94	1,00
15 - Girassol	0,19	0,19	0,81	0,81
16 - Mellitah	0,38	0,56	0,81	1,00
17 - N'kossa	0,38	0,75	0,75	1,00
18 - Okono	0,38	0,56	1,00	1,00
19 - Okwori	0,31	0,81	1,00	1,00
20 - Palanca	0,19	0,38	1,00	1,00
21 - Pennington	0,56	0,81	1,00	1,00
22 - Qua Iboe	0,00	0,81	1,00	1,00
23 - Recon Boliviano	0,19	0,38	0,56	0,75
24 - Sahara Blend	0,44	0,75	1,00	1,00
25 - Yoho	0,19	0,81	1,00	1,00

Fonte: O autor (2007).

Analisando esta matriz, observa-se que ela é a mesma para os dois casos analisados, onde se conclui que é ela a geradora das classificações após a execução do algoritmo, tendo como variável somente o nível de corte.

Através a matriz de credibilidade, foi possível elaborar um gráfico onde se tenha uma maior facilidade de identificação de qual a classe cada alternativa deverá ser classificada, em função das variações de plano de corte da credibilidade.

Para isso, é necessário identificar quais os planos de corte, que no gráfico estão representados pelas barras, atingem a credibilidade estipulada.

O gráfico 6 apresentado abaixo, mostra também qual percentual de credibilidade cada alternativa muda de classificação. Nele foram plotados apenas algumas alternativas das 25 que estão sendo trabalhadas apenas por questão de facilidade de visualização.

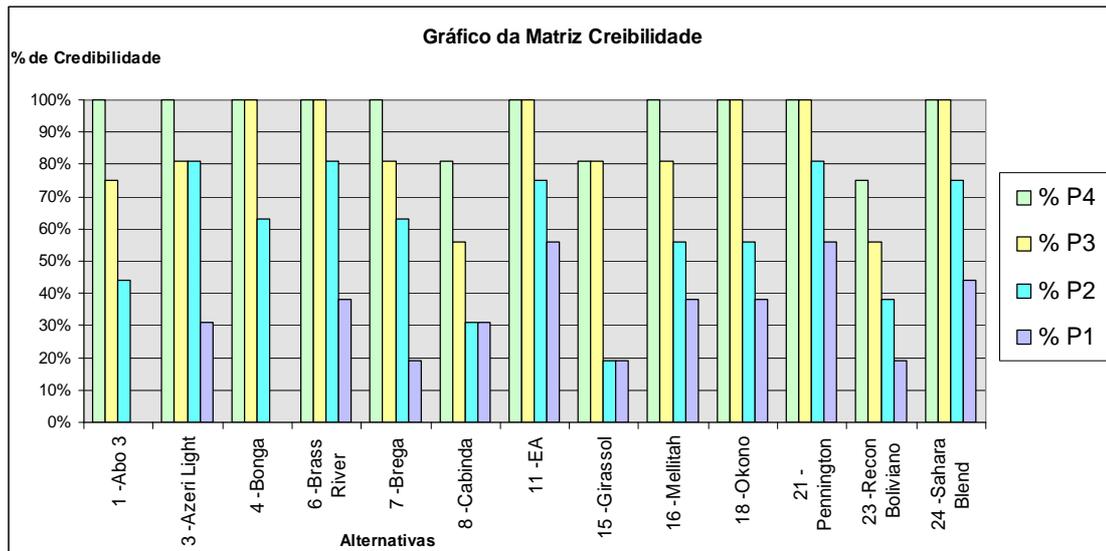


Gráfico 6 – Gráfico da Matriz Credibilidade.  
Fonte: O autor (2007).

Para identificar quais as classes de cada alternativa apresentada no gráfico 6, basta identificar qual a última barra ou Plano que atinge aquele nível de corte. Se pegarmos um nível diferente dos dois já apresentados, exemplo 90%, podemos dizer que a última barra do Abo 3 é a verde e este petróleo está acima do P4, alocando assim o ABO na classe **D**.

