

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Estudo da Tolerância ao Risco Utilizando os
Indicadores Financeiros e Operacionais das
Empresas de Petróleo**

**Autor: Iubatan Antonino Pinto
Orientador: Saul Barisnik Suslick**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Estudo da Tolerância ao Risco Utilizando os
Indicadores Financeiros e Operacionais das
Empresas de Petróleo**

Autor: **Iubatan Antonino Pinto**

Orientador: **Saul Barisnik Suslick**

Curso: Ciências e Engenharia de Petróleo.

Dissertação de mestrado apresentada à subcomissão de Pós Graduação do Curso de Ciências e Engenharia de Petróleo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências e Engenharia do Petróleo.

Campinas, 2002.

S.P. - Brasil.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Estudo da Tolerância ao Risco Utilizando os
Indicadores Financeiros e Operacionais das
Empresas de Petróleo**

Autor: **Iubatan Antonino Pinto**

Orientador: **Saul Barisnik Suslick**

**Prof. Dr. Saul Barisnik Suslick, Presidente.
Instituto de Geociências**

**Dr. Francisco Nepomuceno Filho
Petróleo Brasileiro SA – Petrobras/RJ**

**Prof. Dr. Denis J. Schiozer
Faculdade de Engenharia Mecânica**

Campinas, 15 de fevereiro de 2002.

Dedicatória

Dedico este trabalho a meu pai.

Agradecimentos

Inicialmente, agradeço aos meus pais, Valdemir e Lourdes, que sempre buscaram me mostrar o caminho da perseverança e da luta por objetivos. A minhas irmãs, Janaina e Camila, que estiveram ao meu lado nestes últimos anos.

Ao Prof. Dr. Saul B. Suslick, que ao aceitar este desafio, me guiou de maneira objetiva, incentivando a busca por conhecimento e a visão crítica necessária a esta nova etapa da minha formação.

À Agência Nacional do Petróleo (ANP) que, através do Programa de Recursos Humanos, forneceu uma bolsa de estudos para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho Darcy Neto e Paula, indispensáveis para a realização dessa dissertação.

Aos meus colegas de curso pela grande amizade surgida nestes dois anos de convivência.

Aos funcionários do DEP, CEPETRO e IG que sempre se mostraram atenciosos e dispostos a ajudar.

À Betí, Renato, Tatiane, João e Ernesto, amigos que certamente me acompanharão para o resto da vida.

The man who insists upon seeing with perfect clearness before he decides, never decides.
(Frederic Amiel)

Resumo

PINTO, Iubatan Antonino, Estudo da Tolerância ao Risco e dos Indicadores Financeiros e Operacionais das Empresas de Petróleo: Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2002, Dissertação de Mestrado.

O trabalho proposto tem como objetivo principal realizar um estudo do comportamento das empresas de petróleo com relação ao risco utilizando-se como base a divisão de uma amostra de empresas em grupos. Os resultados deste trabalho serão de grande valia para o planejamento estratégico, permitindo identificar empresas com características semelhantes e avaliar o comportamento das mesmas em relação ao risco. Esta avaliação, mais especificamente da tolerância ao risco, é uma importante ferramenta a ser utilizada na aplicação da metodologia de análise de decisão baseada na Teoria da Utilidade. A divisão das empresas em grupos com características semelhantes é realizada por intermédio da análise multivariada de indicadores financeiros e operacionais. A partir desta divisão, a tolerância ao risco de cada empresa é obtida, através de uma estimativa *ex-ante* deste parâmetro, possibilitando avaliar o comportamento de cada grupo com relação ao risco.

Palavras Chave: Tolerância ao Risco, Investimento em exploração, Indicadores de risco

Abstract

PINTO, Iubatan Antonino, Risk Tolerance, Financial and Operational Indicators Study of Petroleum Companies: Faculty of Mechanical Engineering and Institute of Geosciences, State University of Campinas, 2002, MSc. Dissertation.

The main objective of this dissertation is to evaluate the behavior of the petroleum companies with relationship to risk, based on a petroleum firms sample. The results of this work are very useful for strategic planning because it allows the identification of companies with similar characteristics and the evaluation of its behavior with relationship to risk. This evaluation, more specifically the risk tolerance, is an important tool that can be used in the decision analysis methodology based on the Utility Theory. The selection and identification of the companies in groups with similar characteristics have been conducted through the multivariate analysis of financial and operational indicators. Based up on such approach, the risk tolerance of each company is obtained through an ex-ante evaluation, making possible to verify the behavior of each group and its relationship to risk.

Keywords: Risk Tolerance, Upstream Investments, Risk indicators

Índice

<i>Dedicatória</i>	<i>iv</i>
<i>Agradecimentos</i>	<i>v</i>
<i>Resumo</i>	<i>vii</i>
<i>Abstract</i>	<i>viii</i>
<i>Índice</i>	<i>ix</i>
<i>Lista de Figuras</i>	<i>xiii</i>
<i>Lista de Tabelas</i>	<i>xv</i>
<i>Nomenclatura</i>	<i>xvi</i>
<i>Capítulo 1</i>	<i>1</i>
<i>Introdução</i>	<i>1</i>

<i>Capítulo 2</i>	7
Tomada de decisão em investimentos de exploração na indústria do petróleo	7
2.1 Risco versus Incerteza	9
2.2 Riscos inerentes à exploração e produção de petróleo	10
2.3 Riscos Sistemáticos versus Riscos Não-Sistemáticos	12
2.4 O risco na indústria do petróleo.....	15
2.5 Teoria da Utilidade	18
2.5.1 Conceitos e análises derivados da Teoria da Utilidade	23
2.5.2 Teoria da Utilidade versus Teoria Prospectiva.....	30
<i>Capítulo 3</i>	32
Quantificação da Aversão ao Risco.....	32
3.1 Determinação do Equivalente Certo ou Preço de venda do projeto	33
3.2 Nível desejado de participação financeira em um determinado projeto.....	34
3.3 Análise de decisões anteriores	35
3.4 Determinação da aversão ao risco (c) através do capital exploratório da empresa	35
3.5 Estimativa <i>ex-ante</i> do coeficiente de aversão ao risco (c).....	36

<i>Capítulo 4</i>	39
Análise multivariada e identificação de grupos	39
4.1 Definição da amostra e das variáveis primárias	39
4.2 Metodologia de análise multivariada e identificação de grupos	42
<i>Capítulo 5</i>	43
Identificação de grupos e Tolerância ao Risco na indústria do petróleo	43
5.1 Análise exploratória dos dados iniciais	44
5.2 Identificação de grupos.....	54
5.2.1 Caso 1: Período 1991 - 2000	57
5.2.2 Caso 2: Período 1991-1996	59
5.2.3 Caso 3: Período 1997-2000	61
5.3 Tolerância ao risco – Resultado Geral.....	63
5.4 Tolerância ao risco - Analise de sensibilidade	66
5.5 Grupos x Tolerância ao risco.....	67
5.6 Estudo de Caso – Petrobras	73
<i>Capítulo 6</i>	75

Considerações Finais	75
<i>Referências Bibliográficas</i>	78
Anexo I – Metodologia de Análise Multivariada e Identificação de Grupos	82
Anexo II – Diagrama de Juntas das variáveis para os grupos formados no Caso 1	90
Anexo III – Diagrama de Juntas das variáveis para os grupos formados no Caso 2.....	92
Anexo IV – Diagrama de Juntas das variáveis para os grupos formados no Caso 3	94
Anexo V – Tolerância ao risco – Empresas	96

Lista de Figuras

Figura 1.1: Fluxograma da metodologia adotada no trabalho	6
Figura 2.1: Representação qualitativa da relação Utilidade x Montante Financeiro	21
Figura 2.2: Comportamento dos decisores e/ou empresas com relação ao risco	22
Figura 2.3: Representação esquemática da relação entre VME, Equivalente Certo e Prêmio de Risco	23
Figura 2.4: RAV versus c para duas opções de investimentos.....	27
Figura 5.1: Diagrama de Juntas da variável Faturamento para as empresas da amostra	45
Figura 5.2: Diagrama de Juntas da variável Lucro Líquido para as empresas da amostra	46
Figura 5.3: Diagrama de Juntas da variável Investimento em Exploração para as empresas da amostra.....	47
Figura 5.4: Diagrama de Juntas da variável Lucro Bruto para as empresas da amostra.....	48
Figura 5.5: Diagrama de Juntas da variável Reservas para as empresas da amostra.....	49
Figura 5.6: Diagrama de Juntas da variável Produção para as empresas da amostra	50
Figura 5.7: Diagrama de Juntas da variável Adição de Reservas para as empresas da amostra....	51
Figura 5.8: Diagrama de Juntas da variável Reserva/Produção para as empresas da amostra	52
Figura 5.9: Componentes principais das empresas para o período 1991-2000.....	58
Figura 5.10: Componentes principais das empresas do grupo 3 para o período 1991-2000	58
Figura 5.11: Componentes principais das empresas para o período 1991-1996.....	60
Figura 5.12: Componentes principais das empresas dos grupos 3 e 4 para o período 1991-1996.	60
Figura 5.13: Componentes principais das empresas para o período 1997-2000.....	62
Figura 5.14: Componentes principais das empresas dos grupos 4 e 5 para o período 1997-2000.	62
Figura 5.15: Análise da tolerância ao risco para o período 1991-2000.....	68

Figura 5.16: Análise da tolerância ao risco para o período 1991-1996.....	70
Figura 5.17: Análise da tolerância ao risco para o período 1997-2000.....	72
Figura 5.18: Tolerância ao risco da empresa Petrobras	74

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 : Exemplo de formulário para determinação do Equivalente Certo para diversos projetos.....	33
Tabela 3.2: Exemplo de formulário para determinação do nível de participação da empresa em diversos projetos.....	35
Tabela 4.1: Empresas da amostra e critérios adotados para seleção	40
Tabela 5.1: Correlação entre as componentes e as variáveis	55
Tabela 5.2: Poder explanatório acumulado das componentes para os três casos estudados	56
Tabela 5.3: Tolerância ao risco das empresas da amostra.....	65

Nomenclatura

Abreviações

b_m	Coeficiente do m-ésimo termo x ;
c	Coeficiente de aversão ao risco
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
Cov	Covariância
d	Fator de queda do preço do barril de óleo
$d(x,y)$	Distância euclidiana entre os pontos x e y
d_{ab}	Distância entre o grupo a e o grupo b ;
d_{\max}	Valor máxima da matriz inicial de distâncias entre os pontos.
$E(z)$	Retorno esperado
e_i	i -ésimo autovetor da matriz de variâncias e covariâncias
e_i^t	i -ésimo autovetor transposto da matriz de variâncias e covariâncias

$f(z)$	Distribuição contínua de probabilidade do parâmetro z
p_i	Probabilidade de ocorrência do evento i ;
Prin1	Primeira componente
Prin2	Segunda componente
Prin3	Terceira componente
Prin4	Quarta componente
Prin5	Quinta componente
R	Retorno esperado da carteira de projetos
r_i	Retorno esperado do projeto i
R_f	Retorno de um ativo livre de risco
R_j	Retorno exigido do projeto j obtido através das características do mercado
R_m	Retorno da carteira de mercado
RT	Tolerância ao risco
S	Preço do barril de óleo
s	Variância
u	Fator de elevação do preço do barril de óleo

$u(x)$	Utilidade do parâmetro x
$U(x)$	Função Utilidade
y	Variável dependente
Y_i	i -ésima componente principal
y_a	Coordenada cartesiana na dimensão a
Var	Variância
X	Nível de participação da empresa no projeto
X	Variável independente (Ajuste de polinômios)
x	Investimento ou retorno esperado do investimento
x_a	Coordenada cartesiana na dimensão a
x_i	Nível de participação no projeto i na carteira
x_j	Nível de participação no projeto j na carteira
X^t	Matriz de dados transposta.
w_i	Proporção da variância total explicada pela i -ésima componente
z	Retorno esperado em uma situação de decisão

Letras Gregas

β_j	Coefficiente de risco sistemático
λ_i	Autovalor da matriz de variância e covariância;
μ	Média
π	Prêmio de Risco
π_a	Equivalente Certo
ρ	Correlação
σ^2	Variância
σ_i	Variância dos retornos do projeto i
σ_j	Variância dos retornos do projeto j
σ_{ij}	Covariância dos retornos dos projetos i e j
σ_p^2	Variância da carteira

Siglas

ANP	Agência Nacional do Petróleo
E&P	Exploração e Produção na Indústria do Petróleo

RAV *Risk Adjusted Value*

RAVPD *Risk Adjusted Value per Invested Dollar*

SPE *Society of Petroleum Engineers*

VME Valor monetário esperado

VPL Valor presente líquido

WPC *World Petroleum Congress*

Capítulo 1

Introdução

Um aspecto inerente às atividades de exploração e produção de petróleo é o risco. A descoberta e posterior produção de petróleo envolvem um elevado grau de risco ou incerteza, presente desde a possibilidade de se encontrar um campo produtivo até a estimativa satisfatória de reservas e da produção. Além destes, deve-se incluir os riscos associados à economia de um país como, por exemplo, sua estabilidade política. Os riscos relacionados ao mercado global que influenciam a estratégia e a imagem da empresa, por exemplo, são riscos que também estão presentes nesta etapa da atividade petrolífera e são bastante importantes no momento de se avaliar a empresa e/ou seus projetos.

Com isso, deve-se considerar que a análise de riscos está presente nas diversas metodologias existentes com o objetivo de se analisar alternativas ou, mais especificamente, investimentos. Estas metodologias fazem parte da análise de decisão, conjunto de técnicas que tem como objetivos principais estruturar um problema complexo no sentido de analisá-lo melhor, identificar e quantificar riscos, apresentar de maneira clara e objetiva as possíveis alternativas contraditórias e perspectivas associadas a um determinado problema ou alternativa. Este conjunto de técnicas e procedimentos vêm sendo aperfeiçoado ao longo do tempo no sentido de facilitar o processo decisório, importante aspecto presente no planejamento e estrutura de uma empresa. A análise de decisão recebeu uma importante contribuição a partir do desenvolvimento da Teoria da Utilidade por Von Neumann e Morgenstern (1953). Esta teoria busca, principalmente, modelar

as preferências do decisor em relação a valores monetários. Esta modelagem faz com que seja possível prever comportamentos que estes decisores possam ter no futuro; modelar os comportamentos destes decisores (que refletem o comportamento da empresa na qual estes estão inseridos) através de funções matemáticas que podem ser a base para o desenvolvimento de metodologias de análise de alternativas; e também estudar o comportamento da indústria como um todo através da análise de seus componentes segundo esta ótica “preferência” x “montantes financeiros”.

Um aspecto bastante importante da relação “preferência” x valores monetários seria o risco embutido nas alternativas que se deve analisar. O aspecto risco está presente quando existe a possibilidade de perda, o que se pode generalizar para a maioria dos casos envolvendo montantes financeiros. Com isso, a modelagem da relação “preferência” x valores financeiros deve contemplar este aspecto, o que pode ser verificado no trabalho de Pratt (1964). Neste trabalho, o autor apresenta um estudo detalhado da variável ou até da função risco na modelagem da preferência do decisor, sendo este trabalho uma importante referência para futuros estudos nesta área.

Outro importante trabalho realizado nesta área, dando continuidade aos que já foram apresentados, foi o de Cozzolino (1977) que desenvolveu uma metodologia de análise de alternativas baseada na Teoria da Utilidade, ou mais especificamente, no comportamento da empresa com relação ao risco no momento de tomar decisões. Este trabalho é um dos primeiros que foram desenvolvidos especificamente para análise de alternativas características da atividade de exploração e produção de petróleo. Neste trabalho é possível verificar que a metodologia desenvolvida pelo autor apresenta conceitos importantes como Valor Ajustado ao Risco e

Aversão ao Risco e é possível escolher dentre diversas alternativas aquela que melhor se ajusta ao perfil da empresa ou do decisor com relação ao risco¹.

A avaliação do comportamento da empresa com relação ao risco passou a ser uma importante ferramenta para a aplicação da metodologia de análise decisão proposta anteriormente. Mas, a modelagem do comportamento “preferência” x valores financeiros se mostrou bastante complexa e de difícil execução, o que resultou em estudos que tinham como objetivo modelar o comportamento através de funções pré-definidas, nas quais era necessário apenas conhecer ou se ajustar os parâmetros de definição destas funções. A função exponencial é um exemplo de função que se ajusta às empresas de petróleo e a aversão ao risco, o parâmetro de definição desta função. Com isso, surgem trabalhos que buscam apresentar técnicas para a definição da aversão ao risco da empresa (Walls e Dyer, 1995) juntamente com o aperfeiçoamento da metodologia de análise de alternativas baseada na Teoria da Utilidade. A definição da aversão ao risco das empresas também foi alvo de estudo de Walls e Dyer (1996) que apresentaram uma técnica de avaliação *ex-ante* da aversão ao risco da empresa baseada em resultados operacionais e decisões gerenciais. Neste trabalho, os autores também apresentam uma análise da aversão ao risco das empresas de petróleo em relação ao tamanho da empresa, variação ao longo do tempo e correlação existente entre risco *ex-ante* e *ex-post*.

O presente trabalho tem como objetivo principal o estudo do comportamento da indústria do petróleo na última década, utilizando-se a divisão de uma amostra de empresas em grupos e uma posterior análise da tolerância ao risco das empresas destes grupos. A metodologia utilizada para a avaliação e análise do comportamento da tolerância ao risco das empresas é semelhante à apresentada por Walls e Dyer (1996). Como contribuições importantes deste trabalho, destacam-se o período de estudo, que se estende até o ano 2000, e a divisão da amostra de empresas em

¹ A metodologia de análise de alternativas baseada na Teoria da Utilidade possibilita dar uma qualidade adicional em relação ao comportamento da empresa frente ao risco, complementando a análise baseada em simples valores monetários.

grupos de acordo com seus indicadores financeiros e operacionais, resultados que ainda não constam de trabalhos da literatura.

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é fornecer uma visão clara do cenário de investimentos em E&P das principais empresas do mercado mundial de petróleo. O estudo do comportamento das empresas com relação ao risco e de seus indicadores financeiros e operacionais serão a base desta avaliação uma vez que o risco na indústria do petróleo é uma característica inerente à atividade de exploração e de crucial importância no momento de se avaliar a empresa, seus projetos e sua estratégia. A metodologia do trabalho consiste basicamente na coleta de dados financeiros e operacionais que serão a base para a identificação de grupos de empresas com características semelhantes. Estes dados também serão utilizados para calcular a tolerância ao risco da empresa, grandeza que possibilita caracterizar comportamento da mesma no momento de se tomar decisões relacionadas, principalmente, a investimentos. Com isso, será possível apresentar de uma maneira bastante clara quais empresas possuem características semelhantes com relação a indicadores financeiros, operacionais e comportamento com relação ao risco.

Justificativa

O cenário mundial de investimentos no setor de E&P demanda novas ferramentas para a tomada de decisões com relação a investimentos e estratégia de atuação da empresa. A identificação de grupos de empresas que possuem características semelhantes faz com que o setor de planejamento da empresa tenha melhores subsídios para conhecer melhor quais seriam seus potenciais concorrentes, quais empresas têm um comportamento mais agressivo ou mais conservador e verificar também a evolução do comportamento das empresas que atuam no setor. A partir daí, é possível traçar metas e se avaliar melhor os movimentos do mercado e das atividades do setor, aspectos que são de crucial importância no momento de tomar decisões relativas a investimentos em projetos ou até à inserção em um determinado mercado através, por exemplo, de leilões de áreas para a concessão de exploração e produção.

Metodologia

A caracterização das empresas do setor petrolífero mundial será realizada partindo-se de duas análises principais: divisão das mesmas em grupos de acordo com seus indicadores financeiros e operacionais e avaliação da tolerância ao risco de cada empresa. Foram utilizados os seguintes parâmetros ou variáveis primárias: Faturamento, Lucro Bruto, Lucro Líquido, Investimentos em exploração, Reservas, Produção, Adição de Reservas e a razão Reserva/Produção.

Para a divisão das empresas em grupos utilizou-se a técnica de análise multivariada de componentes principais que consiste, basicamente, na redução do número de variáveis por intermédio de combinações lineares das mesmas. Este procedimento permite a identificação de grupos, ou seja, aquelas empresas que possuem valores semelhantes das componentes. Neste trabalho, as variáveis medidas no período de 1991 a 2000, requerem uma análise multivariada de medidas repetidas ao longo do tempo. Por isso, faz-se necessário o ajuste de polinômios para a série de valores de cada variável para que, posteriormente, sejam efetuadas as combinações lineares destes coeficientes e obtidas as componentes principais. A identificação dos grupos pode ser verificada aplicando-se a metodologia de identificação de *clusters* (grupos). Esta metodologia consiste na formação de grupos de acordo com a menor distância entre os pontos (neste caso, os valores de cada componente principal representando uma determinada empresa), gerando grupos que são finalmente definidos de acordo com sua similaridade.

A etapa seguinte da caracterização das empresas de petróleo é o cálculo de sua tolerância ao risco no período de 1991 a 2000. Este cálculo obedece a metodologia proposta por Walls e Dyer (1996) que realizaram uma análise semelhante de caracterização das empresas do setor que atuavam no mercado doméstico dos Estados Unidos e internacional. A etapa final do estudo é a análise da tolerância ao risco de cada grupo de empresas. A identificação dos grupos será feita de três maneiras distintas: considerando-se o período de 1991 a 2000, o período de 1991 a 1996 e o período de 1997 a 2000. Esta divisão foi feita no sentido de se analisar o comportamento da empresa Petrobras antes e após a abertura do mercado brasileiro de exploração e produção de petróleo, que ocorreu em 1997. Finalmente, será possível identificar as empresas que possuem

características financeiras, operacionais e comportamento em relação ao risco semelhantes, analisando-se os aspectos que influenciaram a formação de cada grupo bem como o comportamento em relação ao risco do mesmo.

A escolha das empresas que constituíram a amostra foi feita de acordo com os seguintes critérios: empresas que participaram dos leilões de blocos promovidos pela ANP entre 1998 e 2000 e empresas englobadas no estudo realizado por Walls e Dyer (1996). A metodologia proposta neste trabalho pode contribuir para uma contínua monitoração do comportamento das empresas, acrescentando-se novos dados ao longo do tempo. A metodologia adotada neste trabalho pode ser visualizada na Figura 1.1:

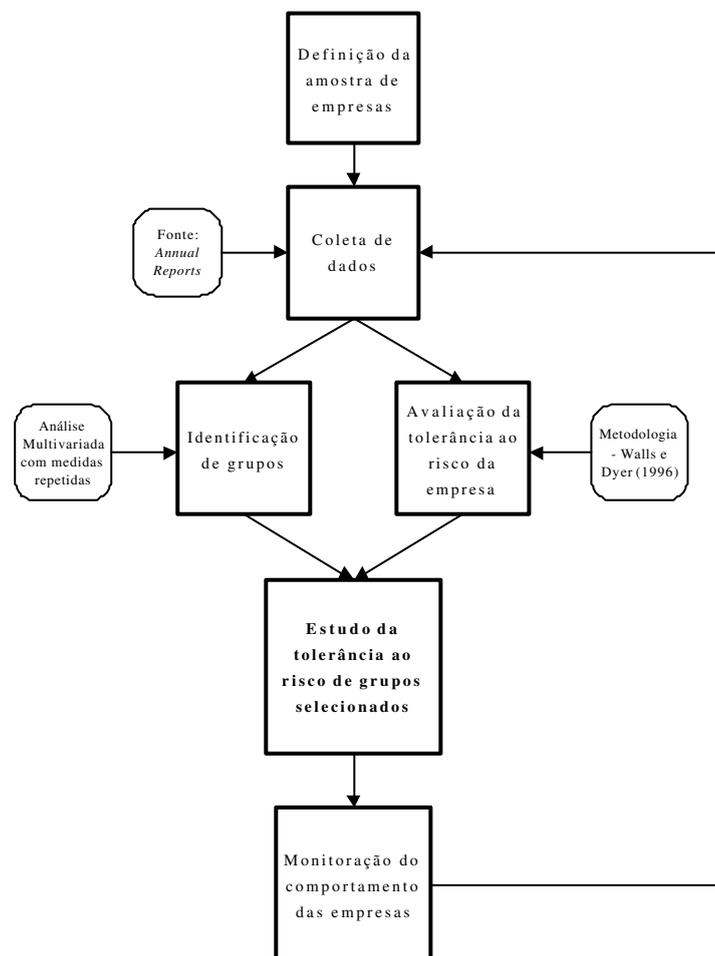


Figura 1.1: Fluxograma da metodologia adotada no trabalho

Capítulo 2

Tomada de decisão em investimentos de exploração na indústria do petróleo

Os tomadores de decisão em uma empresa sempre se deparam com problemas envoltos em incertezas e riscos. Mesmo considerando-se que cada problema possui suas próprias incertezas e riscos, pode-se diferenciar quatro tipos de dificuldades: complexidade (uma decisão pode se tornar extremamente difícil devido à sua complexidade), incertezas (as incertezas embutidas no problema podem dificultar a decisão), múltiplos objetivos (o tomador de decisão ou a empresa podem ter vários objetivos e o avanço em uma direção pode impedir o avanço em outra) e diferentes perspectivas (que podem levar à diferentes conclusões). Segundo Clemen (1990), estes quatro aspectos são tratados pela análise de decisão que tem como objetivos principais estruturar um problema complexo no sentido de analisá-lo melhor, identificar e quantificar riscos e incertezas, apresentar de maneira clara e objetiva as possíveis alternativas contraditórias e perspectivas associados ao problema. Este conjunto de técnicas e procedimentos vêm sendo aperfeiçoados ao longo do tempo no sentido de facilitar o processo decisório.

