

João Felipe Cabral Moraes

**Análise do retorno das ações de empresas do  
setor elétrico brasileiro utilizando o *Capital  
Asset Pricing Model***

São Carlos

2016

João Felipe Cabral Moraes

**Análise do retorno das ações de empresas do setor  
elétrico brasileiro utilizando o *Capital Asset Pricing  
Model***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo

Orientador: Profa. Dra. Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto

São Carlos  
2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M827a

Moraes, João Felipe Cabral  
Análise do retorno das ações de empresas do setor  
elétrico brasileiro utilizando o Capital Asset Pricing  
Model / João Felipe Cabral Moraes; orientadora Daisy  
Aparecida do Nascimento Rebelatto. São Carlos, 2016.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com  
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São  
Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

1. CAPM. 2. Revisão de literatura. 3. Setor  
elétrico brasileiro. I. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: João Felipe Cabral Moraes

Título: "Análise do retorno das ações de empresas do setor elétrico brasileiro utilizando o Capital Asset Pricing Model"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado  
em 21/11/2016,

com NOTA ( 10,0 ), pela Comissão Julgadora:

*Profa. Associada Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto -  
Orientadora - SEP/EESC/USP*

*Mestre Alexandre Fructuoso da Costa - Doutorando - SEP/EESC/USP*

*Prof. Assistente Carlos Goldenberg - SEL/EESC/USP*

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:  
Prof. Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior

# Agradecimentos

Agradeço à professora Daisy e ao seu doutorando Alexandre Costa por terem acolhido, apoiado, incentivado e contribuído com este trabalho.

Agradeço ao professor Carlos Goldenberg por ter aceito fazer parte da banca de avaliação do trabalho e pela conversa inspiradora que tivemos.

Agradeço a minha família - pai, mãe e irmãs - que sempre esteve do meu lado, em todos os momentos de dificuldade e me deu forças para que esse trabalho fosse conduzido da melhor maneira possível.

Agradeço aos meus amigos Bruno Zuim, Ricardo Carvalho e Italo Camargo pelos ótimos momentos passados juntos, sem os quais a vida universitária teria sido muito menos prazerosa.

Agradeço ao meu amor Sancler Ebert, por todo amor que há nessa vida.

# Resumo

**MORAES, J. F. C. Análise dos retornos das ações de empresas do setor elétrico brasileiro utilizando o Capital Asset Pricing Model.** 2016. 100p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Esse trabalho tem por objetivo analisar o retorno das ações de empresas do setor elétrico brasileiro cotadas em Bolsa através da estimativa do coeficiente beta dessas ações. O beta é um parâmetro do CAPM que mede a sensibilidade do retorno de um ativo à variação do retorno do mercado e fornece, portanto, informações a respeito do risco de mercado desse ativo. O coeficiente beta das ações das empresas do setor entre 2000 e 2015 será examinado, bem como a validade das hipóteses previstas pelo CAPM. Visando auxiliar a análise proposta no parágrafo anterior, um estudo preliminar apresentará uma revisão estruturada da literatura acadêmica relacionada às aplicações ou estudos do CAPM no contexto da pesquisa científica nacional.

**Palavras-chave:** CAPM. Revisão de literatura. Setor elétrico brasileiro.

# Abstract

MORAES, J. F. C. **An analysis of the returns of Brazilian electric sector stocks using the Capital Asset Pricing Model.** 2016. 100p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

This work intends to analyze the stock returns of companies in the Brazilian electric sector listed on the Brazilian stock exchange by estimating the beta coefficient of such shares. The beta is a CAPM measure the sensitivity of the return of an asset to the variation of the market return and therefore provides information about the market risk of the asset. The beta coefficient of the shares of companies in the sector between 2000 and 2015 will be examined, as well as the validity of the assumptions provided by the CAPM. Aiming to assist the analysis proposed in the previous paragraph, a preliminary study will present a structured review of the academic literature relating to applications or CAPM studies in the context of national scientific research.

**Keywords:** CAPM. Literature review. Brazilian electric sector.

# Listas de ilustrações

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Relação linear entre o retorno e o risco de um portfólio de ativos . . . . .   | 17 |
| Figura 2 – Fronteira eficiente e maximização da função de utilidade do investidor . . . . .   | 18 |
| Figura 3 – Fronteira eficiente e maximização da função de utilidade do investidor na existência de uma taxa de retorno livre de risco . . . . . | 19 |
| Figura 4 – Relação linear entre o retorno esperado e o beta . . . . .   | 22 |
| Figura 5 – Receita anual ajustada da concessionária . . . . .   | 69 |
| Figura 6 – Retornos mensais das ações das ações . . . . .   | 82 |
| Figura 7 – Retorno do Ibovespa . . . . .  | 86 |
| Figura 8 – Determinação do coeficiente beta das ações do setor de energia elétrica . . . . .  | 89 |