Essa análise pode ser repetida para todas as alternativas que estão representadas no gráfico e a classificação que teríamos para o nível de corte de 90% seria o Abo, Azer Light, Brega e Mellitah na classe **D**, Bonga, Brass River, EA, Okono, Pennington e Sahata Blend na classe **C** e o Cabinda, Girassol e Recon Boliviano na classe **E**.

### 7.3 RESULTADO DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA PETROBRAS

Para se realizar a comparação entre os resultados obtidos da aplicação no método ELECTRE TRI com plano de corte de 0,50 e os resultados da técnica da Petrobras que utiliza o PLANAB, foi estipulado um cenário igual ao descrito no capítulo 7, tópico 7.2. É

importante ressaltar mais uma vez que a metodologia utilizada, bem com o modelo que gera esse resultado para a Petrobras, não será detalhada neste trabalho, servindo apenas o resultado para fins de comparação com a abordagem multicritério proposta. O horizonte que o PLANAB trabalha é de até 12 meses, sendo que mensalmente se estuda o mês seguinte ao que está em curso.

O resultado da ordenação da aplicação do problema de valoração de petróleo na decisão de compra pela Petrobras é mostrado na tabela 20.

TABELA 21 – Resultados do PLANAB

ÓLEO	
1 -	Pennington
2 -	EA <sup>3</sup>
3 -	Okwori
4 -	Mellitah
5 -	Okono
6 -	Brass River
7 -	Yoho
8 -	Erha
9 -	Amenam Blend
10 -	Bonny Leve
11 -	Con. Alba Field
12 -	Sahara Blend
13 -	Escravos
14 -	Forcados <sup>3</sup>
15 -	Azeri Light
16 -	Qua Iboe
17 -	Con. Oso
18 -	Brega
19 -	N'kossa
20 -	Palanca
21 -	Abo 3
22 -	Bonga
23 -	Girassol
24 -	Recon Boliviano
25 -	Cabinda

Fonte: O autor (2007)

#### 7.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

As diferenças dos critérios que são utilizados nas duas aplicações e na complexidade entre as duas abordagens aplicadas permitem que se tenha uma expectativa das diferenças dos resultados. Para melhor analisar e comparar os resultados encontrados, foram apresentadas as tabelas lado a lado na Tabela 22.

Considerando que o método ELECTRE TRI é um método classificação ordenada e a técnica Petrobras do PLANAB fornece uma ordenação direta, esperava-se apenas uma aproximação dos resultados.

Nota-se que alguns óleos como o Pennington e o EA estão sempre entre as primeiras alternativas tanto do PLANAB como nos resultados do ELECTRE TRI.

Os óleos classificados na classe **D**, quando se fala da análise do resultado com plano de corte igual a 0,50, possuem algumas diferenças consideráveis em relação ao PLANAB. Porém a diferença que mais chama a atenção entre os dois resultados é a posição do Bonga.

No resultado da abordagem multicritério ele está numa classificação intermediária enquanto no resultado do PLANAB o Bonga está entre os últimos óleos da ordenação.

Com essas observações, pode-se dizer que o método do ELECTRE TRI da abordagem multicritério é viável e pode ser uma nova maneira de avaliar os valores dos óleos comprados.

Isto porque o ELECTRE TRI apresenta resultados diferentes do método PLANAB, contribuindo assim com análise do problema e com novas informações ainda não levantadas. Desta forma, pode-se concluir que os resultados do ELECTRE TRI, quando aplicados ao contexto de compra de petróleos importados que já possuem um modelo de programação linear para análise, enriquecem ainda mais o decisor com informações na tomada de decisão.