Um aspecto importante dentro da análise de decisão seria o risco embutido nas alternativas. A análise de risco, parte fundamental da análise da decisão, auxilia na avaliação dos prospectos e seus respectivos riscos. Deste modo, é possível buscar alternativas para compartilhar o risco como a diversificação da carteira de projetos e/ou participações fracionadas. Com isso, a adoção de técnicas padronizadas para analisar o risco e, conseqüentemente, avaliação de alternativas se

tornou bastante importante para que uma empresa seja capaz de realizar investimentos que criem valor e tenha um desempenho condizente com as expectativas do mercado. De acordo com Clemen (1990), uma importante ressalva seria que a análise de risco não elimina as possibilidades de fracasso ou perda do investimento. A garantia fornecida é que a decisão foi tomada após uma cuidadosa análise da informação disponível, o que fornece de maneira clara os possíveis cenários resultantes, tanto de sucesso quanto de insucesso. Enfim, a análise de decisão permite, através de uma análise sistemática e quantitativa, a tomada de decisão de uma maneira mais consciente, ajudando as pessoas a lidarem com decisões difíceis.

No caso da indústria do petróleo, os aspectos abordados anteriormente são bastante condizentes com sua estrutura e características. Nesta indústria, os investimentos são bastante diferentes em termos de risco e, conseqüentemente, as decisões associadas à alocação de capital exploratório são difíceis de serem tomadas. Com isso, seguindo-se as tendências das políticas de risco adotadas pelo meio empresarial e devido à internacionalização cada vez maior da exploração de petróleo, a indústria petrolífera adotou técnicas padronizadas de avaliação e comparação de projetos visando o gerenciamento e a diversificação do risco.

No momento de se definir uma política de avaliação de alternativas, os métodos de seleção e avaliação de projetos de uma empresa devem ser adequados às necessidades específicas da mesma. Deve-se ter conhecimento dos pontos positivos, das limitações destes métodos e ter consciência que não existe um único método que possa ser utilizado em todas as situações. Dentro do processo decisório, as técnicas de avaliação e comparação devem incluir como entradas indiretas os objetivos da empresa e como diretas, suas respectivas metas desejadas para um determinado projeto ou para toda a carteira juntamente com as restrições orçamentárias. Destaca-se também a importância de se levar em consideração as possíveis perdas que um projeto pode acarretar e seu impacto na política financeira da empresa. Este aspecto estaria diretamente ligado à política de risco adotada pela empresa e seu comportamento com relação ao risco.

Pode-se dividir a análise de decisão em duas vertentes principais: uma primeira envolvendo o tratamento do problema (riscos ou incertezas) por intermédio de probabilidades e a segunda por intermédio da modelagem das preferências. O presente trabalho enfoca o estudo do

comportamento das empresas em relação ao risco através da análise de preferências. Esta análise se baseia na modelagem de uma função utilidade para o comportamento do decisor, o que engloba e traduz aspectos subjetivos dos decisores frente ao risco.

2.1 Risco versus Incerteza

Uma importante observação que se deve fazer quando se trata de estudos envolvendo o risco é estabelecer a diferença existente entre risco e incerteza. Estes dois termos são constantemente utilizados como sinônimos, mas existe uma diferença clara entre eles. De acordo com Gitman (1987), o risco, no seu sentido mais básico, pode ser definido como a possibilidade de perda ou quando quem toma decisões pode estimar as probabilidades relativas a vários resultados. Com relação às probabilidades, pode-se dizer que as distribuições probabilísticas objetivas são obtidas através de dados históricos ou análises que levam em consideração aspectos inerentes ao processo. Já a incerteza existe quando não se têm dados históricos e conseqüentemente não é possível obter distribuições probabilísticas objetivas e sim subjetivas para os resultados.

Walls e Dyer (1996) utilizam o termo risco *ex-ante*, afirmando que o conceito de risco tem como característica importante o fato de ser um conceito *ex ante*, ou seja, pode ser determinado utilizando-se dados históricos e voltado para decisões futuras. Sua determinação é feita empiricamente através de análises dos resultados obtidos pelo desempenho da empresa (evento *ex post*).

Securato (1996) afirma que o risco pode ser considerado o grau de incerteza a respeito de um evento, sendo esta incerteza expressa em termos de uma probabilidade de ocorrência, sem especificar como esta probabilidade de ocorrência seria determinada. Casarrotto e Casarrotto (1994) completam a definição de Gitman (1987) e afirmam que trabalhando-se em condições de incerteza (quando nada ou pouco se conhece sobre os dados de entrada) pode-se utilizar a análise de sensibilidade (quando não se dispõe de qualquer informação) ou a simulação (quando se dispõe de alguma informação para poder se transformar a incerteza em risco) para proceder tomada de decisão.

2.2 Riscos inerentes à exploração e produção de petróleo

A exploração e produção de petróleo possuem riscos inerentes às suas atividades. Apesar de haver uma diferença clara entre risco e incerteza conforme visto anteriormente, utilizar-se-á apenas o termo risco para facilitar a exposição de idéias e de análises ². As categorias principais de risco das atividades de E&P em uma empresa petrolífera podem ser sintetizadas da seguinte forma:

- Risco Geológico: associado à possibilidade de existência de trapas estruturais e/ou estratigráficas e o possível volume de óleo presente nesta região; uma análise da possibilidade de existência de um reservatório com porosidade e permeabilidade suficientes para que haja produção; uma análise da possível existência de uma rocha geradora e conseqüente migração do óleo e do gás para a rocha reservatório; uma análise da possibilidade da rocha selante permitir o acúmulo de hidrocarbonetos e de haver uma preservação do mesmo até os dias atuais. Outros aspectos relacionados ao risco geológico seriam as incertezas do modelo de bacia utilizado, seus parâmetros e dados iniciais obtidos para a análise (sua qualidade, quantidade e distribuição amostral). A combinação das informações geológicas, geoquímicas e geofísicas e de uma modelagem satisfatória da bacia são os dados iniciais utilizados para fornecer uma curva de probabilidade acumulada dos possíveis volumes de hidrocarboneto (Avaliação de Reservas) (Lerche e Mackay, 1999);

² As diferenças entre risco e incerteza existem mas, a distinção entre estas definições ocorre no momento da análise das variáveis envolvidas e depende da existência de dados históricos. No caso deste trabalho, admite-se *a priori* a existência de um conhecimento inicial das variáveis estudadas, o que permite a utilização apenas do termo risco.

- Risco Financeiro: relacionado à decisão de investir propriamente dita; à capacidade de investimento da empresa, ligada à questão do endividamento da empresa e/ou controle de custos, entre outros; a fatores exógenos ou externalidades entre empresa, governo, meio ambiente e sociedade (Nepomuceno,1997), relacionadas à avaliação social de um projeto junto com seus custos e benefícios; à mudanças nas regras do jogo (por parte do governo), mudanças na legislação tributária, restrições alfandegárias e restrições ambientais (Diaz Galeano,1998); ao risco de mercado, avaliado como a relação entre os preços do óleo e o mercado financeiro;
- Risco Econômico: associado à realização do fluxo de caixa estimado para o projeto. Pode-se incluir os seguintes fatores: variação no preço do óleo, risco de desastres naturais relacionados à ocorrência de fenômenos ou catástrofes tais como terremotos ou alterações climáticas (possíveis causadores de danos físicos); o risco de produção, relacionado às incertezas embutidas na estimativa dos volumes de produção e à eficiência do sistema de produção (o programa de produção que tende a ser variável e pode incorrer em uma variação dos custos fixos ao longo do tempo); riscos relacionados à concepção do projeto tais como falhas, especificações inadequadas, omissões, adoção de novas tecnologias, cronograma de execução, entre outros; riscos físicos ligados a acidentes ou danos a uma determinada propriedade ou ativo imobilizado da empresa (Diaz Galeano,1998).

Vale ressaltar que existe uma interdependência entre estes três principais tipos de risco. O risco geológico está relacionado à existência do sistema petrolífero em estudo o que afeta diretamente o aspecto financeiro da empresa considerando-se que a correta avaliação das características dos investimentos é de crucial importância na avaliação interna das alternativas e na avaliação que o mercado faz da empresa. O risco geológico também está relacionado com os aspectos econômicos porque está atrelado à correta avaliação das reservas de um determinado campo, o que afeta diretamente o fluxo de caixa do projeto. Já os riscos econômico e financeiro também estão relacionados já que a saúde financeira da empresa e as possíveis decisões futuras dependem dos resultados obtidos com os projetos da carteira de investimentos. Com isso, é importante definir anteriormente que o estudo da abordagem que cada método de análise de

alternativas faz sobre o risco refere-se ao mesmo de maneira individual, sem considerar as relações entre eles. Esta condição se faz necessária no sentido de simplificar a análise.

2.3 Riscos Sistemáticos versus Riscos Não-Sistemáticos

O estudo da relação existente entre risco e retorno de um projeto ou de uma carteira é um aspecto bastante importante para a tomada de decisão, culminando em estudos voltados para a montagem de carteiras de investimento (Teoria do *Portfolio*). A Teoria do *Portfolio* pode ser definida como sendo a combinação de ativos ou projetos que não são perfeita e positivamente correlacionados de maneira a reduzir o risco de uma carteira sem sacrificar seu retorno. A partir desta teoria, também conhecida como teoria de Markovitz (1959) e Sharpe (1970), foi possível desenvolver o modelo do CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) que “precifica” e mede o risco, estimando o Prêmio de Risco que uma determinada ação demanda para o investidor como função da sensibilidade aos movimentos do mercado.

De acordo com a Teoria do *Portfolio*, o retorno esperado da carteira de projetos é dado pela seguinte equação:

$$R = \sum_{i=1}^n x_i \cdot r_i \quad (2.1)$$

onde:

R = retorno esperado da carteira de projetos;

x_i = nível de participação no projeto i na carteira;

r_i = retorno esperado do projeto i ;

n = número de projetos da carteira.

A variância da carteira é dada pela seguinte equação:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \quad (2.2)$$

onde:

x_i = nível de participação no projeto i na carteira;

x_j = nível de participação no projeto j na carteira;

σ_{ij} = covariância dos retornos dos projetos i e j.

A teoria diz, basicamente, que o investidor deve diversificar o seu tipo de investimento no sentido de diminuir o risco inerente ao *portfolio*. O risco foi dividido em dois tipos: diversificável (inerente a uma determinada empresa) e não diversificável (relacionado às flutuações da economia). Entende-se por risco diversificável aquele que pode ser reduzido pela diversificação, ou seja, o risco específico que uma empresa possui e que não está correlacionado com os movimentos do mercado. O risco exploratório é um exemplo deste tipo de risco. Quanto ao risco não diversificável (também chamado de risco sistemático), este afeta todas as empresas do mercado indistintamente, englobando aspectos macroeconômicos que afetam o mercado, o que pode ser expresso por alguns aspectos do risco financeiro.

O Modelo de Precificação de Ativos de Capital (*Capital Asset Pricing Model - CAPM*) estabelece que a parcela do risco total denominada risco não diversificável de um determinado ativo estaria relacionada a uma carteira de mercado ou aos movimentos do mesmo. Esta teoria possui as seguintes suposições: os investidores preferem um maior retorno e um menor risco possuindo carteiras eficientes, os investidores possuem as mesmas informações com relação aos ativos que podem ser alvo de investimento; não existem restrições em relação aos investimentos, não há incidência de taxas e não existem custos de corretagem relacionados aos mesmos; e

nenhum investimento é suficientemente elevado para afetar significativamente o preço de mercado do ativo.

O modelo do CAPM pode ser expresso por:

$$R_j = R_f + \beta_j \cdot (R_m - R_f) \quad (2.3)$$

onde:

R_j = retorno exigido do projeto j obtido através das características do mercado;

R_f = retorno de um ativo livre de risco;

R_m = retorno da carteira de mercado;

β_j = coeficiente de risco sistemático (medida da sensibilidade dos retornos do ativo j em resposta às flutuações da carteira do mercado) = $\text{Cov}(R_j, R_m) / \text{Var}(R_m)$

A Equação 2.3 mostra que a remuneração de um investimento em ativos é composta por dois elementos: o fator tempo, representado pela taxa de retorno livre de risco, refletindo o prêmio de espera (“valor tempo do dinheiro”) e o fator de ajuste ao risco de mercado do ativo j, expresso pelo segundo termo da soma, denominado prêmio pelo risco de mercado. Com isso, ao se analisar a perspectiva de se investir em um determinado projeto, a empresa deverá considerar apenas a parcela referente ao risco não diversificável como variável exógena admitindo-se que suas características internas de produção sejam absolutamente controladas. No caso de projetos da indústria do petróleo, esta abordagem faz com que parte dos riscos econômico (variação de preços) e financeiro (aspectos exógenos, comportamento do mercado) sejam considerados no momento de se avaliar um projeto. Mas, no caso do risco geológico e demais componentes do riscos econômico e financeiro, características próprias das empresas, esta abordagem apresenta algumas limitações.

2.4 O risco na indústria do petróleo

A análise de investimentos e a política financeira relacionadas ao risco das empresas assumiram diferentes características desde 1950 até os dias atuais (Orman e Duggan, 1999). No período de 1950-1970 as empresas tinham como orientação a prática de não diversificar seus investimentos seguindo justificativa de não haver necessidade para tal, considerada uma redundância, uma vez que os investidores já realizam tal procedimento. Além disso, outras formas de gerenciamento de risco eram consideradas desnecessárias, pois as empresas tinham como meta maximizar seus ganhos e deixar que os investidores gerenciassem os riscos por conta própria.

Na década de 70 foi desenvolvido o modelo do CAPM baseado na premissa que o mercado de capitais é o melhor mecanismo para dividir risco. Conforme descrito anteriormente, um princípio básico seria de que o investidor constrói uma carteira que diversifica o risco associado a um negócio específico e os tomadores de decisão devem se preocupar apenas com o risco não diversificável (risco de mercado). Entretanto, a adoção destes pressupostos e o fato de não se considerar os custos das transações e a assimetria das informações, entre outros, limitam bastante a aplicação e adequação desta teoria à realidade. De acordo com esta teoria, deve-se considerar que os demais riscos não poderiam ser gerenciados e apenas o risco sistemático (ou de mercado) influiria na definição do custo de capital da empresa e, conseqüentemente, no processo decisório.

Nas décadas de 80 e 90 reafirma-se a idéia que uma política financeira seria bastante importante para que as empresas fizessem investimentos que criassem valor. Dentro desta nova política, destaca-se o fato de que o custo de capital externo para a empresa se tornou cada vez maior fazendo com que a mesma se voltasse para os financiamentos próprios. Devido a estes fatores, a política financeira da empresa passou a considerar os impactos que os riscos sistemáticos e não sistemáticos teriam sobre os fluxos de caixa. Existem diversas técnicas e métodos de análise de risco que são adotados pelas empresas como Simulação Monte Carlo, Árvores de Decisão e Opções Reais e uma metodologia baseada na Teoria da Utilidade.

Galli e Armstrong (1999) compararam três métodos de avaliação de projetos: Opções Reais, Árvores de Decisão e Simulação Monte Carlo. A Simulação Monte Carlo se baseia na definição de distribuições probabilísticas das variáveis de entrada de parâmetros como o VPL o que proporciona a inclusão dos riscos no cálculo de parâmetros utilizados na análise de alternativas. Variáveis como o preço do barril de petróleo, a produção de óleo e gás e os custos operacionais podem ser caracterizadas por distribuições de probabilidade lognormal, normal, triangular, entre outras. Com isso, observa-se que o risco geológico (riscos relacionados à existência de um sistema petrolífero e à avaliação das reservas) e o risco econômico (relacionados à realização do fluxo de caixa) estão incluídos no modelo. Na maioria dos casos, considera-se que estas variáveis não possuem correlação entre si o que simplifica os cálculos. O procedimento baseia-se na escolha de um valor aleatório dentro da distribuição da variável e posterior substituição na correlação de cálculo do VPL, por exemplo. Com isso é possível obter um histograma com os possíveis valores do VPL e conseqüentemente, seu valor esperado. Uma vez definido o conjunto de possíveis resultados é possível obter a probabilidade que o VPL exceda um determinado valor. Um dos aspectos negativos da Simulação Monte Carlo seria o fato de se assumir que o projeto tem uma vida fixa e de não incluir uma flexibilidade gerencial, ou seja, parte do risco financeiro.

O método das Árvores de Decisão consiste na definição de dois ou mais possíveis caminhos que o tomador de decisão poderia seguir, atribuindo-se probabilidades para ocorrência de cada evento e o seu respectivo VPL. Com isso, é possível obter para cada nó da árvore (onde o decisor deve escolher um caminho) seu VME (Valor Monetário Esperado), definido como a média ponderada dos VPL's dos caminhos. A partir daí, o decisor escolherá, teoricamente, aquele caminho que possui o maior VME ou a maior probabilidade de ocorrência. A característica principal do método de Árvores de Decisão é a flexibilidade gerencial que pode ser demonstrada, por exemplo, pela decisão de se perfurar mais poços ou de se desenvolver um campo, o que pode ser considerado uma inclusão do risco financeiro no processo decisório. Este método também inclui, mas de maneira incompleta, os riscos geológicos de um projeto de E&P especificando, por exemplo, probabilidades de se ter uma reserva grande, pequena ou de não se encontrar óleo. Como aspecto negativo das Árvores de Decisão tem-se que se obtém o valor máximo do VPL para cada caminho e não seu valor esperado. O método das Árvores de Decisão pode ser

incrementado através da introdução de uma análise de sensibilidade dos parâmetros da árvore ou de probabilidades condicionais.

As Opções Reais são originadas do setor financeiro e, em sua forma mais comum, incorporam o modelo de Black e Scholes (1973) para prever o comportamento dos preços e expressam o valor de um projeto através de uma equação diferencial. O método de avaliação de projetos Opções Reais é baseado nas opções financeiras que consistem em contratos de compra ou venda de ações ou de *commodities* por um determinado valor. O problema neste caso seria a definição de um preço para este contrato, ou seja, a possível perda que o investidor terá caso não exerça a opção de compra ou de venda. Um aspecto importante na definição da opção seria a previsão do comportamento da ação ou do preço da *commodity*. Normalmente, assume-se que o preço segue um “movimento browniano” (aleatório) mas, pode-se considerar outros comportamentos como, por exemplo, o modelo de reversão à média (o preço tenderia a se reverter a uma média histórica). Com isso é possível obter o valor da opção através do modelo de Black e Scholes de precificação de opções. A avaliação de um projeto é feita através da analogia entre o valor da opção e o valor do projeto. Uma diferença marcante entre as Opções Reais e os outros métodos seria a utilização de uma taxa livre de risco para incorporar o valor tempo do dinheiro. Existem dois tipos de opções financeiras: Americanas, que podem ser exercidas antes da data de expiração e Européias, que devem ser exercidas na data de expiração. No caso das opções Européias a análise de um projeto é feita da maneira trivial uma vez que os prazos são fixos. No caso das opções Americanas o modo mais comum de se analisar os projetos seria através árvores binárias. Uma análise simples da metodologia seria dividir a vida da opção em intervalos pequenos de tempo de modo que só existam dois movimentos possíveis para os preços: uma elevação de S (preço em $t = 0$) para $S_{i+1} = S_i u$ (sendo u o “fator” de elevação de preços) ou uma queda para $S_{i+1} = S_i d$ (sendo d o “fator” de queda de preço). Assim seriam incorporadas as variações no preço, o que inclui o risco econômico de maneira simplificada. O valor da opção é dado pelo valor presente de cada valor esperado dos nós. Posteriormente, compara-se este valor com o valor da opção calculado de acordo com o modelo de precificação. Um aspecto negativo da análise através de árvores seria o número de passos que se pode incluir na mesma. Geralmente, usam-se 50 passos o que implicaria para um projeto de 25 anos de vida passos de 6 meses,

período bastante grande para se considerar apenas dois valores de preço possíveis. Outro aspecto negativo seria a não consideração das incertezas e/ou riscos inerentes ao projeto.

Inicialmente, as metodologias podem ser incrementadas através da utilização da Simulação Monte Carlo para se calcular seus respectivos parâmetros de análise. Com isso, haveria a uma melhor análise do risco geológico e inclusão do econômico no caso das Árvores de Decisão e inclusão do risco geológico e uma melhor análise do risco econômico nas Opções Reais. Outro aspecto importante que deve ser analisado seria a taxa de desconto utilizada no cálculo do VPL. Esta taxa pode ser definida de modo a incluir um fator que represente aspectos do risco financeiro, como fatores exógenos generalizados por uma avaliação feita pelas agências de *rating* ou características financeiras da empresa calculando-se o custo de capital para a mesma através do modelo do CAPM. No caso das Opções Reais, a taxa de desconto utilizada seria a taxa livre de risco devido à incorporação do risco no comportamento futuro dos preços, por exemplo. Analisando-se ainda o risco financeiro, constata-se que a Simulação Monte Carlo não incorpora flexibilidade gerencial, o que está presente nas Árvores de Decisão (escolha do caminho a ser seguido) e das Opções Reais (escolha do melhor momento para se investir). Vale salientar que quando se fala que determinado método incorpora um certo risco, em alguns casos não se analisa todos os aspectos deste risco como, por exemplo, no caso das Opções Reais que incorpora parte do risco econômico (variação dos preços) e não incorpora outros (variação dos custos operacionais e demais aspectos do VPL).

2.5 Teoria da Utilidade

Uma das práticas utilizadas na análise de decisão seria a de classificar os projetos baseados em seus respectivos VME's (Valor Monetário Esperado), quando se utiliza, por exemplo, o método das Árvores de decisão. Esta grandeza é definida como sendo a média ponderada (pelas probabilidades de sucesso) dos possíveis retornos de uma loteria. Esta prática conduz a resultados que levam em conta apenas a média ou o valor esperado do retorno de um projeto. Considerando-se o longo prazo, o VME seria o retorno que se deseja obter quando se tem um grande número de eventos. Com isso, ignora-se toda a faixa de possíveis retornos ou perdas, ou seja, os montantes envolvidos no projeto. Logo, o VME não captura os riscos relacionados a

uma decisão bem como os mortantes envolvidos no evento e as variáveis consideradas. (Clemen, 1990)

Walls e Dyer (1995) propuseram que o risco de um projeto não é função apenas das distribuições de probabilidade ou retornos envolvidos no projeto, mas também da magnitude de capital que está sendo exposto à possibilidade de perda. Além de se mostrarem preocupados com a magnitude de capital envolvido em um projeto, os tomadores de decisão também buscam maneiras de dividir o risco assumindo participações menores em um maior número de projetos, conforme sugerido pela Teoria do *Portfólio* (Walls e Dyer, 1996).

Outra crítica relacionada à aplicabilidade do VME seria o fato do mesmo não levar em conta, de não considerar de uma forma qualitativa e quantitativa, os aspectos subjetivos da relação decisor x magnitude de capital exposta ao risco. A Teoria da Preferência ou Teoria da Utilidade, que será apresentada posteriormente, procura justamente incluir na análise de decisão os aspectos subjetivos da relação decisor x dinheiro, dentre os quais destacam-se: a situação financeira do decisor (ou empresa), o comportamento frente ao risco e objetivos de curto e longo prazo (Newendorp, 1975).

A Teoria da Utilidade é considerada a mais consistente e abrangente teoria utilizada para lidar com risco, sendo possível através de modelos simples uma reprodução coerente e correta da realidade com o objetivo de auxiliar a análise de decisão. Newendorp (1975) afirma que esta teoria (também conhecida com Teoria dos Jogos), desenvolvida pelos pesquisadores Von Neumann e Morgentern (1953), procura descrever de maneira quantitativa o comportamento e as atitudes de um decisor com relação ao dinheiro, englobando as estratégias do jogador em relação a um oponente ou adversário.

Os pesquisadores provaram que, se um decisor se enquadra em um sistema que segue os seis axiomas da tomada de decisão ³, existe uma função que descreve suas atitudes e comportamento com relação ao capital. Com isso é possível estabelecer um plano de análise “Preferência” x “Montante financeiro” em que a variável dependente seria adimensional e a independente, obviamente, teria unidade monetária, mas sem denominação definida (VPL, Lucro, Investimentos, etc...).

Segundo Pratt *et al.* (1996) a definição do plano “Preferência” x “Montante financeiro” é feita através da análise do comportamento de um tomador de decisão que deve escolher entre diversos caminhos. A partir daí quantifica-se suas preferências para cada caminho, entendendo-se por preferência ou utilidade o valor da “serventia”, do “préstimo” ou da “vantagem” que um determinado montante teria para um decisor, atribuindo-se um valor numérico para cada uma e hierarquizando-as posteriormente. Uma conclusão preliminar seria que, considerando-se duas situações, o decisor optaria por aquela para qual foi atribuída a maior utilidade. De acordo com Clemen (1990), o plano “Preferência” x “Montante financeiro” também pode ser definido por funções conhecidas. Um exemplo qualitativo do plano Utilidade x Montante Financeiro pode ser observado na Figura 2.1:

³ Os axiomas são definidos como afirmações ou pontos de partida sobre o qual uma teoria é desenvolvida. Os pesquisadores desenvolveram a Teoria da Utilidade baseados em seis axiomas: Axioma da Ordenabilidade, Transitividade, Continuidade, Substitubilidade, Monotonicidade e Redutibilidade. (Von Neumann e Morgentern, 1953)

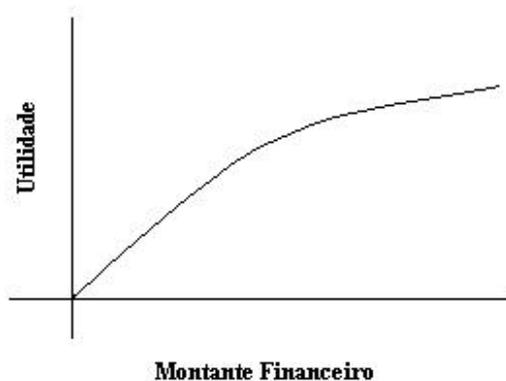


Figura 2.1: Representação qualitativa da relação Utilidade x Montante Financeiro

Segundo Walls e Dyer (1996), mais de 50% dos executivos tomam decisões que estão completamente de acordo com suas respectivas funções utilidade e 25% incorrem em um erro de 10%. De acordo com MacKay (1996) as empresas reconhecerem o potencial que a metodologia de análise de decisão baseada na Teoria da Utilidade possui no momento de se calcular o nível ótimo de participação nos projetos e conseqüente otimização do *portfolio* da empresa, mas a implantação de tal processo se torna difícil devido à dificuldade de obter uma avaliação correta da tolerância ou aversão ao risco da empresa. Destaca-se então a importância da determinação do Coeficiente de Aversão ao Risco para que a esta metodologia seja aplicada de maneira eficiente. Já Walls e Dyer (1996) esclarecem que nem todas as empresas de petróleo utilizam a função utilidade para tomar decisões. A escolha deste tipo de função se deve ao fato da mesma ser a mais adequada para ajustar dados para que seja conhecido o comportamento da empresa com relação ao risco. O ajuste de uma função utilidade exponencial, a mais adequada para a indústria do petróleo, proporciona uma aproximação realista da propensão ao risco financeiro de uma empresa, que pode ser estudada dinamicamente e comparada com empresas do mesmo setor. Este aspecto faz com que a Teoria da Utilidade seja a mais adequada para apresentar meios de se formular e controlar uma “política de risco” consistente. A aplicação da Teoria da Utilidade também se faz importante uma vez que as empresas não adotam práticas que contabilizam o risco

de maneira completa e que possibilite ao tomador de decisão uma visão clara das características do projeto ou do *portfolio*.

