

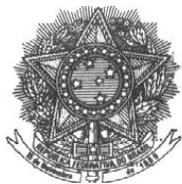
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO

A PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DE RENDA VARIÁVEL NO
MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO:
Uma Visão Comparativa entre a *Arbitrage Pricing Theory* e o *Capital Asset*
Pricing Model

ALEXANDRE WERNERSBACH NEVES

BELO HORIZONTE

2001



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração
Curso de Mestrado em Administração



ALEXANDRE WERNERSBACH NEVES

**A PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DE RENDA VARIÁVEL NO
MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO:**

Uma Visão Comparativa entre a *Arbitrage Pricing Theory* e o *Capital Asset Pricing Model*

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CENTRO
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM
ADMINISTRAÇÃO - CEPEAD - DA
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS -
FACE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS - UFMG, COMO REQUISITO
PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ADMINISTRAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FINANÇAS E
CONTABILIDADE.

ORIENTADOR: PROF. DR. HUDSON
FERNANDES AMARAL

BELO HORIZONTE
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS DA UFMG

2001

Neves, Alexandre Wernersbach

A precificação de ativos de renda variável no mercado de capitais brasileiro: uma visão comparativa entre Arbitrage Pricing Theory e o Capital Asset Pricing Model. – Belo Horizonte: UFMG / FACE, 2001. 224 p.

Orientador: Hudson Fernandes Amaral.
Dissertação (Mestrado) – UFMG / FACE.
Bibliografia

1. Mercado de capitais – Brasil. 2. Sistema financeiro – Brasil. I.
Amaral, Hudson Fernandes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. III.
Título

CDU: 336.76 (81)

Aos meus pais, Custódio e Theresinha, aos meus irmãos, Arthur e Lívia, a minha esposa, Neiva Buaiz e ao meu amigo, Eduardo Zanoteli.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste estudo só foi possível graças ao apoio de diversas pessoas. A todas elas, o meu reconhecimento e minha gratidão. Mesmo que incorra em alguma omissão, ainda que involuntária, registro meus agradecimentos especiais:

- Aos meus pais e irmãos, que suportaram meu mau humor nos momentos difíceis e contribuíram com forças para meu crescimento.
- À minha esposa, Neiva Lima dos Santos Buaiz Wernersbach, pela compreensão diante dos momentos em que faltei em sua vida.
- Ao amigo e Prof. Eduardo José Zanoteli, pelo amor fraternal e pelas energias, que contribuíram para meu crescimento emocional e intelectual; pela amizade e tolerância em todos os momentos difíceis que atravessei. Posso afirmar que ele é um grande irmão mais novo.
- Ao meu orientador, Prof. Hudson Fernandes Amaral, pela disponibilidade, orientação, zelo e paciência na fase mais difícil de minha vida. Esses atributos foram essenciais para a conclusão deste trabalho.
- À Prof^a. Renata França, pelo auxílio e presteza durante o trabalho de dissertação, que foram fundamentais para o resultado final do trabalho.
- Aos funcionários do CEPG, que toleraram meus estados de graça.
- À Ednéia, que cuidou de mim durante boa parte desta jornada.
- Aos colegas do mestrado, pela companhia e incentivos.
- A Jesus, pelos diversos momentos de reflexão que me proporcionou; e aos sábios espíritos, por estarem junto a mim em todos os momentos ontem, hoje e sempre.

Cada um pode oferecer a sua melhor parte,
doar a mais importante quota que, em palavras
simples e plenas, é o amor

Joanna de Angelis

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	09
1.1. Definição do tema	11
1.2. Objetivos.....	11
1.2.1. Geral	11
1.2.2. Específicos.....	12
1.3. Organização do trabalho	12
CAPÍTULO 2: RETORNO, RISCO E MERCADO EFICIENTE	14
2.1. Retorno	14
2.2. Risco	15
2.2.1. Classificação de risco	16
2.2.2. Diversificação	17
2.3. Risco e retorno	18
2.4. Mercado Eficiente	20
CAPÍTULO 3: CAPITAL ASSETS PRICING MODEL (CAPM)	23
3.1. O modelo	25
3.2. Fronteira eficiente	28
3.3. A demonstração do modelo	36
3.4. A validade empírica do CAPM	39
3.5. Os limites dos testes empíricos do CAPM	47
CAPÍTULO 4: ARBITRAGE PRICING MODEL (APT)	51
4.1. O modelo	52
4.2. A validação e os limites dos testes empíricos do APT	57

CAPÍTULO 5: METODOLOGIA	62
5.1. Tipo de pesquisa	62
5.2. Variáveis	62
5.2.1. Carteira de mercado (IBOVESPA)	62
5.2.2. Ativo livre de risco	65
5.2.3. Fatores macroeconômicos	67
5.3. Dados Pesquisados.....	69
5.4. Fontes de Dados Pesquisados.....	70
5.5. Amostra	70
5.5.1. Formação das Carteiras para Análise.....	70
5.6. Metodologia para o APT	74
5.6.1. A Identificação dos Fatores	75
5.6.2. A Medida do Prêmio de Risco	76
CAPÍTULO 6: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	80
6.1. Resultado do CAPM	80
6.2. Resultado do APT	86
6.2.1. Determinando o Número de Ativos e da Carteira	88
6.2.2. Rotação Ortogonal Varimax.....	88
6.2.3. Análise Fatorial de Risco	89
6.2.4. Análise Cross-sectional	90
6.2.5. A Equação pelo APT	92
CAPÍTULO 7: CONCLUSÃO	93
7.1. Sugestões	99
APÊNDICES:	102
APÊNDICE 1: Tabelas do CAPM	114
APÊNDICE 2: Tabelas do APT	206
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	221

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Nesta introdução, são desenvolvidas considerações preliminares a respeito deste trabalho. A seguir, define-se o tema do estudo e apresentam-se as justificativas, os objetivos e, finalmente, a forma pela qual o trabalho está organizado.

O mercado de capitais têm merecido nos últimos anos uma atenção especial do seu público alvo. As crises nos mercados asiáticos, soviético e argentino, a recessão americana dentre outros fatores têm proporcionado sucessivas quedas das Bolsas de Valores em todo o mundo. Em alguns casos, governos foram obrigados a adotar medidas econômicas, monetárias, cambiais e fiscais protecionistas de urgência para afastar suas economias de efeitos globais desastrosos.

O ambiente de instabilidade das bolsas de valores é histórico. Podemos lembrar a quebra da Bolsa de Nova York em 1929, que implicou em sérias repercussões na vida das pessoas. Podemos lembrar também as instabilidades proporcionadas pelas Bolsas americanas em 1987, pelas Bolsas latino-americanas em 1994, pelas Bolsas brasileiras em 1998, pela Nasdaq americana em 1999 e tantos outros exemplos.

Devido à importância crescente dos mercados financeiros e de capitais e, principalmente, em função do aumento significativo no volume de negócios, que, segundo Santos (1997), tem crescido mais rapidamente que a renda nos países desenvolvidos, pesquisadores de todas as correntes têm dedicado atenção crescente ao mercado de capitais, quer ele esteja em crise ou não.

Segundo Alcântara (1980), nos últimos vinte anos vem ocorrendo uma verdadeira revolução nos conceitos associados ao campo das finanças. Porém, segundo o autor, as perguntas básicas, questionadas pelo mercado financeiro e de capitais, continuam as mesmas:

1) Como devem ser avaliados os ativos reais e os ativos financeiros?

- 2) *Será que o mercado de capitais, por meio da transação de títulos, representa de forma adequada a alocação dos recursos escassos da economia?*
- 3) *As formas de financiamento da empresa alteram ou não o seu valor?*
- 4) *O que significa risco? Como este conceito pode ser incorporado ao processo de tomada de decisões?*

Com o intuito de responder a estas perguntas, as pesquisas nos últimos cinquenta anos geraram, segundo Brigham (1999), um movimento rumo à ampliação da análise teórica. O foco, tradicionalmente na área financeira, deslocou-se para as decisões de escolha de ativos e passivos, com o objetivo de maximizar a riqueza do investidor.

Neste período é formulada a Moderna Teoria de Carteiras desenvolvida por Markowitz, em 1952. O grande avanço verificado neste estudo consistiu na análise de dependência entre o risco e o retorno. A partir daí outras teorias tentaram responder àquelas perguntas. Dentre os diversos modelos, podemos destacar: Capital Asset Pricing Model (CAPM), desenvolvido por Sharp (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), e à Arbitrage Pricing Theory (APT), desenvolvido por Ross (1976, 1977).

Conforme descreve Corrêa (1997):

[...] enquanto o CAPM atribui todo o risco sistemático a um único fator, a carteira de mercado, a APT, postula que o retorno de um ativo é função de um conjunto de fatores econômicos, isto é, o risco sistemático pode ser causado por um, dois ou mais fatores simultaneamente.

Ou seja, um único fator não conseguiria captar a parcela substancial de risco ao qual o ativo estaria vinculado.

Segundo Berenice (1998), a APT é uma teoria mais complexa de ser aplicada, principalmente em função do desconhecimento da quantidade e qualidade dos fatores que afetam o risco,

tornando necessário efetuar testes empíricos para que se possa achar respostas para tais questões.

Não podemos acreditar que essas teorias consigam explicar as quatro questões introdutórias. A crescente preocupação com a volatilidade das Bolsas de Valores constitui fator preponderante na busca de uma forma de avaliar a eficiência do mercado acionário. O desempenho das Bolsas de Valores reflete as variações das expectativas dos investidores em relação ao crescimento das empresas e, principalmente, ao crescimento econômico do mercado. Segundo Silva (1996), quando os mercados acionários refletem nos preços dos seus ativos toda informação relevante sobre as empresas neles negociadas, eles são chamados de eficientes e bons previsores.

1.1. Definição do Tema

O objetivo central deste trabalho é analisar os modelos de precificação de ativos *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) e *Arbitrage Pricing Theory* (APT) no mercado brasileiro após a implementação do Plano Real, a partir de julho de 1994, até junho 2000. Também se pretende comparar os resultados e verificar se o CAPM constitui uma alternativa mais apurada para a avaliação de ativos. Para tanto, esses modelos são testados, buscando identificar quantos são e qual é a natureza das fontes de risco às quais os retornos dos ativos estariam relacionados, sendo utilizada a técnica estatística de Correlação e Regressão de Multivariáveis (Mínimos quadrados, Verossímil, Cross-sectional e Ortogonal Varimax).

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Em primeira instância, comparar empiricamente os princípios básicos do CAPM e da APT, testando a eficiência de cada um desses modelos de precificação financeira no mercado de capitais brasileiro. Em segunda instância fornecer subsídios que contribuam para um melhor entendimento do mercado de capitais brasileiro.

1.2.2. Específicos

A fim de que o objetivo geral do presente estudo possa ser alcançado, há a necessidade de segmentá-lo em objetivos específicos:

- a) Validar os modelos CAPM e APT no mercado brasileiro.
- b) Questionar, em nível do país, a aplicabilidade das teorias do CAPM e APT.
- c) Determinar o número e os fatores de rendimento.
- d) Verificar a existência de prêmios de risco associados aos fatores.
- e) Comparar as performances da APT e do CAPM.

1.3. Organização do Trabalho

O estudo está estruturado em sete capítulos. Esta Introdução constitui o primeiro capítulo.

O Capítulo 2 faz uma breve abordagem sobre a teoria de análise de risco e das estatísticas, e discute medidas de risco, classificação dos riscos e mercado eficiente.

O capítulo 3 analisa o modelo CAPM. Nele, procura-se trabalhar sua base teórica, inclusive citando hipóteses fundamentais, bem como os conceitos de carteira eficiente e do beta (β) – coeficiente de volatilidade dos retornos de um título com relação aos retornos do mercado como um todo –, que é uma das mais importantes bases deste modelo.

O Capítulo 4 enfoca o modelo APT, procurando trabalhar com a base teórica do modelo, inclusive com relação às suas hipóteses básicas. Outro aspecto importante discutido refere-se aos fatores do APT, ao nível tanto de sua escolha quanto da exemplificação daqueles de natureza macroeconômica mais largamente utilizados. Cita-se a alternativa de uso dos fatores do APT, que consiste no cálculo dos próprios ativos negociados na Bolsa, classificando-os em cestas de ativos, que seriam aqueles a serem usados na APT.

O Capítulo 5 faz a comparação teórica entre os dois modelos em questão. Primeiro, realiza-se uma análise das desvantagens de cada um, focando os problemas ou principais particularidades que devem ser lembradas quando da utilização de cada modelo. Em seguida,

tecem-se considerações gerais sobre as diferenças entre os dois modelos e sobre as razões ou causas dessas diferenças.

O Capítulo 6 traz os testes empíricos realizados com os modelos CAPM e APT, revelando-se como a parte prática deste trabalho.

O Capítulo 7 apresenta a conclusão final do trabalho.

Por fim, apresentam-se os Apêndices e as Referências Bibliográficas.

CAPÍTULO 2

RETORNO, RISCO E MERCADO EFICIENTE

Há décadas, o mundo acadêmico (Área de Finanças) vem se debatendo com as diversas variáveis que compõem o cálculo do valor de um ativo, conhecido como *valor intrínseco* ou *preço justo*. A partir de 1952, com o desenvolvimento da *Moderna Teoria de Carteiras* criada por Markowitz, inicia-se um movimento rumo à ampliação da teoria financeira. Ocorre, de imediato, uma mudança de foco na administração financeira: passa-se das decisões administrativas para as decisões de escolha de ativos e passivos, com o objetivo de maximizar o valor da empresa. Poderíamos dizer: o valor dos investimentos.

Para podermos avaliar a maximização da riqueza, é importante analisar os dois principais determinantes do preço de um investimento: retorno e risco. O relacionamento destas duas variáveis constitui um dos aspectos mais controvertidos no campo de finanças e um dos principais pontos na avaliação de ativos.

Segundo Alcântara (1980, p. 31), ...

[...] a mensuração desses dois componentes, risco e retorno, é também uma das tarefas primordiais dos analistas de mercado, e o resultado dessa mensuração é ingrediente crucial na construção e formação das carteiras de títulos.

2.1. Retorno

Segundo Ferreira (1988, p. 562), retorno é definido como o ...

[...] total das importâncias recebidas, por pessoa física ou jurídica, durante certo período, como remuneração de trabalho ou prestação de serviços, ou como lucro de transações comerciais ou financeiras, de investimentos de capital, etc.; retorno. Eficiência relativa no desempenho de determinada função ou tarefa.

Para Gitman (1997, p. 203), ...

[...] o retorno sobre um investimento é medido como o total de ganhos ou prejuízos dos proprietários decorrentes de um investimento durante um determinado período de tempo.

Ross (1995) esclarece que retorno esperado é aquele que um indivíduo espera que uma ação possa proporcionar no próximo período. Esta expectativa pode ser o retorno médio que o título teve no passado ou ser fruto de informação especial ou privilegiada.

Amaral (1994), citado por Lucca (1999, p. 6), define retorno como o ...

[...] prêmio esperado pelo agente econômico que cede parte de sua poupança para outro agente que possua um déficit em sua poupança.

O retorno pode ser entendido como sendo o preço de transferência de ativos no tempo. Isto é, pode ser mensurado por meio da variação do preço do ativo no tempo. Existem diversas formas para precificar os ativos, as quais tornam grandes incógnitas nos mercados de capitais, principalmente devido ao grande número de variáveis que já contêm. Por exemplo: forças da oferta e da demanda e políticas monetárias e cambiais.

2.2. Risco

Segundo Ferreira (1988, p. 573), risco é definido como *[...] perigo ou possibilidade de perigo, possibilidade de perda ou responsabilidade pelo dano*. Assim, risco se refere à possibilidade de ocorrer uma dispersão (desvio) do evento esperado.

Para Gitman (1997, p. 202), *[...] risco pode ser definido como a possibilidade de prejuízo financeiro*. A partir desta definição, podemos concluir: os investimentos que possuem maior possibilidade de prejuízo apresentam riscos maiores, e vice versa. Porém, o risco é mais visto como o desvio do valor esperado, isto é, a variabilidade de retornos esperados associados a investimentos.

Ross (1995), defende que risco é o grau de dispersão de uma distribuição de frequências de retornos, isto é, quanto um dado retorno pode afastar-se do retorno médio.

Amaral (1994), citado por Lucca (1999, p. 7), define risco como a ...

[...] variabilidade, apresentada historicamente ou projetada, que um determinado ativo econômico possui. Grandes variabilidades implicam alto risco, enquanto baixas variabilidades implicam em baixo risco. O risco é uma medida que pode ser estatisticamente medida através de medidas de variação.

Segundo Stevenson (1988, p. 174), risco é o ...

[...] fator probabilístico que designa a um resultado possível quando o tomador de decisão conhece todos os resultados possíveis de uma determinada decisão. Há incerteza quando o tomador de decisão conhece todos os resultados possíveis mas, por alguma razão, não pode atribuir probabilidades a tais resultados. Ignorância parcial é a condição na qual todos os possíveis resultados são desconhecidos.

2.2.1. Classificação de Risco

Para Sharp (1972), citado por Corrêa (1997) o risco total (σ_t) de um título individual (ou de uma carteira) é o resultado de uma combinação do risco não diversificável (sistemático - σ_s) com o risco diversificável (não sistemático - σ_{ns}).

$$\mathbf{S}_t = \mathbf{S}_s + \mathbf{S}_{ns} \quad \text{Fórmula 2.1}$$

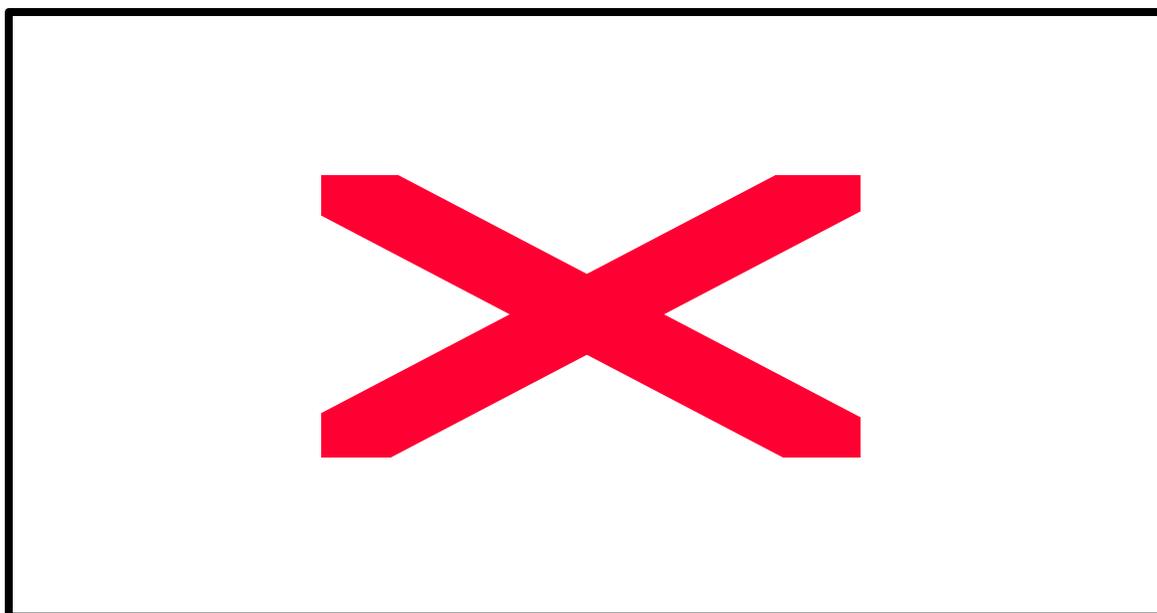
O risco sistemático afeta qualquer ativo constante no mercado global, pois representa todos os fatores macroeconômicos constantes neste mercado. Por exemplo: inflação, guerras, recessões e taxas de juros altas. Desta forma, entende-se que não pode ser eliminado por meio da diversificação.

O risco não sistemático é atribuído a um ativo específico. Podemos dizer que representam fatores microeconômicos. Por exemplo, processos judiciais e greves que ocorrem em uma determinada empresa são riscos que não são comuns a outras. Desta forma, entende-se que pode ser eliminado por meio da diversificação.

2.2.2. Diversificação

Brigham (1999, p. 174) cita que de acordo com pesquisas realizadas na NYSE (Bolsa de Valores de Nova York), à medida que a quantidade de ações em uma carteira aumenta, o grau de risco tende a declinar e a se aproximar de um limite. O desvio padrão desta carteira ficaria em torno de 35%. Uma carteira composta por todos os títulos existentes no mercado (carteira do mercado) teria, estatisticamente, desvio padrão de 20,6%. Com base nestes fatores, concluiu-se que quase metade do grau de risco inerente a uma ação individual pode ser eliminada se a ação for mantida em uma carteira bem diversificada, isto é, entre 25 e 40 ações, conforme podemos verificar no gráfico 2.1.

GRÁFICO 2.1: Redução do Risco



Fonte: GITMAN, Laurence J., *Princípios de Administração Financeira*. 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997

De acordo com Sharpe (1972), citado por Corrêa (1997) uma carteira bem diversificada é aquela que possui ativos cujos riscos diversificáveis são regidos por fatores diferentes. Por exemplo: uma empresa do ramo de diversões, do ramo automobilístico, outra do ramo agrícola, etc.

Sears; Trennepohl (1993) esclarecem que uma diversificação efetiva envolve a inclusão de ativos que apresentam baixos níveis de correlação com os retornos daqueles existentes na carteira. Conseqüentemente, serão exigidas menores taxas de retornos, pois seus efeitos redutores sobre o risco total da carteira compensariam a manutenção desses títulos.

Gitman (1997) afirma que o investidor pode criar uma carteira de ativos que minimizará ao máximo todo o risco diversificável, de forma que o único risco relevante será o risco não diversificável (sistemático).

2.3. Risco e Retorno

O risco e o retorno podem estar relacionados a um único ativo ou a uma carteira de ativos. Este estudo enfoca o problema da avaliação do risco e do retorno em uma carteira de ativos, principalmente em função de que o risco de qualquer proposta de investimento em um único ativo não deveria ser visto como independente de outros ativos.

A base da criação de carteiras eficientes é a correlação entre os ativos. A correlação é uma medida de relação mútua entre uma série de números, representando dados de qualquer tipo. O grau de relacionamento entre duas variáveis contínuas é sintetizado por um coeficiente de correlação conhecido como “*r de Pearson*”.