# **Lista de tabelas**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Pesquisa na base de dados Scopus . . . . .                                  | 29 |
| Tabela 2 – Pesquisa na base de dados Web of Science . . . . .                          | 29 |
| Tabela 3 – Trabalhos selecionados nas bases de dados Scopus e Web Of Science . . . . . | 30 |
| Tabela 4 – Artigos analisados por revista e ano . . . . .                              | 31 |
| Tabela 5 – Origem da revista . . . . .   | 31 |
| Tabela 6 – Trabalhos com a maior quantidade de citações . . . . .                      | 32 |
| Tabela 7 – Apresentação dos artigos estudados . . . . .                                | 33 |
| Tabela 8 – Parametrização dos testes empíricos 1 . . . . .                             | 63 |
| Tabela 9 – Parametrização dos testes empíricos 2 . . . . .                             | 64 |
| Tabela 10 – Ações selecionadas para compor a amostra . . . . .                         | 79 |
| Tabela 12 – Estatística descritiva das ações da amostra . . . . .                      | 79 |
| Tabela 11 – Empresas das ações selecionadas . . . . .                                  | 81 |
| Tabela 13 – Resultados do primeiro passo da regressão . . . . .                        | 84 |
| Tabela 14 – Prêmio de mercado e intercepto . . . . .                                   | 87 |

# **Lista de abreviaturas e siglas**

|        |   |
|--------|---|
| ANEEL  | Agência Nacional de Energia Elétrica                      |
| ANTT   | Agência Nacional de Transportes Terrestres                |
| APT    | Arbitrage Pricing Theory                                  |
| ARCH   | Autoregressive Conditional Heteroskedasticity             |
| CAPM   | Capital Asset Pricing Model                               |
| CCAPM  | Consumption-based Capital Asset Pricing Model             |
| CDB    | Certificado de Depósito Bancário                          |
| CDI    | Certificado de Depósito Interbancário                     |
| D-CAPM | Downside Capital Asset Pricing Model                      |
| GARCH  | Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity |
| GMM    | Generalized Method of Moments                             |
| HEM    | Hipótese da Eficiência de Mercado                         |
| HML    | High Minus Low  |
| ICAPM  | Intertemporal Capital Asset Pricing Model                 |
| IGP-DI | Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna          |
| IPCA   | Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo             |
| ONS    | Operador Nacional do Sistema                              |
| PIB    | Produto Interno Bruto                                     |
| SMB    | Small Minus Big   |

# Lista de símbolos

|                     |   |
|---------------------|---|
| $\beta_{iM}$        | Beta de mercado do ativo i                  |
| $R_f$               | Retorno do ativo livre de risco             |
| $R_M$               | Retorno da carteira de mercado              |
| $R_j$               | Retorno do ativo ou da carteira de ativos j |
| $\mathbb{E}(\cdot)$ | Operador esperança                          |
| $\sigma^2(\cdot)$   | Operador variância                          |
| $cov(\cdot, \cdot)$ | Operador covariância                        |

# Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introdução</b>   | <b>13</b> |
| <b>I O CAPM EM PESQUISAS ACADÊMICAS NO BRASIL:<br/>UMA REVISÃO DA LITERATURA</b>                              | <b>16</b> |
| <b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b>  | <b>17</b> |
| 1.1 Introdução ao CAPM  | 17        |
| 1.2 Outros modelos baseados no CAPM   | 22        |
| 1.2.1 CAPM de Black   | 23        |
| 1.2.2 ICAPM - CAPM intertemporal  | 23        |
| 1.2.3 CCAPM - CAPM baseado no consumo   | 24        |
| 1.2.4 Modelo trifatorial de Fama e French   | 25        |
| 1.2.5 CAPM Condicional  | 26        |
| <b>2 METODOLOGIA DA REVISÃO DE LITERATURA DO CAPM NA ACADEMIA BRASILEIRA</b>                                  | <b>28</b> |
| <b>3 REVISÃO DA LITERATURA DO CAPM NA ACADEMIA BRASILEIRA</b>   | <b>30</b> |
| 3.1 Análise Bibliométrica   | 30        |
| 3.2 Escopo e descrição dos artigos analisados   | 32        |
| 3.2.1 Ensaio Teórico  | 39        |
| 3.2.2 Aplicações do CAPM  | 40        |
| 3.2.2.1 Aplicação do CAPM na análise de viabilidade de projetos de investimento e cálculo do custo de capital | 40        |
| 3.2.2.2 Aplicação do CAPM para seleção de carteiras ótimas  | 43        |
| 3.2.2.3 Aplicação do CAPM no estudo de anomalias de mercado   | 44        |
| 3.2.2.4 Aplicação do CAPM - outros casos  | 47        |
| 3.2.3 Teste empírico do modelo  | 50        |
| 3.2.3.1 Os testes empíricos na literatura internacional do CAPM   | 50        |
| 3.2.3.2 Os testes empíricos na literatura da academia brasileira  | 53        |
| 3.2.3.3 Parametrização dos testes empíricos na literatura brasileira  | 61        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>II</b> | <b>ANÁLISE DO RETORNO DE EMPRESAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL</b>                               | <b>65</b> |
| 4         | <b>EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO . . . . .</b>   | <b>66</b> |
| 4.1       | <b>Histórico da indústria de energia e de sua regulação no Brasil . . . . .</b>                            | <b>66</b> |
| 4.2       | <b>Revisão tarifária no setor elétrico brasileiro . . . . .</b>  | <b>68</b> |
| 4.3       | <b>O CAPM e WACC no processo de revisão tarifária do setor elétrico brasileiro . . . . .</b>               | <b>70</b> |
| 5         | <b>METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DOS RETORNOS DE AÇÕES DE EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO . . . . .</b> | <b>72</b> |
| 5.1       | <b>Modelo econométrico . . . . .</b>   | <b>72</b> |
| 5.2       | <b>Hipóteses testadas . . . . .</b>  | <b>74</b> |
| 5.3       | <b>Definição da amostra . . . . .</b>  | <b>75</b> |
| 5.4       | <b>Obtenção dos dados necessários . . . . .</b>  | <b>76</b> |
| 6         | <b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS . . . . .</b>   | <b>79</b> |
| 6.1       | <b>Seleção dos ativos . . . . .</b>  | <b>79</b> |
| 6.2       | <b>Estatísticas descritivas da amostra . . . . .</b>   | <b>79</b> |
| 6.3       | <b>A obtenção dos betas das ações . . . . .</b>  | <b>82</b> |
| 6.4       | <b>O prêmio de mercado . . . . .</b>   | <b>86</b> |
| 7         | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>  | <b>92</b> |
|           | <b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>   | <b>93</b> |