Aprofundando-se o estudo da relação decisor x capital baseado na Teoria da Utilidade, tem-se que para um decisor que possui a alternativa de trocar a oportunidade de participar de uma loteria por um valor menor que o valor esperado da mesma, este comportamento pode ser considerado avesso ao risco. Este aspecto pode ser refletido em uma função utilidade côncava. Um comportamento oposto seria aquele que o indivíduo troca sua oportunidade de participar de uma loteria por um valor maior que o valor esperado para a mesma ou até mesmo paga para participar de uma loteria. Este comportamento pode ser refletido em uma função utilidade do tipo convexa e é considerado tolerante ao risco. Finalmente, o indivíduo pode ser indiferente ao risco, trocando a oportunidade de participar de uma loteria pelo valor esperado da mesma, sendo representado por uma função linear. (Clemen, 1990). Este comportamento pode ser observado na Figura 2.2:

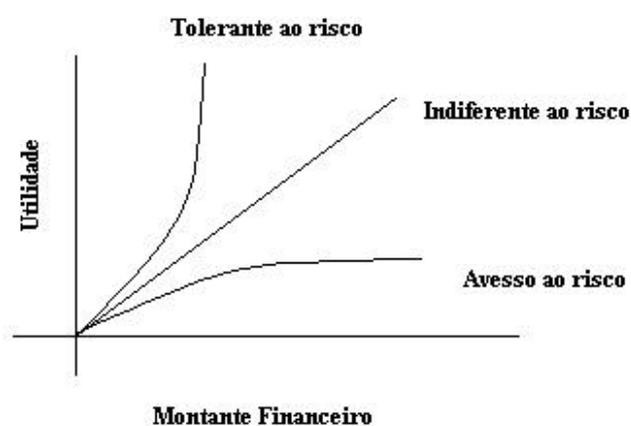


Figura 2.2: Comportamento dos decisores e/ou empresas com relação ao risco

2.5.1 Conceitos e análises derivados da Teoria da Utilidade

Um conceito importante dentro da metodologia de análise de decisão baseada na Teoria da Utilidade é o de Equivalente Certo. Este é definido como o montante de dinheiro equivalente a uma situação que envolve risco. Considerando-se o jogo: 50% de probabilidade de ganhar \$2000 e 50% de perder \$20. O indivíduo tem a possibilidade de participar do jogo ou não. Mas para ele deixar de participar ele deve “vender” esta oportunidade. Se durante a negociação, chega-se a conclusão que \$300 seria o valor de “venda” desta loteria, pode-se considerar este como sendo o Equivalente Certo do indivíduo que está vendendo a loteria. Já o Prêmio de Risco de uma alternativa seria obtido subtraindo-se o Equivalente Certo do valor monetário esperado. Em outras palavras, pode-se dizer que o Prêmio de Risco seria o prêmio pago no sentido de se evitar o risco. Analisando-se do ponto de vista do decisor, o Prêmio de Risco é positivo para indivíduos avessos ao risco, negativo para os tolerantes ao risco e nulo para os indiferentes. (Clemen, 1990). A Figura 2.3 demonstra graficamente a relação existente entre VME, Equivalente Certo e Prêmio de Risco.

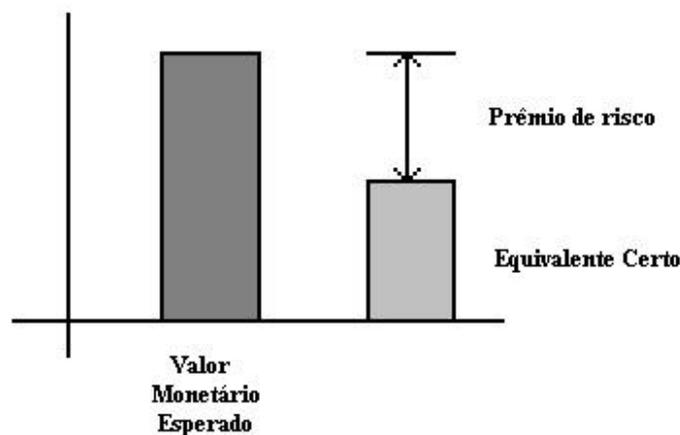


Figura 2.3: Representação esquemática da relação entre VME, Equivalente Certo e Prêmio de Risco

A representação clássica do Equivalente Certo foi proposta por Pratt (1964) de acordo com as seguintes considerações: x como montante financeiro ou ativos totais de uma empresa, $u(x)$ a utilidade deste montante (existindo primeira e segunda derivada, sendo a primeira positiva) e z o retorno em uma situação de decisão (com distribuição contínua de probabilidade $f(z)$). Tem-se que o Equivalente Certo é dado por:

$$\pi_a(x, z) = E(z) - \pi(x, z) \quad (2.4)$$

onde:

$E(z)$ = retorno esperado;

$\pi(x, z)$ = Prêmio de Risco.

Em uma loteria, tem-se que a utilidade esperada é dada por:

$$E\{u(x+z)\} = \int u(x+z)f(z)dz \quad (2.5)$$

A utilidade esperada de uma loteria é igual à utilidade do Equivalente Certo, conclusão que pode ser explicada pela própria definição do Equivalente Certo. Novamente, Pratt (1964) apresenta as expressões para tal definição:

$$u(x + \pi_a(x, z)) = E\{u(x + z)\} \quad (2.6)$$

$$u(x + E(z) - \pi(x, z)) = E\{u(x+z)\} \quad (2.7)$$

O comportamento dos tomadores de decisão ou das empresas na indústria do petróleo pode ser caracterizado por uma função utilidade do tipo exponencial mostrada na Equação 2.8:

$$U(x) = - \exp [-c x] \quad (2.8)$$

onde:

$U(x)$: função utilidade;

c : Coeficiente de Aversão ao Risco;

x : investimento ou retorno esperado do investimento.

Complementando-se a análise feita anteriormente, o decisor que possui a alternativa de trocar a oportunidade de participar de uma loteria por um valor menor que o valor esperado da mesma é avesso ao risco e se comporta de acordo com uma função utilidade exponencial com valores de c maiores que zero. Um comportamento oposto seria aquele que o indivíduo troca sua oportunidade de participar de uma loteria por um valor maior que o valor esperado para a mesma ou até mesmo paga para participar dela. Este comportamento é considerado tolerante ao risco e pode ser representado por uma função utilidade exponencial com c menor que zero. Finalmente, o indivíduo pode ser indiferente ao risco, trocando a oportunidade de participar de uma loteria pelo valor esperado da mesma, sendo representado por uma função linear ou exponencial com c igual a zero.

Partindo-se para um modelo mais simplificado, considera-se a decisão de se investir em um novo prospecto petrolífero com as seguintes opções: o sucesso, com uma probabilidade e um valor de VPL associados e o insucesso, também com estas respectivas características. Neste caso, os possíveis valores da soma ($x+z$) são os valores dos VPL's (variável que sumariza o investimento x e o retorno z) e a distribuição de probabilidade se restringe a uma distribuição discreta com dois eventos possíveis. De acordo com Cozzolino (1977), a utilidade esperada para esta decisão seria dada por:

$$E \{u(x + z)\} = \sum_{i=1}^n p_i e^{-cx_i} \quad (2.9)$$

Como a utilidade esperada é igual à utilidade do Equivalente Certo, tem-se que:

$$\delta_a = \frac{-1}{c} \ln \left(\sum_{i=1}^n p_i e^{-cx_i} \right) \quad (2.10)$$

onde:

π_a : Equivalente Certo;

c: coeficiente de aversão ao risco;

p_i : probabilidade de ocorrência do evento i;

x_i : retorno esperado do evento i = X (nível de participação em i). VPL_i .

Ao contrário do VME, o Equivalente Certo captura bem os *trade-offs* entre ganhos potenciais e incertos versus perdas de acordo com a propensão ao risco da empresa. (Walls e Dyer, 1995). Cozzolino (1977) também verificou uma similaridade de π_a com a função de geração de momento cuja teoria prediz que cada z fornece um diferente π_a e que este é sensível a todos momentos de z. Esta característica leva à seguinte expressão para π_a :

$$\pi_a(z) = \mu - 1/2c\sigma^2 \quad (2.11)$$

Encontram-se também na literatura outras definições para o Equivalente Certo. De acordo com Walls e Dyer (1996), no caso da função utilidade exponencial, o Equivalente Certo de um projeto pode ser definido como preço de compra ou de venda (serão iguais) de um projeto com risco. Outras definições seriam que o Equivalente Certo é o menor valor em dinheiro que um tomador de decisão aceitaria, sem risco, como retorno pela escolha arriscada, com esse valor

esperado; ou, simplesmente, o preço pelo qual a firma prefere vender o projeto ao invés de perfurar.

Cozzolino (1980) redefiniu Equivalente Certo como “Valor Ajustado ao Risco” (*Risk Adjusted Value* - RAV) ao reafirmar sua utilização no momento de incorporar o risco à avaliação de um projeto, ou seja, o valor do projeto seria função também da possibilidade de perda financeira representada pela Aversão ao Risco da empresa e pelas características de risco do projeto. O autor também propôs um procedimento para a análise dos possíveis investimentos que seria o perfil do RAV em função do Coeficiente de Aversão ao Risco. Esta função tem um comportamento sempre decrescente a medida que o Coeficiente de Aversão ao Risco aumenta. Se o coeficiente tende ao infinito, tem-se o pior retorno que o investimento pode ter. Se o coeficiente tende a zero, tem-se o valor monetário esperado do projeto. A escolha da melhor opção de investimento seria feita de acordo com o Coeficiente de Aversão ao Risco, definido anteriormente, determinado-se assim as opções que estariam de acordo com o mesmo, e, a princípio, pelo maior valor de Equivalente Certo. Um exemplo deste método de análise de alternativas pode ser observado na Figura 2.4:

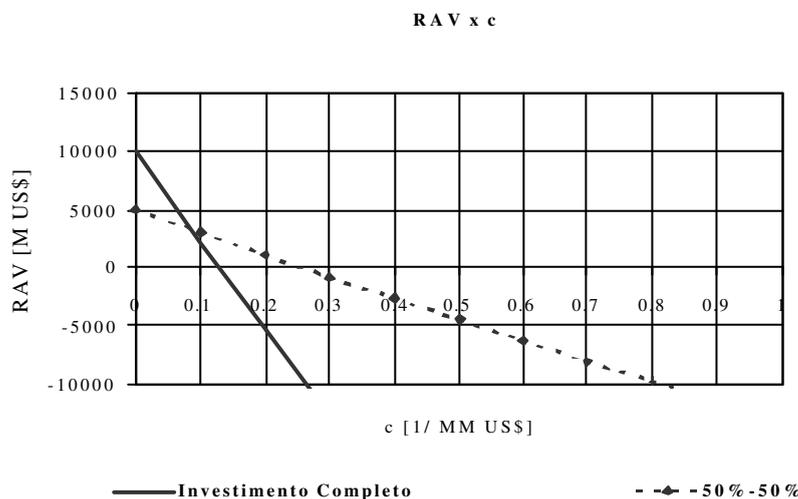


Figura 2.4: RAV versus c para duas opções de investimentos

Outro indicador definido pelo autor seria o “Valor Ajustado ao Risco por Dólar Investido ” (*Risk Adjusted Value per Invested Dollar - RAVPD*) como sendo igual ao RAV do projeto dividido pelo investimento requerido pelo mesmo. A hierarquização dos projetos seria feita em ordem decrescente de RAVPD.

Uma vez definido o Equivalente Certo, observa-se que a maximização do mesmo seria um desejo óbvio por parte da empresa. Por isso, derivando-se Equação 2.10 e igualando-se a zero obtém-se o valor ótimo de participação da empresa no projeto ou o valor do Coeficiente de Aversão ao Risco da empresa:

$$X_{\text{Ótimo}} = \frac{\ln(-p_1 VPL_1 / (p_2 VPL_2))}{c(VPL_1 - VPL_2)} \quad (2.12)$$

$$c = \frac{\ln(-p_1 VPL_1 / (p_2 VPL_2))}{X_{\text{Ótimo}} (VPL_1 - VPL_2)} \quad (2.13)$$

onde:

c: Coeficiente de Aversão ao Risco;

p_1 : probabilidade de ocorrência do evento 1 (sucesso);

VPL_1 : retorno esperado para o evento 1 (sucesso);

p_2 : probabilidade de ocorrência do evento 2 (insucesso);

VPL_2 : retorno esperado para o evento 2 (insucesso);

$X_{\text{Ótimo}}$: nível ótimo de participação da empresa no projeto.

A análise de alternativas através da Teoria da Utilidade ou Teoria da Preferência se baseia no comportamento da empresa frente ao risco devido, principalmente, à possibilidade de perda de grandes somas de capital. Este aspecto faz com que esta metodologia de análise seja bastante completa e abrangente uma vez que engloba inicialmente o risco financeiro que é representado pela consideração do comportamento da empresa no momento de se tomar uma decisão. Esta metodologia poderia ser complementada através da utilização da Simulação Monte Carlo e da metodologia de cálculo do custo de capital para a empresa, CAPM. A inclusão da Simulação Monte Carlo no processo de análise de decisão incluiria os riscos geológicos e econômicos, pois seriam atribuídas distribuições probabilísticas para as variáveis que compõem estes tipos de risco. Considerando-se também o cálculo do custo de capital (CAPM) para a empresa no VPL das alternativas de investimento, inclui-se a parte restante do risco financeiro uma vez que esta metodologia é uma maneira bastante eficiente de se considerar como o mercado analisa a empresa, principalmente, sua situação financeira e seus resultados. Complementando toda esta análise, a Teoria da Utilidade buscaria traduzir o comportamento da empresa frente ao risco, qual seria sua preferência, sua estratégia no momento de se analisar projetos que possuem risco geológico, econômico e financeiro. Conforme apresentado anteriormente, MacKay (1996) afirma que as empresas reconhecem o potencial que a Teoria da Utilidade possui no momento de se calcular o nível ótimo de participação nos projetos e conseqüente otimização do *portfolio* da empresa. Este aspecto abordado pelo autor é de crucial importância porque esta otimização pode ser feita utilizando-se as participações fracionadas obtidas através da metodologia de análise de decisão baseada na Teoria da Utilidade, considerada uma maneira bastante adequada uma vez que expressa a política de risco adotada pela empresa.

Destacam-se ainda outras aplicações da Teoria da Utilidade em sistemas análise de decisão. Nepomuceno (1997) desenvolveu um sistema de suporte à tomada de decisão baseado na Teoria da Utilidade que consiste na avaliação de aspectos decisórios (como risco econômico e político) através de funções utilidade, ou seja, um sistema multiatributos que considera dois ou mais aspectos no momento de se avaliar alternativas. Furtado (2000) analisou o comportamento dos pesos de cada atributo em um sistema multiatributos considerando aspectos financeiros, tecnológicos, de mercado e ambientais. Suslick et. al. (2001) apresentam uma aplicação de um sistema multiatributos considerando aspectos financeiros e tecnológicos que possibilita definir

alternativas de investimentos nas quais pode-se obter ganhos financeiros e também avanços tecnológicos, como por exemplo, prospectos em águas profundas.

2.5.2 Teoria da Utilidade versus Teoria Prospectiva

O ajuste de uma função utilidade do tipo exponencial para caracterizar o comportamento do investidor sofre críticas por parte de alguns acadêmicos. Uma das principais críticas é o fato de se considerar uma aversão ao risco constante e de considerar que os tomadores de decisão se comportam de acordo com uma função utilidade, o que é reconhecido por Walls e Dyer (1996).

Outras funções utilidade também podem ser utilizadas para se estudar o comportamento dos tomadores de decisão. Kahneman and Tversky (1979), pesquisadores da área comportamental, demonstraram que a função utilidade com formato “S” pode ser utilizada para distinguir o comportamento com relação ao risco de alternativas que se encontram nos domínios “perda” e “ganho”, o que foi chamando de Teoria Prospectiva. Este estudo mostra que os domínios de “perda” e de “ganho” devem ser tratados de maneira diferente. Os possíveis resultados devem ser ponderados por um fator, chamado de fator ponderado de decisão, que seria função da taxa de sucesso das alternativas, por exemplo. Entretanto, a aplicação desta teoria depende da utilização de dados em nível de projetos das empresas, informações praticamente inviáveis de se conseguir no setor de exploração e produção de petróleo.

Apesar das críticas e pelo fato de não haver informações disponíveis para se aplicar a Teoria Prospectiva, reconhece-se que a utilização da função utilidade exponencial é um meio bastante adequado para se realizar um ajuste de dados no sentido de se conhecer o comportamento da empresa com relação ao risco. Destaca-se também que o comportamento da empresa com relação ao risco pode ser estudado discretamente no tempo, o que permite a formulação e o controle de uma política de risco consistente dentro da empresa, aperfeiçoando-se a análise de risco e proporcionando ao tomador de decisão uma visão mais clara do projeto e/ou do *portfólio*. Este último aspecto é bastante importante porque, contradizendo a Teoria do *Portfólio*, a Teoria Prospectiva diz que um projeto deve ser analisado individualmente, o que está em desacordo com as práticas dos investimentos em exploração e produção que são analisados

dentro de uma carteira para ocorra diversificação e conseqüente redução do risco. Outro aspecto importante da função utilidade exponencial seria que, como as empresas não conhecem ou existe uma dificuldade muito grande de se ajustar uma função utilidade para a mesma, a utilização deste tipo de função e o cálculo da aversão ao risco da empresa são a melhor e mais eficiente maneira de se trabalhar com a Teoria da Utilidade. Além disso, o coeficiente de aversão ao risco seria uma maneira bastante eficiente de se medir o risco financeiro da empresa uma vez que este traduz o comportamento da empresa com relação a potenciais perdas financeiras. Com isso, a utilização da função utilidade exponencial se mostra justificada e adequada para os objetivos deste trabalho.

Capítulo 3

Quantificação da Aversão ao Risco

Um aspecto fundamental da função utilidade exponencial seria que o Coeficiente de Aversão ao Risco (Equação 2.13) caracteriza o comportamento do tomador de decisão ou da empresa com relação ao risco. Pode-se dividir este comportamento em três vertentes principais:

- $c > 0$ = Comportamento avesso ao risco
- $c < 0$ = Comportamento tolerante ao risco
- $c = 0$ = Comportamento indiferente ao risco

A definição do Coeficiente de Aversão ao Risco é de grande importância para que se possa aplicar a metodologia de análise de decisão baseada na Teoria da Utilidade no momento de se analisar um *portfolio* de projetos. Como as empresas geralmente não conhecem suas funções Utilidade, o cálculo da Aversão ao Risco é uma ferramenta importante para se utilizar a metodologia de análise de decisão baseada na Teoria da Utilidade sem ter que passar pelas dificuldades inerentes à definição de uma função utilidade através de dados empíricos. Este coeficiente é de crucial importância no desenvolvimento de um meio mais objetivo de medida do risco financeiro.

Existem na literatura diversos tipos de abordagem de quantificação da aversão ao risco. Neste trabalho destacam-se a determinação do Equivalente Certo, determinação do nível desejado de participação em projetos, análise de decisões anteriores, determinação através do capital exploratório da empresa e estimativa *ex-ante* do coeficiente de aversão ao risco.

3.1 Determinação do Equivalente Certo ou Preço de venda do projeto

A determinação do Equivalente Certo ou preço de venda do mesmo (Valor do Projeto) pode ser feita através de um questionário que contenha uma seleção de projetos com diferentes características relacionadas a volume recuperável de óleo, probabilidade de sucesso exploratório e conseqüente VME para cada caso. Um exemplo deste levantamento está apresentado na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 : Exemplo de formulário para determinação do Equivalente Certo para diversos projetos

Projeto	Resultado	Probabilidade	VPL(2) (MM US\$)	VME (MM US\$)	Valor do Projeto (1) (MM US\$)				
					6	4	3	1.5	0.7
1	Poço Seco	65%	-12	12	6	4	3	1.5	0.7
	Novo Campo	35%	57						
2	Poço Seco	65%	-12	22	10	7	5	2.5	1.2
	Novo Campo	35%	86						
3	Poço Seco	75%	-16	24	11	8	5	2.5	1.3
	Novo Campo	25%	143						
4	Poço Seco	75%	-20	35	15	12	7.5	4	2
	Novo Campo	25%	201						
5	Poço Seco	85%	-24	23	10	8	5	2.5	1.3
	Novo Campo	15%	288						

1. Denominou-se o Equivalente Certo como sendo Valor do Projeto no sentido de facilitar a compreensão do termo.
2. Nível de participação igual a 100%

A determinação do Coeficiente de Aversão ao Risco é feita através da Equação 2.10: uma vez conhecido o Equivalente Certo (Valor do Projeto), substitui-se os termos conhecidos e resolve-se a mesma numericamente para obter-se, então o valor de *c*.

A Equação 2.10 está repetida abaixo:

$$\check{\delta}_a = \frac{-1}{c} \ln\left(\sum_{i=1}^n p_i e^{-cx_i}\right) \quad (2.10)$$

Outra forma de avaliação do Coeficiente de Aversão ao Risco relacionada ao conceito de Equivalente Certo seria a determinação da quantidade de capital a qual o tomador de decisão é indiferente entre as seguintes opções: investir em um projeto que tem 50% de chance de se ganhar tal quantidade de capital ou 50% de chance de se perder metade da mesma. Segundo Walls e Dyer (1995), este montante é definido como sendo igual à tolerância ao Risco (*Risk Tolerance* – RT) de uma empresa e seria igual ao inverso do Coeficiente de Aversão ao Risco.

3.2 Nível desejado de participação financeira em um determinado projeto

A determinação do Coeficiente de Aversão ao Risco também pode ser feita por intermédio de um questionário (Tabela 3.2) que possua projetos conforme descrito no item anterior, mas que solicite ao entrevistado qual seria o nível de participação da empresa em cada projeto, calculando-se o valor de c através da Equação 2.13, repetida abaixo:

$$c = \frac{\ln(-p_1 VPL_1 / (p_2 VPL_2))}{X_{\text{Ótimo}} (VPL_1 - VPL_2)} \quad (2.13)$$

Tabela 3.2: Exemplo de formulário para determinação do nível de participação da empresa em diversos projetos

Projeto	Resultado	Probabilidade	VPL (MM US\$)	VME (MM US\$)	Nível de Participação
1	Poço Seco	65%	-12	12	100% 75% 50% 25% 12,5% 0%
	Novo Campo	35%	57		
2	Poço Seco	65%	-12	22	100% 75% 50% 25% 12,5% 0%
	Novo Campo	35%	86		
3	Poço Seco	75%	-16	24	100% 75% 50% 25% 12,5% 0%
	Novo Campo	25%	143		
4	Poço Seco	75%	-20	35	100% 75% 50% 25% 12,5% 0%
	Novo Campo	25%	201		
5	Poço Seco	85%	-24	23	100% 75% 50% 25% 12,5% 0%
	Novo Campo	15%	288		

3.3 Análise de decisões anteriores

Uma maneira de se avaliar o Coeficiente de Aversão ao Risco de uma empresa seria a análise de decisões anteriores ou de situações hipotéticas. Esta análise se baseia no princípio de que o valor de c é determinado através dos projetos nos quais a empresa considera ou consideraria uma participação de 100%. Com isso, substituindo-se os dados do projeto na Equação 2.12 obtém-se o valor de c . A Equação 2.12 está repetida abaixo:

$$X_{\text{Ótimo}} = \frac{\ln(-p_1 VPL_1 / (p_2 VPL_2))}{c(VPL_1 - VPL_2)} \quad (2.12)$$

3.4 Determinação da aversão ao risco (c) através do capital exploratório da empresa

Cozzolino (1980) definiu o Coeficiente de Aversão ao Risco como sendo igual ao recíproco do capital de investimento da empresa. Esta regra se baseia no fato de que a definição do capital de investimento da empresa leva em consideração a possibilidade de perder tal investimento e com isso tem-se a tolerância ao Risco da empresa.

Walls e Dyer (1992) realizaram um estudo empírico utilizando-se a Teoria da Utilidade e concluíram que a tolerância ao risco de uma empresa pode ser obtida como sendo igual a $\frac{1}{4}$ do capital exploratório anual da mesma. Com isso, o Coeficiente de Aversão ao Risco seria igual a $\frac{4}{\text{Capital Exploratório}}$.

3.5 Estimativa *ex-ante* do coeficiente de aversão ao risco (c)

Neste método, apresentado por Walls e Dyer (1996), as decisões passadas envolvendo a alocação de investimentos em projetos de risco são a base para a determinação do comportamento da empresa com relação ao risco. As empresas que consideram o risco e as incertezas envolvidos no projeto no momento da alocação de capital devem possuir algum conhecimento (objetivo ou subjetivo) dos possíveis retornos e das probabilidades envolvidas. Se a tomada de decisão é feita de maneira racional e consistente seus parâmetros com relação ao risco podem ser descritos e obtidos através de uma função utilidade.

Um problema existente nas pesquisas de Aversão ao Risco das empresas é a tendência de se utilizar cenários irrealistas ou bastante afastados dos riscos reais encontrados pelas empresas. Com isso, os autores destacam a relevância do método usado devido ao fato do mesmo ser baseado em decisões reais, mas ressaltam que as alternativas de risco reconstruídas são apenas aproximações do real risco *ex ante* considerado pelos tomadores de decisão.