O coeficiente de correlação tem duas propriedades que caracterizam a natureza de uma relação entre duas variáveis. Uma é o seu sinal (+ ou -) e a outra é a sua magnitude. O sinal é o mesmo que o coeficiente angular de uma reta imaginária que se ajustasse aos dados se fosse traçada num diagrama de dispersão, e a magnitude de r indica quão próximos da reta estão os pontos individuais. Por exemplo, valores próximos de $-1,00$ ou $+1,00$ indicam que os valores estão muito próximos da reta, ou mesmo sobre a reta, enquanto que os valores

mais próximos do 0 sugerem maior dispersão (Stevenson, 1981, p. 368-369)

Desta forma, conclui-se que um relacionamento positivo (r é +) entre duas variáveis indica que a valores altos (baixos) de uma das variáveis correspondem valores altos (baixos) da outra. Um relacionamento negativo (r é -) entre duas variáveis indica que a valores altos (baixos) de um variável correspondem valores baixos (altos) da outra. Por fim, um relacionamento zero ($r \approx 0$) indica que alguns valores altos estão em correspondência com valores baixos e outros estão em correspondência com valores altos.

A base de cálculo da correlação compreende o retorno e o desvio padrão da carteira. Pode-se definir retorno de uma carteira como sendo a média ponderada de retornos dos ativos individuais que compõem a carteira. O desvio padrão é o indicador estatístico mais comum do risco de um ou mais ativos, o qual mede a dispersão em torno do valor esperado. Entende-se por valor esperado o retorno mais provável de um ativo ou de uma carteira de ativos.

Para diminuir os efeitos da correlação entre os investimentos ou ativos de uma carteira, é necessário diversificar. Nossas avós já diziam: *Nunca coloquem todos ovos em apenas uma cesta*. Adaptando este raciocínio à linguagem financeira: é melhor combinar ativos à carteira que tenham um comportamento negativo moderado. Por quê?

Para ser eficiente na administração de investimentos, é preciso criar carteiras eficientes, isto é, carteiras que maximizem retornos para um determinado nível de risco ou minimizem o risco para um dado nível de retorno. Segundo Gitman (1997, p. 215), ...

[...] a criação de uma carteira pela combinação de dois ou mais ativos que possuem retornos com correlação positiva perfeita não pode reduzir o risco total da carteira abaixo do risco do ativo de risco mínimo. Alternativamente, uma carteira combinando dois ativos que apresentam correlações menores que positivas perfeitas pode reduzir o risco a um nível abaixo que qualquer de seus componentes, o qual em determinadas situações pode ser zero.

Em geral, quanto menor for a correlação entre os ativos de uma carteira, menor será o nível de risco entre os retornos desta carteira.

2.4. Mercado Eficiente

É função do mercado precificar o valor dos títulos que estão sendo negociados. O processo de oferta e demanda – realizado pelo mercado – é que dita as bases para esta precificação. As demandas e ofertas de um título variam em função das informações disponíveis acerca da empresa emitente do título e de como os agentes mercacionais analisarão e processarão essas informações.

Estas informações podem ser obtidas de diversas fontes: boletins de informações trimestrais, demonstrações financeiras anuais expedidas pelas sociedades anônimas de capital aberto, reportagens divulgadas pela imprensa (rádio, jornal, revistas técnicas, televisão, etc.), informações diversas obtidas na informalidade, dados históricos dos retornos proporcionados pelos papéis, previsões futuras de dados macroeconômicos que geram impactos nas operações da empresa e sensibilidade do investidor. Quando o valor do título incorpora todas estas informações, diz-se que o investidor está diante de um mercado eficiente.

Segundo Fama (1991) a única hipótese de se ter um mercado eficiente é quando os preços refletem todas as informações disponíveis e a pré-condição para isto é de que os custos para obter estas informações sejam sempre igual a zero, ou seja, só é possível testar se um mercado é eficiente em uma situação de equilíbrio, onde a informação positiva seja igual aos *trading costs*. Neste sentido se faz necessário um modelo de equilíbrio, onde a informação esteja plenamente refletida em seus preços e que o próprio modelo defina adequadamente esta pré-condição.

Uma vez definidos os pressupostos básicos, Fama (1991) apresenta as hipóteses de mercados eficientes, onde teríamos os mercados fracos, semifortes e fortes; e as compara com a nova pesquisa realizada em 1991, apresentando assim suas diferenças. Na tabela 2.2 apresentamos um paralelo entre as categorias de testes realizados nas duas pesquisas.

TABELA 2.1: Comparação entre os tipos de mercado de acordo com os testes realizados por Fama (1991), base Mercado Eficiente

Pesquisa de 1970		Pesquisa de 1991	
Categoria dos Testes	Cobertura	Categoria dos Testes	Cobertura
Formas Fracas	Retornos passados prevêm bem futuros retornos	Previsão de Retornos	Retornos passados prevêm bem futuros retornos, bem como outras variáveis estruturais
Formas Semifortes	Preços seguros refletem rapidamente anúncios em informativos públicos	Estudos de Eventos	Preços seguros refletem rapidamente anúncios em informativos públicos
Formas Fortes	Alguns investidores possuem informações privilegiadas	Informações Privilegiadas	Alguns investidores possuem informações privilegiadas

O mercado eficiente, segundo Amaral (1994, p.23), conjuga as seguintes hipóteses:

- *Não há custos de transação.*
- *Os impostos não afetam a política de investimentos.*
- *Os ativos são perfeitamente divisíveis.*
- *A Informação é gratuita e pode ser identificada por qualquer investidor.*
- *Os investidores são avessos ao risco e compõem suas carteiras com a maximização da esperança de retorno e com a minimização dos riscos.*
- *Existem numerosos investidores que podem participar do mercado, porém nenhum deles pode influenciar o preço.*
- *Existem ativos livres de risco; e todos os investidores podem aplicar e tomar emprestado à taxa de títulos livre de risco.*
- *Os investidores têm as mesmas antecipações quanto as performances futuras dos títulos.*
- *O horizonte de investimento de todos os investidores está identificado.*

Importante ressaltar que diversas críticas podem ser realizadas em torno das hipóteses do mercado eficiente, tais como:

- Existem custos em todas as transações existentes no mercado.
- Os impostos afetam a política de investimentos.
- Os ativos não são perfeitamente divisíveis.
- A Informação não é gratuita e não é identificada por qualquer investidor.
- Existem investidores que são amantes ao risco e compõem suas carteiras com a maximização do risco em relação à esperança de retorno.
- Alguns investidores que participam do mercado influenciam o preço do ativo.
- Existem ativos livres de risco; e todos os investidores podem aplicar a esta taxa. Porém as taxas de captação são superiores às taxas dos ativos livres de risco.
- Como não possuem as mesmas informações, os investidores não têm as mesmas antecipações quanto as performances futuras dos títulos.
- O horizonte de investimento de todos os investidores não está identificado.

Porém, independente das limitações do modelo, os princípios do mercado eficiente são de extrema importância para este trabalho, já que os modelos APT e CAPM possuem como premissa norteadora a eficiência do mercado, isto é, o mercado eficiente. Nos capítulos seguintes, detalhamos, sobre os modelos que serão analisados nesta dissertação.

CAPÍTULO 3

CAPITAL ASSETS PRICING MODEL (CAPM)¹

De acordo com Amaral (1994), o modelo de equilíbrio de ativos financeiros (CAPM) foi desenvolvido por Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), que se inspiraram nos trabalhos de Markowitz (1952) sobre o critério da variância média. Este modelo estipula que a taxa de rentabilidade esperada dos ativos com risco é linearmente ligada a dois fatores comuns: a taxa livre de risco; e a taxa de retorno esperada da carteira do mercado. O CAPM põe em evidência que um ativo com risco tem um retorno esperado igual à taxa do ativo livre de risco mais uma remuneração pelo risco. O prêmio pelo risco é igual à diferença entre o retorno esperado deste ativo e aquele do ativo livre de risco. Ele mede a remuneração do risco que um investidor incorre quando investe uma unidade de sua riqueza neste ativo.

A construção do modelo de equilíbrio de ativos financeiros presume a definição de hipóteses concernentes ao equilíbrio geral do mercado e a seu funcionamento. O CAPM apóia-se nas seguintes hipóteses:

1. Não existem custos de transação nem imposto sobre os ganhos. Os ativos são perfeitamente divisíveis e podem ser negociados em qualquer quantidade, e a informação é gratuita e idêntica para todos os investidores.
2. Os investidores são avessos ao risco, e eles compõem suas carteiras segundo os critérios de maximização da esperança de retornos e minimização dos riscos (desvios-padrão).
3. Há numerosos investidores que podem participar do mercado, porém nenhum deles pode influenciar os preços.
4. Há um título que não oferece risco e que permite ao seu detentor uma taxa de retorno livre de risco; a qual os investidores podem emprestar ou tomar emprestado, sem limitação de volume da operação.
5. Os investidores têm as mesmas antecipações quanto às performances futuras dos títulos.
6. Os horizontes de investimentos de todos os investidores estão identificados e são iguais. Isto significa que as recomposições das carteiras de investimentos no mercado são realizadas simultaneamente.

¹ Este capítulo baseia-se na Tese de Doutorado do Prof. Hudson Fernandes Amaral

7. Os preços dos títulos refletem plenamente todas as variações da expectativa de inflação futura. Assim, não há incerteza a respeito da inflação futura.
8. O mercado de capitais como um todo está em equilíbrio; ou seja todas as decisões foram realizadas sem que nenhuma transação tenha sido efetuada sem as informações mais recentes.

Algumas dessas hipóteses foram e continuam sendo discutidas, principalmente aquelas sobre mercado eficiente, pois existem situações em que pessoas detêm informações privilegiadas e outras em que, dependendo do tipo de aplicação, os impostos podem influenciar a decisão e o retorno esperado dos investidores. Há trabalhos que criticam tanto o lado teórico quanto empírico do CAPM.

Sears; Trennepohl (1993), citado por Santos (1997) demonstram os resultados do CAPM quando as hipóteses citadas não são observadas, destacando a imperfeição do mercado de capitais no que tange aos custos de transação e aos impostos. Os custos de transação foram caracterizados pelos custos de corretagem, resultando na formação de bandas em torno da curva de mercado de capitais e do mercado de títulos. A negociação dentro das bandas inviabiliza a negociação dos títulos pelos investidores. Foi verificado que, devido aos diferentes tipos de impostos e taxas, a fronteira eficiente pode variar de investidor para investidor.

Haugen (1990), citado por Amaral (1994), concorda com os possíveis desvios das hipóteses na realização de testes sobre o modelo, porém afirma que os resultados finais são essencialmente similares aos obtidos na presença das hipóteses originais.

Se as hipóteses concernentes às antecipações homogêneas foram contestadas por vários autores – Ross (1978), Friend, Westerfield, Granito (1978) – elas são, no entanto, indispensáveis à obtenção da relação de avaliação do CAPM e à definição das características essenciais deste modelo.

A primeira conclusão a que se pode chegar é que, entrando no espaço retorno/risco, cada investidor em situação de equilíbrio deterá uma carteira que é uma combinação linear de um ativo livre de risco e de uma carteira com risco único. Isso é o que constitui o teorema de separação (Tobin, 1958).

A segunda conclusão que surge da análise é a existência, equilibrada, de uma relação exprimindo o retorno esperado de um ativo em função de seu único risco de mercado, representado pelo coeficiente de volatilidade (**b**), e não em função de seu risco total, medido pela dispersão típica destas taxas de retorno.

3.1. Modelo

[...] CAPM is an equation that expresses the equilibrium relationship between a security's (or portfolio's) expected return and its systematic risk (Sears; Trennepohl, 1993, p. 394)

O retorno esperado de um ativo é igual à soma da taxa livre de risco e de um prêmio pelo risco. Na base literária existente, na qual se destacam Haugen (1990), Sharp (1964, 1995), Friend; Westerfield; Granito (1978), Stevenson (1988) – todos os autores foram citados por Corrêa (1997) –, dentre outros, tendem, conforme pesquisas realizadas, a considerar que as Letras do Tesouro americano aproximam-se da concepção de um título livre de risco, porque são garantidas pelo governo federal. O prêmio pelo risco será igual ao produto do coeficiente de volatilidade (β) do ativo pela diferença entre o retorno esperado do mercado em relação à taxa livre de risco. Este conceito pode ser expresso matematicamente (fórmulas 3.1 e 3.2):

$$E(R_i) = R_f + \mathbf{b}_i [E(R_m) - R_f] + \mathbf{e} \quad \text{fórmula 3.1}$$

Onde:

- $E(R_i)$ representa o retorno esperado de um ativo;
- R_f representa o retorno de um ativo livre de risco;
- β_i representa o risco sistemático do ativo diante do mercado; e
- $E(R_m)$ representa o retorno esperado da carteira de mercado.

$$\mathbf{b}_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)} \quad \text{fórmula 3.2}$$

Onde:

$Cov(R_i, R_m)$ representa a covariância entre o retorno do ativo e o retorno do mercado; e

$Var(R_m)$ representa a variância do retorno do mercado.

As diferenças verificadas nos retornos esperados de ativos distintos se darão de acordo com seus respectivos coeficientes betas (\mathbf{b}_i), que, por seu turno, representam o grau de sensibilidade do ativo às variações dos retornos da carteira de mercado $[E(R_m)]$, sendo este, portanto, o único fator econômico relevante na avaliação de ativos. Segundo Sharp (1963), o coeficiente \mathbf{b} é uma medida de risco não diversificável (sistemático). Desta forma, há evidências de que \mathbf{b} pode ser definido como a covariância do retorno do título com o retorno do mercado.

De acordo com Haugen (1990), no CAPM o risco da carteira de um investidor é medido em termos de sua variância e o risco de um ativo individual é medido em termos de seu \mathbf{b} . Este autor também explica que o beta de uma carteira é obtido pela soma da média ponderada simples dos betas de seus ativos componentes.

Como a carteira de mercado é igual à média ponderada simples de todos os betas dos ativos disponíveis, que são relacionados com a própria carteira de mercado, o beta da carteira de mercado é igual a 1. Desta forma, há evidências de que o beta da carteira de mercado é igual a 1, porque a covariância da carteira composta de todos os ativos que compõem o mercado é igual variância do mercado.

Segundo Amaral (1994), os valores dos betas também dependem do intervalo de tempo usado para os cálculos dos retornos e do número de retornos utilizados na análise de regressão. Deste modo, um beta calculado por meio do uso de retornos mensais será diferente daquele

calculado por meio do uso de retornos anuais, semestrais, bimestrais, semanais ou diários, por exemplo.

O beta permite a seguinte interpretação:

- a) Beta = 1 – significa que há uma correlação perfeita entre os retornos da ação e os retornos do mercado como um todo. Portanto, um título de $\beta = 1$ é considerado neutro. Isto é, à medida que o mercado como um todo tende a subir $x\%$, o título tende a subir $x\%$; à medida que o mercado como um todo tende a cair $y\%$, o título tende a cair $y\%$.
- b) Beta > 1 – significa que os retornos da carteira sempre ficarão acima dos retornos do mercado como um todo. Portanto, um título de $\beta > 1$ é considerado agressivo. Isto é, à medida que o mercado como um todo tende a subir $x\%$, o título tende a subir mais que $x\%$; à medida que o mercado como um todo tende a cair $y\%$, o título tende a cair mais que $y\%$.
- c) Beta < 1 – significa que os retornos da carteira sempre ficarão abaixo dos retornos do mercado como um todo. Portanto, um título de $\beta < 1$ é considerado defensivo. Isto é, à medida que o mercado como um todo tende a subir $x\%$, o título tende a subir menos que $x\%$; à medida que o mercado como um todo tende a cair $y\%$, o título tende a cair menos que $y\%$.

Sharp; Alexander; Bailei. (1995), citado por Corrêa (1997), interpretam o significado do beta afirmando que:

[...] the relevant measure of risk for a security is its covariance with the portfolio, S_m . This means that securities with larger values of S_m will be viewed by investors as contributing more to the risk of the market portfolio. It also means that securities with larger standard deviations should not be viewed as necessarily adding more risk to the market portfolio than those securities with smaller standard deviations. (p. 269)

3.2. Fronteira Eficiente

Os dois modelos de avaliação de ativos financeiros ora estudados – CAPM e APT – baseiam-se na *Moderna Teoria de Carteira*, de Markowitz (1952). Harry Markowitz (1952), rejeitou as teorias de comportamento do investidor até então vigentes e estruturou as bases sobre as quais se afirmou a *Moderna Teoria de Investimentos*.

Para Markowitz (1952), o investidor considera o retorno esperado como um fator desejável, porém a variabilidade do retorno esperado (variância) como algo indesejável. Hirshleifer (1964), citado por Corrêa (1997), afirmou posteriormente que a formulação mais comum das atitudes em relação aos retornos de diversos valores num mundo de incerteza tomaria por objeto de escolha a esperança matemática, e o desvio padrão como a distribuição probabilística de retornos, sendo que o desvio padrão é interpretado como a medida de risco do investimento.

De acordo com Markowitz (1952), a hipótese de que o investidor age de forma a maximizar os retornos descontados deve ser rejeitada, pois se as imperfeições do mercado fossem ignoradas tal hipótese não reconheceria que há uma carteira diversificada, a qual pode ser percebida e observada. Explica que o retorno esperado de uma carteira representa a média aritmética ponderada simples de todos os retornos esperados dos títulos que a compõe, como é expressa na fórmula 3.3.

$$E(r_c) = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \quad \text{fórmula 3.3}$$

Onde:

- $E(r_c)$ = retorno esperado da carteira;
- X_i = proporção do ativo na carteira; e
- μ_i = retorno esperado do ativo i .

A variância, que é medida de risco é dada pela seguinte fórmula 3.4.

$$\mathbf{s}_c^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \mathbf{s}_{ij} X_i X_j \quad \text{fórmula 3.4}$$

Onde:

- σ_c^2 = variância ou risco da carteira;
- X_i = proporção do ativo i na carteira;
- X_j = proporção do ativo j na carteira; e
- σ_{ij} = covariância entre os retornos do ativo i e o ativo j .

Markowitz (1952) apresentou outras medidas de dispersão além da variância que podem ser utilizadas para medir o risco, que são (fórmulas 3.5 e 3.6):

Desvio Padrão:

$$\mathbf{s}_c = \sqrt{\mathbf{s}_c^2} \quad \text{fórmula 3.5}$$

Coefficiente de Variabilidade:

$$\mathbf{r} = \frac{\mathbf{s}_c}{E(r_c)} \quad \text{fórmula 3.6}$$

Para Markowitz (1952), a lei dos grandes números assegura que haveria uma carteira que proporciona o máximo de retorno esperado e o mínimo de variância. Esta carteira seria a recomendada para o investidor. A *Moderna Teoria de Carteiras* veio possibilitar a seleção da “melhor” carteira.

As premissas do mercado eficiente, estudadas na Seção 2.4 no final do Capítulo 2, foram adotadas como suposições simplificadoras com relação ao comportamento do investidor na *Moderna Teoria de Carteira*. Estas suposições permitiram infinitos posicionamentos aos investidores frente às oportunidades de investimentos.

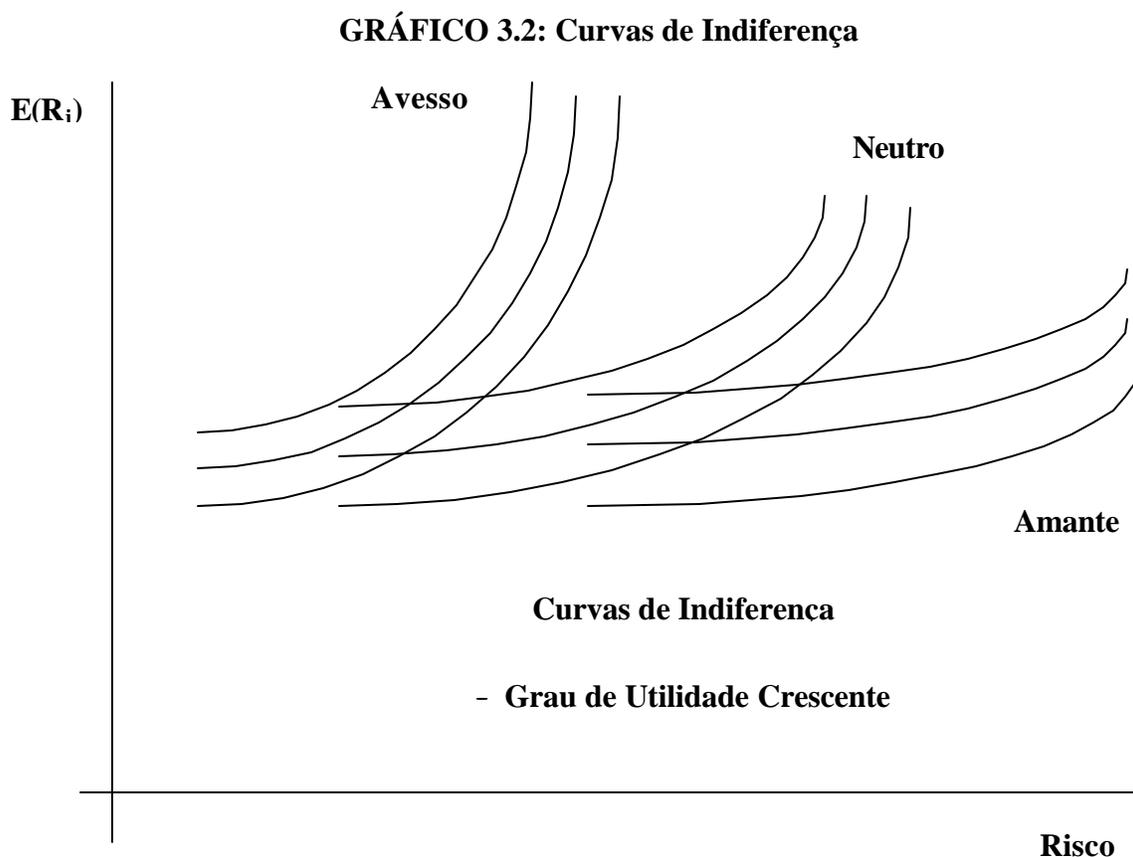
Foi a partir dessas suposições que se desenvolveu a base da *Moderna Teoria de Gestão de Investimentos*, bem sintetizada por Alcântara (1980) em três partes: o comportamento do investidor em face do risco, as oportunidades de investimentos e a escolha do investimento.

a) O Comportamento do Investidor em Face do Risco

Pode-se afirmar que todo investidor é caracterizado pelo seu maior ou menor grau de aversão ao risco. Com base nesta aversão, reconhece-se que existem investidores neutros ao risco, investidores avessos ao risco e investidores que preferem o risco a qualquer outra alternativa de certeza.