# Introdução

A atuação de empresas do setor energético no mercado brasileiro tem passado por constantes mudanças desde o surgimento da indústria de energia no país. Até a década de 60, o setor energético foi marcado pelo conflito entre os capitais públicos e privados. A criação da Eletrobras, em 1962, possibilitou a estruturação da indústria de energia elétrica no Brasil, sua integração em âmbito nacional e começou um período de forte intervenção estatal e maior participação das empresas públicas no setor. Na década de 90, iniciou-se o processo de abertura do setor de energia elétrica brasileiro ao capital privado, através de um grande número de Leis e Decretos que visavam atender às necessidades do Plano Nacional de Desestatização (PND) e que dispunham sobre normas e procedimentos para a outorga e prorrogação das concessões e permissões dos serviços públicos. A desestatização nesse contexto objetivava, sobretudo, a busca de recursos para o financiamento da expansão da indústria de energia no Brasil. O Estado passou então a ter a função de fiscalizador das atividades do setor elétrico, tendo como figura central a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), criada em 1997.

O setor elétrico no Brasil é essencialmente oligopólico: o mercado de distribuição, geração ou transmissão de energia elétrica é dominado por um conjunto restrito de empresas, sejam estatais ou privadas. Diante dessa constatação, é evidente a necessidade de regulação da indústria energética no país. Apesar de a ação fiscalizadora e reguladora do Estado ser importante, nem sempre as intervenções estatais se mostram benéficas para a sociedade ou para o setor de energia elétrica. Um exemplo foi a Medida Provisória 579, convertida na Lei 12.783 de 2013, que estabeleceu mudanças nas regras de geração, transmissão e distribuição de energia no país e causou um desarranjo sem precedentes no setor. Dentre os efeitos nefastos da medida destacam-se os prejuízos bilionários às companhias, a diminuição da qualidade da prestação dos serviços e a diminuição da atratividade do setor aos investimentos.

Num cenário como esse, um investidor de ações de empresas do setor elétrico precisa ter uma visão mais clara dos riscos da aplicação de recursos nesses ativos e do retorno esperado desses investimentos. Para essa análise, vários modelos de precificação de ativos financeiros podem ser úteis, mas o *Capital Asset Pricing Model*, também conhecido como CAPM, talvez seja o mais utilizado pelo seu pioneirismo e simplicidade.

O CAPM é um dos pilares da teoria moderna de Economia Financeira, tendo sido apresentado pela primeira vez nos trabalhos de William Sharpe ([SHARPE, 1964](#)) e John Lintner ([LINTNER, 1965](#)). Ele fornece uma previsão da relação entre o risco e o retorno esperado de um ativo e permite, como consequência, sua utilização em diversas aplicações importantes. Um investidor, por exemplo, interessa-se em saber se os retornos esperados dos ativos nos quais ele investe são aceitáveis em relação aos riscos de mercado aos quais eles estão expostos.