O método possui os seguintes dados de entrada:

A. Investimento em Exploração [MM US\$]

B. Taxa de sucesso exploratório [%]

- Definida como a razão entre o número de poços exploratórios perfurados com sucesso e o número total de poços exploratórios perfurados. Neste caso os autores recomendam uma média dos três anos anteriores.

C. Número de poços exploratórios perfurados

D. Adição de reservas [MM boe]

- Neste caso os autores recomendam uma média de dez anos anteriores uma vez que existe uma diferença entre a descoberta ou adição de uma nova reserva e seu respectivo início de produção.

Uma vez obtidos os dados de entrada, calcula-se os seguintes parâmetros:

E. VPL/boe

- Representa o valor por barril das reservas adicionadas, calculado através de seus respectivos fluxos de caixa futuros descontados a uma taxa de 10%.

F. Adição de VPL = [D x E]

G. VPL ajustado = [F/B + A]

H. VPL/poço (MM US\$)

- Neste caso, os autores fazem uma razão entre os valores do VPL ajustado e a soma do número de poços exploratórios (total) dos últimos 10 anos.

I. VPL médio [B x C x H] = Média = VME

J. Variância [((C(1 - B)B)^{1/2})H]² (x 10⁻⁹) = σ

K. Capital Exploratório [A] (MM US\$) = C_x

No caso em que se tem uma distribuição Normal dos retornos possíveis de um projeto e assumindo-se que a empresa adote uma função utilidade exponencial, o Equivalente Certo do projeto pode ser obtido de acordo com a Equação 3.1, obtida através da função geradora de momento:

$$C_x = \text{VME} - \frac{1}{2}c\sigma^2 \quad (3.1)$$

onde:

Cx: Equivalente Certo;

VME: Valor Monetário Esperado;

C: Coeficiente de Aversão ao Risco;

σ : variância dos retornos.

O Coeficiente de Aversão ao Risco pode então ser obtido através da Equação 3.2:

$$c = \frac{2(\text{VME} - C_x)}{\sigma^2} \quad (3.2)$$

Capítulo 4

Análise multivariada e identificação de grupos

4.1 Definição da amostra e das variáveis primárias

A amostra de empresas alvo de estudo neste trabalho foi definida de acordo com os seguintes critérios: empresas que participaram dos leilões de blocos promovidos pela ANP no período de 1998 a 2000 e empresas que foram selecionadas por Walls e Dyer (1996) para serem alvo de estudos relacionados à aversão ao risco. A Tabela 4.1 apresenta as empresas escolhidas e a inclusão de cada uma nos critérios considerados. Outro aspecto considerado no momento de se definir a amostra foi a inclusão de uma variedade de empresas que possuíssem características distintas como, por exemplo, empresas integradas e empresas independentes.

Tabela 4.1: Empresas da amostra e critérios adotados para seleção

Empresa (1)	1o leilão ANP – 1998 (2)	2o leilão ANP – 1999 (2)	3o leilão ANP – 2000 (2)	Estudo de Walls e Dyer (1996)
Amerada Hess Corp.	X	X	X	X
Atlantic Richfield Co. – ARCO				X
Chevron Corp. (3)		X		X
Coastal Corp.		X	X	
Enterprise Oil	X	X	X	
ExxonMobil Corp.	X		X	X
Imperial Oil Company				
Kerr McGee Corp.	X			X
Marathon Oil Co.				
Occidental Petroleum Corp.				X
Pan Canadian		X	X	
Petróleo Brasileiro SA – Petrobras	X	X	X	
Phillips Petroleum Co.			X	X
Repsol - YPF			X	
Shell The Royal Dutch	X	X	X	X
Texaco (3)	X			X
Unocal Corporation	X			X

1. Os dados das empresas que se fundiram no intervalo de tempo estudado foram somados.
2. As participações nos leilões da ANP foram consideradas apenas para empresas que venceram os leilões dos blocos.
3. As empresas Chevron e Texaco se fundiram no final do ano de 2000, período posterior a análise realizada.

Quanto à representabilidade da amostra, tem-se que as reservas das empresas que compõem a mostra representam 28,9% das reservas das regiões da América do Norte, América Central, América do Sul, Europa, África e Ásia (região do Pacífico). Com relação à produção, as mesmas representam 40,4% da produção das regiões mencionadas, considerando-se para os dois dados o ano de 2000 como base para análise.

A escolha dos parâmetros financeiros e operacionais utilizados na análise foi feita de acordo com a relevância que os mesmos possuem como resultados das empresas e pelo fato de serem de fácil aquisição nos relatórios anuais. Segue abaixo a lista dos parâmetros escolhidos:

- Faturamento [MM US\$]: o faturamento ou receita de uma empresa é definido como sendo o total anual de capital recebido pela venda de produtos e serviços durante o ano considerado;
- Lucro Bruto [MM US\$]: definido como sendo o faturamento ou receita menos os custos e investimentos envolvidos nas atividades da empresa durante o ano considerado;
- Lucro Líquido [MM US\$]: o lucro líquido é igual ao lucro bruto subtraídos os impostos e taxas recolhidos pelo governo durante o ano considerado;
- Investimentos em exploração [MM US\$]: o investimento em exploração engloba as despesas geradas com o objetivo de se explorar novos campos ou de se avaliar melhor os já descobertos, durante o ano considerado;
- Reservas [MM boe]: os dados de reservas da empresa compreendem as reservas que são consideradas provadas (desenvolvidas e não desenvolvidas) pelos critérios adotados pela SEC (*Security Exchange Commission*), SPE (*Society of Petroleum Engineers*) e WPC (*World Petroleum Congress*). Existem diferenças nos critérios adotados por cada entidade mas, conforme constatado nos relatórios anuais, não são significativas. Os dados de reservas considerados neste trabalho se referem ao total de reservas que a empresa dispõe no final do ano considerado após terem sido realizadas revisões nos dados anteriores, aumento no volume recuperável, extensões e descobertas de campos;
- Produção [M boe/d]: os dados coletados de produção da empresa se referem à produção diária;
- Adição de reservas [MM boe]: a adição de reservas anual é obtida subtraindo-se a reserva do ano considerado pela reserva do ano anterior;

- Razão Reserva/Produção: esta razão, adimensional, é calculada dividindo-se a produção anual pela reserva existente no final do ano considerado.

O comportamento das empresas com relação ao risco no setor de E&P está ligado diretamente à definição do capital exploratório por parte da empresa e também aos resultados oriundos desta atividade. A adição de reservas e os investimentos em exploração estão diretamente ligados a aversão ao risco da empresa e serão utilizados na obtenção da mesma.

4.2 Metodologia de análise multivariada e identificação de grupos

Johnson e Wichern (1998) afirmam que a utilização de métodos de análise multivariada em investigações científicas têm como objetivos principais a redução da quantidade de variáveis (o fenômeno estudado passa a ser representado da maneira mais simples possível, sem sacrificar a qualidade da informação), formação de grupos com características semelhantes, análise da dependência existente entre as variáveis, entre outros. A descrição detalhada da metodologia de análise multivariada se encontra no Anexo I.

Capítulo 5

Identificação de grupos e Tolerância ao Risco na indústria do petróleo

A análise do comportamento das empresas do setor de petróleo foi feita de acordo com os seguintes passos: identificação de grupos e análise da tolerância ao risco. Inicialmente, será apresentada uma análise exploratória dos indicadores das empresas consideradas neste estudo com o objetivo de se obter uma visão inicial das características dos componentes da amostra considerada. Após esta etapa inicial, será apresentada a identificação dos grupos de acordo com a divisão em diferentes períodos de tempo. Posteriormente, será apresentada uma análise de sensibilidade da tolerância ao risco das empresas em relação aos parâmetros utilizados em sua determinação. Esta etapa será importante para avaliar o comportamento da tolerância ao risco para cada grupo de empresas. Uma vez realizadas a definição dos grupos e a análise de sensibilidade, serão apresentados os resultados obtidos do estudo da relação agrupamentos x tolerância ao risco e, posteriormente, o caso especial da empresa Petrobras.

A metodologia apresentada neste trabalho contempla os diversos aspectos de obtenção e avaliação da aversão ao risco das empresas. Entretanto, optou-se por trabalhar com a tolerância ao risco para facilitar um melhor entendimento e visualização dos resultados considerando-se a ordem de grandeza dos valores.

5.1 Análise exploratória dos dados iniciais

Os indicadores utilizados para identificação e posterior análise dos grupos de empresas foram submetidos a uma análise exploratória inicial. Esta foi realizada através da confecção de gráficos do tipo “Diagrama de Juntas”, que apresentam, para cada observação, os valores máximo e mínimo dos indicadores (desconsiderando os pontos extremos) e uma faixa de valores delimitados pelo 3º e 1º quartis na qual também se encontra a mediana. As observações (empresas) foram apresentadas, para cada indicador (variável financeira ou operacional), na ordem crescente da mediana das medidas. Esta análise inicial dos dados foi feita através da avaliação da variabilidade do indicador por intermédio do Coeficiente de Variação (CV) definido como sendo a razão entre o desvio padrão e a média dos dados.

No caso do indicador Faturamento, existe uma pequena variação do mesmo ao longo do tempo para a maioria das empresas (Figura 5.1). As empresas que apresentam um maior Coeficiente de Variação são a Pan Canadian, Marathon, Unocal e Enterprise Oil. No caso da Pan Canadian e da Marathon, estas apresentaram um aumento significativo do Faturamento ao longo do tempo. Já a Unocal teve uma diminuição deste indicador ao longo do tempo e a Enterprise Oil, uma oscilação significativa.

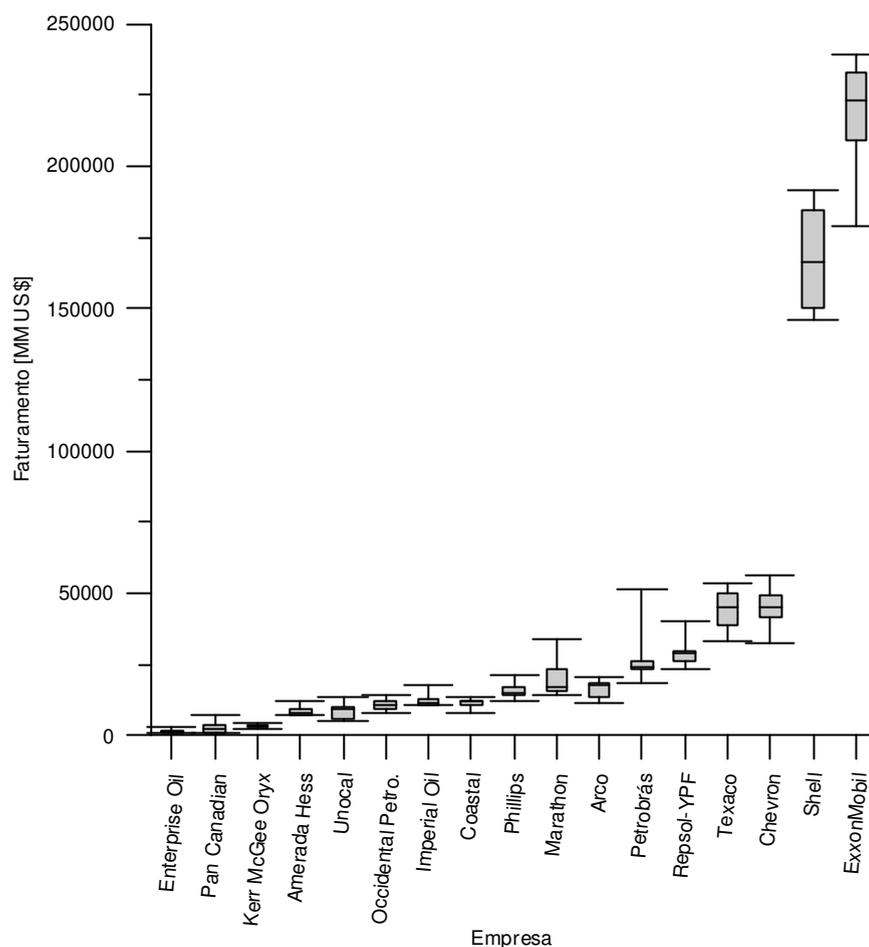


Figura 5.1: Diagrama de Juntas da variável Faturamento para as empresas da amostra

O Lucro Líquido das empresas do grupo pode ser caracterizado por uma variação bastante significativa ao longo do tempo (Figura 5.2). Todas as empresas possuem tal característica uma vez que apresentam como resultados, em alguns anos, valores bastante distintos do comportamento médio. Destacam-se as empresas Amerada Hess, Kerr McGee Oryx, Occidental Petroleum e Unocal que apresentam resultados negativos consideráveis.

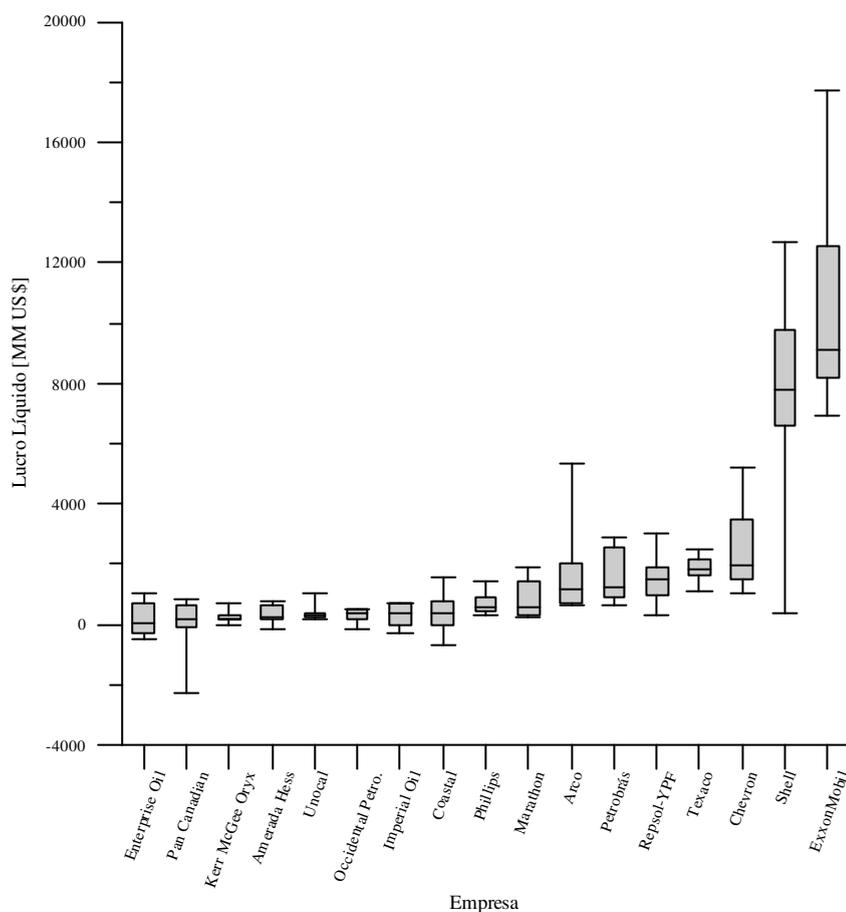


Figura 5.2: Diagrama de Juntas da variável Lucro Líquido para as empresas da amostra

Com relação ao Investimento em Exploração realizado pelas empresas, observa-se uma razoável variação nos dados ao longo do tempo (Figura 5.3). Analisando-se as empresas que apresentam um Coeficiente de Variação elevado observa-se que a Coastal e a Pan Canadian têm um aumento dos investimentos ao longo do tempo, enquanto a Imperial Oil e Kerr McGee Oryx uma diminuição. A empresa Enterprise Oil também possui um Coeficiente de Variação elevado devido a uma oscilação do montante de investimentos ao longo do tempo.

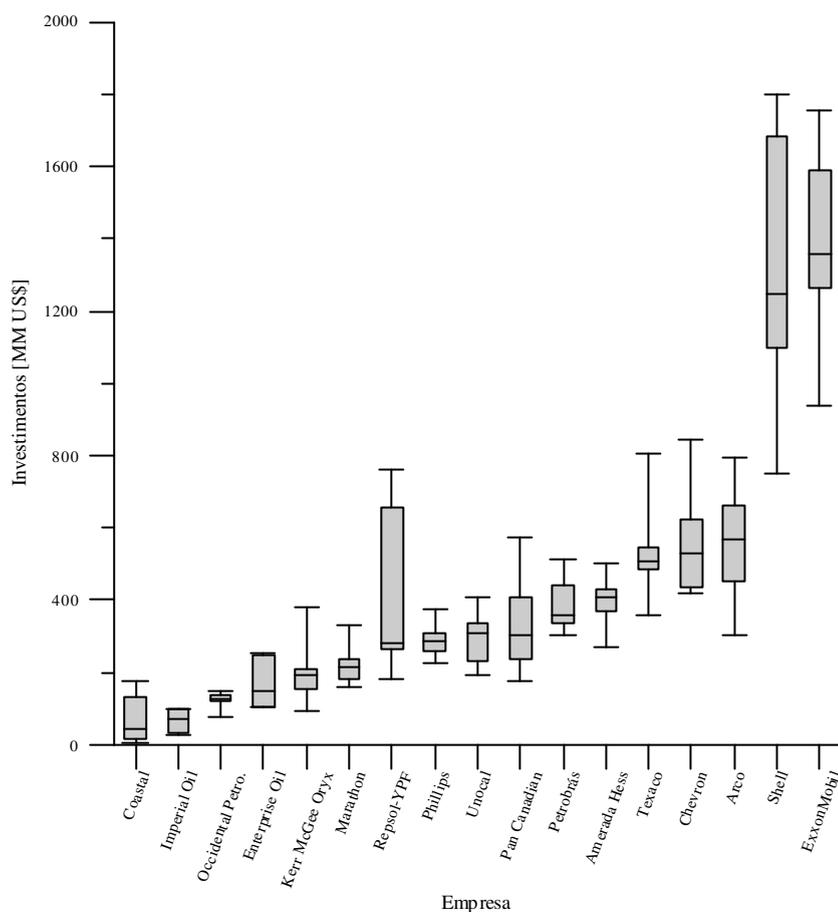


Figura 5.3: Diagrama de Juntas da variável Investimento em Exploração para as empresas da amostra

De acordo com a Figura 5.4, os dados de Lucro Bruto das empresas demonstram que o comportamento deste indicador é semelhante ao comportamento do indicador Lucro Líquido, mas as empresas apresentam, na maioria dos casos, um Coeficiente de Variação menor que o apresentado para Lucro Líquido.

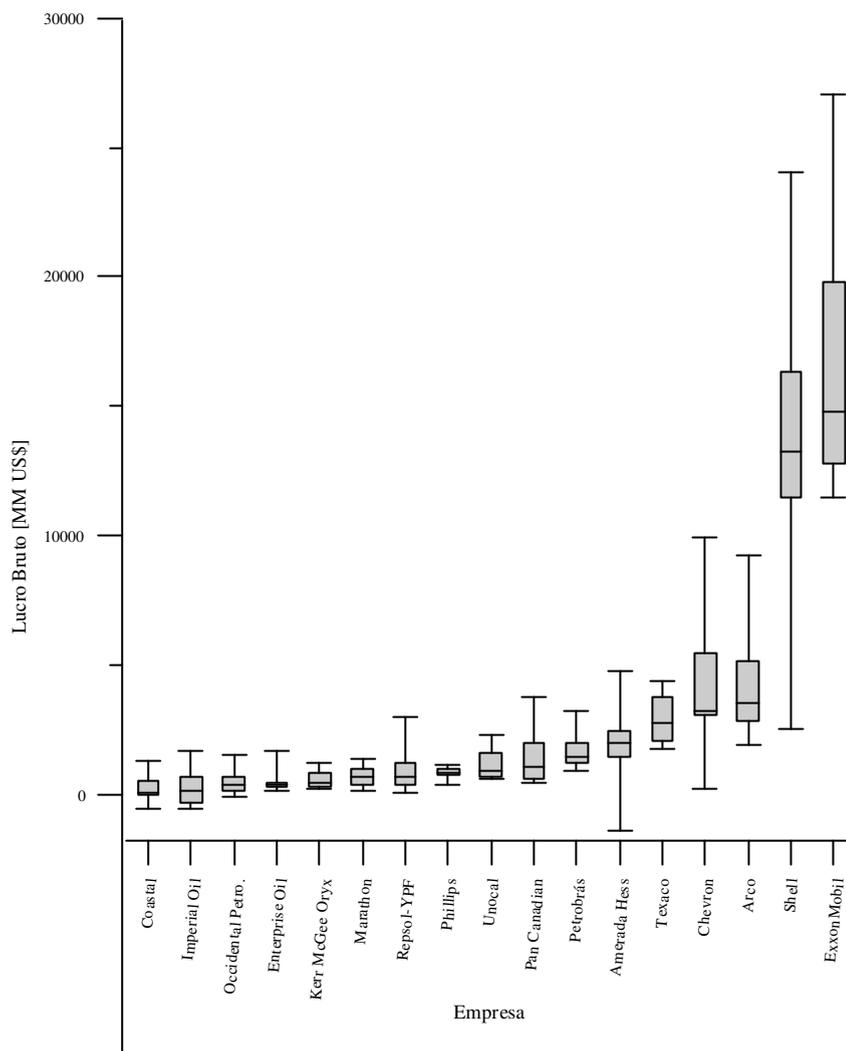


Figura 5.4: Diagrama de Juntas da variável Lucro Bruto para as empresas da amostra

O comportamento das Reservas (Figura 5.5) das empresas é caracterizado por dois comportamentos distintos: empresas que possuem uma significativa variação (Coastal e Petrobras) e empresas com pouca variação (restante da amostra). No caso da Coastal, as reservas desta empresa apresentam um aumento significativo ao longo do tempo. Quanto à Petrobras, também houve um aumento das reservas ao longo do tempo devido a uma reavaliação das reservas de um grande campo da empresa (Petrobras - Relatório Anual, 1997) e mudança de

critérios de avaliação de reservas, passando-se do Código Nacional de Reservas para os critérios estabelecidos pela SPE e WPC (Petrobras – Relatórios Anuais 1996 e 1995).

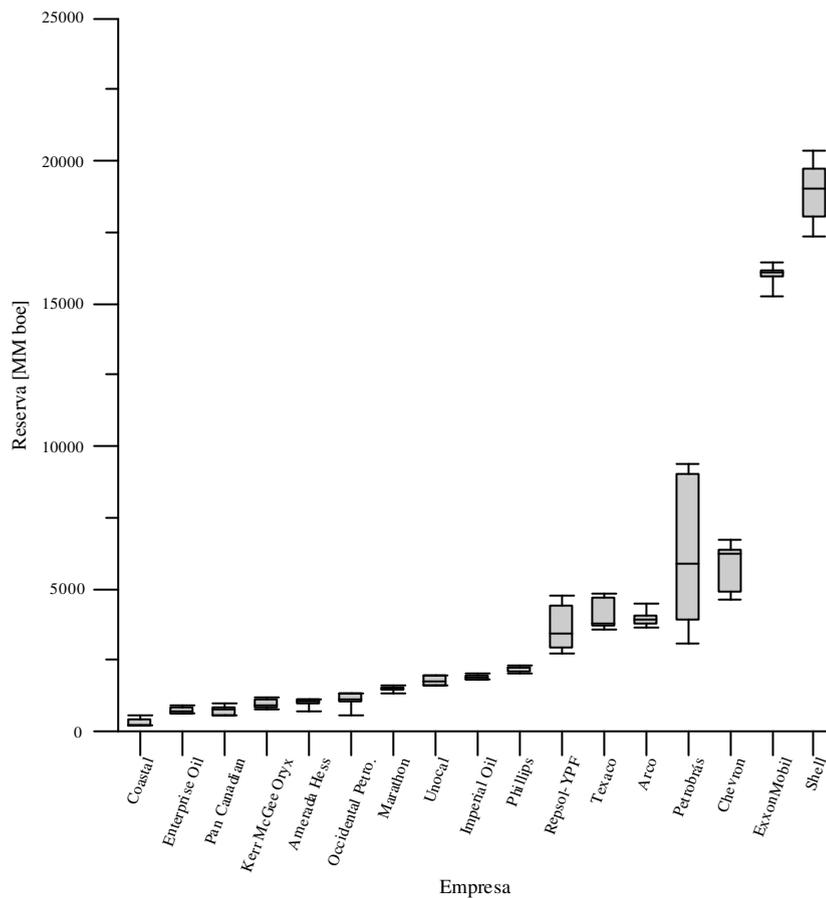


Figura 5.5: Diagrama de Juntas da variável Reservas para as empresas da amostra

No caso da Produção, a maioria das empresas não apresenta variação significativa sendo a Coastal uma exceção, devido à significativa elevação de sua produção ao longo do tempo (Figura 5.6).

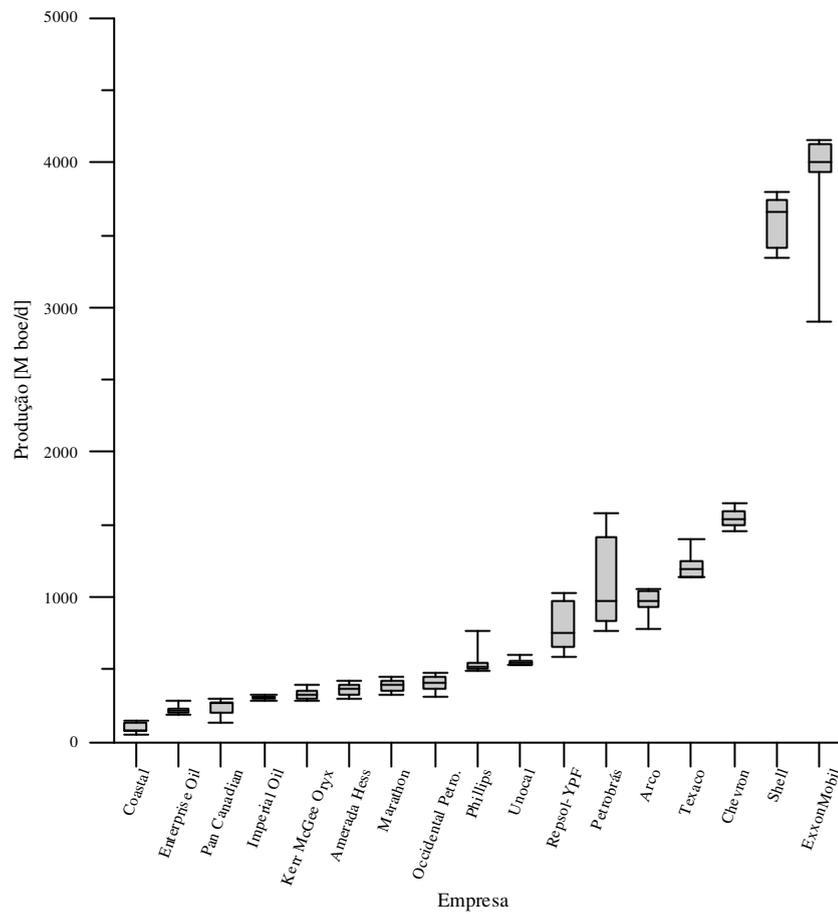


Figura 5.6: Diagrama de Juntas da variável Produção para as empresas da amostra

A Figura 5.7 apresenta o diagrama de juntas da Adição de Reservas das empresas, podendo-se observar uma elevada variação ao longo do tempo. Este comportamento se deve, principalmente, à própria natureza do indicador que tende a oscilar bastante devido à relação direta existente entre o indicador e o montante de investimentos realizados e resultados operacionais.