Segundo Alcântara (1980, p. 33), ... *a teoria da utilidade conclui que, de maneira geral, o investidor pode ser considerado avesso ao risco*. Desta forma, há evidências de que entre a certeza e o risco, o investidor tende a optar pela certeza.

No gráfico 3.2 identificam-se os três tipos de investidores – A, B e C – com diferentes escalas de aversão ao risco. Quanto mais inclinada for a curva, maior será sua aversão ao risco. Estas curvas são chamadas de *curvas de indiferença*, por representarem pontos, os quais indicam que o investidor, em relação à composição risco-retorno, tanto pode assumir a postura de consumir hoje ou a investir.



Fonte: ALCÂNTARA, José C. G. O modelo de avaliação de ativos CAPM – Aplicações
Revista Administração de Empresa – Rio de Janeiro, p. 32, jul./set., 1980

b) As oportunidades de investimento

Os investidores procuram o investimento de maior retorno em termos de sua utilidade ou do poder de satisfação que proporciona. No entanto, deve ficar claro que o grau de satisfação que determinado investimento proporciona é subjetivo.

Stevenson (1988) explica que os investidores avessos ao risco são aqueles que apresentam uma utilidade marginal decrescente; isto é à medida em que a relação risco-retorno se eleva seu nível de satisfação adicional se desenvolve de maneira decrescente. Os investidores neutros ao risco apresentam uma utilidade marginal constante; isto é, os retornos adicionais proporcionam-lhe uma mesma porção adicional de satisfação. Os investidores amantes do

risco são aqueles que apresentam uma utilidade marginal crescente; isto é, gostam de risco e de “aposta”. Os investidores mais comuns são os avessos ao risco; os demais são exceções.

As curvas de indiferença permitem, para cada tipo de investidor, maior satisfação à medida que se deslocam para cima e para a esquerda do gráfico 3.2.

Semelhante aos diferentes comportamentos frente aos fatores de risco e retorno, o mercado oferece oportunidades de investimentos com diferentes composições de risco e retorno. Como há uma preferência em altos retornos e baixos riscos, faz-se necessário definir um procedimento que diminua, sensivelmente, o número de oportunidades de investimentos a um número de oportunidades desejáveis.

Segundo Sharp (1963), citado por Corrêa (1997), o procedimento denominado *critério de eficiência* consiste em duas atividades:

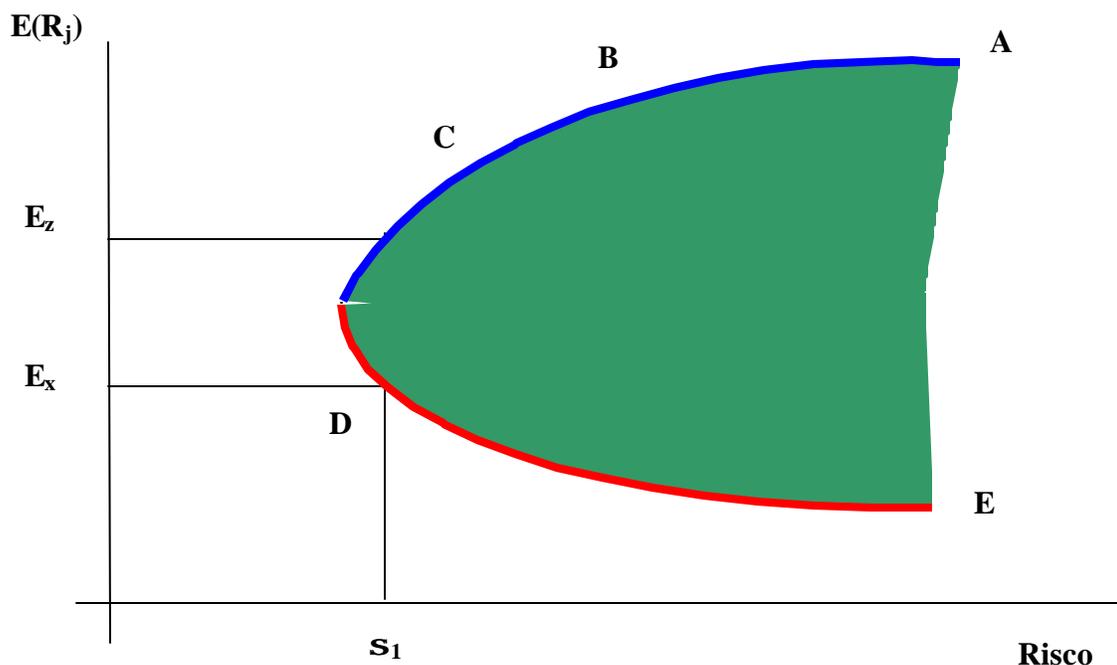
- 1) Selecionar a carteira com maior taxa de retorno para um dado nível de risco.
- 2) Selecionar a carteira com menor nível de risco para qualquer que seja a taxa de retorno.

Para aplicar este critério, por simplicidade, admiti-se que o mercado seja formado unicamente por cinco títulos **A**, **B**, **C**, **D** e **E**. O gráfico 3.3 demonstra as características de risco e retorno para cada título. A área hachurada representa as várias combinações de dois ou mais títulos em carteiras com diferentes proporções.

Ligando os pontos de **A** a **E**, representa-se todas as combinações de risco e retorno existentes entre estes cinco títulos. Verifica-se que só a parte sólida, em azul, da curva é eficiente, porque para um mesmo risco (ponto **X**) existe uma combinação (**Z**) de maior retorno esperado (**E_Z**). Percebe-se que a parte sólida, em vermelho, e a parte tracejada em verde representam carteiras ineficientes.

A linha cheia em azul é conhecida como *Frenteira Eficiente*.

GRÁFICO 3.3: Fronteira Eficiente

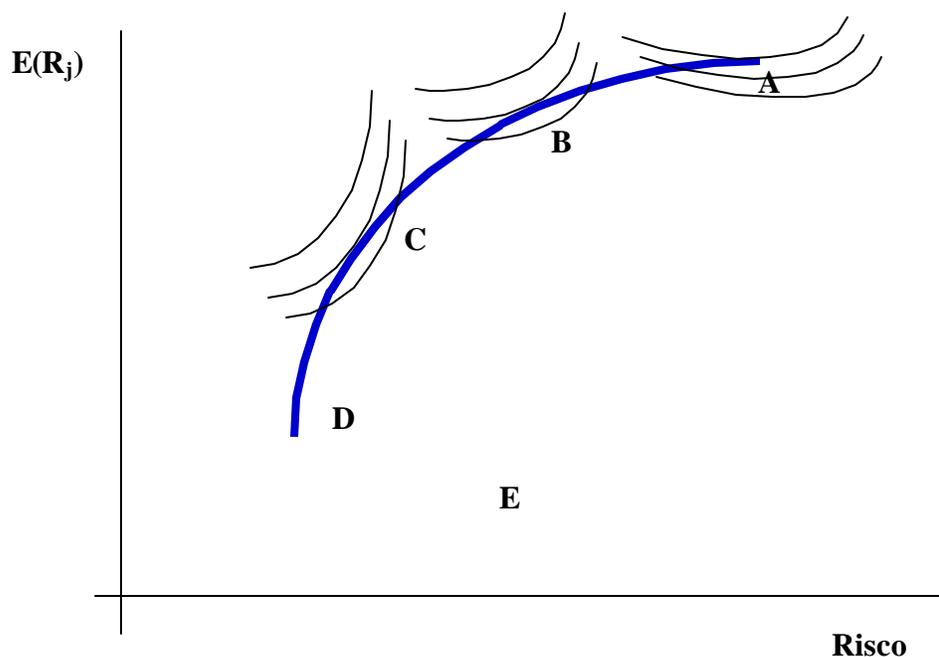


Fonte: ALCÂNTARA, José C. G. O modelo de avaliação de ativos CAPM – Aplicações Revista Administração de Empresa – Rio de Janeiro, p. 32, jul./set., 1980

c) A escolha do investimento

Combinando o gráfico do comportamento dos indivíduos em face do risco ao das oportunidades de investimento, verifica-se que o ponto de tangência entre a curva de utilidade de cada investidor e a curva de oportunidades que representa o conjunto de carteiras eficientes determinam o investimento preferido pelo investidor.

GRÁFICO 3.4: Decisão do Investimento



Fonte: ALCÂNTARA, José C. G. O modelo de avaliação de ativos CAPM – Aplicações Revista Administração de Empresa – Rio de Janeiro, p. 33, jul./set., 1980

Conseqüentemente, a fronteira eficiente das carteiras de ativos com risco é idêntica para todos os investidores.

Supondo uma carteira de referência **P**.

Combinando uma aplicação em ativo livre de risco (retorno R_f) e uma carteira de ações (retorno esperado $E(R_p)$, risco s_p), o investidor antecipa o retorno $E(R)$ sobre o conjunto de seus investimentos, de tal forma que:

$$E(R) = (1-x)R_f + xE(R_p) \quad \text{fórmula 3.7}$$

$$\mathbf{S}^2 = x^2 \mathbf{S}_p^2 \quad \text{fórmula 3.8}$$

Se x é a proporção da riqueza investida em ações. Esta fórmula pode ser deduzida das equações (2.11) e (2.12) levando-se em conta que $\mathbf{s}_1 = \mathbf{s}_{12} = \mathbf{0}$. Aliás, x_1 é igual a $1 - x$ e $E(\mathbf{R}_1)$ é igual a R_f .

Em função das duas relações descritas, pode-se deduzir que:

$$E(R) - R_f = x[E(R_p) - R_f] \quad \text{fórmula 3.9}$$

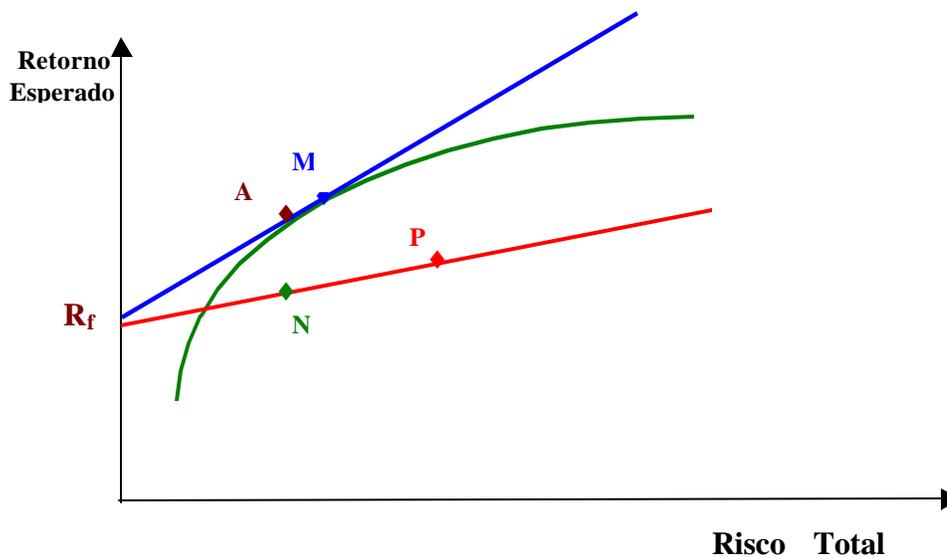
$$\mathbf{S} = x\mathbf{S}_p \quad \text{fórmula 3.10}$$

De que resulta:

$$E(R) = R_f + \frac{E(R_p) - R_f}{\mathbf{S}_p} \times \mathbf{S} \quad \text{fórmula 3.11}$$

Como pode-se verificar, trata-se de uma relação linear entre o retorno da carteira e seu risco total. Assim, toda a combinação de uma carteira de ações e de um investimento em ativos livre de risco será representada por uma linha retorno/risco, tal como a do R_fP do gráfico 3.5.

GRÁFICO 3.5: A Fronteira Eficiente e a Carteira do Mercado



Fonte: AMARAL, Hudson F. *L'évaluation des Actifs Financiers en Contexte Inflationniste: Theorie et tests sur le Marche Bresilien*. 1994. Tese de Doutorado – Université Pierre Mendès France – Grenoble II, 1994

A fórmula da reta R_fM do gráfico 3.5 pode ser descrita como:

$$E(R) = R_f + \frac{E(R_m) - R_f}{\sigma_m} \times S \quad \text{fórmula 3.12}$$

A inclinação da reta $[(E(R_m) - R_f)/\sigma_m]$ mensura o prêmio de risco. Todavia, esta fórmula só se aplica às carteiras situadas nesta reta.

3.3. A Demonstração do Modelo

A partir da análise do conjunto de carteiras eficientes, é possível derivar um modelo de precificação de ativos financeiros. Para que o mercado esteja em equilíbrio, é preciso que não

haja mais demanda do que oferta de ações (vice-versa). Assim, os preços de equilíbrio se estabelecerão para cada ação, e todos os ativos financeiros serão retidos de tal maneira que o excesso de demanda de cada um deles seja igual a zero. As condições deste equilíbrio serão reunidas quando a carteira de mercado (M^*), comum a todos os investidores (por causa da hipótese de homogeneidade dos retornos esperados), for composta de todos os ativos do mercado na proporção exata da fração do valor do título com relação ao valor do mercado como um todo.

Em outros termos, trata-se de demonstrar que a carteira do mercado é uma carteira eficiente e que constitui uma carteira em equilíbrio. É preciso, em seguida, compreender que a carteira em equilíbrio existe desde que não haja mais o excesso de demanda ou oferta por uma ação qualquer.

Considerando uma carteira composta de $x\%$ de um ativo com risco e de $1 - x\%$ da carteira de mercado; o retorno médio (R_p), a variância (σ_p^2) e o desvio-padrão (σ_p) desta carteira podem ser calculados, respectivamente, pelas seguintes relações (fórmulas 3.13 a 3.15)::

$$\bar{R}_p = x\bar{R}_i + (1-x)\bar{R}_m \quad \text{fórmula 3.13}$$

$$\mathbf{s}_p^2 = x^2\mathbf{s}_i^2 + (1-x)^2\mathbf{s}_m^2 + 2x(1-x)\mathbf{s}_{im}$$

fórmula 3.14

$$\mathbf{s}_p = \sqrt{x^2\mathbf{s}_i^2 + (1-x)^2\mathbf{s}_m^2 + 2x(1-x)\mathbf{s}_{im}}$$

fórmula 3.15

Onde:

σ_i^2 representa a variância do ativo i ;

σ_m^2 representa a variância da carteira de mercado; e

σ_{im} representa a covariância entre o ativo i e a carteira de mercado.

Seja x a proporção investida diretamente em ativos i (excluindo os ativos i pertencentes à carteira de mercado). Tem-se, então (fórmulas 3.16 e 3.17):

$$E(R) = xE(R_i) + (1-x)E(R_m)$$

fórmula 3.16

$$\mathbf{s}^2(R) = x^2\mathbf{s}_i^2 + (1-x)^2\mathbf{s}_{im}^2 + 2x(1-x)\mathbf{s}_{im}$$

fórmula 3.17

A inclinação da tangente da curva \mathbf{iM} deve ser igual à inclinação da reta $\mathbf{R}_f\mathbf{M}$. A inclinação de uma tangente da curva \mathbf{iM} é dada por (fórmulas 3.18 a 3.22):

$$\frac{\partial E(R)}{\partial \mathbf{s}(R)} = \frac{\partial E(R)}{\partial x} \Big| \frac{\partial \mathbf{s}(R)}{\partial x}$$

fórmula 3.18

Então:

$$\frac{\partial E(R)}{\partial \mathbf{s}(R)} = \frac{[E(R_i) - E(R_m)]\mathbf{s}(R)}{[x(\mathbf{s}_i^2 + \mathbf{s}_m^2 - 2\mathbf{s}_{im}) + \mathbf{s}_{im} - \mathbf{s}_m^2]}$$

fórmula 3.19

No ponto \mathbf{M} , tem-se $x = 0$ e $\mathbf{s}(\mathbf{R}) = \mathbf{s}_m$. Então:

$$\frac{\partial E(R)}{\partial \mathbf{s}(R)} = \frac{[E(R_i) - E(R_m)]\mathbf{s}_m}{\mathbf{s}_{im} - \mathbf{s}_m^2}$$

fórmula 3.20

Esta inclinação deve ser igual àquela da reta R_fM , Então:

$$\frac{[E(R_i) - E(R_m)]\mathbf{s}_m}{\mathbf{s}_{im} - \mathbf{s}_m^2} = \frac{E(R_m) - R_f}{\mathbf{s}_m}$$

fórmula 3.21

Então:

$$E(R_i) - R_f = \frac{\mathbf{s}_{im}}{\mathbf{s}_m^2} [E(R_m) - R_f] = \mathbf{b}_i [E(R_m) - R_f]$$

fórmula 3.22

3.4. A Validação Empírica do CAPM

A maior dificuldade para a validação empírica do modelo de equilíbrio de ativos financeiros provém de sua formulação em termos de antecipações, e não de realizações. Assim, um retorno esperado não é sempre realizado. Do ponto de vista estatístico, isso introduz um erro que deveria ser igual a zero em média, mas não exatamente zero para cada ação e cada período. Se a fórmula fundamental (ver 3.1) é válida para os retornos esperados, pode-se esperar que as taxas de retornos efetivamente realizadas sobre cada uma das ações sejam iguais a:

$$R_i - R_f = \mathbf{b}_i (R_m - R_f) + \mathbf{e}_i \quad \text{fórmula 3.23}$$

Assim, se o modelo é válido e se as taxas de retornos são observadas por um grande número de ações e um grande número de períodos, o erro deveria ser igual, em média, a zero. O prêmio de risco calculado para cada título deveria ser proporcional ao coeficiente de volatilidade do título. O coeficiente de proporcionalidade deveria ser igual ao prêmio de risco

do mercado. Segundo a teoria do CAPM, a curva empírica ligando esses pontos deveria ser linear e ter uma inclinação positiva igual ao prêmio pelo risco do mercado ($R_m - R_f$). Por outro lado, esta reta deveria cortar o eixo das ordenadas na taxa de lucro livre de risco. Esta linha é chamada **linha de mercado**. Por uma regressão, pode-se estimar a relação empírica que existe realmente entre o retorno e o risco.

$$\bar{R}_i = g_0 + g_1 \hat{b}_i + m_i \quad \text{fórmula 3.24}$$

Onde:

\bar{R}_i representa o retorno médio da ação i ;

\hat{b}_i representa o valor estimado do beta; e

m_i representa o termo residual.

Segundo a teoria:

γ_0 representa a ordenada onde o retorno do mercado é nulo, devendo ser igual a R_f .

γ_1 representa a inclinação da reta, devendo ser igual a $R_m - R_f$.

Pode-se, igualmente, demonstrar esta equação sob a forma de prêmios de risco subtraindo diretamente a taxa de retorno livre de risco do retorno médio de cada título.

$$\bar{r}_i = \bar{R}_i - \bar{R}_f = a_0 + g_1 \hat{b}_i + m_i \quad \text{fórmula 3.25}$$

O valor teórico da constante α_0 é zero.

Conforme Amaral (1994), numerosos testes empíricos da validade do CAPM foram realizados até hoje. Pode-se citar os trabalhos de Black; Jensen; Scholes (1972), Fama; Mac Beth (1973), Friend; Brune (1970), Miller; Scholes (1972) e Gibbons (1982).

A primeira abordagem teórica do pressuposto da incerteza quanto ao futuro surgiu com Irving Fisher (1906), citado por Silva (1996), que caracteriza a possibilidade de sua descrição em termos de distribuição de probabilidade.

Hicks (1934) e Marshack (1938), citado por Silva (1996), afirmam que a preferência para os investimentos advinha das distribuições de probabilidade dos retornos e que as preferências poderiam ser representadas por curvas de indiferença no espaço média-variância.

Markowitz (1952), conforme descrito na Seção 3.2, explora todas as possibilidades da abordagem média-variância.

Lintner (1965), citado por Silva (1996), estuda o período de 1954-1963, em sua análise de “cross-section”, adicionando uma variância residual S_{ei} como estimativa da “first-pass regression”. De acordo com o CAPM, o coeficiente deste fator não seria significativamente maior do que zero. Sua análise estatística obtém β_i maior que R_f , β_i era muito menor do que o excesso de retorno observado $(R_m - R_f)$ e um coeficiente S_{ei} significativamente diferente de zero.

Douglas (1969), citado por Silva (1996), estuda o período de 1926-1960, em que observa que o retorno médio (R_{iMed}) é significativamente (positivamente) relacionado à variância do retorno do título, e não ao seu beta, contrariando a previsão do CAPM.

Friend; Blume (1970), citado por Silva (1996), encontram uma elevada correlação entre

$\left(\frac{R}{V}\right)_i$ e o risco β_i , um resultado que invalida o modelo CAPM. Eles argumentam que a suposição não realística de se tomar emprestado e emprestar a uma dada taxa é o fator responsável pela tendenciosidade dos resultados nos casos de carteira de ativos de alto risco.

Fama (1970) distingue três níveis de eficiência no mercado: o de eficiência informacional fraca, no qual todas as informações contidas na série temporal de preços e taxas de retorno de títulos já estão refletidas sobre seus preços; o de eficiência informacional semiforte, no qual propõe que todas as informações publicamente disponíveis, inclusive balanços e demonstrativos, estão refletidas sobre os preços dos títulos e o de eficiência informacional

forte, no qual todas as informações existentes estão embutidas e refletidos nos preços dos títulos.

Miller; Scholes (1972), citado por Silva (1996), estudam o período de 1954-1963 e encontram, em seus testes empíricos do CAPM, os resultados $g_0 = 0,122$; $g_1 = 0,071$; e $R^2 = 19\%$. Com a adição da variância residual Sei , como uma variável independente, o R^2 aumenta para 33% . Dado que o coeficiente Sei encontrado é positivo e altamente significativo, a contribuição dos autores encaminha-se no sentido de analisar possíveis tendências que poderiam ser desenvolvidas no decorrer do teste, de duas maneiras: uma originada por especificação inadequada no modelo; outra originada por erros nas variáveis utilizadas para representar riscos e retornos.