TABELA 22 – Tabelas comparativas de resultados

Resultado do ELECTRE TRI			Resultado da Sensibilidade do ELECTRE TRI			Resultado do PLANAB		
Resultado ELECTRE TRI			Resultado ELECTRE TRI			ÓLEO		
Classes	Petróleo		Classes	Petróleo				
A	A11	EA	A			1 -	Pennington	
	A21	Pennington				2 -	EA <sup>3</sup>	
B	A2	Amenam Blend	B	A2	Amenam Blend	3 -	Okwori	
	A3	Azeri Light		A3	Azeri Light	4 -	Mellitah	
	A4	Bonga		A5	Bonny Leve	5 -	Okono	
	A5	Bonny Leve		A6	Brass River	6 -	Brass River	
	A6	Brass River		A9	Con. Alba Field	7 -	Yoho	
	A7	Brega		A11	EA	8 -	Erha	
	A9	Con. Alba Field		A13	Escravos	9 -	Amenam Blend	
	A10	Con. Oso		A17	N'kossa	10 -	Bonny Leve	
	A12	Erha		A19	Okwori	11 -	Con. Alba Field	
	A13	Escravos		A21	Pennington	12 -	Sahara Blend	
	A14	Forcados		A22	Qua Iboe	13 -	Escravos	
	A16	Mellitah		A24	Sahara Blend	14 -	Forcados <sup>3</sup>	
	A17	N'kossa		A25	Yoho	15 -	Azeri Light	
	A18	Okono		C	A1	Abo 3	16 -	Qua Iboe
	A19	Okwori			A4	Bonga	17 -	Con. Oso
	A22	Qua Iboe			A7	Brega	18 -	Brega
	A24	Sahara Blend			A10	Con. Oso	19 -	N'kossa
	A25	Yoho			A12	Erha	20 -	Palanca
C	A1	Abo 3	A14		Forcados	21 -	Abo 3	
	A8	Cabinda	A15		Girassol	22 -	Bonga	
	A15	Girassol	A16		Mellitah	23 -	Girassol	
	A20	Palanca	A18		Okono	24 -	Recon Boliviano	
	A23	Recon Boliviano	A20		Palanca	25 -	Cabinda	
D		D	A8	Cabinda				
E		E	A23	Recon Boliviano				

Fonte: O autor (2007).

## **8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões que podem ser tiradas do trabalho, bem como as oportunidades identificadas pelo autor para futuras pesquisas.

As respostas às questões levantadas no capítulo 1 irão guiar o desenvolvimento das conclusões, já que são essas respostas que podem ajudar a dimensionar o sucesso do atendimento dos objetivos deste trabalho.

Vale ressaltar que as conclusões aqui apontadas são em função dos resultados da aplicação na metodologia para o cenário especificado anteriormente.

A sugestão para a frequência de aplicação deste modelo acompanharia a frequência com que o PLANAB é executado, sendo, portanto uma aplicação mensal.

### **8.1 CONCLUSÕES**

Nesta dissertação foi pesquisada a aplicação dos conceitos do Auxílio Multicritério à Decisão ao problema de escolha de cargas de petróleo para importação. Após esta aplicação, pode-se dizer que o objetivo primário deste trabalho foi atendido.

Após a viabilidade e sucesso da aplicação do ELECTRE TRI, pode-se analisar os resultados obtidos com os resultados apresentados do PLANAB, atingindo assim o segundo objetivo da pesquisa.

A primeira conclusão que se chega após a análise comparativa dos resultados é que a abordagem multicritério, no caso o ELECTRE TRI, é viável e pode ser substituída do atual método utilizado na Petrobras, porém com algumas restrições. A utilização desta abordagem seria mais adequada e teria uma resposta mais robusta e enriquecedora se utilizada como

método complementar ao do PLANAB. Essa subjetividade da abordagem multicritério e as diferenças indicadas são as principais vantagens em relação ao método do PLANAB.

Isto acontece devido à grande diferença entre as duas metodologias, onde a metodologia da abordagem multicritério tem uma visão mais subjetiva e a do PLANAB tem como função-objetivo a otimização do resultado econômico, fazendo com que os resultados sejam diferentes, porém não antagônicos. Logicamente essa diferença vai depender fundamentalmente dos critérios considerados, principalmente da quantidade de critérios subjetivos que a abordagem multicritério irá utilizar.

Outra conclusão que se pode identificar e que indica uma sugestão de aplicação futura é quanto à implementação desta análise multicritério na avaliação dos valores do petróleo em empresas da indústria petrolífera.