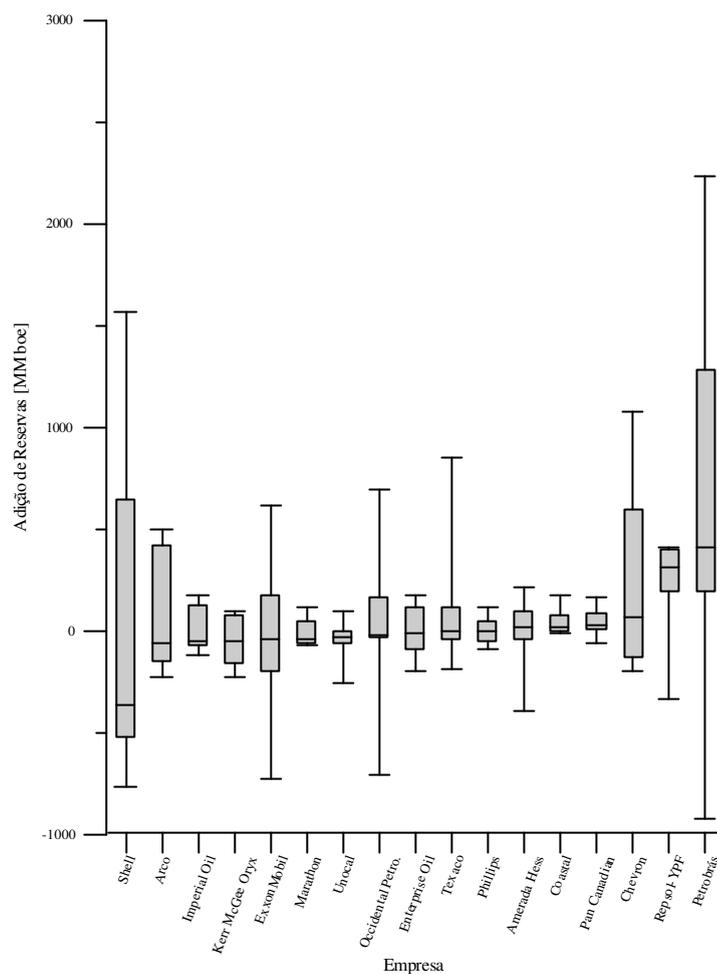


Figura 5.7: Diagrama de Juntas da variável Adição de Reservas para as empresas da amostra

Finalmente, o indicador Reserva/Produção apresenta para a maioria das empresas uma variação razoável nos valores, sendo as mais significativas aquelas referentes à Coastal, Occidental Petroleum, Arco e Petrobras (Figura 5.8).

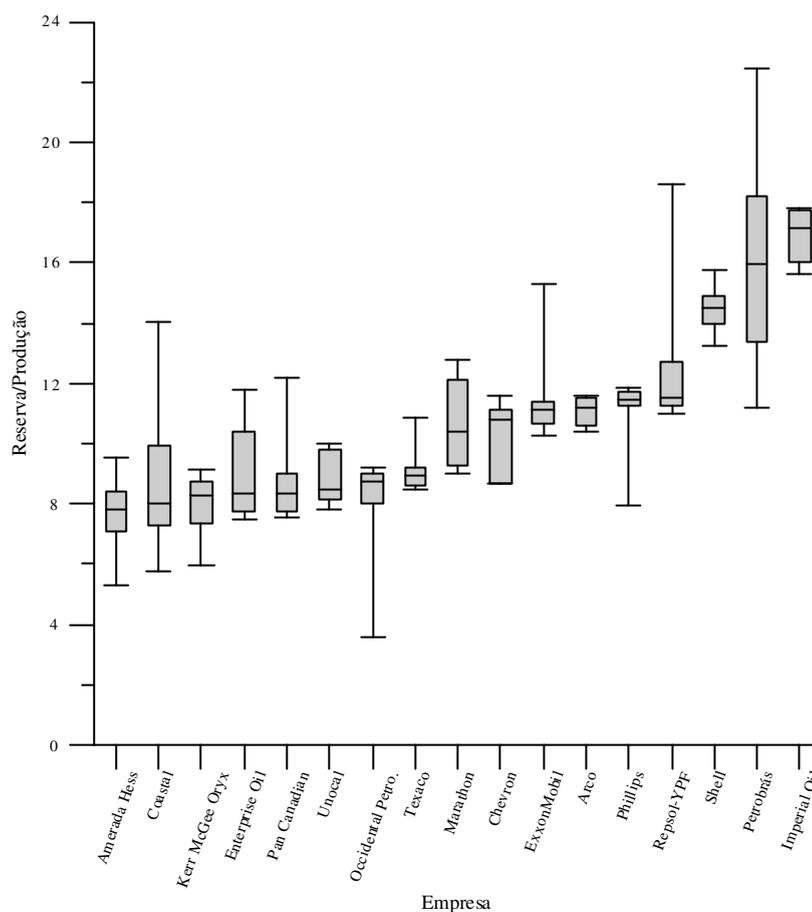


Figura 5.8: Diagrama de Juntas da variável Reserva/Produção para as empresas da amostra

Analisando-se a posição das empresas nos diagramas para cada indicador, observa-se que o comportamento se mantém constante, ou seja, a empresa se posiciona em uma mesma região (inicial, intermediária ou final) para todos os indicadores, com exceção dos seguintes casos:

- A Amerada Hess apresenta valores de Investimentos e Adição de Reservas que conduzem a empresa para uma posição mais central no grupo, diferindo das demais posições que a empresa ocupou para os demais indicadores;
- A empresa Coastal se posiciona no início do grupo para todos indicadores exceto para Adição de Reservas;

- Conforme já dito, a ExxonMobil se apresenta de maneira destacada para todos os indicadores devido aos altos valores destes em relação aos demais. Mas no caso da Adição de Reservas e da razão Reserva/Produção, a empresa se posiciona na região central do grupo;
- A empresa Imperial Oil não se posiciona de uma maneira constante no grupo para os diferentes indicadores. No caso do Faturamento, Investimento, Produção e Adição de Reservas, esta se posiciona no início do grupo enquanto que, para Lucro Líquido, Reserva e Lucro Bruto, na região central. Já para a relação Reserva/Produção, esta empresa possui o maior valor (da mediana) e se encontra no final do grupo;
- A Marathon se posiciona no início do grupo para a maioria dos indicadores, mas na região central para Faturamento e Reserva/Produção;
- A Pan Canadian também se posiciona no início do grupo para a maioria dos indicadores, mas para Investimento, esta se posiciona na região central;
- A Petrobras possui um comportamento intermediário em relação às demais empresas do grupo, mas no caso de Adição de Reservas e Reserva/Produção, esta apresenta valores elevados e se posiciona no final do grupo;
- A empresa Repsol-YPF também possui um comportamento intermediário, mas se posiciona no final do grupo quando se trata do indicador Adição de Reservas;
- O comportamento da Shell pode ser considerado semelhante ao da ExxonMobil, mas no caso da Adição de Reservas, esta se apresenta no início do grupo.

5.2 Identificação de grupos

Um aspecto importante que deve ser ressaltado na divisão de grupos realizada é que as variáveis originais foram substituídas por coeficientes de polinômios que foram ajustados às séries de dados. Este aspecto faz com que a divisão das empresas em grupos de acordo com seus valores de componentes principais seja função dos valores originais das variáveis e também da tendência que as mesmas possuem ao longo do tempo. Estes dois aspectos são refletidos nos valores dos coeficientes dos polinômios e podem, à primeira vista, conduzir a resultados não esperados como, por exemplo, o agrupamento de empresas de portes distintos. A tendência de cada variável e conseqüente agrupamento das empresas de acordo com esta tendência não serão abordados neste estudo, apenas o resultado final será utilizado como base para o estudo da tolerância ao risco de cada grupo.

A divisão das empresas em grupos foi realizada das seguintes maneiras:

1. Considerando-se o período de 1991 a 2000 e ajustando-se um polinômio de terceiro grau para cada variável;
2. Considerando-se o período de 1991 a 1996 e ajustando-se um polinômio de segundo grau para cada variável;
3. Considerando-se o período de 1997 a 2000 e ajustando-se um polinômio de segundo grau para cada variável

A Tabela 5.1 apresenta os valores das correlações entre as variáveis iniciais e as componentes dos três casos analisados. As abreviações Prin1, Prin2 e Prin3 referem-se a primeira, segunda e terceira componentes, respectivamente. Os valores apresentados nesta tabela foram obtidos através da média das correlações entre os valores absolutos das correlações dos coeficientes das variáveis com as componentes. Esta simplificação se faz necessária uma vez que as correlações entre os coeficientes e as componentes apresentam valores positivos e negativos devido às características dos coeficientes. Entretanto, a média dos valores absolutos representará

a correlação média que, obviamente, será alta para altas correlações entre os coeficientes e as componentes, mesmo que estas sejam positivas e negativas para uma mesma variável.

Tabela 5.1: Correlação entre as componentes e as variáveis

Análise	Fatura- mento	Lucro Líquido	Investi- mentos	Lucro Bruto	Reservas	Produção	Adição de Reservas	Reserva/Produção
Caso 1 - Prin1	0,5364	0,9535	0,5665	0,9608	0,7371	0,3368	0,6765	0,3797
Caso 1 - Prin2	0,6171	0,1376	0,3408	0,0913	0,5141	0,4487	0,5914	0,3096
Caso 1 - Prin3	0,4024	0,1197	0,4160	0,0751	0,1810	0,4431	0,2225	0,4516
Caso 2 - Prin1	0,9770	0,8622	0,4536	0,8917	0,4390	0,6419	0,3205	0,2148
Caso 2 - Prin2	0,0793	0,3636	0,2551	0,0859	0,7593	0,5202	0,7706	0,5099
Caso 2 - Prin3	0,0964	0,0457	0,4927	0,3191	0,1117	0,3679	0,4675	0,6229
Caso 3 - Prin1	0,9753	0,9668	0,7345	0,8874	0,6773	0,3340	0,0959	0,1201
Caso 3 - Prin2	0,1143	0,0953	0,2544	0,0780	0,2586	0,6944	0,8957	0,2337
Caso 3 - Prin3	0,0291	0,1364	0,2372	0,0559	0,4602	0,2235	0,1730	0,8568

Uma análise geral destes resultados indica que a componente 1 (Prin1) apresenta uma boa correlação com as variáveis financeiras e a variável Reservas. Já a componente 2 (Prin2) possui uma boa correlação com as variáveis Produção e Adição de Reservas enquanto a componente 3 (Prin3), uma boa correlação com a variável Reserva/Produção. Baseado na análise exploratória inicial dos dados, pode-se concluir que as empresas possuem características semelhantes quando se ordena de maneira crescente as variáveis, salvo as exceções descritas anteriormente, que podem ser desconsideradas. Esta disposição faz com que seja possível distinguir três grupos de empresas de acordo com seus indicadores: integradas (“majors”), como a Shell e a ExxonMobil

que apresentam valores elevados dos indicadores analisados; médias, como a Texaco e a Arco, que apresentam valores intermediários e pequenas, como a Coastal e a Pan Canadian que apresentam valores menores. Vale ressaltar que esta divisão é apenas qualitativa e serve para se ter uma visão inicial do comportamento das empresas. A análise da correlação entre as componentes e as variáveis e os dados iniciais leva a conclusão que as empresas com indicadores mais elevados apresentarão maiores valores da componente 1, enquanto as de porte intermediário valores menores que os anteriores e as de porte menor, os menores valores. A componente 2 sofrerá a influência de uma variável (Produção) que apresenta uma disposição das empresas condizente com o comportamento geral, mas também sofrerá a influência de uma variável (Adição de Reservas) da qual não é possível aplicar a mesma análise feita anteriormente para a disposição das empresas. Com isso, fica difícil prever o comportamento das empresas em relação a esta componente. Já a componente 3, que possui boa correlação com a variável Reserva/Produção, será de pouca importância para a caracterização das empresas, pois de acordo com o Diagrama de Juntas desta variável, as empresas possuem valores bastante semelhantes. Estas conclusões iniciais podem ser verificadas também através da análise da Tabela 5.2. Nesta tabela constam os valores do poder explanatório acumulado das variáveis originais. Pode-se observar que a primeira componente apresenta os maiores valores, o que leva a conclusão que esta é mais importante no momento de se analisar as componentes.

Tabela 5.2: Poder explanatório acumulado das componentes para os três casos estudados

Componente	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Prin1	50,99%	47,00%	51,39%
Prin2	62,50%	73,84%	71,50%
Prin3	80,17%	89,71%	86,01%
Prin4	90,36%	94,35%	90,79%
Prin5	95,03%	97,19%	94,08%

Outro aspecto que se pode observar nesta tabela é o fato da terceira componente possuir o poder explanatório acumulado de 80 a 90% nos três casos, o que evidencia a escolha das três primeiras componentes como suficientes para se analisar a formação dos grupos, além da facilidade de visualização.

5.2.1 Caso 1: Período 1991 - 2000

No Caso 1 a similaridade adotada para a definição dos grupos foi de, aproximadamente, 75%. A definição dos grupos foi obtida através da análise das Figuras 5.9 e 5.10 e do dendograma obtido pela análise de *clusterse* pode ser verificada a seguir:

1. ExxonMobil e Shell – Neste caso não houve agrupamento para a similaridade considerada, mas estas empresas serão analisadas conjuntamente porque se destacam das demais de maneira significativa;
2. Arco, Imperial Oil e Texaco;
3. Amerada Hess, Coastal, Enterprise Oil, Kerr McGee Oryx, Marathon, Occidental Petroleum, Pan Canadian, Phillips, Repsol – YPF e Unocal;
4. Chevron – Esta empresa não se agrupou com as demais considerando-se a similaridade adotada;
5. Petrobras – Mesmo caso da empresa Chevron.

Os gráficos do tipo “Diagrama de Juntas” das variáveis de cada grupo de empresas estão apresentados no Anexo II. As Figuras 5.9 e 5.10 mostram o resultado da análise de componentes principais para o Caso 1.

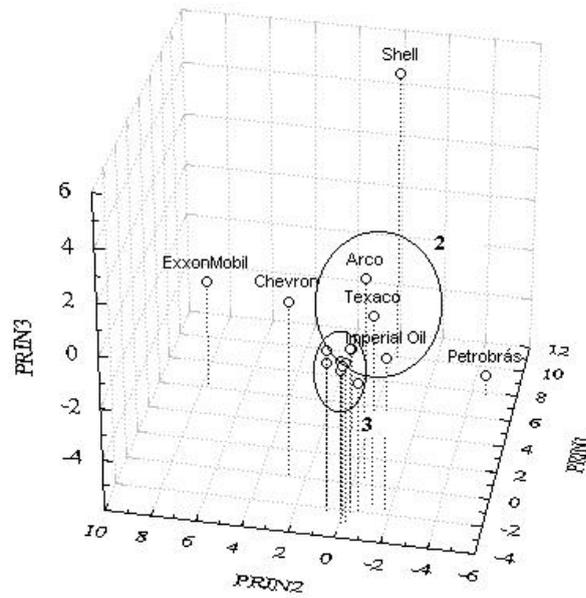


Figura 5.9: Componentes principais das empresas para o período 1991-2000

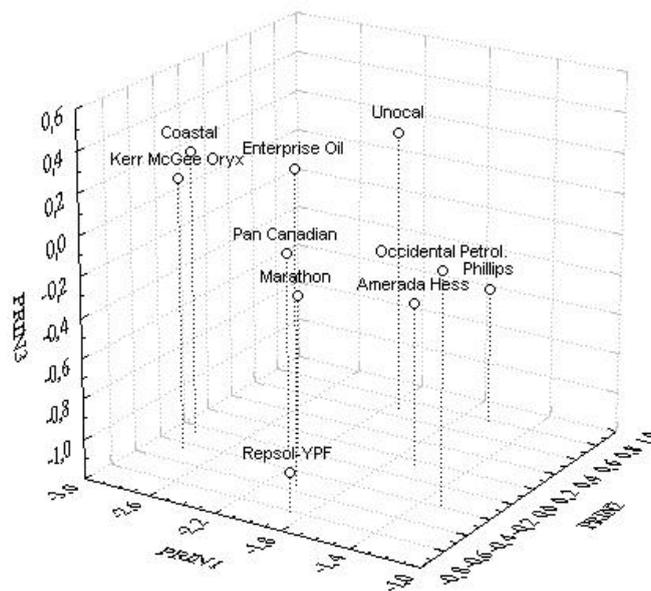


Figura 5.10: Componentes principais das empresas do grupo 3 para o período 1991-2000

O agrupamento de empresas neste caso não se mostrou eficiente uma vez que não foi possível agrupar empresas com características semelhantes como Shell e ExxonMobil e houve a formação de um grupo bastante heterogêneo como o grupo 3. Neste grupo foram agrupadas empresas de médio porte como a Repsol-YPF com empresas de pequeno porte como a Coastal. Outro aspecto importante desta análise foi o não agrupamento das empresas Chevron e Petrobras.

5.2.2 Caso 2: Período 1991-1996

No Caso 2 a similaridade adotada para a definição dos grupos foi de, aproximadamente, 80%. A definição dos grupos foi obtida através da análise das Figuras 5.11 e 5.12 e do dendograma obtido pela análise de *clusters* e pode ser verificada a seguir:

1. ExxonMobil e Shell – Neste caso não houve agrupamento para a similaridade considerada mas estas empresas serão analisadas conjuntamente porque se destacam das demais de maneira significativa;
2. Chevron , Repsol – YPF e Texaco;
3. Arco, Kerr McGee Oryx, Marathon, Occidental Petroleum e Phillips;
4. Amerada Hess, Coastal, Enterprise Oil, Imperial Oil, Pan Canadian e Unocal;
5. Petrobras – Esta empresa não se agrupou com as demais considerando-se a similaridade adotada.

Os gráficos do tipo “Diagrama de Juntas” das variáveis de cada grupo de empresas estão apresentados no Anexo III. As figuras 5.11 e 5.12 mostram o resultado da análise de componentes principais para o Caso 2.

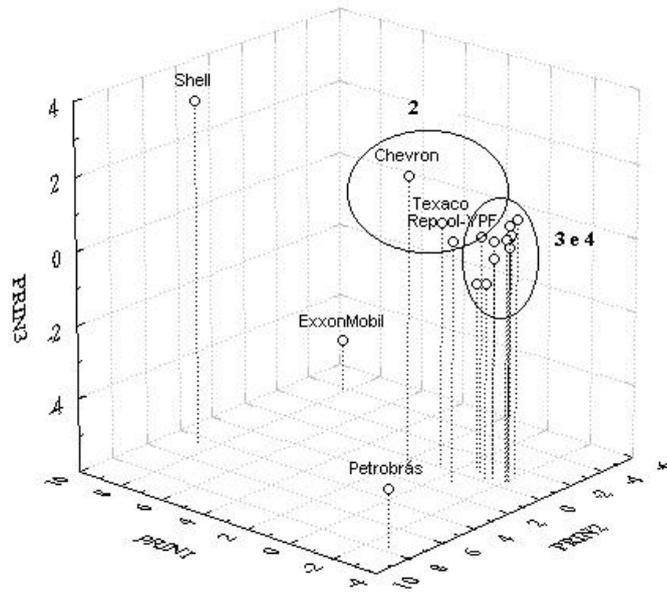


Figura 5.11: Componentes principais das empresas para o período 1991-1996

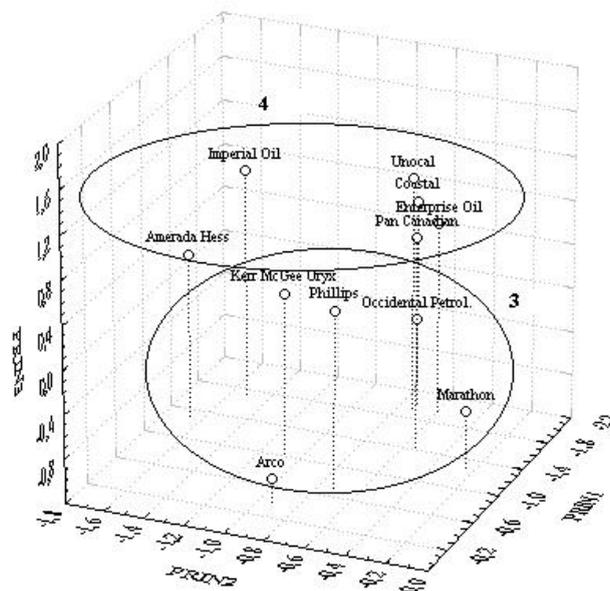


Figura 5.12: Componentes principais das empresas dos grupos 3 e 4 para o período 1991-1996

No Caso 2, o agrupamento já se mostrou mais condizente com as características das empresas. O grupo 2 reuniu *majors* como a Texaco, o grupo 3 reuniu empresas de médio porte como a Marathon, enquanto o grupo 4 reuniu empresas de menor porte como a Pan Canadian. Novamente a Petrobras não se agrupou com nenhuma das demais empresas.

5.2.3 Caso 3: Período 1997-2000

No Caso 3, a similaridade adotada para a definição dos grupos foi de, aproximadamente, 66%. A definição dos grupos foi obtida através da análise das Figuras 5.13 e 5.14 e do dendograma obtido pela análise de *clusters* e pode ser verificada a seguir:

1. ExxonMobil e Shell;
2. Arco e Texaco;
3. Chevron e Petrobras;
4. Amerada Hess, Coastal, Enterprise Oil, Phillips e Repsol – YPF;
5. Imperial Oil, Kerr McGee Oryx, Marathon, Pan Canadian, Occidental Petroleum e Unocal.

Os gráficos do tipo “Diagrama de Juntas” das variáveis de cada grupo de empresas estão apresentados no Anexo IV. As figuras 5.13 e 5.14 mostram o resultado da análise de componentes principais para o Caso 3.

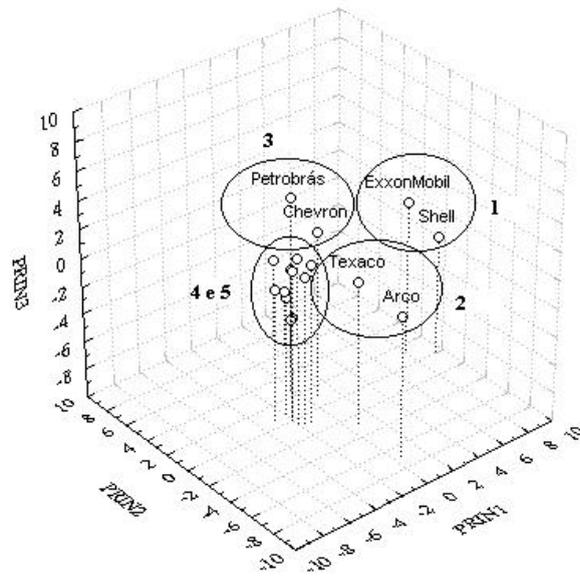


Figura 5.13: Componentes principais das empresas para o período 1997-2000

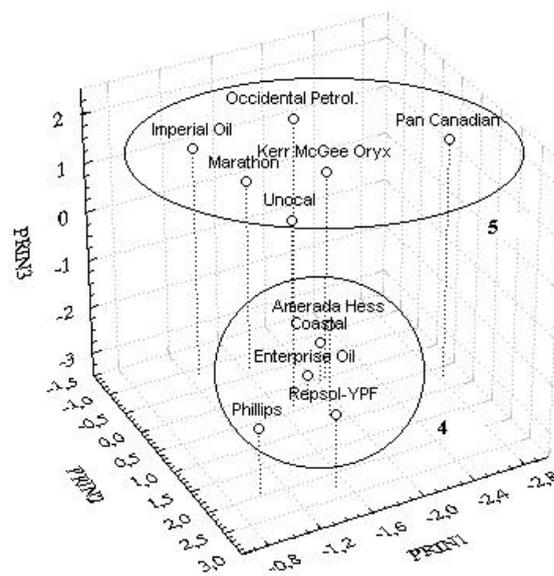


Figura 5.14: Componentes principais das empresas dos grupos 4 e 5 para o período 1997-2000

Neste caso, a divisão das empresas também se mostrou condizente com as características das empresas. Shell e ExxonMobil foram agrupadas de acordo com a similaridade adotada, enquanto o grupo 2 e 3 contemplam empresas de grande porte com características semelhantes. O grupo 5 agregou empresas de médio porte enquanto o grupo 4 apresenta uma exceção – Repsol-YPF – que foi agrupada com empresas de pequeno porte.