Black; Jensen; Scholes (1972), citado por Amaral (1994), tentaram reduzir esses erros de medida introduzindo uma variável instrumental. Eles efetuaram testes para todas as ações cotadas na NYSE no período compreendido entre 1931 e 1965. Eles reuniram as ações de cada ano em dez carteiras, cujos tamanhos variavam, e calcularam a taxa mensal de retorno média e o risco sistemático (beta) das carteiras para o período completo e para os vários subperíodos. Os resultados para o período completo são dados na tabela 3.1. O retorno foi obtido pela seguinte equação de regressão (Fórmula 3.26):

$$R_i = a_0 + a_1 \hat{b}_i + u_t \quad \text{fórmula 3.26}$$

Tabela 3.1: Resultados dos testes de BLACK, JENSEN e SCHOLES (1972)

Resultado da Regressão			Valores Teóricos	
a_0	a_1	R^2	$a_0 = R_t$	$a_1 = R_m - R_f$
0,52 (0,05)	1,08 (0,05)	0,90	0,16	1,42

a) Valores em %

b) Desvio-padrão por estimação

Black; Jensen; Scholes (1972), citado por Silva (1996), confirmam a tendenciosidade sistemática existente no CAPM. Eles observam que, na média, os títulos de alto risco proporcionam menor retorno do que o previsto pelo CAPM, enquanto que o oposto era verdadeiro para os títulos de baixo risco.

Merton (1973), citado por Silva (1996), desenvolveu um modelo intertemporal para o mercado de capitais, segundo o qual a escolha da carteira de ativos pressupõe que os investidores atuem de modo a maximizar a utilidade esperada da carteira. O autor utiliza para o desenvolvimento deste modelo carteira de ativos com covariância zero com o mercado de modo que o retorno médio excedesse a taxa do ativo livre de risco, sugerindo a existência de fatores exógenos ao mercado que afetam o retorno dos ativos. Observa que a relação de equilíbrio entre os retornos esperados é derivada, ao contrário do modelo do CAPM, dos retornos esperados dos ativos de risco que devem diferir da taxa do ativo livre de risco.

Fama; Mac Beth (1973), citado por Amaral (1994), utilizaram uma aproximação similar àquela utilizando vinte carteiras e reunindo-as todos os anos. Eles estimaram os coeficientes da reta retorno/risco todos os meses pelo período compreendido entre 1942 e 1972. Depois, testaram o modelo para os subperíodos de quatro anos. Esses testes foram efetuados utilizando regressões transversais dos vetores de rendimento $R_i (i = 1, \dots, p)$ sobre três medidas de risco (fórmula 3.27).

$$R_i = l_0 + l_1 \hat{b}_i + l_2 b_i^2 + l_3 s_{ii} + n_i$$

fórmula 3.27

Onde:

- \hat{b}_i representa o coeficiente estimado do risco do ativo i ; e
- σ_{ii} representa a variância estimada dos erros na ocasião da determinação dos coeficientes estimados do risco do ativo i . Por definição, ela é independente de β_i .

A fórmula 3.27 permitiu a eles testar quatro implicações:

- 1) $E(\lambda_0)$ deve ser igual ao retorno do ativo livre de risco;
- 2) $E(\lambda_1)$ deve representar o termo $\{E(R_m) - R_f\}$;
- 3) O modelo deve ser linear, isto é, $E(\lambda_2)$ igual a zero; e
- 4) β_i é a única medida de risco do retorno esperado de ativo i ; $E(\lambda_3)$ deve ser nulo.

As implicações (3) e (4) foram verificadas levando-se em consideração os dados utilizados por Fama; Mac Beth (1973). Ao contrário, as implicações 1 e 2 não foram verificadas. O prêmio do risco $E(\lambda_1)$ nem sempre era significativo e não representava o termo $\{E(R_m) - R_f\}$. Além disto, $E(\lambda_0)$ não é igual a R_f . Este último resultado negativo é confirmado na maior parte dos trabalhos empíricos realizados sobre CAPM, entre eles citamos, Black; Jensen; Scholes (1972), Friend; Blume (1970) e Miller; Scholes (1972).

Black; Jensen; Scholes (1972), citado por Amaral (1994), mostraram que todas as ações com um forte beta estimado terão, em geral, um erro positivo sobre as estimativas do beta e que todas as ações com um beta fraco terão um erro negativo. Esse é o problema de convergência para a média. Assim, as carteiras com um beta elevado têm um beta real superestimado, e vice-versa. Este erro vai ocasionar o achatamento da linha de equilíbrio dos ativos estimados.

Friend; Westerfield; Granito (1978), citado por Corrêa (1997), realizaram testes do CAPM usando os retornos esperados de ações de títulos públicos e privados de sete instituições financeiras para um período de cinco anos. Isto é, eles utilizaram expectativas *ex ante* no lugar das tradicionais expectativas *ex post* em 1974, 1976 e 1977. Foram realizadas em cada ano três regressões *cross-section*. Os autores observaram que somente em duas regressões, em 1976, obtiveram-se prêmios de risco positivos. Por outro lado, destacam uma aparente importância do risco residual na avaliação dos ativos e acentuam que ...

[...] one problem remains – the substantial measurement errors in estimating \mathbf{b}_i and \mathbf{s}_i from observations on individual stocks. (p. 907).

Luce; Moraes (1979), citado por Silva (1996), partindo do conceito de dominância e do conceito de retorno esperado e variância deste retorno, concluíram que existem evidências empíricas que suportam a validade do modelo do CAPM na formulação de carteiras de ativos que possuem zero-beta. Segundo os autores, a estrutura de capital, o custo de capital, a teoria

da avaliação e o orçamento de capital são algumas áreas que sofrem profundas modificações em seus conceitos tradicionais quando se aceita o modelo de equilíbrio na formação de preços de ativos.

Levy (1980), citado por Silva (1996), analisa a validade do CAPM para o mercado israelense em diversos horizontes temporais comparando dados daquele mercado com o mercado norte-americano. Ele conclui que para horizontes temporais curtos não há relação significativa entre os retornos e os riscos sistemáticos representados pelos respectivos “betas”. Entretanto, quando se considera um horizonte temporal anual de retornos, o CAPM explica, aproximadamente, 40% das taxas médias de retorno.

Merton (1980), citado por Silva (1996), mostra que mudanças na variação dos retornos das ações podem ser detectadas a partir das variâncias das ações passadas.

Gibbons (1982), citado por Amaral (1994), desenvolveu um teste mais eficiente do CAPM, a partir da seguinte relação (fórmula 3.28):

$$E(R_i) = a_i + b_i E(R_m) \quad \text{fórmula 3.28}$$

Ele testou as seguintes hipóteses:

$$H_0 : \alpha_i = \gamma(1 - \beta_i) \quad i = 1, \dots, p$$

$$H_1 : \alpha_i \neq \gamma(1 - \beta_i) \quad i = 1, \dots, p$$

Utilizando as estimativas de α_i e β_i ($i = 1, \dots, p$), ele estima, pelo o método dos mínimos quadrados perfeitos, o termo γ . Em seguida, realiza um teste na hipótese H_0 utilizando a relação de verossimilhança. Os resultados obtidos nestes testes a partir dos dados americanos não são conclusivos.

Dumontier (1986) realiza estudos com os seguintes objetivos: determinar o número de fatores que influenciam as rentabilidades dos valores mobiliários cotados em Paris; verificar a existência de prêmios de risco associados a esses fatores; comparar as performances respectivas do APT e do CAPM. A partir de suas conclusões o autor argumenta que vários

fatores comuns (contados sete) influenciaram a avaliação dos valores mobiliários cotados em Paris entre 1969 e 1984. Somente três fatores podem ser retidos, pois os demais não têm um prêmio de risco significativo. Entre todos esses fatores, somente um é claramente identificável: o índice de mercado. O modelo de arbitragem é adequado, já que integra algumas variáveis que não são levadas em conta pelo modelo de equilíbrio. O fato de um fator influente, colocado em evidência pela análise fatorial, ser ignorado pelo CAPM tende a confirmar a maior generalidade do APT, mesmo se o poder explicativo destes fatores for fraco. O interesse do modelo com vários fatores fica, todavia, limitado, na medida em que não é possível utilizá-lo para fins de previsão: a teoria não precisa nem o número nem a natureza dos fatores comuns ao conjunto de ativos. Uma forma simplificada do modelo de arbitragem, em que o único fator comum é o índice de mercado, apresenta, todavia, certo interesse, na medida em que os fatores representam para o mercado 73% da variação explicada pelo conjunto de fatores comuns.

Segundo Stevenson (1988, p. 173), surgem três questões fundamentais quando os testes do CAPM são realizados, quais sejam:

- 1) Se existe uma associação positiva entre o beta e o retorno esperado.
- 2) Se o ponto de interceptação da linha de mercado de títulos é igual à taxa livre de risco quando se usa a taxa da Letra do Tesouro Americano de curto prazo como proxy.
- 3) Se o beta é o único fator que explica as diferenças das taxas de retorno ou se existem outros fatores não capturados pelo beta que explicam as diferenças entre os retornos dos títulos.

Os primeiros testes da relação entre o risco e o retorno de uma ação foram realizados nos Estados Unidos para títulos individuais. Desde o início, estas pesquisas apresentaram grandes problemas:

- a) Ligado ao efeito degradante das variações residuais. Os retornos realizados sobre cada ação devem-se, em grande parte, a um fator aleatório (ϵ) que representa a parte gerenciável das flutuações dos retornos no processo (também conhecido como risco diversificável). Isto é, reunindo os títulos em carteiras (diversificando) podemos eliminar a

maior parte deste fator aleatório e obter um resultado bem mais preciso da relação entre o retorno e o risco sistemático (risco não diversificável).

- b) Ligado à ordem econométrica. Trata-se do viés que provém do beta. A variável independente da regressão é mensurada com erros. Esses erros são aleatórios, em função de que os betas de certos ativos são superestimados e outros subestimados. No entanto, quando esses betas estimados são utilizados nos testes os erros de mensuração minimizam os reais efeitos existentes na relação entre o retorno médio e o risco. Reunindo esses ativos nas carteiras, a maior parte deste erro de medida pode ser eliminada, já que os erros sobre cada beta terão tendência a se compensar. Assim, os testes fundados sobre carteiras serão mais eficientes.

Pesquisas neste sentido foram realizadas por Blume (1970) e Blume; Friend (1973), ambos citados por Silva (1996). Eles utilizaram este método calculando os betas de cada ação e reunindo-os em carteiras por ordem crescente de beta. Novamente, os resultados demonstraram uma variação inferior àquela prevista pela teoria, e se explicam pelo fato de as taxas de empréstimos ofertados e recebidos terem realidades diferentes.

A principal crítica a este novo processo de estimativa prende-se ao fato de o problema dos erros de medida do beta.

3.5. Os Limites dos Testes Empíricos do CAPM

O modelo de precificação de ativos financeiros é difícil de testar, pois repousa sobre variáveis ligadas às antecipações dos investidores que não são diretamente observáveis. Vários métodos estatísticos foram desenvolvidos para minimizar esse problema e fornecer testes eficientes. Alguns deles foram demonstrados nas páginas anteriores.

Fama; Mac Beth (1973), citado por Amaral (1994), esclarecem três hipóteses testáveis no modelo aleatório – fórmula 3.27 – (hipóteses 1, 2 e 3) e uma quarta hipótese (4), ou hipótese Sharpe-Lintner.

Roll (1977), citado por Amaral (1994), mostra que as três primeiras hipóteses representam unicamente o teste de eficiência da carteira de mercado em função de variância média. Se a

carteira é, efetivamente, eficiente, Roll crítica a tautologia (vício de linguagem que consiste em dizer, por formas diversas, sempre a mesma coisa) existente sobre as três primeiras hipóteses testadas por Fama e Mac Beth (1973).

Quando a carteira de mercado é eficiente em termos de variância média, o retorno médio dos ativos deve ser uma função linear do coeficiente de volatilidade (β). Roll demonstra que as condições de eficiência da carteira de mercado implicam que $R_{m,t}$ devem ser superiores a $R_{f,t}$ e que isso nada tem a ver com a noção de aversão pelo risco que foi utilizado por Fama e Mac Beth (1973) e Black; Jensen; Scholes (1972). A desigualdade é simplesmente uma implicação matemática resultante das hipóteses da carteira de mercado eficiente em termos da variância média.

Na verdade, para Roll (1977), citado por Amaral (1994), não existe teste eficaz do CAPM. Todo teste do CAPM se reduz a um teste de eficiência da carteira de mercado. Assim, toda validação da relação fundamental do CAPM é simplesmente uma consequência matemática da eficiência da variância média da carteira de mercado.

Em resumo, a partir dos trabalhos e reflexões sobre o CAPM, nos termos esclarecidos anteriormente, pode-se dizer que as falhas deste modelo são:

- a) O β não é a única medida de risco, haja vista os resultados de pesquisas efetuadas junto aos investidores.
- b) $E(R_m) - E(R_f)$ é superior a zero, que exprime a aversão dos investidores para o risco se (β) representa o coeficiente de risco. Isso supõe o respeito às hipóteses de antecipação homogêneas (Roll (1977)). Se dois investidores escolhem duas carteiras eficientes diferentes, seus coeficientes de volatilidade (β) apresentaram valores diferentes.
- c) λ_0 é diferente de zero (ou $\lambda_0 \neq R_{f,t}$). Isto implica que a carteira \mathbf{p} aproximada escolhida pelo investidor tende a ser idêntica à carteira de mercado.
- d) Poderemos observar uma não linearidade na relação se a aproximação (\mathbf{p}) não é eficiente *ex-post*.
- e) A carteira aproximada (\mathbf{p}) pode ser eficiente sem que a carteira de mercado o seja.

Assim, como a verdadeira carteira de mercado não é observável, nenhum teste eficaz do modelo pode ser efetuado. Essas fraquezas empíricas do CAPM conduziram os pesquisadores a formularem um modelo alternativo que, conservando os traços simples da teoria original, não difere nos seus conceitos. Esse modelo alternativo de avaliação de ativos financeiros, definido na estrutura da teoria da arbitragem, constituirá o objeto do Capítulo 4.

Podemos resumir o quadro histórico do CAPM conforme demonstrado na tabela 3.2.

TABELA 3.2: Quadro Histórico do CAPM (evidências empíricas e limitações)

Ano	Autor	Modelo	Período	Conclusão
1906	Irving Fisher			Caracteriza possibilidade da descrição da incerteza em termos de dist. de probabilidade
1934 1938	Hicks Marshack			Preferência investimentos em função do risco e retorno, representadas pela curva de indiferença
1952	Markowitz			Moderna Teoria de Carteiras. Explora todas as possibilidades da abordagem risco - retorno
1964	Sharp	CAPM		Desenvolveu o Modelo partindo de Markowitz
1965	Lintner	CAPM	1954 a 1963	Coefficiente residual não seria significativamente maior do que zero e muito menor do que o excesso de prêmio de risco
1969	Douglas	CAPM	1926 a 1960	O Retorno Médio é significativamente (positivamente) relacionado à variância do retorno do título, e não ao seu beta, contrariando CAPM
1970	Fama	CAPM		Níveis de Eficiência Informacional: Fraca, Semiforte e Forte
1972	Miller Scholes	CAPM	1954 a 1963	O poder explicativo do modelo foi 19%. Com a adição da variância residual aumentou para 33% (significativo). Inadequação do modelo ou Erros nas variáveis utilizadas como risco e retorno
1972	Black Jensen Scholes	CAPM	1936 a 1965	Carteiras. Encontram um poder explicativo de 90%. Na média, os títulos de alto risco proporcionam menor retorno do que o previsto pelo CAPM

TABELA 3.2: Quadro Histórico do CAPM (evidências empíricas e limitações) - Continuação

Ano	Autor	Modelo	Período	Conclusão
1973	Fama Mac Beth	CAPM	1942 a 1972	Carteiras. Verificou-se que o modelo deve ser linear e que o Beta é a única medida de risco do retorno esperado de ativo
1978	Friend Westerfield Granito	CAPM	1974 a 1977	Reafirmam a importância do risco residual na avaliação dos ativos
1980	Levy	CAPM		Mercado Israelense. No curto prazo não há relação significativa; porém, no longo prazo explica 40% das taxas médias de retorno
1980	Merton			As mudanças na variação dos retornos das ações podem ser detectadas a partir das variâncias das ações passadas
1986	Dumontier	CAPM APT	1969 a 1984	Mercado Francês. Sete fatores comuns. Somente três possuem um prêmio de risco significativo. Índice de Mercado.

CAPÍTULO 4

ARBITRAGE PRICING MODEL – APT²

De acordo com Amaral (1994), o Modelo de Avaliação por Arbitragem dos ativos financeiros foi proposto inicialmente por Ross (1976, 1977) e sucedido, no plano teórico, por Connor (1982), Huberman (1982), Igersoll (1982), Shanken (1982), Chamberlain e Rothchild (1983). Ross desenvolveu inúmeros testes empíricos, dois deles foram bem sucedidos.

O primeiro teste consistiu em interrogar sobre o número de fatores de risco e sobre a existência de um prêmio de risco a eles associados. Este teste foi objeto de vários estudos no mercado americano, como: Roll e Ross (1980), Kryzanowski (1982), Kryzanowski; Chau (1983), Jobson (1982), Chen (1982, 1983), Brown; Weinstein (1983) e Drymes; Friend; Gultekin (1984). Também foi testado no mercado de bolsa de valores francês por Domeon (1984), Dumontier (1986) e Charlot (1991).

O segundo teste teve por objetivo identificar os fatores comuns de risco. Já que eles se encontram em número limitado, pode-se acreditar que refletem, em conjunto, a influência dos fatores macroeconômicos. Dentre os estudos realizados sobre o assunto no mercado acionário americano, podemos citar Gertler; Grinols (1982), Chen; Roll; Ross (1986) e Kim; Wu (1987). No mercado acionário francês, podemos citar Simioni (1984).

Antes de considerar as características próprias do Modelo de Avaliação por Arbitragem que o diferenciam de seu predecessor, convém notar que ele possui certos pontos já descritos no CAPM: relação entre o retorno/risco, certas hipóteses concernentes ao comportamento dos investidores e a existência de um risco sistemático e de um risco não sistemático.

A primeira distinção fundamental que se pode fazer a respeito do Modelo de Avaliação por Arbitragem é que ele se baseia num processo linear gerador de retornos que permite definir vários fatores explicativos dos retornos, ao contrário do CAPM. No CAPM, o retorno esperado de um ativo está unicamente ligado à carteira de mercado. O APT não necessita da

² Este capítulo baseia-se na Teses de Doutorado do Prof. Hudson Fernandes Amaral.

utilização de uma carteira específica. Os testes do modelo podem ser realizados com subcarteiras da carteira de mercado.

Uma segunda característica importante é que o Modelo de Avaliação por Arbitragem permite demonstrar que uma situação de equilíbrio parcial, implicando a ausência de todo o ganho de arbitragem, é caracterizada por uma função linear entre o retorno esperado de cada ativo e as medidas de sensibilidade dos retornos aos movimentos dos fatores explicativos – esta é a relação fundamental da Teoria da Arbitragem. Falar de uma situação de equilíbrio parcial é adequado, na medida em que as condições da teoria da arbitragem não supõem, sistematicamente, a existência de um equilíbrio geral.

O Modelo de Avaliação por Arbitragem contém uma estrutura teórica bastante sólida para verificar se os fatores comuns – se eles existirem – são apreciados quanto ao risco que representam; quer dizer, se os prêmios de riscos estão a eles associados. Então, ele permite tanto verificar tanto a existência de fatores comuns como identificar quais são estes fatores.

No APT, o processo de geração de taxas de retorno dos ativos não está restrito apenas a um único período, ao contrário do CAPM, que se situa no quadro de um único período.

4.1. O Modelo

O modelo APT foi desenvolvido a partir da determinação dos coeficientes de sensibilidade de cada um dos fatores de risco em relação ao ativo em questão. É muito comum chamar estes fatores de betas. Com a determinação dos betas e do valor dos mesmos, é possível determinar parte do retorno total do ativo, pois além disto devem ser acrescentados a estes o retorno antecipado e o termo que representa o erro.

O modelo não postula, no entanto, quantos ou quais são esses fatores de risco. Um dos principais interesses do Modelo de Avaliação por Arbitragem reside na simplicidade das hipóteses necessárias a sua derivação teórica.

De acordo com Sears; Trennepohl (1993), citado por Corrêa (1997), o modelo sustenta que se há dois ativos financeiros que têm o mesmo risco mas retornos esperados diferentes, os

investidores arbitrarão ou eliminarão estas diferenças comprando o título com maior retorno esperado ou com menor preço e vendendo aquele com menor retorno esperado ou com maior preço. Esse processo de compra e venda de dois títulos provoca elevação do preço do título de maior retorno esperado em relação ao de menor de forma contínua até que, conseqüentemente, ambos tenham o mesmo retorno esperado, pois substitutos perfeitos entre si devem ter o mesmo valor.

A primeira hipótese é neoclássica tradicional, a qual supõe que o mercado financeiro seja perfeitamente concorrencial, competitivo e diversificado. Nesta situação, existiria um número N suficiente de ativos para proporcionar a eliminação de parte do risco total, mediante a diversificação de investimentos. O caráter perfeito do mercado faz questão que a informação seja gratuita e comum a todos os investidores. Os ativos financeiros são perfeitamente divisíveis, não existem custos de transação e todos os investidores podem aplicar e tomar emprestado a taxas iguais, e presume-se que os impostos não afetem a política de investimentos.

A segunda hipótese é sobre o comportamento dos investidores que assumem expectativas individuais homogêneas e são avessos ao risco. Isto é, para um mesmo nível de risco, preferem um ganho de riqueza a uma perda de riqueza.