O CAPM fornece uma taxa de retorno esperado de um determinado ativo em função de seu risco, tendo como referência uma carteira de ativos perfeitamente diversificada. O CAPM permite ainda a realização de estimativas fundamentadas de apreçamento de ativos ainda não negociados no mercado financeiro e pode também ajudar na avaliação do custo de capital das empresas: a ANEEL, por exemplo, utiliza o CAPM como parte da metodologia da definição do custo de capital a ser utilizado no cálculo da remuneração dos investimentos efetuados pelas concessionárias de distribuição.

Esse trabalho tem por objetivo analisar o retorno das ações de empresas do setor elétrico brasileiro cotadas em Bolsa através da estimativa do coeficiente beta dessas ações (o beta é um parâmetro do CAPM que mede a sensibilidade do retorno de um ativo à variação do retorno do mercado e fornece, portanto, informações a respeito do risco de mercado desse ativo). O coeficiente beta das ações das empresas do setor entre 2000 e 2015 será examinado, bem como a validade das hipóteses previstas pelo CAPM.

Visando auxiliar a análise proposta no parágrafo anterior, um estudo preliminar apresentará uma revisão da literatura acadêmica relacionada às aplicações ou estudos do CAPM no contexto da pesquisa científica nacional.

Assim sendo, o trabalho será composto de duas partes relativamente independentes: uma revisão bibliográfica estruturada do CAPM e uma aplicação do modelo no estudo dos retornos de empresas do setor de energia elétrica no Brasil. Ressalta-se aqui que a realização da revisão da literatura permitirá uma melhor compreensão dos problemas encontrados nos testes empíricos do CAPM e ajudará na decisão da escolha da melhor metodologia a ser considerada no estudo dos ativos do setor de energia, proposto na segunda parte.

A divisão proposta para o trabalho é a seguinte:

### **Parte I - O CAPM em pesquisas acadêmicas no Brasil: uma revisão da literatura**

Capítulo 1 - Referencial teórico: este capítulo tem como objetivo apresentar de maneira simplificada a teoria do CAPM, para dar subsídios para a leitura dos capítulos posteriores.

Capítulo 2 - Metodologia da revisão de literatura do CAPM na academia brasileira: este capítulo tem como objetivo propor uma metodologia para a revisão estruturada da literatura no contexto acadêmico nacional.

Capítulo 3 - Revisão da literatura do CAPM na academia brasileira: este capítulo visa retomar todos os trabalhos selecionados de acordo com a metodologia para a análise do estado da arte da pesquisa brasileira na área.

### **Parte II - Análise do retorno de empresas do setor de energia elétrica no Brasil**

Capítulo 4 - Evolução do setor elétrico brasileiro: este capítulo retoma a evolução do setor elétrico brasileiro e nos apresenta a importância do CAPM no contexto das revisões tarifárias das empresas concessionárias.

Capítulo 5 - Metodologia para a análise dos retornos de ações de empresas do setor elétrico brasileiro: este capítulo visa propor uma metodologia para análise dos retornos de ações de empresas de energia baseada na revisão de literatura efetuada na primeira parte do trabalho.

Capítulo 6 - Apresentação e discussão dos resultados: este capítulo apresenta os resultados obtidos, segundo a metodologia proposta no quinto capítulo, e discute os resultados à luz da teoria do CAPM e toda revisão de literatura efetuada.

## Parte I

# O CAPM em pesquisas acadêmicas no Brasil: uma revisão da literatura

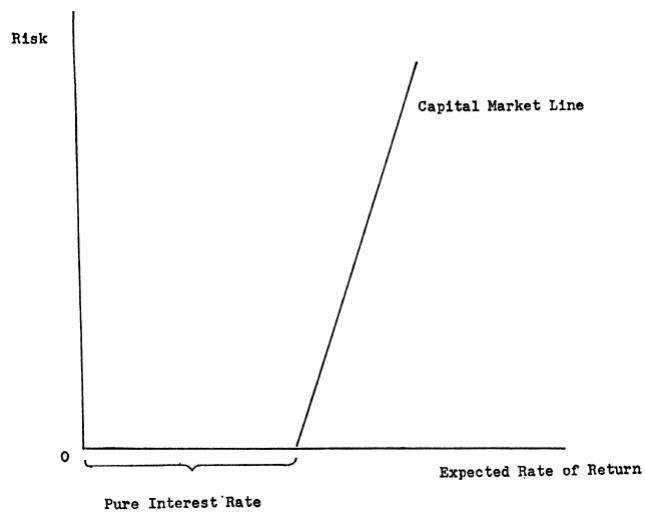
# 1 Referencial teórico

## 1.1 Introdução ao CAPM

A Moderna Teoria de Finanças teve início com o trabalho seminal de [Markowitz \(1959\)](#), que versava a respeito da otimização de portfólios e diversificação de investimentos, trazendo uma nova luz para as pesquisas na área. Seguindo [Markowitz \(1959\)](#), [Sharpe \(1964\)](#) introduz o CAPM - *Capital Asset Pricing Model*, que aborda a questão da precificação de ativos de maneira simples e inovadora. O CAPM também ganhou importantes contribuições de [Mossin \(1966\)](#), [Lintner \(1965\)](#) e [Black \(1972\)](#), que desenvolveram trabalhos paralelos na área.