De uma maneira geral, o agrupamento das empresas de acordo com seus indicadores financeiros e operacionais utilizando-se a técnica de análise multivariada de medidas repetidas se mostrou eficiente. A divisão da análise em três períodos de tempo foi importante porque mostrou uma certa falta de eficácia para análise deste tipo para períodos de tempo longos. Esta conclusão pode ser feita observando-se os resultados das três análises realizadas uma vez que para o Caso 1 em que os agrupamentos se mostraram pouco condizentes com a realidade das empresas enquanto que para os Casos 2 e 3, que contemplam períodos de tempo menores, a divisão das empresas em grupos se mostrou mais eficiente. A definição de um longo período de tempo para o tipo de análise realizada neste trabalho contempla, por um lado, o ajuste do comportamento das empresas de acordo com seu histórico de resultados. Mas, por outro lado, pode incluir eventos extraordinários como choques no preço do barril de óleo, mudanças na metodologia de cálculo de reservas, na estratégia, política de investimentos da empresa, entre outros, que interferem nos resultados da empresa e prejudicam a avaliação correta do comportamento da mesma. Novamente, a divisão da análise em períodos de tempo menores se mostrou mais eficiente e no caso deste trabalho, esta divisão foi feita com o objetivo de se analisar o comportamento de uma empresa específica (Petrobras) antes e após a abertura do mercado brasileiro, critério este que poderia ser modificado de acordo com o fato ou evento a ser analisado.

5.3 Tolerância ao risco – Resultado Geral

Walls e Dyer (1996) afirmam que o comportamento das empresas de petróleo pode ser caracterizado como sendo avesso ao risco, ou seja, este pode ser caracterizado por uma função utilidade que reflita um comportamento avesso ao risco.

Como resultado inicial deste trabalho, pode-se concluir que todas as empresas da amostra apresentam comportamento avesso ao risco para o período considerado, ou seja, o valor de “c” foi maior que zero para todos os anos considerados para todas as empresas. Conforme apresentado anteriormente, este resultado está de acordo com resultados da literatura (Walls e Dyer, 1996) e com o fato de que, no caso da exploração e produção de petróleo, o risco intrínseco do negócio faz com que as empresas sejam avessas ao risco devido ao montante de capital que está sendo exposto. Novamente, a possibilidade de perda deste capital, que está alocado em projetos que possuem probabilidades de sucesso envolvidas e que na maioria dos casos são baixas, faz com que os decisores ou a empresa tenham comportamento avesso ao risco levando-se em consideração a saúde financeira da empresa. Os gráficos com os valores da tolerância ao risco de cada empresa estão apresentados no Anexo V. A Tabela 5.3 apresenta os valores de tolerância ao risco das empresas utilizadas no estudo.

Tabela 5.3: Tolerância ao risco das empresas da amostra

Empresas/Ano	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991
Chevron	5,66	5,45	5,39	5,23	4,49	5,68	5,46	6,71	10,40	11,83
Shell	48,12	49,17	47,58	38,95	44,14	42,47	57,09	52,27	66,05	60,37
Coastal	--	23,70	26,29	23,86	30,44	36,02	49,51	27,57	28,64	--
Texaco	22,25	22,35	17,77	15,22	15,73	19,17	19,97	18,14	29,71	38,25
Amerada Hess	4,82	5,38	6,61	7,60	6,13	5,21	4,69	4,71	6,60	6,52
Pan Canadian	1,35	1,71	1,57	1,67	1,85	2,06	2,90	3,35	2,82	2,91
Kerr McGee Oryx	34,06	62,41	36,03	38,68	38,17	49,24	37,86	42,65	54,83	81,67
ExxonMobil	19,94	27,19	21,80	21,55	21,81	22,31	24,41	29,38	46,92	--
Repsol-YPF	--	33,31	23,45	23,70	23,19	23,57	23,35	23,53	31,79	--
Petrobras	104,15	86,69	82,41	79,88	71,00	72,57	75,75	84,19	--	--
Occidental Petro.	--	102,58	82,19	65,20	64,31	62,63	75,55	87,36	142,74	--
Imperial Oil	16,95	17,05	21,23	32,55	40,34	37,83	46,53	60,70	--	--
Marathon	--	14,32	25,89	16,40	14,88	17,19	15,79	14,25	17,63	20,50
Arco	15,35	18,98	24,96	28,34	29,49	40,94	71,63	45,73	48,70	92,47
Phillips	14,87	28,89	--	91,66	43,20	34,43	35,21	34,24	53,67	143,24
Unocal	12,91	14,99	18,33	19,30	16,91	17,77	24,34	34,13	--	--
Enterprise Oil	85,79	90,80	108,15	107,43	65,57	87,66	--	--	--	--

(--) valores não estimados devido à ausência de informações sobre as atividades da empresa no respectivo ano.

A metodologia de quantificação de tolerância ao risco utilizada neste trabalho foi retirada do trabalho de Walls e Dyer (1996), que calcularam a tolerância ao risco de um grupo de empresas que contempla empresas que também são alvo de estudo deste trabalho. Os autores apresentam esta metodologia de maneira clara mas, omitem algumas considerações adotadas no cálculo como, por exemplo, as premissas feitas para a obtenção do valor do VPL/boe das reservas

adicionadas. Apesar do fato de se tentar a maior aproximação possível entre as metodologias de cálculo, os valores de tolerância ao risco calculados pelos autores e obtidos neste trabalho podem, obviamente, se apresentarem diferentes em alguns casos. Este aspecto gera discrepâncias nos resultados, mas por se tratar de trabalhos com objetivos distintos, deve atentar para as considerações e resultados de cada um e evitar a comparação entre os mesmos.

5.4 Tolerância ao risco - Análise de sensibilidade

Uma segunda análise realizada foi a sensibilidade da tolerância a risco das empresas com relação às variáveis utilizadas em sua determinação. Esta análise foi feita através das seguintes etapas:

1. Definição da distribuição estatística dos dados: ajustou-se uma distribuição estatística para as variáveis $VPL_{Reservas\ Adicionadas}$ (VME), Investimentos (C_x) e σ^2 . Este ajuste foi feito utilizando-se todos os dados disponíveis e obteve-se como resultado uma distribuição do tipo lognormal para todas variáveis;
2. Definição dos parâmetros das distribuições: calculou-se os valores da média e do desvio padrão para cada variável para cada empresa no período de 1991 – 2000;
3. Simulação: uma vez definidas as distribuições das variáveis para cada empresa, realizou-se uma simulação para os valores de tolerância ao risco;
4. Análise de sensibilidade: a análise de sensibilidade da tolerância ao risco foi feita através da determinação da correlação existente entre as variáveis consideradas e a tolerância ao risco.

Como resultado geral observou-se que a tolerância ao risco das empresas apresenta maior correlação com o valor do $VPL_{Reservas\ Adicionadas}$ para todos os casos. Esta característica faz com que a análise da tolerância ao risco em relação a um indicador financeiro que contemple

resultados da empresa, sua posição no mercado, como por exemplo o $VPL_{Reservas}$, forneça conclusões importantes para o estudo do comportamento de cada grupo de empresas. Esta justificativa também encontra respaldo no fato de que a definição dos grupos de empresas foi influenciada, principalmente, pela componente 1, que possui uma boa correlação com as variáveis financeiras e com a variável Reservas. Vale ressaltar que não seria pertinente uma análise da relação tolerância ao risco x $VPL_{Reservas Adicionadas}$ uma vez que esta variável está diretamente correlacionada com a variável analisada.

5.5 Grupos x Tolerância ao risco

Walls e Dyer (1996) afirmam que é possível assumir que o nível de tolerância ao risco de um investidor individual aumenta à medida que a “riqueza” aumenta. À medida que a empresa cresce e acumula “riqueza”, sua habilidade para assumir projetos maiores e com risco mais elevado aumenta. Considerando-se as grandes empresas do setor de petróleo que possuem um elevado capital exploratório, pode-se afirmar que estas empresas são capazes de assumir investimentos simultâneos em vários projetos, possuindo assim a capacidade de diversificar o risco no seu *portfolio*. Os autores ainda destacam que a tolerância ao risco das empresas é diretamente proporcional a indicadores financeiros da empresa, ou seja, a tolerância ao risco cresce à medida que um indicador financeiro cresce.

Com isso, analisou-se o comportamento da tolerância ao risco das empresas em relação ao $VPL_{Reservas}$ das mesmas. Esta medida seria representativa da “riqueza” da empresa e estaria de acordo com as proposições feitas anteriormente de que é possível estabelecer uma relação entre tolerância ao risco e um indicador financeiro.

A Figura 5.15 apresenta a tolerância ao risco de cada empresa dentro de cada grupo para o Caso 1.

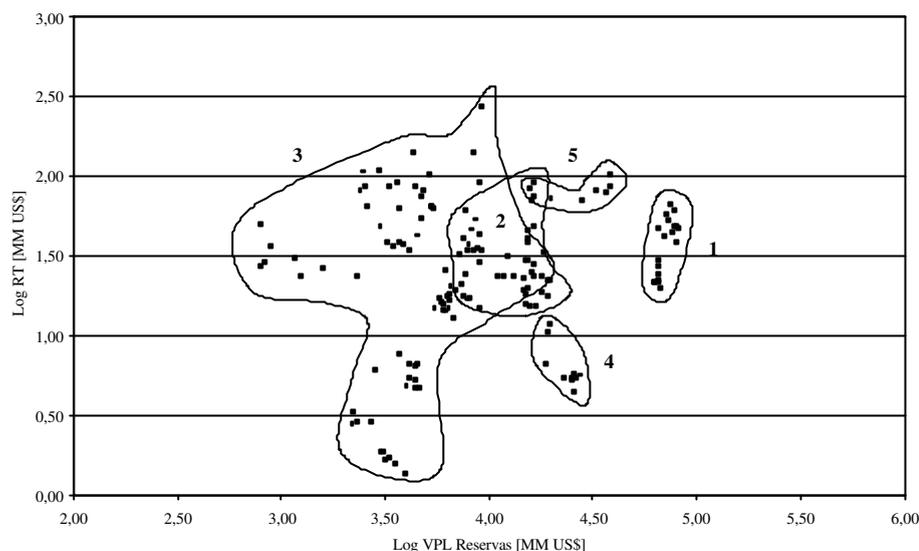


Figura 5.15: Análise da tolerância ao risco para o período 1991-2000

Uma análise inicial seria que a tolerância ao risco das empresas do grupo 2 se mostrou bastante semelhante aos valores apresentados pelas empresas do grupo 3, podendo-se dizer também que o grupo 2 seria um subgrupo do grupo 3. Uma conclusão preliminar para esta fato seria que pode-se considerar as empresas dos dois grupos com tolerância ao risco semelhantes, ou seja, empresas de pequeno porte como Coastal e Pan Canadian (grupo 3) tem comportamento semelhante em relação ao risco às empresas de grande porte como Texaco e Arco (grupo 2). Analisando-se o comportamento de cada grupo separadamente, tem-se que:

- O grupo 1 é formado pelas empresas ExxonMobil e Shell e apresentam altos valores de VPL, ou seja, são empresas que possuem uma boa posição no quadro de reservas mundial. Esta característica faz com que este grupo apresente também um aumento da tolerância ao risco à medida que o valor do VPL aumenta, característica esta que pode ser também verificada quando se analisa a amostra como um todo.
- O grupo 2 é formado por empresas consideradas *majors*, mas que não são do porte das que formam o grupo 1. Estas empresas apresentam valores intermediários para VPL (ou

de reservas) e uma tolerância ao risco média menor que as empresas do grupo 1 e não é possível observar uma relação clara entre os parâmetros.

- O grupo 3 engloba empresas de menor porte como a Coastal, mas também empresas maiores como a Repsol-YPF o que faz com que este grupo tenha características próximas às do grupo 2. Novamente, o aumento da tolerância ao risco das empresas do grupo é verificado à medida que os valores de VPL aumentam. Esta característica também pode ser observada no grupo 1 e na amostra como um todo.
- O grupo 4, ou seja, a empresa Chevron, não se uniu a nenhum grupo e apresenta características distintas às apresentadas pelos demais com a tolerância ao risco diminuído à medida que os valores de VPL aumentam.
- O grupo 5, ou seja, a empresa Petrobras também não se uniu a nenhum grupo e também apresenta características distintas dos demais. Esta empresa possui valores de VPL intermediários, mas, diferentemente das empresas do grupo 2, possui uma elevada tolerância ao risco.

A Figura 5.16 apresenta a tolerância ao risco de cada empresa dentro de cada grupo para o Caso 2.

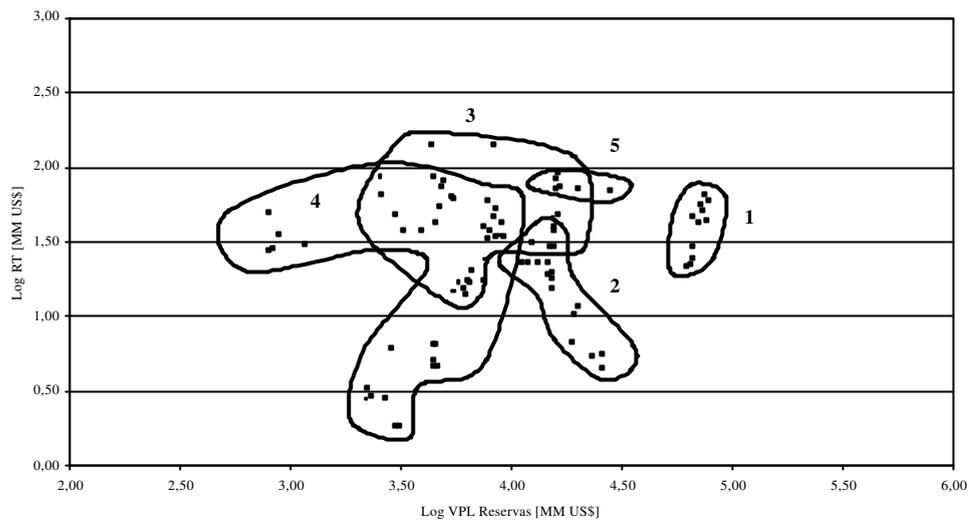


Figura 5.16: Análise da tolerância ao risco para o período 1991-1996

Os resultados obtidos para a análise deste caso se mostraram mais eficientes devido ao fato de ter havido uma melhor divisão das empresas em grupos de acordo com seus indicadores financeiros e operacionais. Conforme dito anteriormente, o grupo 2 contempla grandes empresas como Texaco e Chevron, o grupo 3 empresas intermediárias como a Phillips e o grupo 4 empresas de pequeno porte como Coastal e Pan Canadian. Com relação à tolerância ao risco, esta divisão também se mostrou mais eficiente uma vez que é possível distinguir melhor o comportamento de cada grupo. Uma conclusão generalista dos resultados seria que as empresas de menor porte do grupo 4 possuem uma tolerância ao risco menor que as empresas de maior porte do grupo 3. Este comportamento está de acordo com a afirmação de Walls e Dyer (1996) de que as empresas maiores tendem a ser mais tolerantes ao risco. Uma exceção para esta análise seria o grupo 2 que possui empresas de maior porte que as empresas do grupo 3 mas possuem tolerância ao risco menor. Analisando-se o comportamento de cada grupo separadamente, tem-se que:

- No Caso 2, o grupo 1 também é formado pelas empresas ExxonMobil e Shell que continuam a apresentar as mesmas características da análise anterior.

- Já o grupo 2 sofreu modificações em sua composição com a substituição das empresas Arco e Imperial Oil pelas empresas Chevron e Repsol-YPF. Estas substituições fizeram com que o grupo apresentasse comportamentos distintos: para empresa Chevron, a tolerância ao risco diminui à medida que o VPL aumenta enquanto que para as demais empresas ocorre o oposto.
- O grupo 3 do Caso 2 conseguiu dividir melhor as empresas do grupo 3 anterior uma vez que possui empresas de médio porte (característica generalizada) enquanto o grupo 4 ficou com as de menor porte. Este grupo não apresenta uma característica definida para o comportamento da tolerância ao risco em relação ao VPL das reservas da empresa.
- Conforme dito anteriormente, o grupo 4 engloba empresa de menor porte e, novamente, é possível observar que à medida que o VPL aumenta a tolerância ao risco também aumenta.
- O grupo 5, ou seja, a empresa Petrobras novamente ficou separada das demais. Isto se deve ao fato desta empresa ser de controle estatal, sendo que neste Caso 2, esta característica está mais presente e pronunciada porque no período de estudo considerado a empresa possuía o controle do mercado, apenas ela podia atuar na exploração e produção de petróleo no país.

A Figura 5.17 apresenta a tolerância ao risco de cada empresa dentro de cada grupo para o Caso 3.

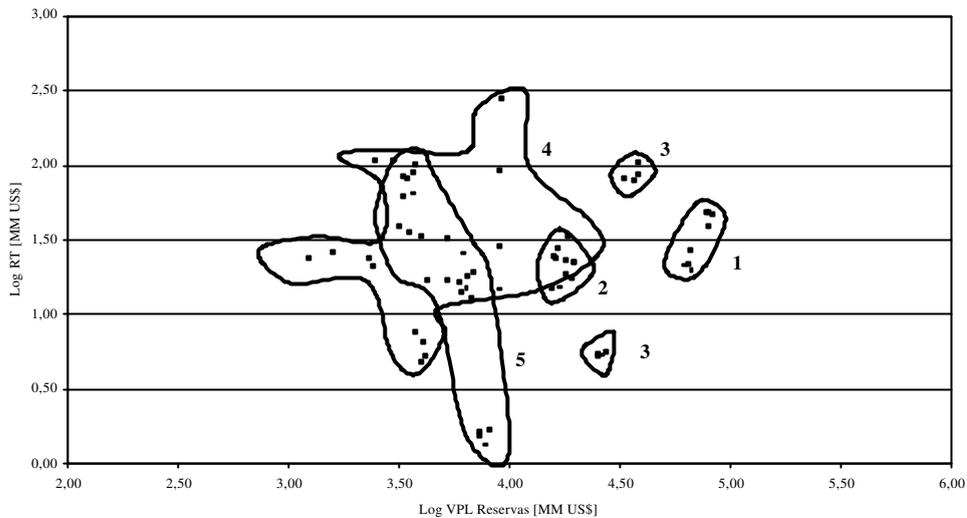


Figura 5.17: Análise da tolerância ao risco para o período 1997-2000

No Caso 3, observa-se que o grupo 5 seria um subgrupo do grupo 4. Este aspecto faz com que seja possível concluir que empresas de médio porte como Imperial Oil e Marathon possuem comportamentos semelhantes ao das empresas de pequeno porte como Coastal e Pan Canadian. O grupo 5 apresenta uma empresa que pode ser considerada uma exceção em relação ao comportamento das demais. A empresa Pan Canadian apresenta baixa tolerância ao risco comparados com valores de empresas de mesmo porte do grupo. Uma conclusão generalista dos resultados seria que à medida que se aumenta o tamanho da empresa a tolerância ao risco também aumenta, o que está de acordo com a afirmação de Walls e Dyer (1996) de que as empresas maiores tendem a ser mais tolerantes ao risco. Analisando-se o comportamento de cada grupo separadamente, tem-se que:

- Novamente, o grupo 1 é formado pelas empresas Shell e ExxonMobil com as mesmas características das demais análises, exceto pelo fato de que neste caso houve agrupamento das empresas para a similaridade considerada.

- O grupo 2 também apresenta características semelhantes, sendo formado por empresas grandes e com características semelhantes às apresentadas nas análises anteriores.
- O grupo 3 contempla as empresas Chevron e Petrobras que foram agrupadas devido às tendências e valores das variáveis analisadas, mas no caso da tolerância ao risco estas empresas apresentam comportamentos distintos. Estas empresas apresentam valores intermediários para VPL, mas no caso da Chevron a tolerância ao risco desta empresa é baixa e da Petrobras, é alta.
- O grupo 4 é formado por empresas de pequeno e de médio porte com exceção da Repsol-YPF e apresenta o comportamento crescente da tolerância ao risco em relação ao VPL das reservas da empresa.
- No caso do grupo 5, este se encontra em uma situação intermediária em relação aos grupos 4 e 2 uma vez que é composto por empresas tanto de médio como de pequeno porte.

5.6 Estudo de Caso – Petrobras

Conforme demonstrado nos itens anteriores, a empresa Petrobras apresenta comportamentos distintos para os casos analisados. No Caso 1, em que as empresas são analisadas em relação às características gerais dos últimos 10 anos, a empresa não apresentou comportamento semelhante a nenhuma outra empresa, seja por não se agrupar ou por ter uma tolerância ao risco distinta das demais empresas com indicadores semelhantes.

No Caso 2, novamente a empresa não se agrupou com nenhuma outra e também apresenta tolerância ao risco diferente das demais. Neste caso, pode-se justificar tal comportamento pelo fato da Petrobras ser uma empresa estatal que atuava em um mercado fechado, sendo a única detentora do direito de atuar no setor de exploração e produção do país. Este aspecto fez com que a empresa atuasse de maneira mais tolerante ao risco, ou seja, atuando em áreas que não

forneciam o retorno esperado (adição de reservas) para os investimentos que eram destinados à exploração.

No Caso 3, a Petrobras se agrupou com a empresa Chevron, o que indica que após a abertura do mercado a empresa começou a apresentar características financeiras e operacionais semelhantes as das empresas do setor privado. Mas, neste caso a empresa ainda apresenta uma característica distinta da outra empresa do grupo que é a tolerância ao risco, que continua alta enquanto a da Chevron, baixa.

Analisando-se a tolerância ao risco da Petrobras ao longo do tempo (Figura 5.18), observa-se que há um aumento desta tolerância ao longo do tempo. Com isso, após a abertura do mercado, a empresa apresenta um aumento da sua tolerância ao risco devido a uma maior agressividade adotada pela empresa, uma vez que, esta passaria a ter concorrentes no mercado brasileiro e teria que reforçar sua posição como principal produtora nacional. Esta maior tolerância também pode ser explicada pelo fato de que a Petrobras obteve resultados significativos nestes últimos anos, como a descoberta de grandes campos, o que fez elevar bastante os indicadores da empresa como a adição de reservas. A Figura 5.18 apresenta a tolerância ao risco da empresa Petrobras ao longo do período de tempo estudado.

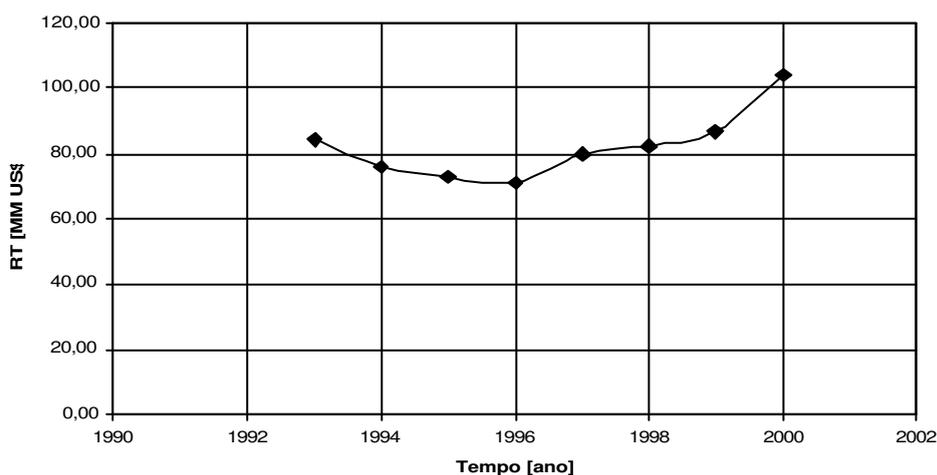


Figura 5.18: Tolerância ao risco da empresa Petrobras

Capítulo 6

Considerações Finais

Este trabalho tem como objetivo principal fazer uma abordagem quantitativa e qualitativa do risco, inerente às decisões que devem ser tomadas no setor de E&P de petróleo. A avaliação do coeficiente de aversão ao risco ou da tolerância ao risco é uma maneira clara e simples de se obter a caracterização do comportamento sistemático de uma empresa com relação ao risco. A avaliação deste comportamento leva em consideração a propensão da empresa em investir no setor de exploração, bem como os resultados operacionais da empresa, representados pela adição de reservas, pelo sucesso exploratório e o número de poços perfurados. Conforme dito anteriormente, trata-se de uma definição *ex-ante* do risco, baseada em decisões passadas. Mas, admitindo-se que existe um conhecimento prévio, objetivo ou subjetivo, para se definir o montante a ser investido, os prospectos a serem considerados e que estes estão diretamente ligados à estratégia da empresa, pode-se dizer que a Teoria da Utilidade fornece subsídios para se conhecer o comportamento com relação ao risco da empresa e, conseqüentemente, caracterizar a mesma frente às demais empresas do setor.

A metodologia utilizada para identificação de grupos com características semelhantes se mostrou eficiente, uma vez que, devido à complexidade das variáveis e participantes da amostra considerada, viu-se a necessidade de se utilizar uma metodologia de análise multivariada robusta e eficiente. Entretanto, a divisão da análise em três períodos de tempo mostrou uma certa falta de eficácia para análise deste tipo para períodos de tempo longos, conclusão esta que pode ser

verificada pelo fato da divisão em grupos dos Casos 2 e 3 terem sido mais condizentes com a realidade do que o resultado do Caso 1. A definição de um longo período de tempo pode incluir eventos extraordinários como choques no preço do barril de óleo, mudanças na metodologia de cálculo de reservas, na estratégia, política de investimentos da empresa, entre outros, que interferem nos resultados da empresa e prejudicam a avaliação correta do comportamento da mesma.

A relação existente entre a tolerância ao risco e o tamanho da empresa, expresso pelo VPL das reservas, se mostrou semelhante às conclusões obtidas em trabalhos anteriores como o de Walls e Dyer (1996). Conforme apresentado por estes autores, a tolerância ao risco das empresas tende a aumentar à medida que se aumenta o tamanho da mesma uma vez que empresas maiores são capazes de assumir investimentos simultâneos em vários projetos, possuindo assim a capacidade de diversificar o risco na sua carteira.

Os resultados oriundos deste trabalho serão de grande valia para empresas uma vez que fornecem subsídios para que as mesmas conheçam melhor suas características, como o comportamento em relação ao risco. Outro resultado importante é a identificação de grupos de empresas com características semelhantes analisando-se dados financeiros e operacionais. Com isso, estes resultados podem ser utilizados como ferramenta importante para o planejamento estratégico da empresa, uma vez que a empresa tem subsídios para conhecer melhor quais seriam seus potenciais concorrentes, quais empresas têm um comportamento mais agressivo ou mais conservador e verificar também a evolução do comportamento das empresas que atuam no setor. A partir daí, é possível traçar metas e avaliar melhor os movimentos do mercado. É necessário ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho estão relacionados ao comportamento global da empresa com relação ao risco.