A terceira hipótese é sobre a natureza do processo de precificação dos ativos que é linearmente definida por “ k ” fatores, da seguinte forma (fórmula 4.1):

$$\tilde{R}_i = E_i + b_{1i}\tilde{F}_1 + b_{2i}\tilde{F}_2 + \dots + b_{ki}\tilde{F}_k + \tilde{e}$$

fórmula 4.1

$$i = 1, \dots, n$$

Onde:

R_i representa a taxa de retorno aleatória de um ativo i ;

E_i representa a taxa de retorno esperada do ativo i ;

- b_{ji} representa o coeficiente de sensibilidade do ativo i às variações do fator j . Ele representa o risco sistemático;
- F_j representa o **j-ene** fator (de média nula) comum a todos os ativos; e
- ε_i representa uma variável aleatória de média nula, independente de todos os outros fatores que reflete o risco específico do ativo.

A validade o modelo multifatorial impõe o respeito das hipóteses abaixo:

- 1) Os investidores têm expectativas homogêneas e maximizam a função utilidade da riqueza.
- 2) A esperança matemática dos termos de “erro” ε_i ($i = 1, \dots, n$), condicionalmente aos fatores comuns F_j ($j = 1, \dots, k$), é nula. $E(\varepsilon_i/F_j) = 0$ {ou $E(\varepsilon_i) = E(F_j) = 0$ }.
- 3) A covariância entre os erros ε_i e ε_j (para $i \neq j$, $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, n$) é nula. $\{Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = Cov(\varepsilon_i, F_j) = 0\}$.
- 4) Enfim, supõe-se que a variância de ε_i ($i = 1, \dots, n$), esteja limitada superiormente.
- 5) Quando em equilíbrio, o mercado não permitirá ganho em operações de arbitragem (adaptado de Raposo, 1998). Chama-se arbitragem o ganho sem risco pelas vantagens de preços diferenciados pelo mesmo ativo.

A análise da performance do APT, baseada em variáveis estatísticas, é realizada em duas etapas. A primeira tem o objetivo de determinar a sensibilidade dos fatores previamente escolhidos; a segunda, de verificar se as sensibilidades são utilizadas na determinação dos prêmios de risco. O detalhamento do processo poderia ser dividido em cinco procedimentos:

1. Determinar o número de carteiras.
2. Estabelecer uma matriz de covariância dos retornos, por período, das carteiras determinadas.
3. Realizar a análise dos fatores de risco de máxima verossimilhança, com o objetivo de determinar o número de fatores e a matriz de sensibilidades. Teoricamente, o número de fatores ideal depende do número de carteiras determinadas e do período analisado.

Normalmente, quanto maior o número de carteiras e quanto maior o intervalo de tempo estabelecido, maior será o número de fatores de risco retornados.

4. Utilizar as sensibilidades de cada carteira a cada fator de risco para explicar a variação cross-sectional dos retornos individuais esperados, por meio da determinação dos prêmios de risco dos fatores.
5. Utilizar as estimativas obtidas para determinar a importância de cada prêmio de risco associado aos fatores estimados e organizá-los em ordem decrescente.

Os componentes do risco não sistemático representam os fatos que acontecem em circunstâncias específicas a cada ativo individualmente e que não afetam de maneira significativa o desempenho econômico do conjunto dos outros ativos. Porém, casos particulares podem perturbar o bom funcionamento do modelo. Connor (1982), citado por Amaral (1994), dá um exemplo no qual um ativo representa uma grande proporção da oferta total dos títulos no mercado financeiro. Neste caso, a componente de risco não sistemático daquele ativo pode influenciar a performance do modelo. Além disso, os fatores comuns podem explicar somente um número restrito de retornos dos ativos. É essencial trabalhar com um número importante de ativos para evitar a inclusão de fatores pontuais.

Na perspectiva do Modelo de Avaliação por Arbitragem, é importante saber que os fatores de risco comuns devem ser globalmente explicativos de todos os ativos. Verifica-se, quando da determinação do número de fatores de risco comuns, que a aplicação desta definição permite segregar os fatores exclusivamente ligados a um ativo.

A hipótese básica formulada é de que o número de fatores de risco comuns a todos os títulos é relativamente pequeno, mas não é realizada qualquer precisão sobre este número nem sobre a natureza de fatores comuns à carteira de ativos. Então, pode-se demonstrar, a partir de um raciocínio de arbitragem, que esta hipótese permite concluir um resultado importante: num mercado eficiente, todas as oportunidades de arbitragem são rapidamente eliminadas e o retorno esperado é uma combinação linear dos coeficientes de volatilidade (betas) relativos a cada fator de risco. Em outros termos, cada beta é uma medida de risco sistemático, em que é adicionado um prêmio pelo risco.

A derivação do Modelo de Avaliação por Arbitragem baseia-se no fato de que no equilíbrio do mercado não é permitido qualquer lucro de arbitragem.

Supondo-se que um investidor modifique a composição de sua carteira vendendo todos ou partes de certos ativos a fim de adquirir outros, a nova carteira assim constituída não terá necessidade de qualquer outra colocação de recurso financeiro. Supondo-se também que a nova carteira tenha sido constituída de tal maneira a não apresentar qualquer risco sistemático suplementar e reunir ativos suficientes para que, sob o efeito da diversificação, seu risco específico seja inexistente ou quase inexistente, no equilíbrio, o retorno adicional esperado por esta nova carteira (carteira por arbitragem) tende a ser nulo.

A partir deste raciocínio, Ross (1976), citado por Amaral (1994), demonstra que o número de ativos (\mathbf{n}) é superior ao número de fatores (\mathbf{k}), e que existe $\mathbf{k} + 1$ coeficientes, $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_k$, tais que (fórmula 4.2):

$$E_i = I_0 + I_1 b_{1i} + I_2 b_{2i} + \dots + I_k b_{ki}$$

fórmula 4.2

$$i = 1, \dots, n$$

Se existe um ativo rentável livre de risco E_0 , então b_{j0} é nulo e E_0 é igual a I_0 . O retorno esperado de um ativo é dado em função da taxa livre de risco e do grau de sensibilidade do ativo aos movimentos dos fatores comuns (fórmula 4.3):

$$E_i = E_0 + I_1 b_{1i} + I_2 b_{2i} + \dots + I_k b_{ki}$$

fórmula 4.3

O retorno esperado do ativo i é igual ao retorno do ativo livre de risco mais um prêmio de risco em função do coeficiente de sensibilidade do ativo i aos fatores comuns (macroeconômicos). Porém, esta relação não é exatamente verificada no geral; e é unicamente verificada quando da inexistência do risco específico.

Em consequência, quando não existe oportunidade de arbitragem o retorno esperado de um

ativo é uma função linear dos coeficientes de sensibilidade do ativo aos diferentes fatores econômicos. As ligações entre o retorno esperado e o coeficiente de sensibilidade são conhecidas como prêmio de risco.

4.2. A Validação e os Limites dos Testes Empíricos do APT

De acordo com Amaral (1994), as críticas ao Modelo de Avaliação por Arbitragem são freqüentemente de ordem empírica. No entanto, algumas dúvidas sobre a coerência interna do modelo são levantadas por Shanken (1982).

Em relação ao nível empírico, foram, principalmente, Dhrymes; Friend; Gultekin (1984), citado por Amaral (1994), que realizaram críticas ligadas, em especial, aos métodos de análise fatorial. Outro tipo de problema é devido à similaridade possível dos fatores com a carteira de mercado. No entanto, para que a estrutura fatorial dos retornos seja identificável é necessário que cada fator esteja presente em um certo número de ativos para que ele não seja confundido com o risco diversificável. Além disso, uma das condições necessárias à validação empírica do APT é que ela seja bastante diversificada, de forma a criar carteiras que permitam reproduzir cada fator. Em consequência, se esta hipótese é verificada, o APT constituirá um teste sobre um conjunto considerável de ativos. Existe o caso, no entanto, em que o teste sofre um viés. Esta possibilidade ocorre quando um fator é representado somente em um ativo. O teste pode rejeitar o APT.

A maioria dos estudos empíricos mostra, de fato, que o Modelo de Avaliação por Arbitragem tem possibilidade de teste sobre subconjuntos de ativos, e isso é o principal interesse, no plano empírico, do APT em relação ao CAPM.

Segundo Amaral (1994), desde os primeiros testes do APT formulados por Gher (1975) e Roll; Ross (1980), numerosos testes empíricos foram realizados. Por analogia aos testes do CAPM, dois tipos de testes foram distinguidos: um baseado na metodologia de Fama; Mac Beth (1973), e outro baseado na metodologia de Gibbons (1982). No entanto, uma dimensão suplementar é introduzida, devido à hipótese de que os retornos são gerados, presumivelmente, por um modelo de **K** fatores.

Roll; Ross (1980), citados por Amaral (1994), tentaram extrair fatores comuns a partir de um

modelo de 1260 ações americanas distribuídas em 42 carteiras de 30 ações no período compreendido entre 1962 a 1972. Os autores constatarem que cinco fatores foram estatisticamente significativos em 5% dos 75% das carteiras. Roll; Ross constataram que, em geral, de três a cinco fatores são afetados por um prêmio de risco estatisticamente significativo.

Na Alemanha, Winkelman (1984), citado por Amaral (1994), tentou extrair fatores comuns a partir de um modelo de 93 ações no período compreendido entre 1971 a 1981. O autor constatou que o primeiro fator explicava, aproximadamente, 36% das variações das taxas de retornos. Winkelman registrou oito prêmios de risco significativos para 22 fatores.

Na Inglaterra, Chan; Beenstock (1984), citado por Amaral (1994), a partir de dois ou três grupos de 80 ações constituídos no curso de períodos compreendidos entre 1962-1971 e 1972-1981, registraram entre 16 e 23 fatores significativos, cujo primeiro fator explicava entre 25% e 40% a variabilidade dos retornos. Eles detectaram que, dependendo do caso, de um a sete fatores geram um prêmio de risco estatisticamente significativo.

Na França, Dumontier (1986) determina, a partir de uma taxa de máxima verossimilhança, sete fatores de 5% a partir de uma amostra de 99 ações no período compreendido entre 1969 a 1984. Dentre esses fatores, o primeiro explica, em média, 36% da variação dos retornos. A parte de variação determinada por outros seis fatores é fraca. Dumontier encontra dois ou três fatores que intervêm significativamente na avaliação das ações.

Dhrymes; Friend; Gultekin (1984), citados por Amaral (1994), mostram que a instabilidade do número de fatores está, de fato, principalmente ligada ao número de ações na amostra e que extraímos, em geral, um ou dois fatores de um grupo de 15 ações, enquanto que podemos extrair dois ou três de um grupo de 30 ações. O número passa a ser de quatro, seis e nove fatores quando o tamanho do grupo passa de 45, 60 e 90 títulos, respectivamente. Segundo esses autores, tais resultados devem ser interpretados com prudência, pois os fatores só são definidos por meio de uma equação linear próxima. Tanto é assim que não é possível definir precisamente quais fatores são efetivamente avaliados pelo mercado sobre a base do teste.

No Brasil, foram desenvolvidos vários trabalhos empíricos, dentre os quais podemos destacar:

Corrêa (1997) realizou um estudo comparativo entre o APT e o CAPM no período de julho de 1990 a junho de 1996. Foram utilizados, arbitrariamente, três fatores macroeconômicos: a taxa de juros de mercado (medida pelos Certificados de Depósitos Interbancários); a inflação (medida pelo Índice Geral de Preços, conceito disponibilidade interna – IGP-DI); e a evolução da atividade industrial (medida pelo Índice da Indústria de Transformação). Conclui-se que a APT apresentou resultados superiores aos obtidos com o CAPM. Contudo, os dois modelos apresentaram resultados pouco condizentes com seus respectivos pressupostos básicos. É provável que, isto se deva aos distúrbios macroeconômicos que afetaram o mercado financeiro brasileiro durante o período observado.

Berenice (1998) realizou um estudo do APT no mercado brasileiro para o período de julho de 1989 a julho de 1997, adotando como variáveis macroeconômicas: Ibovespa, Dow Jones, Nikkei, Taxa Overnight, Libor, Título de 30 anos do Governo Norte-Americano, M4, Indicador Geral de Produção e o Ouro spot Norte-Americano. No teste, verificou-se a existência de oito fatores – significantes a 5% – que seriam precificados pelo mercado. Quando realizou um teste para identificar uma relação entre os oito fatores extraídos da amostra de retornos e as nove variáveis econômicas cujos retornos foram padronizados, a autora encontrou uma fonte de risco estatisticamente significativa: o IBOVESPA.

Lucca (1999) realizou um estudo comparativo entre o APT e o CAPM no período de julho de 1994 a abril de 1999. Foram utilizados, arbitrariamente, quinze fatores macroeconômicos: base monetária, Bolsa de Valores de países desenvolvidos, Bolsas de Valores de países da América Latina, variação do valor do dólar em relação ao real, variação no número de pesquisas mensais ao SPC no estado do Rio de Janeiro, taxa aberta de desemprego no Brasil, inflação (medida pelo Índice Geral de Preços – IGP), taxa de juros SELIC, indicador do nível de atividade do estado de São Paulo, rendimento da caderneta de poupança, reservas internacionais, variação no saldo da balança comercial, receita fiscal, salário e taxa de juros dos Estados Unidos (Federal Funds). Lucca afirma que o uso de apenas um fator – a carteira de mercado – foi suficiente para explicar pouco mais de 80% da variação do portfólio analisado. Desta forma, pode-se concluir que o CAPM é o modelo de precificação de maior representatividade e que a carteira de mercado é o fator de maior determinação sobre a volatilidade do ativo.

Barbosa (2000) realizou um estudo comparativo entre o APT e o CAPM no ano de 1998. Foram utilizados, arbitrariamente, oito fatores macroeconômicos: volume de caixa disponível, inflação (medida pelo Índice Geral de Preços, conceito mercado – IGP-M), taxa de câmbio entre o real e o dólar americano (média mensal), índice do nível de emprego formal, Ibovespa, índice da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro e taxa de juros SELIC. Concluiu-se que a APT apresentou resultados superiores aos obtidos com o CAPM. Contudo, os resultados não descartam em momento algum a validade do CAPM como modelo de precificação de ativos; apenas mostram que o beta de mercado não é eficiente o bastante para explicar o retorno esperado dos ativos.

Segundo Amaral (1994), a análise fatorial constitui a origem de certas dificuldades no teste do APT. Além disso, é difícil testar a hipótese segundo a qual a constante do APT é igual à taxa livre de risco. Esses problemas levam a pensar que somente a evidenciação da natureza econômica dos fatores comuns permite validar definitivamente a pertinência do APT.

Podemos resumir o quadro histórico do APT conforme demonstrado na tabela 4.1.

TABELA 4.1: Quadro Histórico do APT (evidências empíricas e limitações)

Ano	Autor	Modelo	Período	Conclusão
1976 1977	Ross	APT		Proposição da Teoria
1980	Roll Ross	APT	1962 a 1972	Constatarem que 05 fatores foram estatisticamente significativos em 5% dos 75% das carteiras
1984	Winkelman	APT	1971 a 1981	Alemanha. Primeiro fator explicava 36% das variações dos retornos Registrou oito prêmios de riscos significativos para 22 fatores
1984	Chan Beenstock	APT	1962 a 1971 1972 a 1981	Inglaterra. Registraram entre 16 e 23 fatores significativos, cujo primeiro explicava entre 25% e 40% a variabilidade dos retornos. Detectaram de um a sete fatores geram um prêmio de risco estatisticamente positivo

TABELA 4.1: Quadro Histórico do APT (evidências empíricas e limitações) - Continuação

Ano	Autor	Modelo	Período	Conclusão
1986	Dumontier	APT	1969 a 1984	França. Determina sete fatores, o primeiro explica, em média, 36% da variação dos retornos
1994	Amaral	APT		Brasil. Análise fatorial é a origem de dificuldades no APT. Difícil testar a hipótese segundo a qual a constante do APT é igual a taxa livre de risco
1997	Corrêa	APT e CAPM	1990 a 1996	Brasil. APT apresentou resultados superiores aos obtidos com o CAPM. Os dois modelos apresentaram resultados pouco condizentes em seus pressupostos básicos
1998	Berenice	APT	1989 a 1997	Brasil. Foi encontrada uma fonte de risco estatisticamente significativa: IBOVESPA. Registrou 8 prêmios de riscos significativos
1999	Lucca	APT e CAPM	1994 a 1999	Brasil. A carteira de mercado foi suficiente para explicar pouco mais de 80% da variação dos retornos. Concluiu-se pelo CAPM como modelo de maior representatividade
2000	Barbosa	APT e CAPM	1998	Brasil. APT apresentou resultados superiores aos obtidos com o CAPM. O Beta de mercado não é tão eficiente para explicar o retorno esperado dos ativos

CAPÍTULO 5 METODOLOGIA

5.1. Tipo de Pesquisa

Para a classificação desta pesquisa, tomou-se como base a taxionomia apresentada por Vergara (1998), que classifica uma pesquisa sob duas óticas distintas: quanto aos fins e quanto aos meios.

Esta dissertação é classificada, quanto aos fins, como **aplicada**, **explicativa** e **metodológica**, em função dos seguintes pontos:

- a) É fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos.
- b) Tem como principal objetivos tornar algo inteligível e justificar seus motivos. Visa esclarecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno.
- c) Refere-se a instrumentos de captação da realidade; portanto, associada a caminhos, formas, maneiras e procedimentos para atingir determinado fim. Podemos entender por determinado fim o processo de precificação dos ativos financeiros que possui maior eficiência.

Quanto aos meios, é classificada como *ex post facto*, em função dos seguintes pontos:

- a) Refere-se a um fato já ocorrido.
- b) Aplica-se quando o pesquisador não pode controlar ou manipular variáveis, porque suas manifestações já ocorreram, pois as variáveis não são controláveis.

5.2. Variáveis

5.2.1 Carteira de Mercado

O uso de uma carteira de mercado como fator de determinação do risco específico de ativos é ponto primordial do CAPM. O uso da carteira de mercado serve como medidor de risco, por

mostrar o grau de intensidade que a carteira em questão variará com uma variação unitária na carteira de mercado.

A carteira de mercado deve ser formada pela inclusão de todos os ativos financeiros que fazem parte do mercado. Nesse sentido, devem ser incluídos todos os ativos que servem como forma de investimento, incluindo imóveis, obras de arte, moedas estrangeiras, ouro, etc.

No caso deste estudo, o índice de mercado utilizado é o IBOVESPA – Índice da Bolsa de Valores do Estado de São Paulo –, por representar o retorno do maior mercado financeiro nacional, de onde foram extraídos os títulos levados em consideração para a formação da carteira de análise.

Os dados a respeito da rentabilidade das ações obtidos da BOVESPA são observados *ex-direitos*, ou seja, já foram ajustados às informações relevantes de subscrições, bonificações e dividendos.

Em função da não disponibilidade sobre as expectativas de retornos dos investidores, consideraremos os retornos realizados *ex post* de ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA), calculados pela fórmula 5.1.

$$R_{it} = [(P_{it} + D_{it} - P_{it-1}) / P_{it-1}] \times 100$$

fórmula 5.1

Onde:

P_{it} representa o preço da ação *i* ao final do período *t*;

P_{it-1} representa o preço da ação *i* no início do período *t*; e

D_{it} representa o dividendo, eventualmente recebido no curso do período *t*.

Segundo Roll (1978), citado por Lucca (1999), a deturpação causada pelo uso do índice de mercado como aproximador da carteira composta por todos os ativos do mercado é uma das causas de um erro tendencioso no modelo de mercado. Porém, o uso do índice de mercado, é largamente difundido e aceito como forma de parâmetro para o cálculo de risco.

Os retornos encontrados do IBOVESPA no período de análise foram calculados com base nas amostras retiradas do banco de dados Economática e encontram-se demonstrados na tabela abaixo:

TABELA 5.1: Retornos Mensais do IBOVESPA

1995		1996		1997	
Período	Ibovespa	Período	Ibovespa	Período	Ibovespa
jan	-10,76965	jan	19,83019	jan	13,66958
fev	-15,80952	fev	-3,76201	fev	10,84926
mar	-8,92442	mar	-0,05648	mar	2,43864
abr	28,02377	abr	4,22208	abr	10,37152
maio	-2,44382	maio	10,91768	maio	13,64456
jun	-3,15011	jun	5,51511	jun	10,78103
jul	7,60692	jul	1,31374	jul	-51,27556
ago	11,16986	ago	2,22433	ago	73,25908
set	8,34242	set	2,99390	set	11,19804
out	-11,60146	out	1,33865	out	-23,82809
nov	6,06061	nov	2,03426	nov	4,54040
dez	-1,81569	dez	5,11251	dez	6,99383
1998		1999		2000	
Período	Ibovespa	Período	Ibovespa	Período	Ibovespa
jan	-3,29320	jan	21,68280	jan	-2,28953
fev	8,74486	fev	9,04418	fev	7,76178
mar	13,01798	mar	20,04489	mar	0,90600
abr	-2,25180	abr	6,11444	abr	-12,81145
maio	-15,68040	maio	-2,29956	maio	-3,73946
jun	-1,70628	jun	4,84264	jun	11,84140
jul	10,63236	jul	-10,19267	jul	-1,63209
ago	-39,55356	ago	1,17805	ago	5,42117
set	1,86959	set	5,13063	set	-8,17480
out	6,88609	out	5,34846	out	-6,66123
nov	22,47765	nov	17,76068	nov	-10,62756
dez	-22,19905	dez	21,73029	dez	14,84157

Fonte: Banco de Dados da Economática, UFMG

Acesso em: maio de 2001

5.2.2. Ativo Livre de Risco

Uma das suposições básicas do CAPM é de que existe disponibilidade de recursos, aos quais qualquer investidor pode ter acesso e que permita realizar investimentos e empréstimos a uma taxa de retorno livre de risco. Este ativo livre de risco geralmente significa o retorno mínimo exigido pelo investidor para arcar com riscos extraordinários no mercado. Como tal investimento está sempre disponível, o investidor apenas arcará com os riscos se a expectativa de obter um retorno for maior que estes mesmos riscos.

O CAPM é um modelo de equilíbrio e a constante é representada pela taxa livre de risco. Sendo um modelo de risco, esta parte do retorno que não contém risco deve ser retirada tanto do rendimento obtido na carteira de mercado quanto do rendimento obtido na carteira em análise. Desta forma, elimina-se a parcela do investimento que não arca com risco.