O CAPM parte do modelo de escolha da carteira desenvolvido anteriormente por [Markowitz \(1959\)](#), frequentemente denominado **modelo de média-variância**. A ideia inicial do trabalho de [Sharpe \(1964\)](#) era de formalizar as discussões, até então intuitivas, do comportamento do mercado de capitais e da precificação de ativos em relação ao risco do investimento. Uma das noções que se tinha, à época do estudo, era a de que "em equilíbrio, os preços do mercado de capitais são ajustados tais que, se o investidor for racional (e diversificar seu portfólio de ativos), ele é capaz de atingir qualquer ponto da linha do mercado de capitais" ([SHARPE, 1964](#)), como mostra a figura 1.

Figura 1: Relação linear entre o retorno e o risco de um portfólio de ativos



Fonte: [Sharpe \(1964, p.426\)](#)

A ideia intuitiva da relação apresentada pela figura 1 é a de que um investidor só pode obter maiores retornos correndo um maior risco. O mercado especifica o portfólio do investidor de duas maneiras: há o **preço do tempo**, uma taxa pura de juros, que remunera o tempo pelo qual

o investidor abriu mão de seu capital para investir e há o **preço do risco**, que é a remuneração adicional paga além da taxa de juros e que tem dependência linear com o risco.

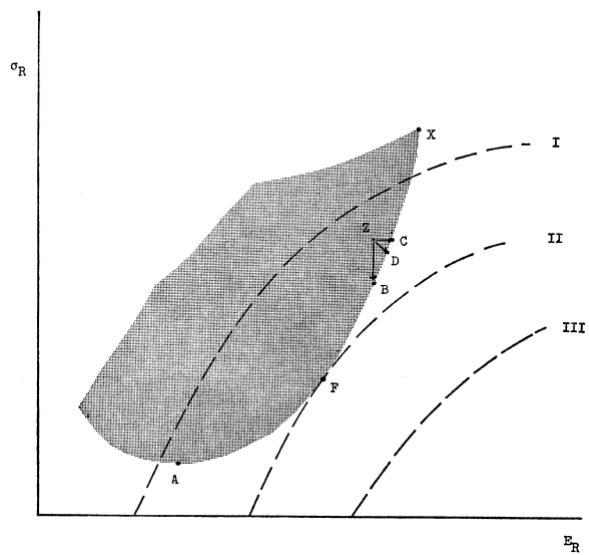
A fim de dar um arcabouço teórico consistentes para a relação intuitiva entre risco e retorno, [Sharpe \(1964\)](#) parte da análise das preferências individuais de cada investidor, ou melhor, da sua função de utilidade<sup>1</sup>, se apoiando no já citado modelo de média-variância de Markowitz. O modelo admite que os investidores se preocupam apenas com a média e a variância (ou desvio-padrão) do retorno do seu investimento durante um certo período, o que pode ser representado por uma função de utilidade da forma

$$U = g(\mathbb{E}_R, \sigma_R) \quad (1.1)$$

Para o conjunto possível de oportunidades de investimento, o investidor irá alocar recursos de modo a maximizar sua função de utilidade; aliás a maximização da função de utilidade do investidor é uma via dupla: os investidores preferem retornos maiores ( $\frac{dU}{d\mathbb{E}_R} > 0$ ), mas são avessos ao risco ( $\frac{dU}{d\sigma_R} < 0$ ).

O conjunto possível de todos os investimentos ou carteiras que envolvem algum risco de investimento é delimitado por uma curva denominada **fronteira eficiente**<sup>2</sup>.

Figura 2: Fronteira eficiente e maximização da função de utilidade do investidor



Fonte: [Sharpe \(1964\)](#), p.429)

Na figura 2, a linha  $AFX$  determina a fronteira eficiente e a região cinza constitui o conjunto de ativos e carteiras arriscados disponíveis para o investidor. Notemos que a linha  $AFX$ ,

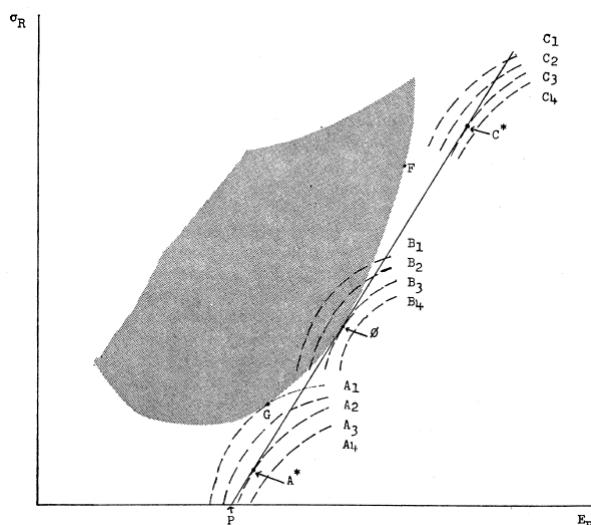
<sup>1</sup> A função de utilidade é uma medida da satisfação relativa de um agente da economia.