Uma consideração final importante sobre este trabalho seria que o mesmo se mostrou pioneiro em diversos aspectos como metodologia de análise e resultados obtidos. Este aspecto faz com que sejam vislumbradas diversas sugestões para trabalhos futuros. Uma primeira sugestão seria a utilização do mesmo procedimento de estudo proposto neste trabalho para se avaliar o comportamento da empresa com relação ao risco e a identificação de grupos em uma determinada

região, com diferenciação para regiões geográficas e/ou áreas *onshore e offshore*. Esta sugestão decorre do fato de que o comportamento em relação ao risco pode ser diferente para cada região de atuação da empresa. Outro aspecto que poderia ser alvo de estudo seria o comportamento da aversão ao risco ao longo do tempo, analisando-se para a amostra e/ou cada empresa em separado como a aversão ao risco se comportou, podendo-se também incluí-la como indicador financeiro no momento de realizar a análise multivariada dos indicadores e posterior formação dos grupos. A inclusão da aversão ou tolerância ao risco nas análises pode levar a resultados mais coerentes considerando-se que o comportamento com relação ao risco seria um fator a mais no momento de definição dos grupos, o que poderia evitar o agrupamento de empresas com características financeiras e operacionais semelhantes mas, com tolerância ao risco bastante distintas, como ocorreu no Caso 3 (Petrobras e Chevron). No caso deste trabalho, verificou-se que a inclusão da tolerância ao risco na análise multivariada não apresenta um grande poder discriminatório para a divisão dos grupos. Este resultado não impede que para análises futuras, com premissas e/ou períodos diferentes, seja possível melhorar a análise e os resultados. Outro aspecto que poderia ser alvo de estudo seria a análise do impacto da fusão das empresas. No caso destas empresas, poder-se-ia estudar a mudança da tolerância ao risco após as fusões ocorridas, como o caso Exxon-Mobil, analisando o qual era o comportamento da empresa antes e após a fusão.

Outro ponto que merece um estudo mais aprofundado é o da correlação existente entre as componentes obtidas na avaliação multivariada e os coeficientes dos polinômios das variáveis primárias. Inicialmente, poder-se-ia analisar o sinal predominante para cada coeficiente e através de analogias como, por exemplo, o coeficiente quadrático do polinômio de segundo grau ser análogo à aceleração que a variável possui no tempo. Com isso, seria possível analisar a relação entre estes coeficientes e as componentes formadas, com a conseqüente divisão em grupos. Este estudo seria importante para se compreender melhor a formação dos grupos que leva em consideração os valores originais das variáveis e a tendência que a mesma possui ao longo do tempo, expressos no ajuste do polinômio. Outra sugestão importante seria uma conseqüência direta dos resultados deste trabalho: estudo de uma carteira de projetos utilizando-se a metodologia de análise de alternativas baseada na Teoria da Utilidade, utilizando-se os resultados de tolerância ao risco das empresas obtidos neste trabalho.

Referências Bibliográficas

Black, F., Sholes. M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, p. 637-659, 1973.

Casarotto, N. F., Casarotto, H. C. B. *Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial*. São Paulo:Atlas, 1994, 448p.

Clemen, R. T. *Making Hard Decisions An Introduction to Decision Analysis*. Belmont, California: Duxbury Press, 1990, 557p.

Cozzolino, J. M. Simplified Utility Framework for the Analysis of Financial Risk. *The Economics and Evaluation Symposium of the Society of Petroleum Engineers of AIME*. v. 21-22, 10p, 1977.

Cozzolino, J. M. Controlling risk in capital budgeting: a practical use of utility theory for measurement and control of petroleum exploration risk. *The Engineering Economist*, v.25, n. 3, p. 161-186, 1980.

Furtado, Ricardo. *Uso da análise de sensibilidade em modelos de decisão multiatributos para sistemas de exploração e produção de petróleo*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 89p. Dissertação (Mestrado)

Galeano, Yandira Diaz. *Metodologia para o desenvolvimento de campos de petróleo*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. 91 p. Dissertação (Mestrado).

Galli A., Armstrong M., Jehl B. Comparing tree methods for evaluating oil projects: Option Pricing, Decision Trees and Monte Carlo Simulations. In: SPE HYDROCARBON ECONOMICS AND EVALUATION SYMPOSIUM, 1999, Dallas

Gitman, L. J. *Princípios de Administração Financeira*. Editora Harbra, 1987, 781p.

Lerche, I., Mackay J. A. *Economic Risk in Hydrocarbon Exploration*. Academic Press, 1999, 404 p.

Johnson, R. A., Wichern D. W. *Applied multivariate statistical analysis*, Imprensa Upper Saddle River Prentice-Hall, 1992, 642p.

Kahneman, D., Tversky A. Prospect Theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, v. 47, n. 2, p. 263-291, 1979.

MacKay, J. A. Risk Management in International Petroleum Ventures: Ideas from a Hedberg Conference. *AAPG Bulletin*, v. 80, n. 12, p. 1845-1849, 1996.

Markowitz, H. M. *Portfolio Selection: efficient diversification of investment*. New York: John Wiley and Sons, 1959.

Newendorp, P. D. *Decision analysis for petroleum exploration*. Tulsa: PennwellBooks, 1975, 668p.

Nepomuceno, F. F., Suslick S. B. Alocação de Recursos Financeiros em Projetos de Risco na Exploração de Petróleo. *RAE – Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 1, p. 63-75, 2000.

Nepomuceno, Francisco Filho. *Tomada de decisão em projetos de risco na exploração de petróleo*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 1997. 243 p. Tese (Doutorado)

Newmann, V. J., Morgenstern, O. *Theory of games and economic behavior*. Princeton: Princeton University Press, 1953.

Orman M. M., Duggan T. E. Applying Modern Portfolio Theory to Upstream Investment Decision Making. *Journal of Petroleum Technology*, v. 51, n. 3, p. 50-53, 1999.

Pratt, J. W., Raiffa, H., Schlaifer, R. *Introduction to Statistical Decision Theory*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2^a ed., 1996, 875p.

Securato, J. R. *Decisões Financeiras em condições de risco*. São Paulo: Atlas S.A., 1996, 243p.

Sharpe, W. F. *Portfolio theory and capital investments*. New York: McGraw-Hill, 1970.

Suslick, S.B. Furtado, R., Nepomuceno, F. Integrating Technological and Financial Uncertainty for Offshore Oil Exploration: An Application of Multiobjective Decision Analysis. In: SPE HYDROCARBON ECONOMICS AND EVALUATION SYMPOSIUM (HEES), SPE68579, 2001, Dallas, 9p.

Walls M. R., Dyer J. S. Risk propensity and firm performance: a study of the petroleum exploration industry. Colorado: Colorado School of Mines, 1992 (Working Paper #92-9).

Walls M. R., Dyer J. S. Corporate Risk Tolerance and Capital Allocation: A Practical Approach to Implementing an Exploration Risk Policy. *Journal of Petroleum Technology*, p. 307-311, 1995.

Walls M. R., Dyer J. S. Risk Propensity and Firm Performance: A Study of the Petroleum Exploration Industry. *Management Science*, v. 42, n. 7, p. 1004-1021, 1996.

Anexo I – Metodologia de Análise Multivariada e Identificação de Grupos

Seja x_{jk} o valor da k -ésima variável relacionado ao j -ésimo participante da amostra, para um grupo que possui n participantes e p variáveis, tem-se a seguinte matriz de dados:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{j1} & x_{j2} & \dots & x_{jk} & \dots & x_{jp} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} \quad (\text{I.1})$$

Quando se dispõe ou se deseja trabalhar com uma grande quantidade de dados, a análise de certas grandezas que sumarizam o conjunto de dados inicial se faz necessária no sentido de tornar a análise mais simples e eficiente.

Seja $x_1, x_2, \dots, x_1, \dots, x_{n1}$ o vetor inicial de dados da k -ésima variável, tem-se que sua média aritmética é dada pela seguinte equação:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{jk} \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (\text{I.2})$$

Juntamente com a média, analisa-se a dispersão dos dados através da obtenção da variância das n medidas da k -ésima variável:

$$s_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_k)^2 \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (I.3)$$

Alguns autores definem a variância de uma amostra utilizando-se $n - 1$ ao invés de n no denominador da equação. Esta diferença é apropriada quanto se tem uma pequena quantidade n de participantes na amostra e conduz a uma estimativa não viciada da variância.

A medida da covariância entre duas variáveis (i e k) evidencia a associação linear existente elas, sendo que para $i = k$ a fórmula é a mesma da variância:

$$s_{ik} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_i) (x_{jk} - \bar{x}_k) \quad i = 1, 2, \dots, p \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (I.4)$$

Já o coeficiente de correlação entre duas variáveis mede a associação linear existente entre duas variáveis independentemente das unidades das mesmas.

$$\tilde{r}_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_i) (x_{jk} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_k)^2}} \quad i = 1, 2, \dots, p \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (I.5)$$

Com isso, a análise procede utilizando-se as matrizes da média, das covariâncias e variâncias e dos coeficientes de correlação linear.

Como afirmado anteriormente, um dos objetivos principais da análise multivariada é a transformação dos dados iniciais em variáveis secundárias no sentido de simplificar a análise a ser feita. Um dos métodos conhecidos se atingir tal objetivo é a obtenção das componentes principais. A característica principal destas variáveis secundárias, obtidas através de combinações lineares das variáveis principais, é possuir o poder explanatório das variáveis originais. As componentes principais são obtidas de acordo com a seguinte equação:

$$Y_i = e_i X^t \quad (I.6)$$

Esta obtenção deve obedecer as seguintes restrições:

$$\text{Var}(Y_i = e_i X^t) \text{ deve ser máxima} \quad (I.7)$$

$$e_i^t e_i = 1 \quad (I.8)$$

$$\text{Cov}(Y_i, Y_j) = 0 \quad \forall i < j \quad (I.9)$$

onde:

Y_i = i-ésima componente principal;

e_i = i-ésimo autovetor da matriz de variâncias e covariâncias;

e_i^t = i-ésimo autovetor transposto da matriz de variâncias e covariâncias;

X^t = matriz de dados transposta.

Seguindo-se esta análise, obtém-se a correlação entre a i-ésima componente e a k-ésima variável no sentido de se conhecer quais variáveis mais influenciam a componente:

$$\tilde{n}_{Y_i, X_k} = \frac{\text{cov}(Y_i, X_k)}{\sqrt{\text{var}(Y_i)\text{var}(X_k)}} \quad (I.10)$$

Conforme dito anteriormente, a obtenção de componentes principais torna possível a redução do número de variáveis estudadas sem se perder o poder explanatório das variáveis originais. Esta constatação pode ser feita de acordo com a seguinte equação:

$$w_i = \frac{\ddot{e}_i}{\sum_{i=1}^p \ddot{e}_i} \quad (\text{I.11})$$

onde:

w_i = proporção da variância total explicada pela i -ésima componente;

λ_i = autovalor da matriz de variância e covariância;

Uma importante observação que deve ser feita é o fato de que as variáveis consideradas neste trabalho possuem unidades e ordens de grandeza diferentes. Neste caso, se faz necessária a utilização da matriz dos coeficientes de correlação no lugar da matriz de variância e covariância na metodologia mostrada acima.

A definição dos grupos de empresas será feita através da metodologia de definição de *clusters*(grupos). Esta metodologia parte da obtenção da distância existente entre as variáveis consideradas, neste caso os coeficientes das componentes principais para cada empresa.

A equação I.12 é utilizada para o cálculo da distância Euclidiana entre dois pontos (empresas), para um espaço de q dimensões, está mostrada a seguir:

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_q - y_q)^2} \quad (\text{I.12})$$

onde:

$d(x,y)$ = distância euclidiana entre os pontos x e y ;

x_a, y_a = coordenadas cartesianas na dimensão a $a = 1, 2, \dots, q$

A partir da matriz de distâncias euclidianas entre as empresas utilizamos o método Elo Completo para definição de grupos. Considerando-se um conjunto de 5 pontos com a seguinte matriz de distâncias:

$$\begin{array}{c} 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \\ \left[\begin{array}{ccccc} 0 & & & & \\ 9 & 0 & & & \\ 3 & 7 & 0 & & \\ 6 & 5 & 9 & 0 & \\ 11 & 10 & 2 & 8 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

Os pontos 3 e 5 possuem a menor distâncias entre eles. Com isso, estes são agrupados formando um novo grupo (35). A matriz de distâncias atualizada está apresentada a seguir:

$$\begin{array}{c} 35 \ 1 \ 2 \ 4 \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & & & \\ 11 & 0 & & \\ 10 & 9 & 0 & \\ 9 & 6 & 5 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

Para a obtenção da matriz anterior, distância entre o grupo (35) e os demais pontos será dada pela Equação I.13, na qual (UV) representa o grupo (35) e W, os demais pontos:

$$d_{(UV)W} = \max \{ d_{UW} \ d_{VW} \} \tag{I.13}$$

onde:

$d_{(UV)W}$ = distância entre um grupo UV e o ponto W.

Uma vez obtida esta nova matriz, repete-se o procedimento inicial para se formar novos grupos. Concluída a fase de formação da formação dos grupos, obtém-se um gráfico chamado dendograma (Figura 3.1) no qual é possível observar no eixo x os pontos (empresas) e no eixo y a similaridade dos grupos. Esta similaridade é dada pela Equação I.14:

$$\text{Similaridade} = \frac{100(1-d_{ab})}{d_{\max}} \quad (\text{I.14})$$

onde:

Similaridade = medida do grau de semelhança entre os grupos;

d_{ab} = distância entre o grupo a e o grupo b;

d_{\max} = valor máxima da matriz inicial de distâncias entre os pontos.

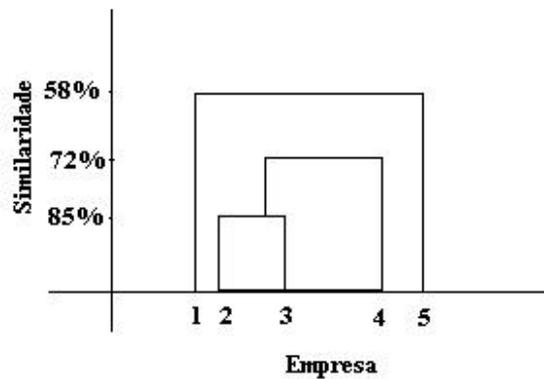


Figura I.1 : Representação esquemática de um dendograma

A análise do dendograma deve ser feita da seguinte maneira: estabelece-se a similaridade a qual os grupos devem possuir e observa-se quais grupos se encontram com similaridade acima deste valor. No caso apresentado acima, estabelecendo-se a similaridade de 70% como desejada, poderia-se considerar a formação de um grupo com as empresas 2, 3 e 4, enquanto as empresas 1 e 5 não estariam incluídas em nenhum grupo.

A análise do comportamento de uma determinada variável também pode ser feita utilizando-se uma série de medidas (observações) realizadas ao longo do tempo. Esta análise ocorre quando se deseja comparar os componentes da amostra incorporando-se as tendências das variáveis e suas variações ao longo do tempo. Com isso, considerando-se x_{jk} o valor da k -ésima variável relacionado ao j -ésimo participante da amostra, para um grupo que possui n participantes e p variáveis, sendo que para cada variável existem t medidas ao longo do tempo, tem-se a seguinte matriz de dados:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11(1,\dots,t)} & X_{12(1,\dots,t)} & \dots & X_{1k(1,\dots,t)} & \dots & X_{1p(1,\dots,t)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{j1(1,\dots,t)} & X_{j2(1,\dots,t)} & \dots & X_{jk(1,\dots,t)} & \dots & X_{jp(1,\dots,t)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{n1(1,\dots,t)} & X_{n2(1,\dots,t)} & \dots & X_{nk(1,\dots,t)} & \dots & X_{np(1,\dots,t)} \end{bmatrix} \quad (\text{I.15})$$

Uma vez coletados os dados, ajusta-se um polinômio à seqüência de dados ao longo do tempo para cada série de cada variável de cada participante da amostra. A equação geral de um polinômio de grau f é dada por:

$$y = \sum_{m=1}^f b_m x^m \quad (\text{I.16})$$

onde::

y = variável dependente;

b_m = coeficiente do m-ésimo termo x ;

x = variável independente.

A partir daí, reduz-se a quantidade de variáveis iniciais para as chamadas variáveis derivadas, ou seja, os coeficientes dos polinômios ajustados. Procede-se então a mesma análise multivariada apresentada anteriormente, sendo que agora as variáveis utilizadas para análise são as derivadas.

Anexo II – Diagrama de Juntas das variáveis para os grupos formados no Caso 1

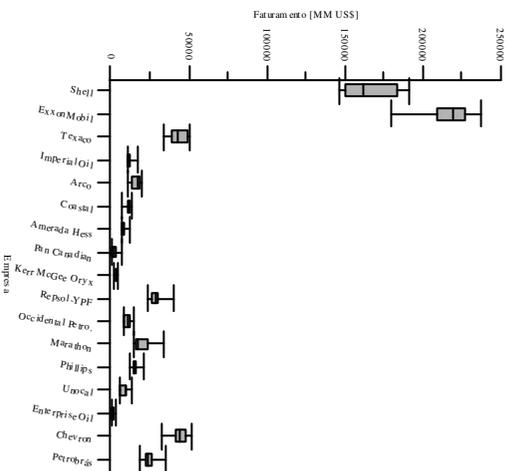


Figura II.1: Diagrama de Juntas da variável

Faturamento para os grupos formados no Caso I

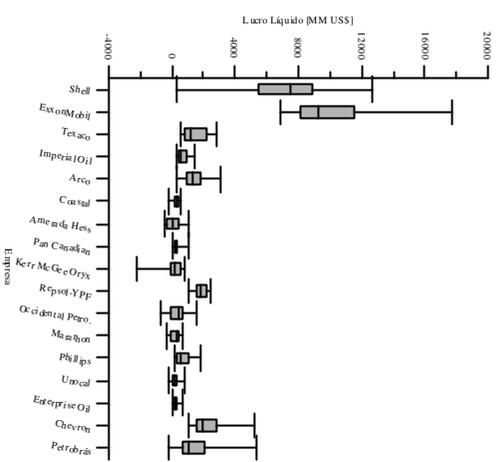


Figura II.2: Diagrama de Juntas da variável Lucro

Líquido para os grupos formados no Caso I

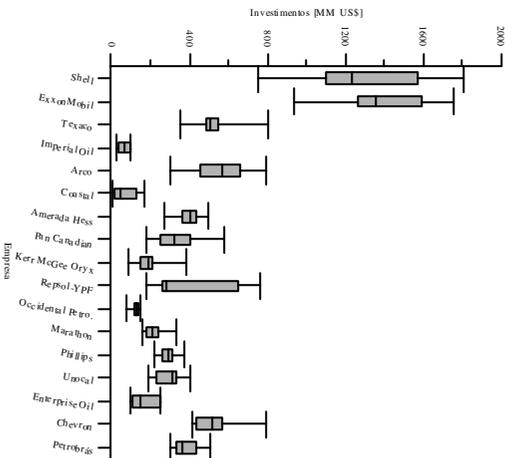


Figura II.3: Diagrama de Juntas da variável

Investimento para os grupos formados no Caso I

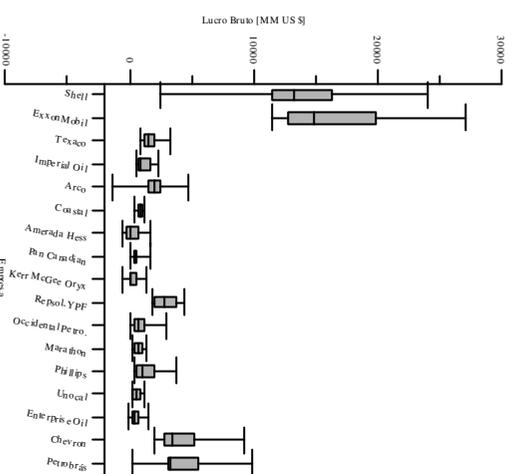


Figura II.4: Diagrama de Juntas da variável Lucro

Bruto para os grupos formados no Caso I

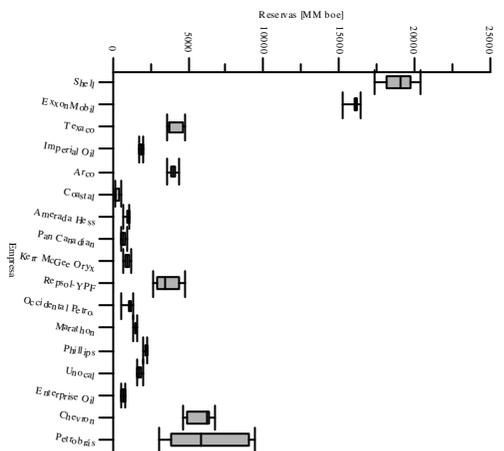


Figura II.5: Diagrama de Juntas da variável Reservas para os grupos formados no Caso 1

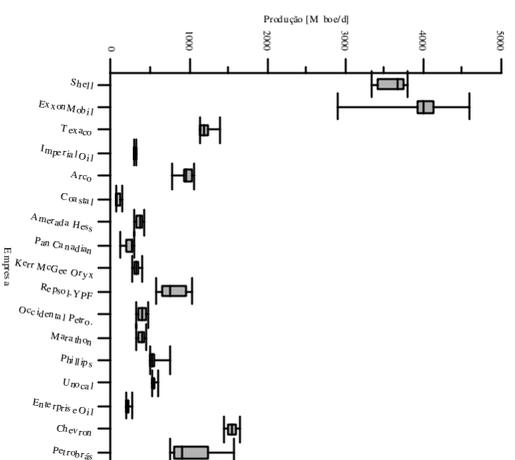


Figura II.6: Diagrama de Juntas da variável Produção para os grupos formados no Caso 1

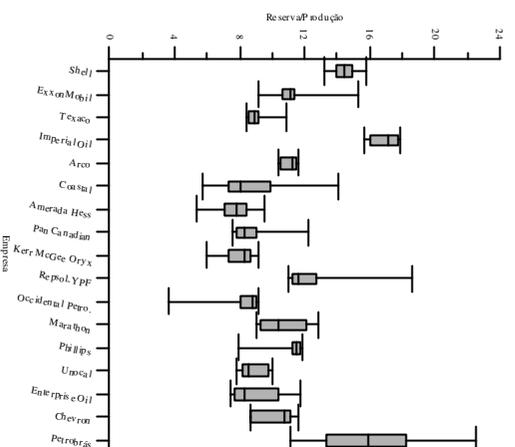
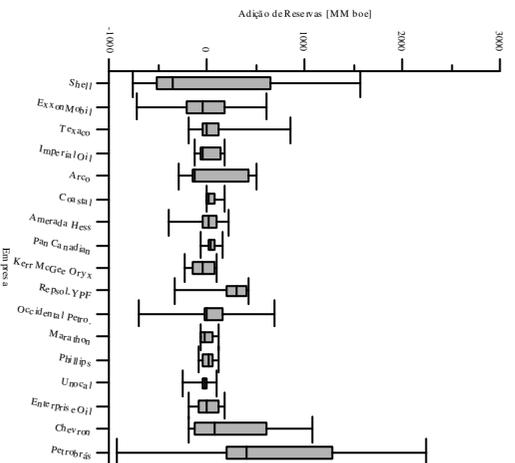


Figura II.7: Diagrama de Juntas da variável Adição de Reservas para os grupos formados no Caso 1

Figura II.8: Diagrama de Juntas da variável Reserva/Produção para os grupos formados no Caso 1

Anexo III – Diagrama de Juntas das Variáveis para os grupos formados no Caso 2

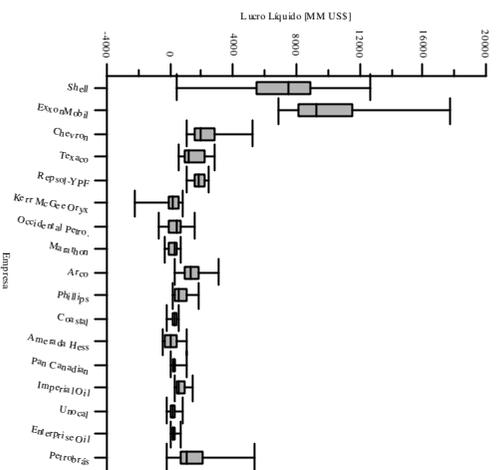
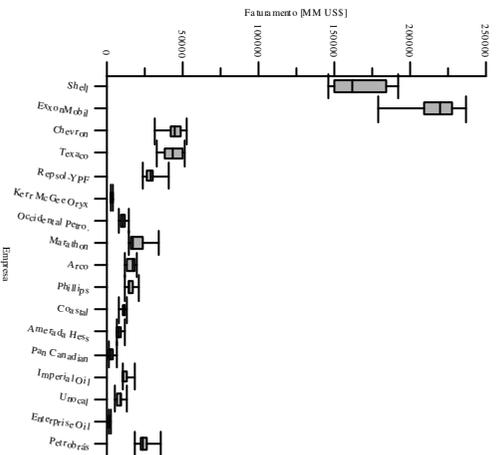


Figura III.1: Diagrama de Juntas da variável Faturamento para os grupos formados no Caso 2

Figura III.2: Diagrama de Juntas da variável Lucro Líquido para os grupos formados no Caso 2

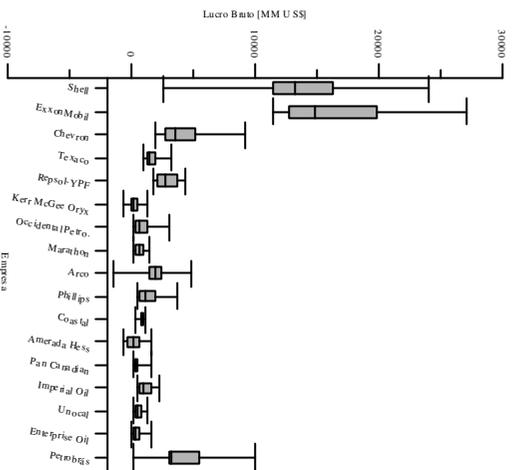
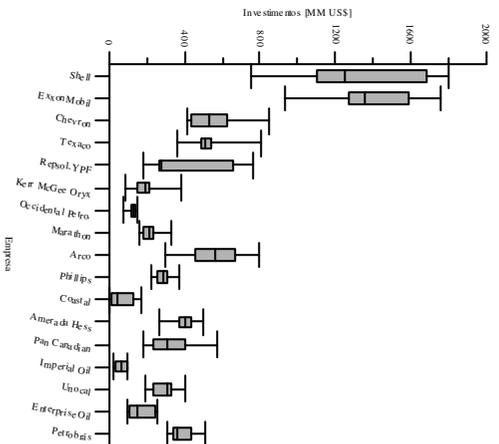