A existência do retorno do ativo livre de risco como fator constante no modelo faz com que ele seja um modelo de equilíbrio. Ou seja, ativos que apresentem riscos semelhantes apresentam a mesma expectativa de retorno. São ativos livre de risco em uma economia, e geralmente utilizados como fator constante em modelos de equilíbrio: títulos governamentais ou rendimento da caderneta de poupança. Na presente dissertação, escolhe-se o Certificado de Depósito Interbancário (CDI) para representar o ativo livre de risco.

Os rendimentos do CDI no período em análise, obtidos do banco de dados Economática, estão demonstrados na tabela 5.2.

TABELA 5.2: Retornos Mensais do Certificado de Depósito Interbancário (CDI)

1995		1996		1997	
Período	CDI	Período	CDI	Período	CDI
jan	3,47000	jan	2,56000	jan	1,74199
fev	3,25000	fev	2,31000	fev	1,66089
mar	4,41000	mar	2,20032	mar	1,62573
abr	4,22000	abr	2,03000	abr	1,65625
maio	4,27000	maio	2,00459	maio	1,57838
jun	4,05000	jun	1,94061	jun	1,59360
jul	4,01000	jul	1,91328	jul	1,91328
ago	3,81000	ago	1,94804	ago	1,58000
set	3,25000	set	1,88403	set	1,58148
out	3,06000	out	1,85693	out	1,68191
nov	2,84000	nov	1,79446	nov	2,98000
dez	2,73000	dez	1,79000	dez	2,92000
1998		1999		2000	
Período	CDI	Período	CDI	Período	CDI
jan	2,66654	jan	2,17000	jan	1,44000
fev	2,11000	fev	2,35000	fev	1,44000
mar	2,17503	mar	3,29000	mar	1,44000
abr	1,69484	abr	2,28000	abr	1,28000
maio	1,63074	maio	1,96000	maio	1,48812
jun	1,59704	jun	1,63000	jun	1,38550
jul	1,69000	jul	1,62000	jul	1,30238
ago	1,47000	ago	1,55000	ago	1,39501
set	2,49000	set	1,47000	set	1,21702
out	2,93000	out	1,37446	out	1,27949
nov	2,58000	nov	1,37000	nov	1,21557
dez	2,37000	dez	1,45022	dez	1,25396

Fonte: Banco de Dados da Economática, UFMG

Acesso em: maio de 2001

Pode-se questionar por que não utilizou-se o rendimento da caderneta de poupança como ativo livre de risco, principalmente em função das garantias que o Governo Federal disponibiliza para este tipo de aplicação. Porém, como é do conhecimento público, o Governo Federal vem atuando, com frequência, na cotação da Taxa Referencial (TR). É importante lembrar que a Taxa Referencial é o indicador base para o cálculo dos rendimentos da poupança.

Pode-se também questionar por que não utilizou-se títulos públicos como *proxy* dos ativos livre de risco. No caso brasileiro, os títulos públicos vêm sofrendo as mais diversas alterações em suas características, não permitindo a obtenção de uma série histórica recente estável.

5.2.3. Fatores Macroeconômicos

A APT trabalha com análise de risco mediante fatores macroeconômicos sem considerar quais ou quantos são os fatores que devem ser levados em consideração no modelo. Assim, o primeiro passo a ser dado para a consecução do modelo consiste em determinar os fatores macroeconômicos que influem na precificação do ativo.

A Análise de fatores pode ser realizada de três formas distintas:

Abordagem Histórica: Esta metodologia busca, em fatores macroeconômicos passados, a explicação de processos macroeconômicos presentes.

Cross-sectional: Conforme Gujarati (2000), o cross-sectional é uma regressão linear múltipla, que busca os fatores que melhor se ajustam à dispersão dos pontos coletados em um determinado momento.

Análise Fatorial

[...] análise fatorial é usada para extrair o número de fatores e a sensibilidade dos ativos baseados no retorno passado dos ativos. Análise fatorial pega o retorno de muitos períodos de uma amostra de ativos e busca identificar um ou mais fatores estatisticamente

significantes que podem ter gerado a co-variância observados dentro da amostra. (Sharp; Alexander; Bailei, 1995, p. 315-6).

Pode-se ainda concluir que a análise fatorial busca eliminar a ocorrência de multicolinearidade entre as variáveis independentes, o que faria o modelo apresentar coeficientes subavaliados.

A análise fatorial foi realizada a partir de dados retirados de bases de dados da publicação periódica **Conjuntura Econômica**, da Fundação Getúlio Vargas, Quadros Estatísticos do **Boletim do Banco Central do Brasil** e do banco de dados da **Economática**, por intermédio do programa estatístico **Statistical Package for Social Sciences** (SPSS). Os fatores inicialmente em consideração, com seus respectivos indicadores, foram os seguintes (quadro 5.1):

QUADRO 5.1: Fatores Macroeconômicos

FATOR	DESCRIÇÃO
Título Público Federal	Variação do volume comercializado das Letra do Banco Central (LBC)
Taxa de Juros	Variação dos Certificados de Depósitos Interbancários (CDI)
Desemprego	Taxa aberta de desemprego no Brasil – IBGE
Câmbio	Variação do valor do dólar em relação ao Real
Inflação	Índice Geral de Preços – IGP-M – FGV
Nível de Atividade	Indicador de Nível de Atividade – FIESP
Reservas Internacionais	Variação no nível de reservas internacionais no Banco Central
Bolsa de Valores do Brasil	Média Geométrica do índice da Bolsa de Valores de São Paulo – IBOVESPA
Base Monetária	Disponibilidade monetária no mercado – M1
Bolsa de Valores dos Estados Unidos	Média Geométrica do índice da Bolsa de Valores de Nova Iorque – Dow Jones

FATOR	DESCRIÇÃO
Bolsa de Valores dos Estados Unidos Empresas de Tecnologia	Média Geométrica do Índice da Bolsa de Valores de Nova Iorque, para empresas do setor de tecnologia – Nasdaq
Juros	Taxa SELIC
Poupança	Rendimento da Caderneta de Poupança
Saldo Comercial	Variação no saldo da Balança Comercial
Taxa de Juros nos Estados Unidos	Prime Rate – taxa de juros do FED
Commodities	Variação da cotação do ouro no mercado brasileiro
Custo de Vida	Taxa do Custo de Vida – DIEESE
Salário	Variação no salário médio pago na cidade de São Paulo – FIESP

Da análise fatorial realizada, os fatores que se mostraram mais significativos com o retorno da carteira em análise estão relacionados no quadro 5.2.

QUADRO 5.2: Fatores Macroeconômicos mais Significativos

FATOR	DESCRIÇÃO
Bolsa de Valores do Brasil	Média Geométrica do índice da Bolsa de Valores de São Paulo – IBOVESPA
Bolsa de Valores dos Estados Unidos	Média Geométrica do índice da Bolsa de Valores de Nova Iorque – Dow Jones
Bolsa de Valores dos Estados Unidos Empresas de Tecnologia	Média Geométrica do Índice da Bolsa de Valores de Nova Iorque, para empresas do setor de tecnologia – Nasdaq

5.3. Dados Pesquisados

Os dados foram pesquisados pelo próprio autor mediante a utilização de fontes secundárias, conforme descrito a seguir.

- a) Retornos das Ações, IBOVESPA, CDI, Dow Jones, Nasdaq, SELIC e Poupança foram obtidos por meio do banco de dados da Economática.
- b) As variações das Reservas Internacionais, das Letras do Banco Central do Brasil, do Saldo da Balança Comercial e da Prime Rate foram obtidas por meio dos Quadros Estatísticos do Boletim do Banco Central do Brasil;
- c) As variações do IGP-M, Ouro, Custo de Vida e Salário Real Médio, foram obtidos através da publicação periódica Conjuntura Econômica da Fundação Getúlio Vargas;
- d) As variações da Taxa de Desemprego, Câmbio, Nível de Atividade e Meios de Pagamentos – M1, foram obtidos através dos Quadros Estatísticos do Boletim do Banco Central do Brasil e das publicações periódicas da Conjuntura Econômica da Fundação Getúlio Vargas.

5.4. Fontes de Dados Pesquisados

As fontes utilizadas para a coleta dos dados pesquisados estão descritos a seguir.

- a) Banco de Dados da **Econômática** no período de 31 de dezembro de 1994 a 31 de dezembro de 2000. Os dados a respeito da rentabilidade das ações contidas no banco de dados são observações ex-direitos; ou seja, já foram ajustados às informações relevantes de subscrições, bonificações e dividendos.
- b) O periódico mensal **Boletim do Banco Central do Brasil** no período de janeiro de 1995 a janeiro de 2001 e os Quadros Estatísticos complementares.
- c) As publicações periódicas da **Conjuntura Econômica** da Fundação Getúlio Vargas.

5.5. Amostra

Considerou-se como amostra da presente pesquisa as ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2000.

5.5.1. Formação das Carteiras para Análise

A amostra foi constituída por meio de uma série temporal dos 72 retornos mensais (lucratividade mensal) nominais *ex post* de 45 ações negociadas na Bolsa de Valores de São

Paulo no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2000 (seis anos). Os dados das cotações de fechamento foram obtidos diretamente da base de dados do programa Economática .

Este período corresponde ao período de vigência do Real como moeda no Brasil e é marcado por ser um período em que as taxas de inflação foram baixas.

Todos os planos de estabilização anteriores ao Plano Real tiveram como objetivo o controle do processo inflacionário, porém só tiveram resultado no curtíssimo prazo. O Plano Real vem conseguindo manter a estabilidade dos preços desde 1994. Durante esse período enfrentou diversas crises externas sem que a estabilização dos preços ficasse comprometida. Porém, a estabilização interna provocou uma deterioração do balanço de pagamentos pois houve substancial aumento das importações e como as taxas de juros foram sempre altas, o pagamento de juros que também contribuiu para essa deterioração, fez com que a dívida interna aumentasse significativamente, aumentando também a taxa de desemprego, etc. Essa conjuntura afeta direta e indiretamente o mercado de capitais. Supõe-se que a estabilização dinamize esses mercados atraindo recursos pois sem o “ganho inflacionário” os investidores tendem a diversificar mais os seus portfólios dirigindo aos mercados de renda variável uma parcela de seus investimentos (França; Raposo; Amaral, 1999, p. 9).

Para a análise dos modelos, é necessária a aplicação de uma carteira de ativos para testar a representatividade dos modelos. O uso de uma carteira de ativos formada pelos principais ativos financeiros do mercado de capitais serve como uma carteira que elimine o risco não sistemático e sirva como parâmetro de teste para os modelos.

A carteira utilizada para a análise dos modelos foi formada a partir do banco de dados **Economática**. Os títulos levados em consideração foram aqueles de empresas privadas e estatais negociados na maior bolsa de valores do país, a Bolsa de Valores do Estado de São Paulo.

Segundo França; Raposo; Amaral (1999), no mercado de capitais brasileiro, no ano de 1998, de acordo com os Relatórios Anuais da **Comissão Nacional de Bolsas de Valores** (C.N.B.V.), a Bovespa foi a principal bolsa em operação no país, tendo movimentado 90,83% da quantidade de títulos, 95,12% do volume financeiro e 90,49% do número de negócios do mercado de capitais.

A escolha das ações que compõem a carteira foi feita levando-se em consideração o volume movimentado durante o ano compreendido entre dezembro de 1999 e dezembro de 2000, último ano em análise. Como a análise realizada foi retrospectiva até o mês de janeiro de 1995, foram excluídas as ações que, embora possuíssem grande movimentação no ano em questão, não apresentaram movimentações, no mínimo, a partir do ano de 1994, sendo excluídos todos os títulos de empresas de telefonia celular e outros títulos lançados após o mês de dezembro de 1994.

A grande concentração do mercado em relação às movimentações e, principalmente, em relação aos títulos públicos poderia deturpar a análise dos fatores de risco expostos anteriormente. A grande concentração em títulos de determinado setor seria ineficiente na diversificação do risco diversificável. Seguindo a decomposição do risco como demonstrada no Capítulo 2, a grande concentração da carteira formada por títulos de poucos setores prejudicaria a carteira ao aumentar seus riscos, o que poderia ser eliminado por meio da diversificação. Desta forma, foram excluídas as duplicidades de ações por companhia quando da ocorrência de títulos ordinários e preferenciais de uma mesma empresa. Excluiu-se também os títulos ordinários, por apresentarem menor liquidez no mercado.

A carteira foi composta por 45 títulos, selecionados segundo os critérios acima expostos. Desta forma, as ações que fizeram parte da carteira estão distribuídas em 17 setores da economia. Os títulos que foram selecionados segundo estes critérios foram os seguintes (quadro 5.3).

QUADRO 5.3: Ações Distribuídas por Setor da Economia

Título	Setor	Título	Setor
Bradesco PN	Bancos	Ipiranga Pet PN	Petroquímico
Itaubanco PN	Bancos	Petrobras PN	Petroquímico
Brasil PN	Bancos	Copene PNA	Petroquímico
Banespa PN	Bancos	Copesul ON	Petroquímico
		Rhodia Ster ON	Petroquímico
Ambev PN	Bebidas	Vale Rio Doce PNA	Mineração
Souza Cruz ON	Cigarros	Petrobras Distrib PN	Comércio Atacadista
Itausa PN	Diversos	Duratex PN	Material Construção
Cerj ON	Energia	Celesc PNB	Energia
Cesp PN	Energia	Paul F Luz ON	Energia
Eletrobras PNB	Energia	Copel ON	Energia
Cemig PN	Energia	Paranapanema PN	Energia
Ligth ON	Energia		
Acesita PN	Siderurgia	Brasil Telec PN	Telecomunicações
Belgo Mineira PN	Siderurgia	Telebras RCTB PN	Telecomunicações
Gerdau PN	Siderurgia	Telemig PNB	Telecomunicações
Sid Nacional ON	Siderurgia	Telerj PN	Telecomunicações
Sid Tubarao PN	Siderurgia	Telesp Operac PN	Telecomunicações
Usiminas PNA	Siderurgia		
Loj Americanas PN	Comércio Varejista	Fosfertil PN	Fertilizantes
Sadia AS PN	Alimentos	Unipar PNB	Outros
Perdigão PN	Alimentos	Inepar PN	Outros
Randon Part PN	Automotivo	Aracruz PNB	Papel Celulose
		Klabin PN	Papel Celulose
		Votorantim C P PN	Papel Celulose

Quanto à concentração do volume de negociações por setor da economia, percebe-se claramente que os setores Bancário, Petroquímico, Energia, Siderurgia e Telecomunicações são os que apresentam maiores concentrações. Excetuando o setor Bancário que pode ser classificado como de serviço, todos os outros são de infra-estrutura, sendo que muitos são ex-

estatais. Quanto à distribuição por tipo de ação, percebe-se a preferência por ações preferenciais (82,22% da amostra).

Os testes estatísticos utilizados necessitam de um número de observações muito superior ao número de variáveis, como também bases mensais para o cálculo das taxas de rentabilidade. Os dados amostrais são suficientemente espaçados para reduzir os desvios relacionados à correlação serial e à não normalidade dos retornos. O número de observações é suficiente para garantir a validade dos resultados obtidos.

É importante ressaltar que as 45 ações construíram um portfólio global (constituído por todas as ações escolhidas), o que possibilitará a comparação com o portfólio de mercado.

Os retornos da carteira foram baseados em uma periodicidade mensal. O cálculo do rendimento mensal da carteira foi realizado por meio da média aritmética simples, já que a participação das ações é igual à dos rendimentos das ações no mês. O rendimento das ações em cada mês foi calculado pela variação do valor da mesma na última movimentação do mês em questão em relação à sua última movimentação no mês anterior.

É importante ressaltar que a Medida Provisória n. 165, assinada pelo então Presidente Fernando Collor de Melo veda a emissão de títulos e a captação de depósitos ou aplicações ao portador ou nominativas-endossáveis.

5.6. Metodologia para o APT

Todo o teste do APT comporta duas etapas:

- 1) Identificação dos fatores e seus pesos respectivos.
- 2) Explicação, a partir dos pesos de cada fator, da variação dos rendimentos, a fim de medir a amplitude e a significância estatística dos prêmios de riscos associados à cada um desses fatores.

5.6.1. A Identificação dos Fatores

O principal problema verificado para a validação empírica do APT vem da imprecisão da teoria na quantificação e qualificação dos fatores comuns ao conjunto de ativos. Nessas condições, as técnicas de regressão são inutilizáveis. Somente uma análise fatorial permite extrair os fatores comuns. Utilizando a notação matricial, a equação assim pode ser escrita (fórmula 5.2).

$$\underline{\tilde{R}} = \underline{E} + \underline{B}\underline{\tilde{d}} + \underline{\tilde{e}} \quad \text{fórmula 5.2}$$

Trata-se, então, de estimar a matriz dos coeficientes \underline{B} sob a ordem que os vetores \underline{d} e \underline{e} sejam ortogonais. Optou-se por uma técnica de análise fatorial baseada no máximo de verossimilhança. Este tipo de análise caracteriza-se por um teste de adequação entre as observações e a estrutura hipotética da amostra, estimando os parâmetros da amostra que têm a mais forte probabilidade de reproduzir a matriz da covariação observada. A matriz de covariação reproduzida pelo modelo é de forma (fórmula 5.3):

$$\underline{V} = \underline{B}\underline{B}' + \underline{D}^2 \quad \text{fórmula 5.3}$$

Onde:

\underline{D}^2 é a matriz diagonal das variações dos termos de erros. Enquanto que nenhuma hipótese sobre a distribuição dos rendimentos é necessária à derivação teórica do modelo, o teste do APT necessita que esses retornos sigam uma normalidade e que o vetor dos rendimentos antecipados, \underline{E} , da mesma forma que a matriz de covariação, \underline{V} , seja estacionário.

5.6.2. A Medida do Prêmio de Risco

Para determinar o prêmio de risco associado a cada fator, é necessário regressar às taxas de retornos observadas nos pesos dos fatores retidos: Nós sabemos que:

$$\underline{\tilde{R}} = \underline{E} + \underline{B}\underline{\tilde{d}} + \underline{\tilde{e}} \quad \text{e} \quad \underline{E} = \underline{l}_0 + \underline{B}\underline{l}$$

fórmula 5.4

Combinando as fórmulas 5.3 e 5.4, constatamos que (fórmula 5.5)

$$\underline{\tilde{R}} = \underline{l}_0 + \underline{B}\underline{l} + (\underline{B}\underline{\tilde{d}} + \underline{\tilde{e}}) \quad \text{fórmula 5.5}$$

$$\underline{\tilde{R}} = \underline{l}_0 + \underline{B}\underline{l} + \underline{\tilde{m}}$$

$$\underline{\tilde{m}} = (\underline{B}\underline{\tilde{d}} + \underline{\tilde{e}})$$

Depois da análise fatorial, devemos ter $E(\underline{\tilde{d}}) = 0$ e $E(\underline{\tilde{e}}) = 0$, de modo que $E(\underline{\tilde{m}}) = 0$.

O vetor dos coeficientes \underline{l} pode, então, ser estimado segundo o método dos mínimos quadrados ordinários. No entanto, é muito provável que $E(\underline{\tilde{d}}) = 0$. Neste caso, o método

dos mínimos quadrados ordinários não fornecerá uma estimativa de \underline{l} , mas uma estimativa

de $(\underline{l} + \underline{\tilde{d}})$. A fim de evitar este viés, Roll; Ross (1980), citados por Dumontier (1986), propõem utilizar o método dos mínimos quadrados generalizados, onde (fórmula 5.6):

$$\underline{\underline{I}} = (\underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{V}}^{-1} \underline{\underline{B}})^{-1} \underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{V}}^{-1} \underline{\underline{\tilde{R}}} \quad \text{fórmula 5.6}$$

Já que, por construção, depois da análise fatorial (fórmula 5.7):

$$\underline{\underline{E}}(\underline{\underline{\tilde{m}\tilde{m}}}) = \underline{\underline{V}} = \underline{\underline{B}}\underline{\underline{B}} + \underline{\underline{D}}^2$$

5.7. Metodologia para o CAPM

fórmula 5.7

Inicialmente, estimou-se os coeficientes \mathbf{a}_0 e \mathbf{a}_1 do método seguinte, para o período total analisado neste estudo (fórmula 5.8):

$$\tilde{R}_{iT} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1 \hat{\mathbf{b}}_{it} + \tilde{W}_{iT} \quad \text{fórmula 5.8}$$

Onde:

\tilde{R}_{iT} é a média das taxas de rentabilidade mensal observada no curso do período \mathbf{T} ; e

\mathbf{b}_{it} é o coeficiente de volatilidade do ativo \mathbf{i} medido no período \mathbf{t} .

Utilizando a notação matricial, o modelo pode ser representado (fórmula 5.9):

$$\underline{\underline{\tilde{R}}} = \underline{\underline{\mathbf{a}}}_0 + \underline{\underline{\mathbf{a}}}_1 \underline{\underline{\hat{\mathbf{b}}}} + \underline{\underline{\tilde{W}}} \quad \text{fórmula 5.9}$$

Os parâmetros \mathbf{a}_0 e \mathbf{a}_1 não podem ser estimados segundo o método dos mínimos quadrados ordinários, devido a dois motivos distintos: a) os elementos de \mathbf{b} são medidos

com um erro; e b) os termos de erros do modelo (\tilde{W}) podem não respeitar as hipóteses dos modelos de regressão – a homoscedasticidade e a independência das taxas de rentabilidade – não sendo sistematicamente verificadas.

Como consequência, é provável que (fórmula 5.10):

$$E(\tilde{W}\tilde{W}') = \underline{\mathbf{S}}^2 \underline{\mathbf{\Omega}} \quad \text{sendo} \quad (\underline{\mathbf{\Omega}} \neq \underline{\mathbf{I}})$$

fórmula 5.10

Neste caso, as estimativas dos mínimos quadrados ordinários não são de variação mínima.