<sup>2</sup> A forma da fronteira eficiente ou da região de investimentos factíveis é discutida em [Markowitz \(1959\)](#) e [Sharpe \(1964\)](#) e está fora do escopo da presente discussão.

para um determinado nível de risco, contém o ativo ou portfólio de maior retorno e inversamente, dado um retorno esperado, o ativo ou carteira de menor risco. As curvas pontilhadas I, II e III, por sua vez, representam curvas de indiferença do função de utilidade  $U$  do investidor: qualquer ativo ou portfólio que estiver sobre uma mesma curva é indiferente para o investidor, em termos de utilidade<sup>3</sup>. Ainda na figura 2,  $U_I < U_{II} < U_{III}$ . A conclusão resultante é bastante evidente: o investidor escolherá um investimento na fronteira eficiente que maximiza sua função de utilidade. Esse investimento é representado pelo ponto  $F$ .

Notemos que até o momento não consideramos ativos não arriscados na discussão. Supondo a existência de tal ativo cujo risco é nulo e admitindo, por definição, que seu retorno é igual à taxa pura de juros, pode ser de interesse do investidor dividir seu investimento entre ativos arriscados e ativos livres de risco. Nesse caso, a conclusão obtida na figura 2 pode ser estendida para contemplar essa configuração:

Figura 3: Fronteira eficiente e maximização da função de utilidade do investidor na existência de uma taxa de retorno livre de risco



Fonte: Sharpe (1964, p.434)

Na figura 3, a semi-reta  $P\phi$  contém todas as combinações possíveis entre o investimento num ativo livre de risco  $P$  e o investimento na carteira ariscada (e eficiente)  $\phi$ . A carteira  $\phi$  é a melhor carteira arriscada da fronteira eficiente que pode ser combinada com o investimento em ativos livre de risco, o que pode ser visto pela tangência entre  $P\phi$  e a fronteira eficiente. No caso, quem vai ditar a proporção na qual o investidor irá alocar seus recursos é a sua função de utilidade, que é dependente do grau de **aversão ao risco** do investidor. Um investidor completamente avesso ao risco irá investir seus recursos em ativos livre de risco. Um investidor (conservador) com as curvas de indiferença  $A_n$  irá alocar uma parte de seus recursos em  $P$  e outra parte em  $\phi$ . Um investidor (arrojado) com as curvas de indiferença  $C_n$  irá tomar dinheiro emprestado à taxa

<sup>3</sup> Notemos que as curvas de indiferença respeitam simultaneamente as condições  $\frac{dU}{dE_R} > 0$  e  $\frac{dU}{d\sigma_R} < 0$ .

pura de juros (admitindo aqui que isso seja possível) para poder investir  $\phi$ , num procedimento comumente denominado **alavancagem**<sup>4</sup>. Vale notar aqui que a semi-reta  $P\phi$  é a própria linha do mercado de capitais mostrada na figura 1.

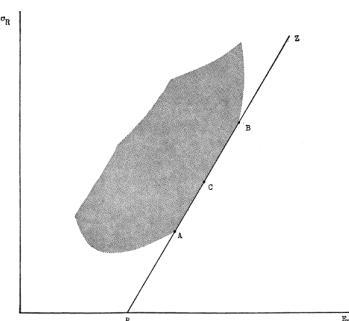
Numa situação de equilíbrio do mercado e considerando as premissas já colocadas, a carteira  $\phi$  deveria ser compartilhada por todos os investidores sujeitos a algum grau de risco que desejam otimizar sua carteira em média-variância (BODIE; KANE; MARCUS, 2014). Todos os investidores assumem o mesmo conjunto de oportunidades e combinam, numa determinada proporção (dependente da aversão ao risco do investidor), a mesma carteira  $\phi$  de ativos arriscados com a tomada ou concessão de empréstimos à taxa pura de juros. Uma decorrência simples dessa conclusão é a de que  $\phi$  deve conter todos os ativos negociáveis da economia. Imaginemos uma situação onde, por exemplo, a ação PETR4 não estivesse nessa carteira. O preço dela despencaria até o momento onde ela seria considerada atrativa e ela entraria para o conjunto  $\phi$ . A carteira  $\phi$  é conhecida como **carteira de mercado**<sup>5,6</sup>.