A implementação de uma metodologia da abordagem multicritério não foi proposta em função da sua complexidade e por ser uma abordagem diferente da cultura identificada nas empresas da indústria de petróleo. Neste tipo de negócio, há uma supervalorização dos critérios objetivos e econômicos e pouca valorização dos critérios subjetivos.

Essa característica é predominante na indústria petrolífera pelo fato do petróleo ser um produto de valor muito alto e que acaba envolvendo cifras bastante significativas. Na visão dessas empresas, é difícil compensar estas perdas econômicas com avaliações que possuem critérios subjetivos. Esta característica da indústria do petróleo é a maior desvantagem que se pode citar em relação aos métodos da abordagem multicritério aplicado na valoração de petróleo.

A terceira e última conclusão que vale ser destacada e que não é oriunda de um objetivo identificado anteriormente, mas que surgiu durante o desenvolvimento e realização da pesquisa é em relação à quantidade de literatura disponível sobre o assunto apresentado.

Observando a escassez de referências bibliográficas que consolidassem assuntos referentes à valoração de petróleo, com métodos e técnicas de avaliação, foi identificada uma oportunidade de se dissertar com referências em diversas bases conceituais diferentes fazendo desta pesquisa um ponto de partida para se entender o que é e como se valoriza um petróleo em uma empresa. Esta é a razão que incentivou o desenvolvimento um pouco maior da base conceitual deste trabalho;

## 8.2 SUGESTÕES

Na indústria do petróleo a cultura da não valorização da subjetividade ainda é muito forte. Essa característica é baseada principalmente pela alta quantia de dinheiro que envolve as empresas compradoras e fornecedoras para cada variação de critério de compra. Por essa razão, essa objetividade excessiva da indústria do petróleo, ao mesmo tempo em que desencoraja estudos de abordagens subjetivas, incentiva a pesquisa por ser uma área ainda pouco explorada neste sentido.

Com isso, algumas sugestões aqui listadas têm como propósito diminuir a diferença do número de estudos realizados entre as bases das abordagens subjetivas e objetivas, desenvolvendo um pouco mais essa visão multicritério na área de decisão de compra de petróleo.

A primeira sugestão identificada é a diversificação de estudos nesta área de compra de petróleo. Uma abordagem que considerasse alguns fatores ambientais teria uma relevância bastante significativa, pelo menos sob o ponto de vista da Petrobras, já que esta vem investindo verbas e esforços para se aprimorar cada vez mais como uma empresa que se preocupa com o meio ambiente.

A segunda sugestão apontada é o aprofundamento de um estudo multicritério na área de compra de petróleo considerando os preços que são ofertados pelo mercado para as cargas de petróleo e não só o valor do par produto/fornecedor como apresentado nesta pesquisa.

Uma terceira sugestão apresentada vem como consequência do estudo desenvolvido. Tendo visto que a abordagem multicritério é uma solução viável e que complementa certas restrições das técnicas utilizadas atualmente, surge a oportunidade de uma pesquisa para aprofundar a maneira de se implementar na rotina da Petrobras ou de qualquer outra empresa desta indústria, este método de avaliação que utiliza critérios subjetivos que variam conforme o cenário e o contexto da aplicação.

## REFERÊNCIAS

ABADIE, Elie. *Petróleo e energia: panorama internacional e nacional*. 8. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. [2007]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 01 mar. 2007.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. c2005. Disponível em: <<http://apistandardsonline.api.org/>>. Acesso em: 06 maio 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. c1996. Disponível em: <<http://www.astm.org>>. Acesso em: 06 abr. 2007.

ANDO, José Kimio. *Emprego de análise multicritério na definição da estratégia de manutenção de uma empresa de táxi aéreo "offshore"*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

BALLOU, Ronald H. *Logística empresarial*. São Paulo: Atlas, 1993.

BELL Michelle L. et al. An evaluation of multi-criteria methods in integrated assessment of climate policy. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Baltimore, n. 10, 2002.