O modelo do mercado estipula que (fórmula 5.11):

$$\underline{\tilde{R}} = \underline{\mathbf{b}}\underline{\tilde{M}} + \underline{\tilde{e}}$$

fórmula 5.11

Onde:

$\underline{\tilde{M}}$ é o vetor dos rendimentos do índice de mercado, com (fórmula 5.12):

$$E(\tilde{e}_i \tilde{e}_j) = 0 \quad \text{se } i \neq j \quad \text{fórmula 5.12}$$

ou

$$E(\tilde{e}_i \tilde{e}_j) = \underline{\mathbf{S}}^2 (\tilde{e}_i) \quad \text{se } i = j \quad \text{fórmula 5.13}$$

Nestas condições, $\underline{\mathbf{\Omega}}$ é uma matriz diagonal, cujos elementos são $\underline{\mathbf{S}}^2 (\tilde{e}_i)$. Para ser de variância mínima, os parâmetros do CAPM devem, então, ser estimados conforme o método dos mínimos quadrados generalizados (fórmula 5.14):

$$\mathbf{a}_1 = \left(\underline{\mathbf{b}}, \underline{\Omega^{-1}} \underline{\mathbf{b}} \right)^{-1} \underline{\mathbf{b}}, \underline{\Omega^{-1}} \underline{\tilde{R}}, \quad \text{fórmula 5.14}$$

Estas estimativas ficam, todavia, desviadas, na medida em que os coeficientes \mathbf{b}_i do modelo de mercado são medidos com um erro (fórmula 5.15). Efetivamente:

$$\hat{\mathbf{b}}_i = \mathbf{b}_i + \tilde{u}_i \quad \text{fórmula 5.15}$$

Para atenuar o erro de mensuração, Black; Jensen; Scholes (1972), citado por Dumontier (1986), propõem reunir os ativos em carteiras.

Para obter o estimador dos menores quadrados generalizados, definiu-se uma matriz diagonal Ω , cujos elementos são $\mathbf{s}^2(\tilde{e}_i)$. Para se levar em conta o erro de medida que atinge o coeficiente \mathbf{b}_i é preciso que esta matriz Ω seja composta dos elementos (fórmula 5.16):

$$\frac{\mathbf{s}^2(\tilde{e}_{it})}{\mathbf{s}^2(\tilde{u}_{it})} = \mathbf{s}^2(\tilde{u}_{it}) \quad \text{fórmula 5.16}$$

De acordo com Dumontier (1986), para obter as estimativas de variação mínima não desviados do CAPM, é suficiente proceder a uma mudança de variáveis, dividindo os elementos de $\underline{\tilde{R}}$ e $\underline{\mathbf{b}}$ pelo erro de medida dos coeficientes \mathbf{b}_i (Johnston, 1972, p. 208-211), depois estimar os parâmetros do modelo segundo o método dos mínimos quadrados ordinários. Litzenberger; Romaswamy (1979) mostram que esses parâmetros são estimadores de \mathbf{a}_0 e \mathbf{a}_1 com base no princípio do máximo de verossimilhança.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. Resultado do CAPM

O teste empírico do CAPM foi realizado a partir da própria fórmula demonstrada no Capítulo 3 desta dissertação:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f] + e \quad \text{fórmula 6.1}$$

Onde:

$E(R_i)$ representa o retorno esperado de um ativo;

R_f representa o retorno de um ativo livre de risco;

β_i representa o risco sistemático do ativo diante do mercado; e

$E(R_m)$ representa o retorno esperado da carteira de mercado.

O primeiro passo para realizar o teste empírico do CAPM constitui em trabalhar as variáveis **taxa livre de risco** e **taxa de retorno de mercado**. Na tabela 6.1, encontram-se os retornos históricos da taxa livre de risco (Certificado de Depósito Interbancário – CDI) e do índice de mercado (IBOVESPA). Com base nestes dados, pode-se calcular a diferença entre o retorno esperado da carteira de mercado e a taxa livre de risco.

TABELA 6.1: Diferença entre o Retorno Esperado da Carteira e a Taxa Livre de Risco

1995				1996			
Período	Ibovespa Rm	CDI Rf	Rm - Rf	Período	Ibovespa Rm	CDI Rf	Rm - Rf
31 jan	-10,7697	3,4700	-14,2397	31 jan	19,8302	2,5600	17,2702
24 fev	-15,8095	3,2500	-19,0595	29 fev	-3,7620	2,3100	-6,0720
31 mar	-8,9244	4,4100	-13,3344	29 mar	-0,0565	2,2003	-2,2568
28 abr	28,0238	4,2200	23,8038	30 abr	4,2221	2,0300	2,1921
31 maio	-2,4438	4,2700	-6,7138	31 maio	10,9177	2,0046	8,9131
30 jun	-3,1501	4,0500	-7,2001	28 jun	5,5151	1,9406	3,5745
31 jul	7,6069	4,0100	3,5969	31 jul	1,3137	1,9133	-0,5995
31 ago	11,1699	3,8100	7,3599	30 ago	2,2243	1,9480	0,2763
29 set	8,3424	3,2500	5,0924	30 set	2,9939	1,8840	1,1099
31 out	-11,6015	3,0600	-14,6615	31 out	1,3386	1,8569	-0,5183
30 nov	6,0606	2,8400	3,2206	29 nov	2,0343	1,7945	0,2398
28 dez	-1,8157	2,7300	-4,5457	27 dez	5,1125	1,7900	3,3225
1997				1998			
Período	Ibovespa Rm	CDI Rf	Rm - Rf	Período	Ibovespa Rm	CDI Rf	Rm - Rf
31 jan	13,6696	1,7420	11,9276	30 jan	-3,2932	2,6665	-5,9597
28 fev	10,8493	1,6609	9,1884	27 fev	8,7449	2,1100	6,6349
31 mar	2,4386	1,6257	0,8129	31 mar	13,0180	2,1750	10,8430
30 abr	10,3715	1,6563	8,7153	30 abr	-2,2518	1,6948	-3,9466
30 maio	13,6446	1,5784	12,0662	29 maio	-15,6804	1,6307	-17,3111
30 jun	10,7810	1,5936	9,1874	30 jun	-1,7063	1,5970	-3,3033
31 jul	-51,2756	1,9133	-53,1888	31 jul	10,6324	1,6900	8,9424
29 ago	73,2591	1,5800	71,6791	31 ago	-39,5536	1,4700	-41,0236
30 set	11,1980	1,5815	9,6166	30 set	1,8696	2,4900	-0,6204
31 out	-23,8281	1,6819	-25,5100	30 out	6,8861	2,9300	3,9561
28 nov	4,5404	2,9800	1,5604	30 nov	22,4777	2,5800	19,8977
29 dez	6,9938	2,9200	4,0738	29 dez	-22,1990	2,3700	-24,5690

1999				2000			
Período	Ibovespa Rm	CDI Rf	Rm - Rf	Período	Ibovespa Rm	CDI Rf	Rm - Rf
29 jan	21,6828	2,1700	19,5128	30 jan	-2,2895	1,4400	-3,7295
26 fev	9,0442	2,3500	6,6942	29 fev	7,7618	1,4400	6,3218
31 mar	20,0449	3,2900	16,7549	31 mar	0,9060	1,4400	-0,5340
30 abr	6,1144	2,2800	3,8344	28 abr	-12,8114	1,2800	-14,0914
31 maio	-2,2996	1,9600	-4,2596	31 maio	-3,7395	1,4881	-5,2276
30 jun	4,8426	1,6300	3,2126	30 jun	11,8414	1,3855	10,4559
30 jul	-10,1927	1,6200	-11,8127	31 jul	-1,6321	1,3024	-2,9345
31 ago	1,1780	1,5500	-0,3720	31 ago	5,4212	1,3950	4,0262
30 set	5,1306	1,4700	3,6606	29 set	-8,1748	1,2170	-9,3918
29 out	5,3485	1,3745	3,9740	31 out	-6,6612	1,2795	-7,9407
30 nov	17,7607	1,3700	16,3907	30 nov	-10,6276	1,2156	-11,8431
29 dez	21,7303	1,4502	20,2801	28 dez	14,8416	1,2540	13,5876

O segundo passo para a realização do teste empírico do CAPM consistiu em calcular os betas de cada ativo. Na tabela 6.2, encontram-se as estimativas dos coeficientes betas do CAPM. Para tanto, foram utilizadas 45 ações, no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2000, num total de 72 observações mensais para cada ação.

Todos os coeficientes betas estimados apresentaram-se positivos, ratificando a afirmativa da literatura quanto à raridade do aparecimento de betas negativos.

Para calcular os betas de cada um dos ativos, foram realizadas 45 regressões, sempre tendo como variável dependente a diferença entre o retorno de mercado e o título livre de risco e como variável independente o retorno de cada ativo.

TABELA 6.2: Betas

Ações	Betas	Ações	Betas
Acesita PN	0,29155	Vale Rio Doce PNA	0,64307
Ambev PN	0,52191	Brasil PN	0,57367
Aracruz PNB	0,76601	Cemig PN	1,00274
Bradesco PN	0,70966	Copel ON	0,76245
Brasil Telec PN	1,00928	Copesul ON	0,14608
Cerj ON	0,64573	Fosfertil PN	0,71410
Cesp PN	1,26605	Inepar PN	1,26296
Duralex PN	0,61602	Light ON	0,85694
Eletronbras PNB	1,05704	Perdigao PN	0,60679
Gerdau PN	1,96169	Telebras - RCTB PN	1,10206
Ipiranga Pet PN	0,53848	Unipar PNB	0,26304
Itaubanco PN	0,80125	Banespa PN	6,33292
Itausa PN	0,60611	Copene PNA	0,33965
Klabin PN	0,33335	Loj Americanas PN	0,39116
Paul F Luz ON	0,97159	Randon Part PN	0,83982
Petrobras Distrib PN	0,86151	Rhodia-Ster ON	0,03511
Petrobras PN	1,39104	Celesc PNB	0,85628
Sadia SA PN	0,72280	Parapanema PN	0,31206
Sid Nacional ON	0,75458	Telemig PNB	0,78124
Sid Tubarao PN	0,62197	Telerj PN	0,77415
Souza Cruz ON	0,64802	Belgo Mineira PN	0,33732
Telesp Operac PN	0,86841	Votorantim C P PN	0,89238
Usiminas PNA	0,43450		

Para garantir a adequação dos cálculos dos betas pelas regressões, realizamos, para cada ativo, novos cálculos dos betas, por meio de duas outras metodologias estatísticas, a seguir representadas:

a) Média, Variância e Covariância (fórmula 6.2)

$$b_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)} \quad \text{fórmula 6.2}$$

b) Desvios, Coeficiente de Correlação e da Covariância (fórmula 6.3)

$$\mathbf{b}_j = \left(\frac{\mathbf{S}_y}{\mathbf{S}_x} \right) \mathbf{r}_{x,y} \quad \text{fórmula 6.3}$$

É importante ressaltar que houve total concordância entre todos os resultados dos cálculos realizados.

O terceiro passo para realizar o teste empírico do CAPM consistiu em promover a regressão final entre os betas dos 45 ativos e o vetor de retorno médio da carteira, tendo sempre como variável dependente o vetor dos betas e o vetor do retorno médio da carteira como variável independente. Na Tabela 6.3, encontram-se listadas as variáveis dependente e independente.

TABELA 6.3: Betas e Retorno Médio de cada Ação

Ação	Betas	Retorno Médio	Ação	Betas	Retorno Médio
Acesita PN	0,29155	-1,01392	CVR Doce PNA	0,64307	2,71026
Ambev PN	0,52191	4,15998	Brasil PN	0,57367	0,08874
Aracruz PNB	0,76601	3,19588	Cemig PN	1,00274	2,68657
Bradesco PN	0,70966	3,60884	Copel ON	0,76245	2,05330
Brasil Telec PN	1,00928	4,01149	Copesul ON	0,14608	2,80064
Cerj ON	0,64573	3,29520	Fosfertil PN	0,71410	2,27486
Cesp PN	1,26605	4,40690	Inepar PN	1,26296	0,99401
Duratex PN	0,61602	1,58956	Light ON	0,85694	1,95433
Eletronbras PNB	1,05704	2,64836	Perdigao PN	0,60679	2,10385
Gerdau PN	1,96169	6,06127	Teleb - RCTB PN	1,10206	3,85966
Ipiranga Pet PN	0,53848	1,57298	Unipar PNB	0,26304	2,44841
Itaubanco PN	0,80125	4,26926	Banespa PN	6,33292	22,63539
Itausa PN	0,60611	3,15734	Copene PNA	0,33965	1,78568
Klabin PN	0,33335	2,22007	Loj Americanas PN	0,39116	1,86238
Paul F Luz ON	0,97159	2,38761	Randon Part PN	0,83982	0,14482
Petrob Distrib PN	0,86151	1,68681	Rhodia-Ster ON	0,03511	-0,68604
Petrobras PN	1,39104	4,82461	Celeesc PNB	0,85628	1,26922
Sadia SA PN	0,72280	1,35139	Paranapane PN	0,31206	12,91620
Sid Nacional ON	0,75458	3,09835	Telemig PNB	0,78124	3,49688
Sid Tubarao PN	0,62197	2,22792	Telerj PN	0,77415	2,82493
Souza Cruz ON	0,64802	2,72377	Belgo Mineira PN	0,33732	1,68673
Telesp Operc PN	0,86841	2,63770	Votorantim CPPN	0,89238	2,77750
Usiminas PNA	0,43450	1,41344			

TABELA 6.4: Estatística de Regressão entre Vetores de Betas e Retorno Médio

Estatística de Regressão	Valor
R múltiplo	0,810010576
R-Quadrado	0,656117133
R-Quadrado Ajustado	0,648119857
Erro Padrão	0,537372138
Observações	45

TABELA 6.5: Resultados da Regressão entre Vetores de Betas e Retorno Médio

Discriminação	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	0,21863	0,10615	2,05965	0,04552	0,00456
Variável X 1	0,20244	0,02235	9,05774	1,59254E-11	0,15736

Então, a equação do CAPM poderá ser expressa da seguinte maneira (fórmula 6.4):

$$E(R_i) = 0,2186 + 0,2024(R_m - R_f) + 0,5374$$

fórmula 6.4

O sinal positivo no único fator desta equação significa que a taxa de retorno da carteira pesquisada se eleva em função do aumento no IBOVESPA em relação à taxa livre de risco.

Em função dos testes empíricos realizados pode-se concluir:

- a) Um R-Quadrado Ajustado de 0,6481; ou seja, o poder explicativo do modelo em relação ao retorno de mercado é de 64,81%.
- b) Os 35,19% restantes podem estar distribuídos entre outros fatores macroeconômicos, tais como: Letras do Banco Central, Taxa de Desemprego, Câmbio, Índices de Preços, Nível de Atividade, Reservas Internacionais, Meios de Pagamentos, Dow Jones, Nasdaq, Selic,

Caderneta de Poupança, Balança Comercial, Prime Rate, Ouro, Taxa do Custo de Vida e Salário Real Médio.

- c) Como o resultado do teste F do Valor - P foi menor que 0,05, estipulado para a regressão, há evidências de que existe relação entre os vetores de beta e o retorno médio, aprovando o teste.

6.2. Resultado do APT

O teste empírico do APT, realizado a partir das hipóteses dissertadas no Capítulo 4, demonstra que:

- a) O mercado financeiro é um mercado perfeitamente concorrencial, competitivo e diversificado. Nesta situação, existiria um número N suficiente de ativos para proporcionar a eliminação de parte do risco total, por meio da diversificação de investimentos. O caráter perfeito do mercado exige que a informação seja gratuita e comum a todos os investidores. Os ativos financeiros são perfeitamente divisíveis, não existem custos de transação e todos os investidores podem aplicar e tomar emprestado a taxas iguais, e presume-se que os impostos não afetam a política de investimentos.
- b) Há investidores que assumem expectativas individuais homogêneas e são avessos a risco. Isto é, para um mesmo nível de risco, preferem um ganho de riqueza a uma perda de riqueza.
- c) A natureza do processo de precificação dos ativos é linearmente definida por “ k ” fatores, da seguinte maneira (fórmula 6.5):

$$\tilde{R}_i = E_i + b_{1i}\tilde{F}_1 + b_{2i}\tilde{F}_2 + \dots + b_{ki}\tilde{F}_k + \tilde{\mathbf{e}}$$

fórmula 6.5

$$i = 1, \dots, n$$

Onde:

- R_i representa a taxa de retorno aleatória de um ativo i ;
- E_i representa a taxa de retorno esperada do ativo i ;
- b_{ji} representa o coeficiente de sensibilidade do ativo i às variações do fator j (ele representa o risco sistemático);
- F_j representa o **j-ene** fator (de média nula) comum a todos os ativos; e
- ε_i representa uma variável aleatória de média nula, independente de todos os outros fatores, que reflete o risco específico do ativo.

A análise da performance do APT, baseada em variáveis estatísticas, é realizada em duas etapas:

- a) A primeira tem o objetivo de determinar a sensibilidade dos fatores previamente escolhidos.
- b) A segunda tem o objetivo de verificar se as sensibilidades são utilizadas na determinação dos prêmios de risco.

O detalhamento do processo poderia ser dividido em cinco procedimentos:

- 1) Determinar os números de ativos e de carteiras.
- 2) Fazer o cálculo da Rotação Ortogonal Varimax.
- 3) Análise de fatores de risco de máxima verossimilhança e principais componentes, com o objetivo de determinar o número de fatores e a matriz de sensibilidades. Teoricamente, o número de fatores ideal depende do número de carteiras determinadas e do período analisado. Normalmente, quanto maior o número de carteiras e quanto maior o intervalo de tempo estabelecido, maior será o número de fatores de risco retornados.
- 4) Utilizar as sensibilidades da carteira a cada fator de risco para explicar a variação cross-sectional dos retornos individuais esperados, mediante a determinação dos prêmios de risco dos fatores.

- 5) Utilizar as estimativas obtidas para determinar a importância de cada prêmio de risco associado aos fatores estimados e organizá-los em ordem decrescente.

É importante ressaltar que o modelo não postula quantos ou quais são os fatores de risco. Desta forma, conforme descrito detalhadamente no Capítulo 5, foram selecionados os seguintes fatores: Letra do Banco Central, Certificado de Depósitos Interbancário, Taxa de Desemprego Aberto do Brasil, Taxa de Câmbio (US\$), Índice Geral de Preços ao Consumidor – M, Nível de Atividade Industrial, Reservas Internacionais, Ibovespa, Meios de Pagamentos – M1, Índice Dow Jones, Índice Nasdaq, Taxa da Selic, Caderneta de Poupança, Saldo da Balança Comercial, Prime Rate, Ouro, Taxa do Custo de Vida e Salário Real Médio.

6.2.1 Determinando o Número de Ativos e da Carteira

Conforme descrito no Capítulo 5, utiliza-se nesta dissertação uma seleção de 45 ações, compreendidas no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2000, num total de 72 observações mensais para cada ação. Trabalhamos com apenas uma carteira, que engloba as 45 ações e todas as 72 observações mensais.

6.2.2 Rotação Ortogonal Varimax

Para o ajuste das 72 observações mensais das 45 ações trabalhadas, utilizou-se a rotação ortogonal varimax. Nesta dissertação, o ajuste com a rotação do varimax foi realizado com base no software SPSS.

O objetivo da rotação é simplificar as linhas e colunas da matriz de retornos mensais, de modo a facilitar a interpretação, isto porque a rotação irá traçar um único vetor, que maximiza o retorno em função do risco para toda a carteira de ativos.

A rotação varimax procura simplificar as colunas da matriz de fatores. Portanto, a maior simplificação possível ocorre quando existem apenas os números 0 (zero) e 1 (um) em uma coluna. Assim, esta rotação maximiza a soma das variâncias das cargas de uma matriz fatorial, o que causa várias cargas altas (+1 ou -1) e várias baixas (próximas de zero) em cada coluna da matriz. O resultado é

melhor quando as correlações variável-fator são próximas de +1 ou -1, indicando uma associação positiva ou negativa entre a variável e o fator, ou próximas de zero, indicando uma dissociação (Barbosa, 2000, p. 54).

6.2.3. Análise Fatorial de Risco

Realizou-se quatro testes de verossimilhança e quatro testes de componentes principais, com o objetivo de quantificar e qualificar as variáveis macroeconômicas nacionais ou internacionais que geram impactos significativos na expectativa de obter retorno de uma carteira de ativos.

No primeiro teste, trabalhou-se com 15 das 18 variáveis. Excluímos o Ibovespa, o Índice Dow Jones e o Índice Nasdaq. Os resultados da análise fatorial pelas metodologias dos principais componentes e verossimilhança estão demonstrados a seguir.

- a) Um fator demonstrou, de acordo com o teste de *Eigenvalues*, que tem probabilidade de explicação de 54,49%.
- b) O percentual acumulado do teste de *Eigenvalues* demonstrou que sete variáveis possuem alta probabilidade de explicar a expectativa de retorno da carteira. O resultado encontrado para estas sete variáveis foi de 99,45%.
- c) O R-quadrado calculado foi de 04,06%, o que significa que o poder explicativo do modelo é muito pequeno. Se considerarmos o R-quadrado ajustado encontrado (-06,44%), podemos afirmar que as variáveis não são explicativas do modelo.

No segundo teste trabalhou-se com 17 das 18 variáveis. Excluímos o Ibovespa. Os resultados da análise fatorial pelas metodologias dos principais componentes e verossimilhança estão demonstrados a seguir:

- a) Um fator demonstrou, de acordo com o teste de *Eigenvalues*, que tem probabilidade de explicação de 55,86%.
- b) O percentual acumulado do teste de *Eigenvalues* demonstrou que sete variáveis possuem alta probabilidade de explicar a expectativa de retorno da carteira. O resultado encontrado para sete variáveis foi de 99,35%.

- c) O R-quadrado calculado foi de 62,97%, o que significa que o poder explicativo do modelo é muito bom. Se considerarmos o R-quadrado ajustado encontrado (60,17%), podemos afirmar que as variáveis possuem alta probabilidade de explicar o modelo.

No terceiro teste, trabalhou-se com 16 das 18 variáveis. Excluímos o Ibovespa e o Índice Nasdaq. Os resultados da análise fatorial pelas metodologias dos principais componentes e verossimilhança estão demonstrados a seguir.

- a) Um fator demonstrou, de acordo com o teste de Eigenvalues, que tem probabilidade de explicação de 56,46%.
- b) O percentual acumulado do teste de Eigenvalues demonstrou que sete variáveis possuem alta probabilidade de explicar a expectativa de retorno da carteira. O resultado encontrado para sete variáveis foi de 99,55%.
- c) Por este modelo, o R-quadrado calculado foi de 28,90%, o que significa que o poder explicativo do modelo é muito pequeno. Se considerarmos o R-quadrado ajustado encontrado (23,51%), podemos afirmar que as variáveis possuem pouca probabilidade de explicar o modelo.