Dado que a carteira de mercado contém todos os ativos financeiros arriscados negociáveis, existe certamente uma relação entre os retornos dessa carteira e os retornos de cada ativo que a compõe: cada ativo contribui, à sua maneira, para o risco total (desvio-padrão) da carteira de mercado. Esse é um dos principais resultados da teoria do CAPM, que também poderá ser denominado doravante de CAPM tradicional ou CAPM de Sharpe-Lintner. A grande contribuição de Sharpe (1964) e Lintner (1965) foi determinar matematicamente a natureza da relação existente entre os retornos de um ativo individual e os retornos da carteira de mercado. Apresenta-se, a

<sup>4</sup> Indiretamente, estamos assumindo que as expectativas dos investidores são **homogêneas**, ou seja, todos os investidores concordam a respeito dos valores esperados dos retornos de ativos e de seus respectivos desvio-padrão.

<sup>5</sup> A carteira de mercado é formada por todos os ativos publicamente negociáveis, na qual o peso de cada ativo é a razão entre o valor total de mercado de todas as unidades circulantes do ativo e o valor total de mercado de todos os ativos de risco.

<sup>6</sup> A conclusão de que todos os investidores são levados a manter a mesma carteira de ativos não é compartilhada por Sharpe (1964). Em seu artigo, Sharpe admite que, em equilíbrio de mercado, a fronteira eficiente tende a se linearizar e apresentar a seguinte forma:



Fonte: Sharpe (1964, p.436)

Ressalta-se porém que a carteira de mercado na figura também está na intersecção entre a linha de mercado de capitais e a fronteira eficiente, representada pelo segmento de reta  $\bar{A}\bar{B}$ . A equação primordial do CAPM, que veremos a seguir, é válida para ambas as concepções.

seguir, a equação de base do CAPM:

$$\mathbb{E}(R_i) = R_f + [\mathbb{E}(R_M) - R_f]\beta_{iM} \quad (1.2)$$

A relação apresentada em 1.2 é de fácil entendimento, mas sua prova formal foge do escopo deste trabalho. Nessa equação,  $\mathbb{E}(R_i)$  é o retorno esperado do ativo  $i$ ,  $R_f$  é o retorno do ativo livre de risco ou, por definição, a taxa pura de juros ( $\mathbb{E}(R_i) - R_f$  é comumente denominado retorno esperado do **prêmio do ativo  $i$** ),  $\mathbb{E}(R_M) - R_f$  é o retorno esperado excedente da carteira de mercado em relação à taxa de juros livre de risco, também denominado **prêmio de mercado** ou prêmio pelo risco de mercado, e  $\beta_{iM}$  é o *beta de mercado* do ativo  $i$ , que é a covariância de seu retorno e do retorno da carteira de mercado dividida pela variância do retorno da carteira de mercado:

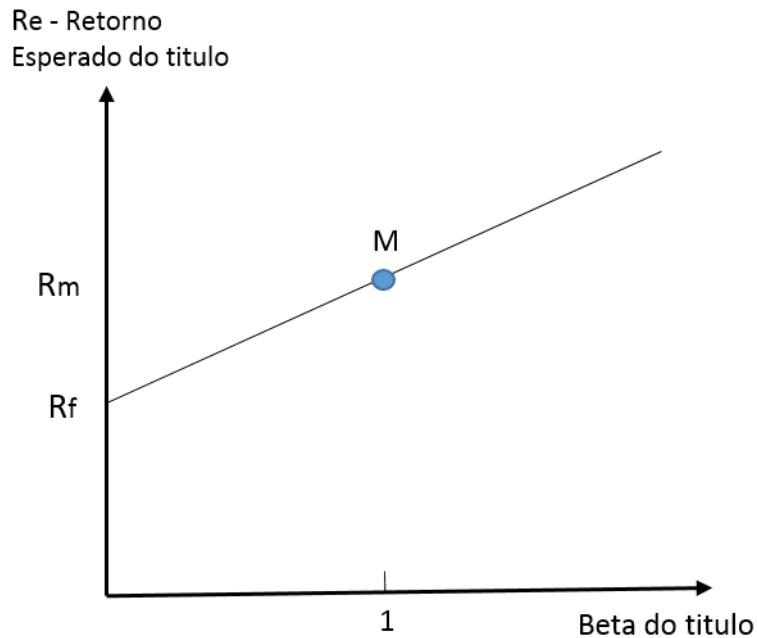
$$\beta_{iM} = \frac{\text{cov}(R_i, R_M)}{\sigma^2(R_M)} \quad (1.3)$$

Vemos pela equação 1.2 que o único parâmetro que o CAPM considera na especificação de um ativo individual é o beta. Uma informação que a equação 1.3 nos fornece é que o beta é uma medida da sensibilidade do retorno de um ativo à variação do retorno do mercado, ou seja, economicamente,  $\beta_{iM}$  é uma outra medida de risco do ativo, diferente do risco total  $\sigma^2$ . Essa medida também é conhecida como **risco sistemático** do ativo. Entende-se por risco sistemático aquele que não pode ser eliminado através da diversificação da cesta de ativos, ou seja, ele está ligado às flutuações que afetam o sistema econômico como um todo: o beta define quantitativamente a intensidade com a qual um impacto no mercado é transmitido ao ativo. Contrariamente ao risco sistemático, define-se o **risco diversificável**, que é inerente ao próprio ativo. Uma conclusão que se pode tirar é que o modelo assume que apenas o risco sistemático é remunerado ao investidor. Outra conclusão importante que se pode tirar do CAPM é a existência de uma relação linear entre o risco (sistemático) e retorno esperado de um ativo.