BRITISH PETROLEUM. *Statistical review full report workbook 2006*. Disponível em: <<http://www.bp.com/statisticalreview/>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRITO, Anderson; CAVALCANTE, Cristiano; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Modelo multicritério de apoio à para classificação de gasodutos em categoria de risco. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2006. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2006.

CAMPELLO, Ricardo Camacho. *Análise multicritério à classificação da solvência de operadoras de assistência à saúde*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

CAMPOS, A. C.; LEONITS, E. *Petróleo & derivados*. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 1990.

CARVALHO, R. A. *Uma metodologia de aquisição de materiais baseada em inteligência artificial, otimização e comércio eletrônico*. 2001. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos, 2001.

CHIAVENATO, I. *Teoria geral da Administração*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. *Avaliação trienal 2004: relatório final da avaliação trienal da pós-graduação 2004*. c2006. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/capes/portal/>>. Acesso em: 13 maio 2005.

COSTA, Helder Gomes. An multicriteria approach to evaluate consumer satisfaction: a contribution to marketing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DECISION SUPPORT SYSTEMS, 8., 2005. Porto Alegre. *Proceedings...* Porto Alegre: International Society of Decision Support Systems, 2005b.

\_\_\_\_\_. *Estruturas de suporte à decisão*. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2005a.

COSTA, Helder. Gomes; SOARES, Adriana Costa; OLIVEIRA, Patrícia Fernandes de. *Avaliação de transportadoras de materiais perigosos utilizando o método ELECTRE TRI*. Gestão e Produção, Niterói, v. 11, n. 2, p. 221-229, 2004.

DEPARTAMENT OF ENERGY. [2007]. Disponível em: <<http://www.energy.gov/>> Acesso em: 01 maio 2007.

ENSSLIN, Leonardo; BORGERT, Altair. A gestão de custos no processo decisório das organizações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO ESTRATÉGICA DE CUSTOS, 5., 1998. Fortaleza. *Anais...*, Fortaleza: Associação Brasileira de Custos, 1998.

FARAH, Marco Antônio. *Petróleo e derivados*. Rio de Janeiro: Petrobras, 2003. Apostila.

FERREIRA, J.A. Re-engineer the material and procurement function. *APICS: the performance advantage*, Alexandria, v. 3, n. 10, p. 48-51, oct. 1993.

FREITAS, André L. P. *Emprego de uma abordagem multicritério na avaliação e classificação da qualidade de serviços*. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos, 1997.

GOMES, Carlos Francisco Simões. Proposta de aplicação do apoio multicritério à decisão em processos de decisão em grupo e em negociação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37.; 2004. São João Del Rey. *Anais...* São João Del Rey: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2004.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; CUNHA, João A. M. Risco setorial e a metodologia de rating do BNDES: um enfoque alternativo pelo método Electre Tri. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2006. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2006.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas, 2002.

JEVONS, W.S. *Teoria da economia política*. São Paulo: Abril Cultural, 1987.

KANGAS, J. et al. MCDM methods in strategic planning of forestry on state-owned lands in Finland: application and experiences. *InterScience*, Finland, 2002.

KEYES, J. M. *Teoria geral do emprego, do juro e da moeda*. São Paulo: Atlas, 1992.

MALTHUS, T. R. *Ensaio sobre a população*. São Paulo: Atlas, 1982.

\_\_\_\_\_. *Princípios de economia política*. São Paulo: Atlas, 1983.

MAPA BRASIL MULTICRITÉRIO. c2006. Disponível em: <<http://www.uff.br/multicriteria/mbm/>>. Acesso em: 13 maio 2005.

MARGUERON, Marcus Vinicius; CARPIO, Lucio Guido Tapia. Processo de tomada de decisão sob incerteza em investimentos internacionais na exploração & produção offshore de petróleo: uma abordagem multicritério. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 331-648, 2005.

MARTIN, Rogers; BRUEN, Michael; MAYSTRE, Lucien-Yves. *Electre and decision support: methods and applications in engineering and infrastructure investment*. Norwell: Kluwer Academic, 2000.

MARTIN, Thierry. et al. Strategic issues in product recovery management. *California Management Review*, Berkeley, v. 37, n. 2, p. 114-135, 2001.