No quarto teste, trabalhou-se com as 18 variáveis. Os resultados da análise fatorial pelas metodologias dos principais componentes e verossimilhança estão demonstrados a seguir:

- a) Um fator demonstrou, de acordo com o teste de Eigenvalues, que tem probabilidade de explicação de 54,49%.
- b) O percentual acumulado do teste de Eigenvalues demonstrou que sete variáveis possuem alta probabilidade de explicar a expectativa de retorno da carteira. O resultado encontrado para sete variáveis foi de 99,01%.
- c) O R-quadrado calculado foi de 86,32%, o que significa que o poder explicativo do modelo é muito alto. Se considerarmos o R-quadrado ajustado encontrado (84,83%), podemos afirmar que estas variáveis possuem alta probabilidade de explicar o modelo.

6.2.4. Análise Cross-sectionl

As metodologias de análise fatorial por principais componentes e por verossimilhança não apreciam os betas de cada fator de risco em relação ao retorno médio esperado da carteira.

Desta forma, realizou-se uma regressão cross-sectional para identificar, probabilisticamente, as sete variáveis que melhor qualificariam o modelo.

É importante ressaltar que realizou-se a regressão cross-sectional na totalidade dos testes demonstrados no item anterior.

No primeiro teste, no qual trabalhou-se com 15 das 18 variáveis, os resultados da regressão cross-sectional estão demonstrados a seguir.

- a) O ouro explicaria, probabilisticamente, o modelo com 08,07% o modelo. As outras variáveis apresentaram fatores de explicação muito pequenos, nulos ou negativos.
- b) Como utilizou-se significância de 5%, a regressão não passou no teste do Valor-P, pois ficou muito acima de 0,05, que seria o valor de limite máximo a ser aceito.

No segundo teste, no qual trabalhou-se com 17 das 18 variáveis, os resultados da regressão cross-sectional estão demonstrados a seguir:

- a) O Nasdaq, o Dow Jones e a Selic explicariam, probabilisticamente, o modelo com 56,38%, 26,37% e 15,58%, respectivamente. As outras variáveis apresentaram fatores de explicação muito pequenos, nulos e negativos.
- b) Como utilizou-se significância de 5%, a regressão passou no teste do Valor-P, pois ficou muito abaixo de 0,05, que seria o valor de limite máximo a ser aceito.

No terceiro teste, no qual trabalhou-se com 16 das 18 variáveis, os resultados da regressão cross-sectional, estão demonstrados a seguir.

- a) O Dow Jones, a Selic e o Ouro explicariam, probabilisticamente, o modelo com 27,87%, 17,27% e 11,55%, respectivamente. As outras variáveis apresentaram fatores de explicação muito pequenos, nulos ou negativos.
- b) Como utilizou-se significância de 5%, a regressão passou no teste do Valor-P, pois ficou muito abaixo de 0,05, que seria o valor de limite máximo a ser aceito.

No quarto, no qual trabalhou-se com todas as variáveis, os resultados da regressão cross-sectional estão demonstrados a seguir.

- a) O Ibovespa, o Nasdaq e o Dow Jones explicariam, probabilisticamente, o modelo com 58,39%, 21,44% e 11,84%, respectivamente. As outras variáveis apresentaram fatores de explicação muito pequenos, nulos e negativos.
- b) Como utilizou-se significância de 5%, a regressão passou no teste do Valor-P, pois ficou muito abaixo de 0,05, que seria o valor de limite máximo a ser aceito.

6.2.5. A Equação pelo APT

Pode-se escrever a equação para regressão com o APT da seguinte maneira (fórmula 6.6):

$$\begin{aligned}\tilde{R}_i &= 0,1400 + 0,5945 \tilde{F}_1 + 0,2939 \tilde{F}_2 + 0,2126 \tilde{F}_3 + \dots \\ \tilde{R}_i &= \dots + 0,0955 \tilde{F}_4 + 0,0674 \tilde{F}_5 + 0,0844 \tilde{F}_6 + \dots \\ \tilde{R}_i &= \dots + 0,1018 \tilde{F}_7 + 0,0253 \quad \text{fórmula 6.5}\end{aligned}$$

Assim como no CAPM, o sinal positivo à frente de cada fator significa um crescimento no retorno da carteira com o aumento do fator, e vice-versa.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO

Em junho de 2001, a Bovespa registrou uma queda de 2,8%, comportamento também observado em relação aos índices Dow Jones e a Nasdaq, em torno de 0,8% e 0,6%, respectivamente. Durante a realização desta dissertação uma dúvida bastante comum às pessoas que se interessam por este assunto tornou-se evidente: Será que existe uma correlação entre as quedas das bolsas americanas e a bolsa brasileira? De acordo com nosso estudo, pode-se afirmar que no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2000 a Bovespa sofreu impactos provenientes das variações ocorridas na Dow Jones e da Nasdaq.

O Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM) e a Teoria de Precificação de Ativos (APT) destacam-se como as técnicas mais utilizadas no mercado financeiro e mais analisadas pelos pesquisadores do assunto. Ambas as metodologias constituem modelos de equilíbrio; isto é, o CAPM exige a existência de uma remuneração por um ativo livre de risco, ao passo que o APT admite a possibilidade de sua existência e de sua inclusão no processo de avaliação de ativos de risco.

Conforme apontado (ver Capítulos 3 e 4), diversos estudos empíricos foram realizados sobre a APT e o CAPM nos últimos cinquenta anos em todo o mundo. No Brasil, na última década do século XX, diversos autores desenvolveram estudos sobre as variáveis macroeconômicas e seus efeitos na precificação de ativos de renda variável no mercado de capitais brasileiro. Na tabela 7.1 estão demonstrados os resultados de alguns dos principais trabalhos apresentados ao mercado.

TABELA 7.1: Resultados dos principais trabalhos apresentados no Mercado Brasileiro

Ano	Autor	Estudo	Período	Amostra	Fatores	Conclusão
1997	Corrêa	APT CAPM	Jul/90 Jun/96	18 ações	Ibovespa, CDI, IGP-DI e Atividade Industrial	APT superior. Resultados pouco condizentes com os pressupostos
1998	Berenice	APT	Jul/89 Jul/97	96 ações	Ibovespa, Dow Jones, Nikkei, Taxa Over, Libor, Tít. Gov. Amer., M4, Ind. Prod. e Ouro	Oito fatores significantes a 5% Fonte de risco estatisticamente significativa foi o IBOVESPA
1999	Lucca	APT CAPM	Jul/94 Abr/99	35 ações	M1, BVPD, BVPAL, Câmbio, Consumo, Desemprego, Inflação, Selic, Nível de atividade, Poupança, Res. Internacionais, Saldo Comercial, Rec. Fiscal, Salário e Taxa de juros dos EUA	Concluiu-se que o CAPM é o modelo de precificação de maior eficiência e que o IBOVESPA é o fator de maior determinação sobre a volatilidade do ativo
2000	Barbosa	APT CAPM	1998	51 ações	Volume de caixa disponível, IGP-M, Câmbio, Nível de Emprego Formal, Ibovespa, Iboverj e Selic	APT apresentou resultado superior que o CAPM. Beta de mercado não é eficiente o bastante para explicar o retorno esperado.

De acordo com o referencial teórico estudado, pode-se observar que o modelo APT, na grande maioria das vezes, apresenta melhor desempenho que o modelo CAPM quando se trata de explicar os retornos de carteiras de ativos, ou simplesmente ativos.

O objetivo desta dissertação consistiu em constatar se os modelos apresentariam a mesma validade quando aplicados à realidade ou se haveria diferenças nos resultados empíricos entre ambos. Desta forma, chega-se às seguintes conclusões (Tabela 7.2):

TABELA 7.2: Resultados dos nossos trabalhos no Mercado Brasileiro

Tipo do Estudo	Período	Amostra
Comparativo entre o APT e o CAPM	Janeiro de 1995 a dezembro de 2000	45 ações negociadas na BOVESPA
Fatores Macroeconômicos		
Título Público Federal (LBC), Taxa de Juros (CDI), Desemprego, Câmbio, Inflação, Nível de Atividade, Reservas Internacionais, Ibovespa, Base Monetária (M1), Dow Jones, Nasdaq, Taxa de Juros SELIC, Poupança, Saldo Comercial, Taxa de Juros nos Estados Unidos (Prime Rate), Ouro, Custo de Vida e Salário.		
Conclusão		
O modelo APT apresenta desempenho superior ao CAPM, usando-se como aproximação da carteira de mercado o Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA). Contudo, este trabalho não descarta a validade do modelo CAPM; apenas constata que, utilizado sozinho como aproximação da carteira de mercado, o IBOVESPA não é capaz de explicar por si mesmo o retorno esperado dos ativos.		

Uma das possíveis explicações para o fato de o IBOVESPA sozinho não explicar, com eficiência significativa o retorno esperado dos ativos pode estar no teste do prêmio de risco ($R_m - R_f$), em que cerca de 57% das amostras apresentaram resultados positivos, contra cerca de 43% de sinais negativos. A teoria do CAPM pressupõe que as amostras devem apresentar sinais positivos para que a linha de mercado de títulos obtenha uma inclinação positiva. Desta forma, os sinais negativos levam à conclusão que a linha de mercado de títulos é negativamente inclinada. Para que esta afirmativa seja verdadeira, é necessário que os

investidores não se tornem avessos ao risco, isto é, que não exijam um prêmio de risco adicional correspondente ao risco assumido.

Esses prêmios de risco com sinal negativo ocorreram em períodos em que a economia brasileira sofria fortes impactos de fatores macroeconômicos nacionais e/ou internacionais.

Durante o ano de 1995, pode-se destacar: reflexos do Plano Real; intervenção no Banco Econômico; criação das bandas cambiais, instituição das quotas de importação; e crise cambial mexicana. Filgueiras (2000, p.126) descreve:

[...] a crise cambial do México, em dezembro de 1994, anunciou claramente, pela primeira vez, a impossibilidade de os países periféricos sustentarem o crescimento econômico num ambiente de ampla abertura comercial e financeira, utilizando-se de uma política de combate à inflação apoiada na sobrevalorização de suas moedas frente ao dólar.

Assim, as reservas internacionais do país, que eram de US\$43 bilhões no início da nova moeda (julho de 1994), caíram, sistematicamente, ao longo dessa primeira fase, principalmente nos meses de março e abril de 1995...

No primeiro trimestre de 1996, pode-se destacar: crescimento econômico nulo, quando comparado ao mesmo período do ano anterior; desemprego, que continuava a crescer; juros elevados; e maior cautela e seletividade por parte das instituições financeiras nas concessões de empréstimos, tendo em vista a crise de confiança que se estabeleceu com relação à solidez do sistema financeiro.

Em julho e em outubro de 1997, o prêmio de risco alcança os patamares negativos de 53,1888% e 25,5100%, respectivamente, principalmente devido à crise da Ásia e ao novo plano de ajuste fiscal (o “Pacote 51”). Filgueiras (200, p.136), descreve:

[...] o pânico começou em julho, com a desvalorização da moeda da Tailândia, atingindo em cadeia a Malásia, a Indonésia e as Filipinas;

prosseguiu no mês de outubro, com um ataque especulativo contra o dólar de Hongcong e a derrubada da bolsa de Nova Iorque, e aprofundou-se, em novembro, com a desvalorização do won coreano. Em dezembro, o FMI concedeu um empréstimo de US\$57 bilhões à Coreia do Sul, tendo em vista o caráter abrangente assumido pela crise asiática – ao contrário da crise mexicana, que acabou confinada, nos seus efeitos, à América Latina.

Durante quase todo o ano de 1998, pode-se verificar que os prêmios de risco foram negativos (sete dos doze meses). Em 1998, assistiu-se, no cenário nacional, à demissão de 33 mil funcionários não estáveis da União, à suspensão do reajuste salarial do funcionalismo público, à redução em 15% dos gastos em atividades, ao corte de 6% no valor dos projetos de investimentos, ao constante crescimento do desemprego, à elevação das dívidas internas e externa, à aceleração do déficit público, ao aumento das alíquotas do Imposto de Renda de Pessoa Física em 10%, à redução da deduções, à elevação das alíquotas incidentes sobre automóveis e à elevação dos preços dos derivados de petróleo e do álcool. No cenário internacional, pode-se destacar a crise da Rússia, que se tornou dramática a partir de agosto, com a decretação de moratória por parte do governo russo e a desvalorização do rublo.

Em 2000/2001, o mercado financeiro internacional manteve-se na expectativa quanto aos rumos da economia norte-americana, cujo aquecimento contínuo, estimado em 4% e 5%, desperta temores de um surto inflacionário. Há o receio de que a desaceleração repentina do crescimento no país desestabilize a economia mundial. Outros fatores de preocupação no mercado financeiro são o aumento do preço do barril de petróleo, que chega a superar 30 dólares, e a inconsistência no valor das ações do setor de tecnologia e internet, que compõem o índice Nasdaq.

Podemos verificar, resumidamente, todos estes fatores macroeconômicos que impactam na geração de um prêmio de risco negativo, na Tabela 7.3.

TABELA 7.3: Fatores macroeconômicos que explicam o prêmio de risco negativo

Data	Prêmio de Risco
1995	Janeiro = -14,24%, Fevereiro = -19,06%, Março = -13,33%, Maio = -6,71%, Junho = -7,20%, Outubro = -14,66% e Dezembro = -4,55%
Fatores Macroeconômicos	
Reflexos do Plano Real; Intervenção no Banco Econômico; Criação das bandas cambiais; Instituição das quotas de importação; Crise cambial mexicana	
Data	Prêmio de Risco
1996	Fevereiro = -6,07%, Março = -2,26%, Julho = -0,60% e Outubro = -0,52%
Fatores Macroeconômicos	
Desemprego, que continuava a crescer; Juros elevados; e maior cautela e seletividade por parte das instituições financeiras nas concessões de empréstimos, tendo em vista a crise de confiança que se estabeleceu com relação à solidez do sistema financeiro	
Data	Prêmio de Risco
1997	Julho = -53,19% e Outubro = -25,51%
Fatores Macroeconômicos	
Crise da Ásia (ataque especulativo contra o dólar de Hongcong e a derrubada da bolsa de Nova Iorque, e a desvalorização do won coreano); Novo plano de ajuste fiscal (“Pacote 51”)	
Data	Prêmio de Risco
1998	Janeiro = -5,96%, Abril = -3,95%, Maio = -17,31%, Junho = -3,30%, Agosto = -41,02%, Setembro = -0,62% e Dezembro = -24,57%
Fatores Macroeconômicos	
Cenário Nacional: Demissão de 33 mil funcionários não estáveis da União; Suspensão do reajuste salarial do funcionalismo público; Corte de 6% no valor dos projetos de investimentos; Desemprego; Elevação das dívidas internas e externa; Aceleração do déficit público; Elevação dos preços dos derivados de petróleo e do álcool.	
No cenário Internacional: Crise da Rússia, que se tornou dramática a partir de agosto, com a decretação de moratória por parte do governo russo e a desvalorização do rublo	

Data	Prêmio de Risco
2000	Janeiro = -3,73%, Março = -0,53%, Abril = -14,09%, Maio = -5,23% Julho = -2,93%, Setembro = -9,39%, Outubro = -7,94% e Novembro = -11,84%

Fatores Macroeconômicos

Expectativa quanto aos rumos da economia norte-americana; Receio de que a desaceleração repentina do crescimento no país desestabilize a economia mundial; Aumento do preço do barril de petróleo; e a inconsistência no valor das ações do setor de tecnologia e internet, que compõem o índice Nasdaq.

É importante ressaltar que o IBOVESPA, em ambos os modelos, apresentou-se como um fator significativamente explicativo. Um forte motivo para o CAPM ter demonstrado resultado tão bom foi o fato de os ativos utilizados pertencerem, em grande parte, ao IBOVESPA e terem grande participação em seu cálculo. Porém, os resultados alcançados pelo APT indicam a existência de três fatores explicativos, os quais justificam os 91,67% da variância total dos retornos nominais das ações da amostra no período compreendido entre janeiro de 1995 e dezembro de 2000 e mostram que o mercado precificou significativamente, ao nível de 95%, a sensibilidade das ações em relação a uma única variável econômica.

Finalmente, este estudo deve ser visto como uma contribuição para a solução do problema da determinação do retorno esperado dos ativos. O procedimento adotado para a construção do modelo APT forneceu um conjunto de fatores que ajudará na determinação de explicações econômicas para os retornos.

7.1. Sugestões

Com base no exposto, será elencado, a seguir, um conjunto de sugestões que poderão se constituir em subsídios para pesquisas posteriores:

- a) Investigar modelos matemáticos alternativos que se adequem às peculiaridades da economia brasileira.
- b) Calcular o coeficiente de volatilidade de cada fator, identificando-o de forma a possibilitar a construção da fórmula do modelo do APT.

- c) Construir vários portfólios e testar o modelo apresentado para verificar a consistência dos resultados.
- d) Estudar o papel do risco não sistemático no processo de avaliação de ativos, no caso brasileiro.
- e) Determinar se carteiras formadas por ações preferenciais e ordinárias, de uma mesma empresa apresentam resultados diferentes.
- f) Subdividir o período analisado em vários subperíodos, para se testar o impacto de variações de curto prazo no modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, José C. G., 1980, **O Modelo de Avaliação de Ativos CAPM – Aplicações**, Revista Administração de Empresas – R.A.E., Rio de Janeiro, p. 31-41, jul./set., 1980
- ALTMAN E., JACQUILLAT B. et LEVASSEUR M., 1974, **La Stabilité du Coefficient Bêta**, Analyse Financière, n. 16, le trim., p. 43-54
- AMARAL, Hudson F., 1994, **L'évaluation des Actifs Financiers en Contexte Inflationniste: Theorie et tests sur le Marche Bresilien**, Tese de Doutorado, apresentada na Université Pierre Mendès France – Grenoble II – França
- BARBOSA, Sérgio W., 2000, **Comparação entre os Modelos Capital Asset Pricing Model (CAPM) e Arbitrage Pricing Theory (APT)**, monografia de conclusão do curso de pós-graduação em gestão estratégica em finanças da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais - FACE/UFMG.
- BERENICE Kude, 1998, **A Precificação de Ativos através da Arbitrage Pricing Theory no Mercado de Capitais Brasileiro**, dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
- BRASIL. Medida provisória, n. 165. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 15 mar. 1990. p. 346-347
- BRIGHAM, Eugene F., **Fundamentos da Moderna Administração Financeira** / Eugene F. Brigham, Joel F. Houston ; tradução de Maria Imilda da Costa e Silva. – Rio de Janeiro : Campus, 1999
- CORRÊA, Alessandro C., 1997, **Análise de Investimentos: um teste dos modelos CAPM e APT**, dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba - UFPB
- DUMONTIER, P., 1986-b, **Le Modèle d'évaluation par arbitrage des actifs financiers : une étude empirique sur le marché financier parisien**, Finance, vol. 7, n. 1, p. 7-21

- FAMA, E. F., 1970, **Efficient capital markets: a review of theory and empirical work**, Journal of Finance, março
- FERREIRA, Aurélio B. H., **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa** – Rio de Janeiro : Nova Fronteira, 1988
- FILGUEIRAS, Luiz A. M. **História do Plano Real**, São Paulo: Boitempo, 2000
- FRIEND I., WESTERFIELD R. and GRANITO M., 1978, **New Evidence on the Capital Asset Pricing Model**, Journal of Finance, vol. 33, n. 3, p. 903-917
- GIBBONS, M. R., 1982, **Multivariate tests of financial models**, Journal of Financial Economics, vol. 10, n. 1, p. 3-27
- GITMAN, Lawrence J., **Princípios de Administração Financeira**. 7. ed. São Paulo : Harbra, 1997
- HAUGEN, Robert. **Modern Investment Theory**, 2. ed. USA : Prentice Hall, 1990
- LEVY, H., 1980, **The capital asset pricing model, inflation, and the investment horizon: the israeli experience**, Journal of Financial and Quantitative Analysis, vol. 15, n. 3, p. 561-583.
- LUCCA, Rogério A., 1999, **Análise de Risco: teste de dois modelos de precificação de ativos**, trabalho apresentado na Semana de Iniciação Científica, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
- LUCE, Fernando B. e MORAES, Jorge Q. J., 1979, **O Modelo de Formação de Preços de Ativos – Capital Asset Pricing Model – Teoria e Evidência**, Revista de Administração de Empresas – R.A.E., Rio de Janeiro, p. 31-38, out./dez., 1979
- MARKOWITZ, Harry, **Portfolio Selection**, The Journal of Finance, New York : American Finance Association, v. 26, n. 1, p. 65-86, Feb., 1952

- RAPOSO, H. D., AMARAL, H. F., **O Desempenho de variáveis macroeconômicas e de índice de mercado em contextos inflacionários diversos utilizando a teoria da precificação de arbitragem (APT)**, Cadernos de Administração n. 22, 1998, Belo Horizonte
- ROSS, Stephen A., **Administração Financeira** / Stephen A. Ross, Randolph W. Westerfield, Jeffrey F. Jaffe ; tradução Antonio Zorato Sanvicente. – São Paulo : Atlas, 1995
- SANTOS, Gustavo A. G., 1997, **CAPM e Lucros**, monografia de conclusão do curso de economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais - FACE UFMG.
- SEARS, Stephen R., TRENNEPOHL, Gary L. **Investment Manangement**, USA : Dryden, 1993
- SHARP, William, **A Simplified Model for Portfolio Analyzes**. Management Science, Providence: The Institute of Manangement Sciences, v. 9, n. 12, p. 277-293, Jan., 1963
- SHARP, William, ALEXANDER, G. J., BAILEI, J. V., **Investiments**, 5. ed. New Jersey – USA : Prentice Hall, 1995
- SILVA, Eduardo Amat, 1996, **Desempenho do Mercado Acionário da Bovespa no período de Jan/91 a Out/95: Uma Aplicação do CAPM**, dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
- STEVENSON, William. **Estatística aplicada à administração**, São Paulo: Harbra, 1981
- STEVENSON, Richard A. et al. **Fundamentals of Investments**, 3. ed. St. Paul : West Publish Company, 1988
- TOBIN, J. **Liquidy Preferance as a Behaviour Towards Risk**, Review of Economics Studies, n. 1, p. 65-68, Feb., 1958

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração** / Sylvia Constant Vergara. – São Paulo: Atlas, 1998