Figura III.3: Diagrama de Juntas da variável Investimento para os grupos formados no Caso 2

Figura III.4: Diagrama de Juntas da variável Lucro Bruto para os grupos formados no Caso 2

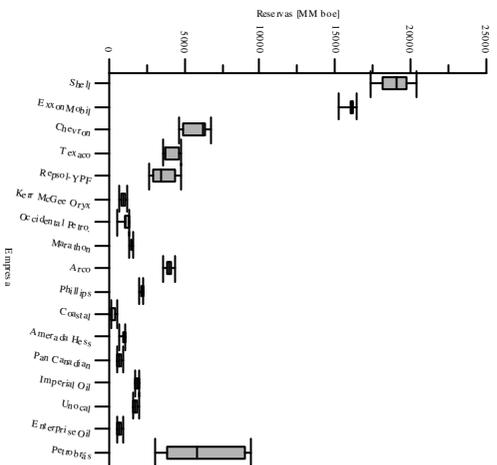


Figura III.5: Diagrama de Juntas da variável Reservas para os grupos formados no Caso 2

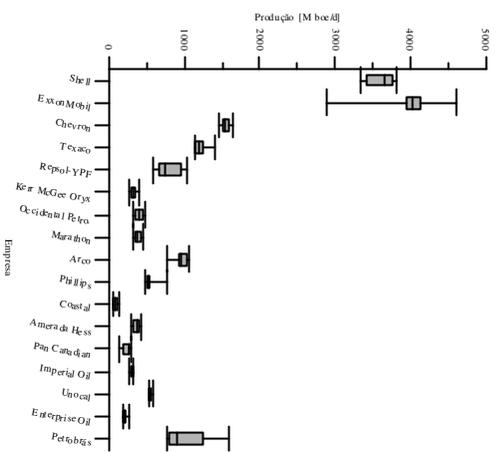


Figura III.6: Diagrama de Juntas da variável Produção para os grupos formados no Caso 2

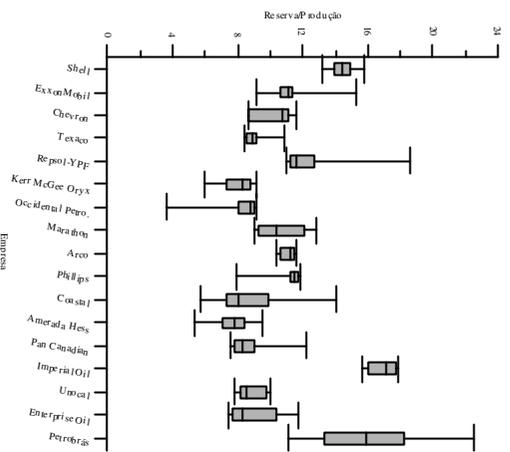
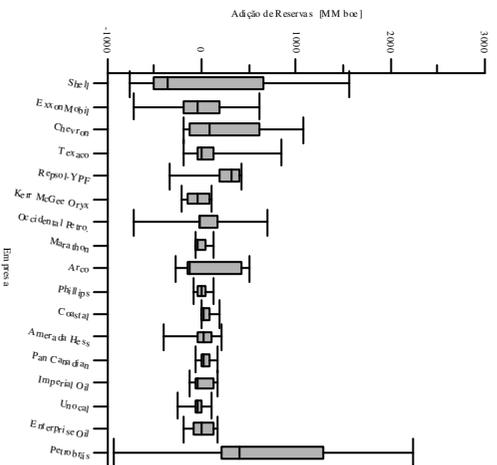


Figura III.7: Diagrama de Juntas da variável Adição de Reservas para os grupos formados no Caso 2

Figura III.8: Diagrama de Juntas da variável Reserva/Produção para os grupos formados no Caso 2

Anexo IV – Diagrama de Juntas das variáveis para os grupos formados no Caso 3

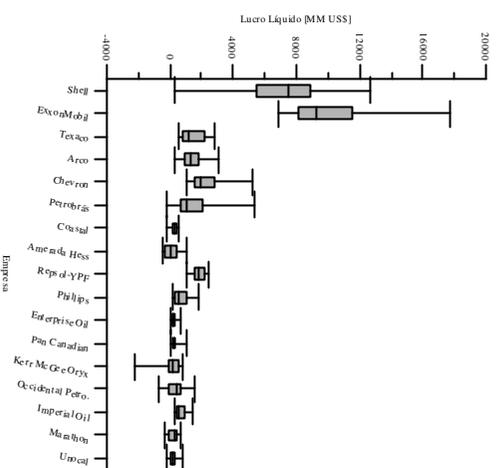
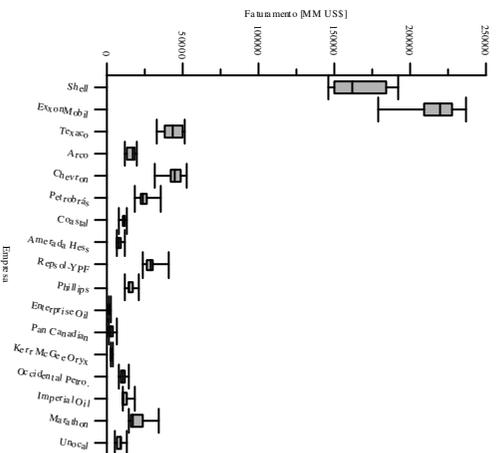


Figura IV.1: Diagrama de Juntas da variável Faturamento para os grupos formados no Caso 3

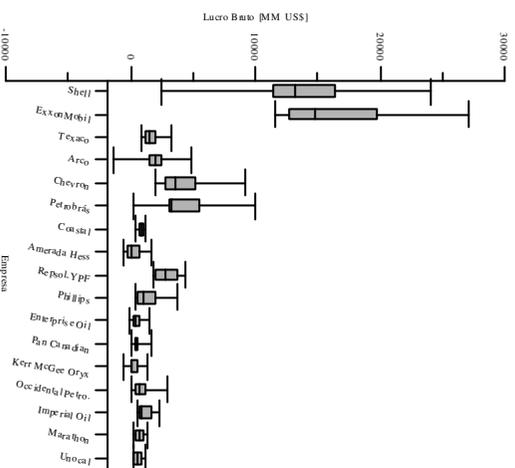
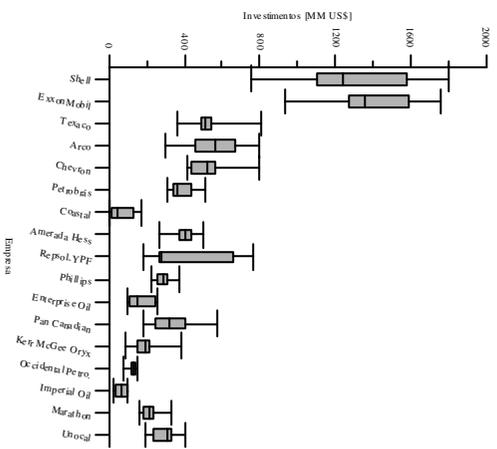


Figura IV.2: Diagrama de Juntas da variável Investimento para os grupos formados no Caso 3

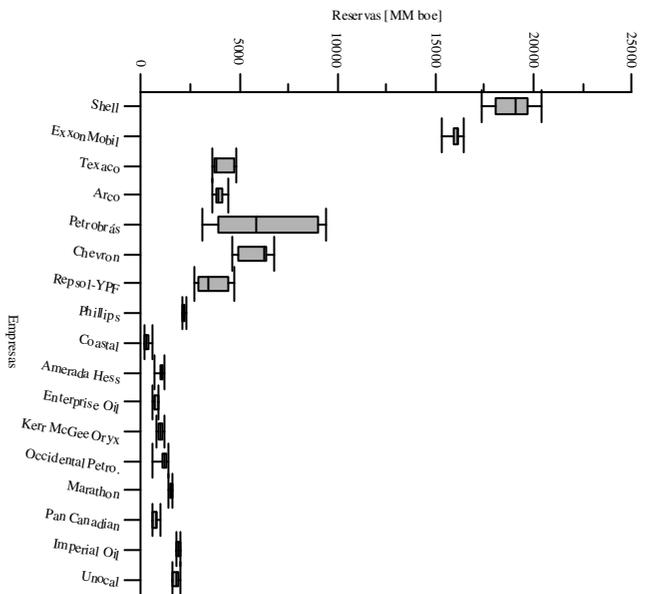


Figura IV.5: Diagrama de Juntas da variável Reservas para os grupos formados no Caso 3

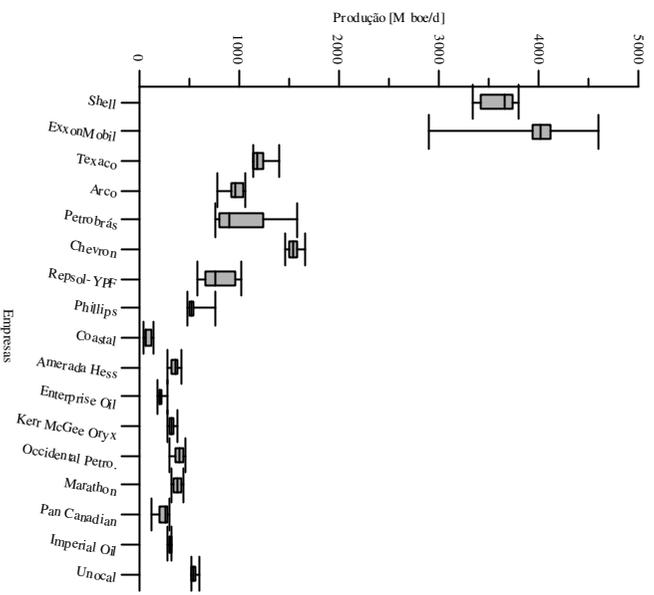


Figura IV.6: Diagrama de Juntas da variável Produção para os grupos formados no Caso 3

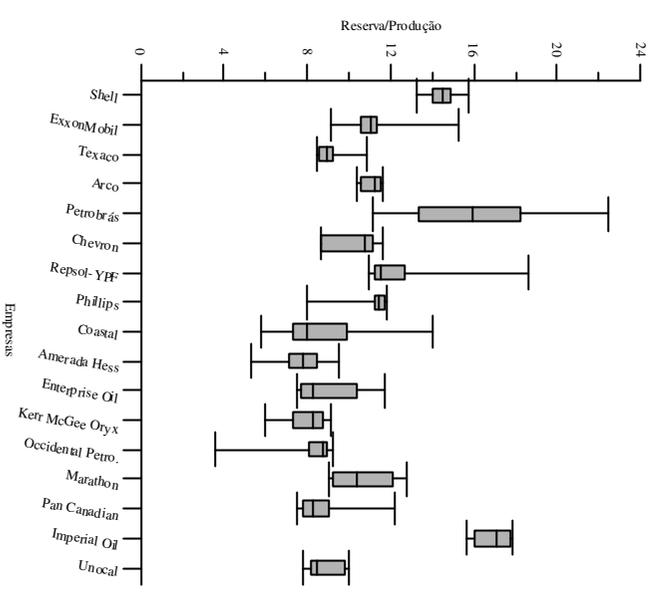
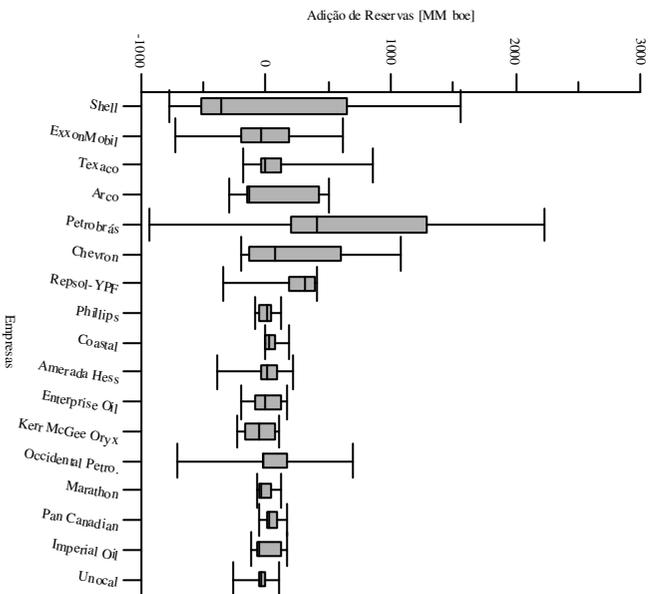


Figura IV.7: Diagrama de Juntas da variável Adição de Reservas para os grupos formados no Caso 3

Figura IV.8: Diagrama de Juntas da variável Reserva/Produção para os grupos formados no Caso 3

Anexo V – Tolerância ao risco – Empresas

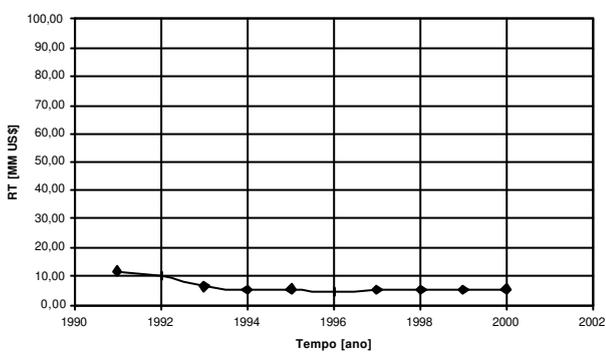


Figura V.1: Tolerância ao risco - Chevron

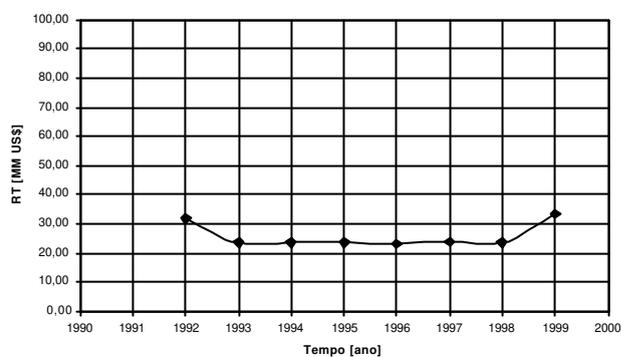


Figura V.2: Tolerância ao risco – Repsol-YPF

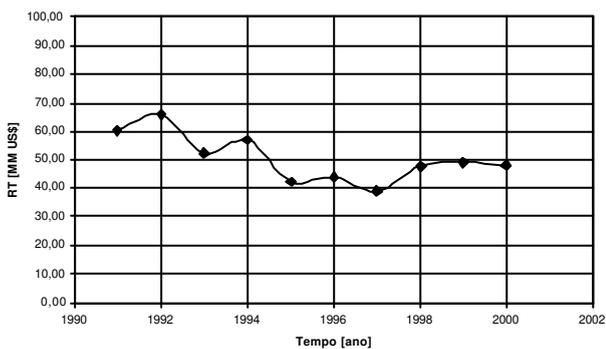


Figura V.3: Tolerância ao risco - Shell

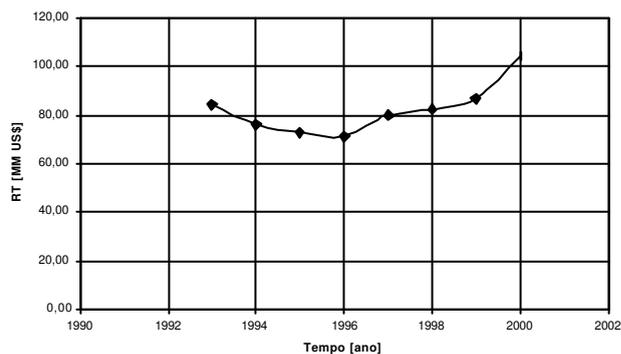


Figura V.4: Tolerância ao risco - Petrobras

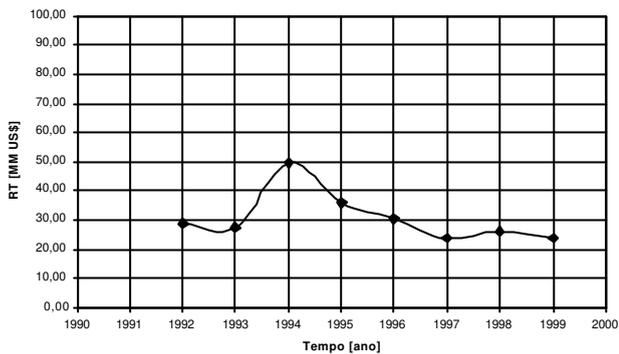


Figura V.5: Tolerância ao risco - Coastal

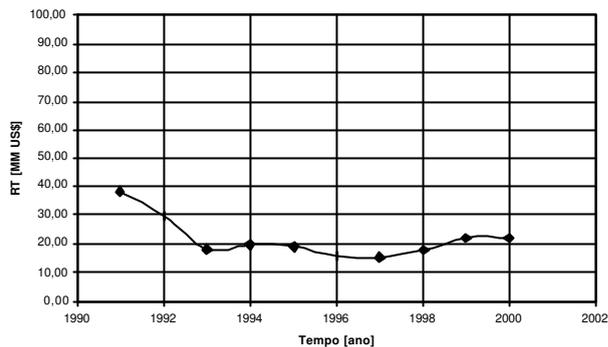


Figura V.6: Tolerância ao risco - Texaco

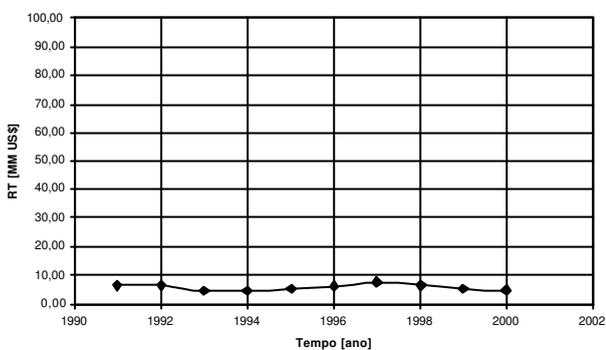


Figura V.7: Tolerância ao risco - Amerada Hess

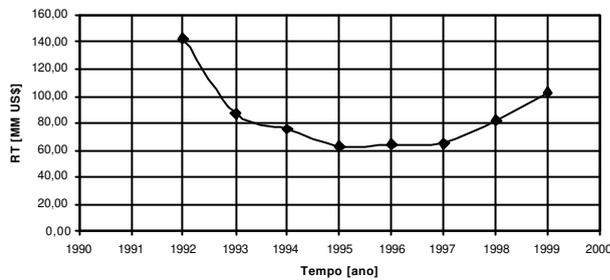


Figura V.8: Tolerância ao risco - Occidental Petro.

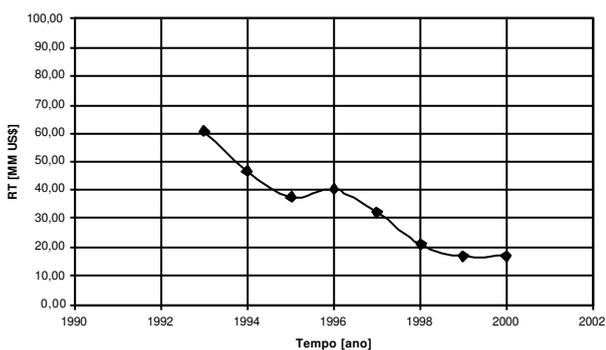


Figura V.9: Tolerância ao risco - Imperial

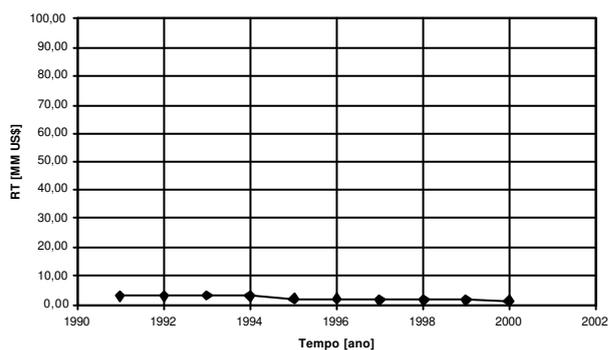


Figura V.10: Tolerância ao risco - Pan Canadian

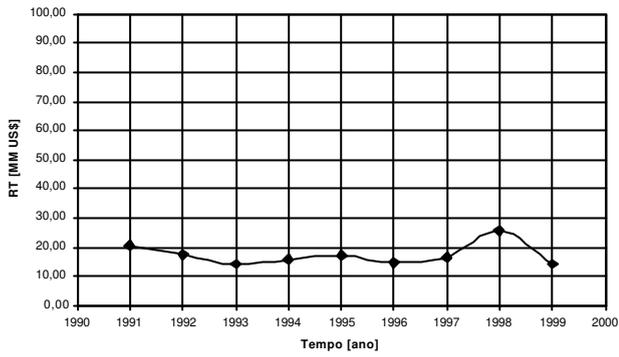


Figura V.11: Tolerância ao risco - Marathon

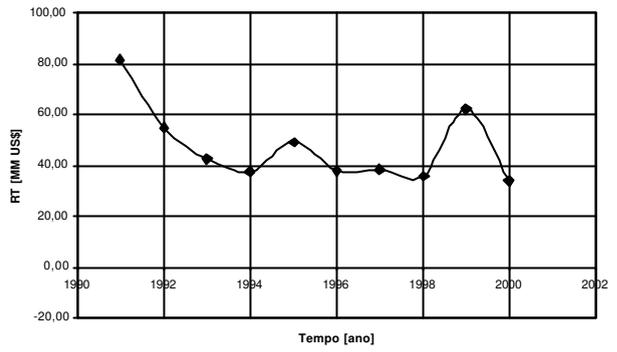


Figura V.12: Tolerância ao risco - Kerr McGee
Oryx

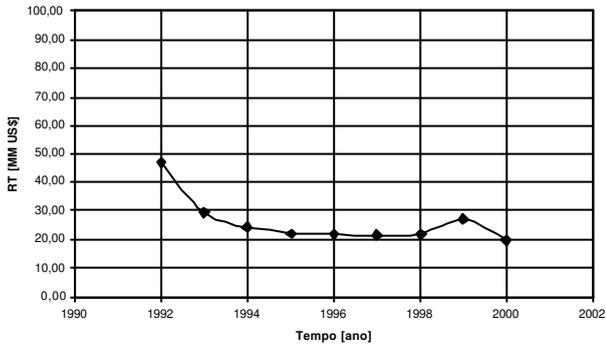


Figura V.13: Tolerância ao risco - ExxonMobil

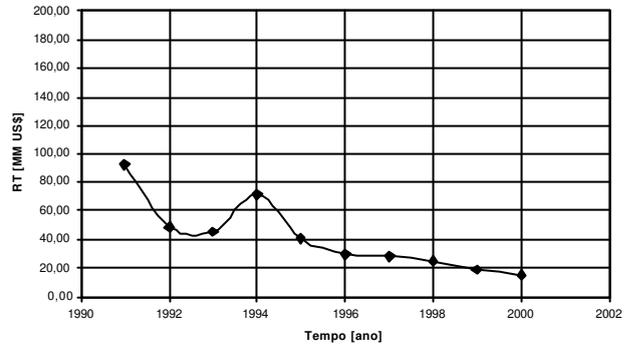


Figura V.14: Tolerância ao risco - Arco

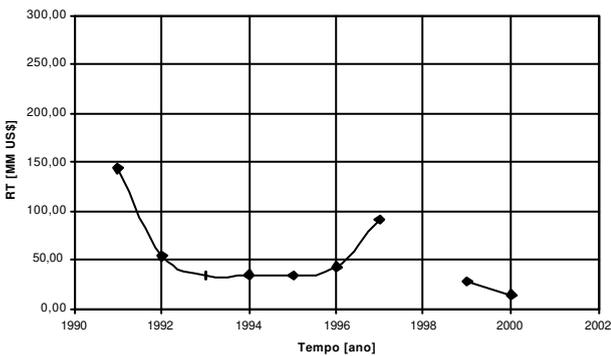


Figura V.15: Tolerância ao risco - Phillips

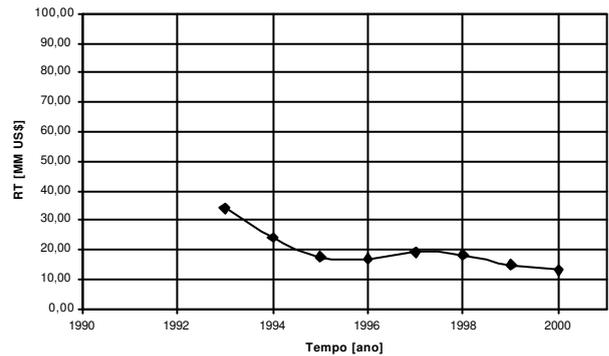


Figura V.16: Tolerância ao risco - Unocal

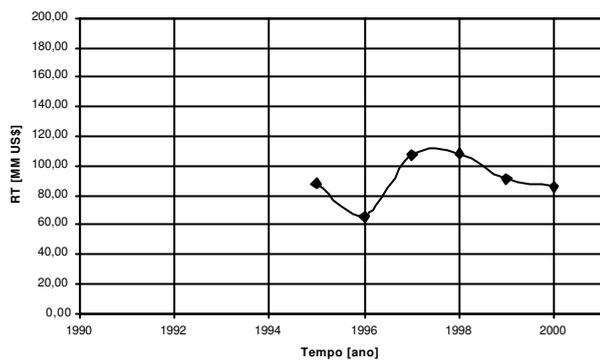


Figura V.17: Tolerância ao risco - Enterprise Oil