MATSATSINIS, Nikolaos F. CCAS: an intelligent decision support system for credit card assessment. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Chania, v. 11, n. 4-5, p. 213-235, 2003.

MENGER, Carl. *Princípios da política econômica*. Viena: Holden-Pichler-Tempsky, 1923.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSK, R.; ZINIEWICZ, P. ELECTRE TRI 2.0a: methodological guide and user's manual. *Document du LAMSADE*, Paris, fev., 1999.

MULTIPLE CRITERIA DECISION AID BIBLIOGRAPHY. [2007]. Disponível em: <<http://www.lamsade.dauphine.fr/mcda/biblio>>. Acesso em: 20 jan. 2006.

NEGRÃO, Luis Celso Parisi; URBAN, Maria Lúcia De Paula. Álcool como “commodity” internacional. *Revista Economia e Energia*, Brasília, DF, n. 47, ano VIII, 2004.

OSER, J.; BLANCHFIELD, W.C., *História do pensamento econômico*. São Paulo: Atlas, 1983.

OZERNOY, Vladimir M. Multiple criteria decision making in the USSR: a survey. *Naval Research Logistics*, California, v. 35, n. 6, 1987.

PETROBRAS. *Relatório mensal: plano de abastecimento* Rio de Janeiro, 2005.

PETROLEO BRASILEIRO S/A. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/>>. Acesso em: 01 mar. 2007.

RAJU, K. Srinivasa; DUCKSTEIN, Lucien; ARONDEL, Cecile. Multicriterion analysis for sustainable water resources planning: a case study in Spain. *Journal Water Resources Management*, Paris, v. 14, n. 6, 2004.

REFINERY and supply economics course: the Oxford Princeton programme. Rijswijk: Shell Global Solution, 2005.

RIBEIRO, Tânia Aparecida da Conceição; COSTA, Helder Gomes. Aplicação do método Electre Tri à classificação da percepção do desempenho de IES por parte do corpo discente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2005.

RICARDO, D. *Princípios da economia política e tributação*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

RIMA, Ingrid H. *História do pensamento econômico*. São Paulo: Atlas, 1977.

ROY, B. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris: Economica, 1985.

SAY, Jean-Baptiste. *Tratado de economia política*. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

SIDAWI, Raja W. et al. *The international crude oil market handbook*. New York: Energy Intelligence, 2003.

SMITH, Adam. *Riqueza das nações*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.

SPEIGHT, J. G., Molecular models for petroleum asphaltenes and implications for processing. In: OIL SHALE SYMPOSIUM, 1992. Kentucky. *Proceedings...* Kentucky: Kentucky University, 1992.

SPEIGHT, J.G.; MUSHRUSH, G. W. *Petroleum products: instability and incompatibility* (applied energy technology series). Oxford: Taylor and Francis, 2002.

SZAJUBOK, Nadia Kelner; MOTA, Caroline M. de Miranda; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Uso do método multicritério ELECTRE TRI para classificação de estoque na construção civil. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v. 26, n 3, 2006.

SZKLO, Alexandre Salem. *Fundamentos do refino de petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

THOMAS, José Eduardo. *Fundamentos da engenharia de petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

THOMAZ, H. J. R.; GOMES, Luiz F. Autran. Seleção de empregados na indústria de petróleo: um estudo de caso de aplicação do apoio multicritério à decisão. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL, 38., 2006. Rio de Janeiro. *Anais...*, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2006.

UNITAR CENTRE. c1996. Disponível em: <<http://www.ictsd.org/>>. Acesso em: 18 mar. 2007.

WALRAS, L. *Elementos de economia política pura*. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

YERGIN, D. *O petróleo: uma história de ganância, dinheiro e poder*. São Paulo: Scritta, 1992.

YU, W. ELECTRE TRI: aspects methodologiques et guide d'utilisation. *Document du LAMSADE*, Paris, n.74, abr. 1992.

ZELENY, M. *Multiple criteria decision making*. Columbus: McGraw-Hill, 1982.

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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