A reta da figura 4 é também conhecida como **linha do mercado de títulos** e a inclinação dessa reta é o próprio valor do prêmio de mercado. Na figura,  $M$  denota a carteira de mercado, cujo beta é 1. Vemos que  $R_f$  corresponde, por definição, ao retorno dos ativos não arriscados, sem correlação com às variações do mercado, ou seja, de beta nulo. A linha do mercado de títulos nada mais é do que a conclusão visual da maior contribuição do modelo CAPM de Sharpe-Lintner: a determinação da relação entre risco de mercado (sistemático) de um ativo e seu retorno.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4: Relação linear entre o retorno esperado e o beta



## 1.2 Outros modelos baseados no CAPM

A formulação do CAPM na sua forma tradicional só foi possível ante a adoção de premissas simplificadoras. Na discussão feita anteriormente, algumas dessas premissas apareceram de forma mais evidente; outras, não foram explicitamente citadas. Resumamo-nas todas abaixo:

1. Todos os investidores buscam racionalmente otimizar seu portfólio de ativos seguindo o modelo de média-variância de Markowitz.
2. Todos os investidores tem a mesma percepção do retorno esperado e do risco de um determinado ativo. Esse foi o já citado pressuposto das expectativas homogêneas dos investidores.
3. Não foram levados em consideração, para a obtenção do modelo, os tributos sobre retornos e os custos de negociação dos ativos.
4. Os investimentos são limitados a um universo de ativos financeiros publicamente negociados e a arranjos de investimentos ou tomadas de empréstimo a uma taxa de juros livre de risco.
5. Os investidores otimizam seus portfólios pensando no retorno esperado para o período de tempo imediatamente posterior, desconsiderando o que possa vir a acontecer em seguida (**comportamento míope** do investidor).

6. Assume-se a existência de muitos investidores, estando todos em situação de perfeita concorrência.

É evidente algumas das premissas anteriores são bastante irreais e não se verificam no mercado de financeiro, segundo atesta Sharpe:

Nem é preciso dizer, as premissas adotadas são altamente restritivas e inquestionavelmente irreais. No entanto, visto que o teste de uma teoria não está no realismo de suas hipóteses e sim na aceitabilidade de suas implicações e como algumas das premissas adotadas implicam condições de equilíbrio do mercado que são a base da maior parte as doutrinas financeiras clássicas, esse modelo não deveria ser de pronto rejeitado (SHARPE, 1964).

Outros modelo oriundos do CAPM surgiram dados os questionamentos da suficiência e da aplicação empírica do modelo ou da atenuação de alguma hipótese. Essa seção visa apresentar as linhas gerais de algumas abordagens, que não compreendem a totalidade dos modelos derivados, mas que dão uma perspectiva ampla dos avanços realizados. Para um estudo mais completo a respeito de cada um dos modelos, recomenda-se a consulta nas referência citadas.

### 1.2.1 CAPM de Black

Levando em consideração que a tomada ou concessão de empréstimos à taxa livre de risco é uma premissa extremamente simplificadora, Black (1972) desenvolveu sua versão do CAPM: a carteira de mercado ainda é uma carteira eficiente em média-variância quando, em vez de admitir uma taxa livre de risco, assume-se a possibilidade de vendas *short*<sup>7</sup> irrestritas dos ativos de risco. A relação linear entre o retorno e o beta de um ativo ainda é válida nesse contexto, mas, por definição, a taxa de retorno dos ativos livres de risco não é mais a taxa pura de juros.

A premissa colocada por Black é também bastante irreal. E quando nem a existência de vendas *short* irrestritas nem a tomada ou concessão de empréstimos à taxa livre de risco podem ser estabelecidas, os investidores ainda optarão por carteiras eficientes em média-variância. Entretanto, não se pode garantir que a carteira de mercado será uma carteira tipicamente eficiente<sup>8</sup>.

### 1.2.2 ICAPM - CAPM intertemporal

O modelo intertemporal de precificação de ativos de capital (ICAPM)(Merton (1973)) é um prolongamento do CAPM. A grande diferença é que no ICAPM os investidores se importam

<sup>7</sup> Estratégia financeira que consiste na venda de um ativo que não está presente na carteira (através de um aluguel desse ativo) acreditando em sua possível desvalorização.

<sup>8</sup> A relação linear entre o beta do ativo e o retorno esperado prevista pelo CAPM é, na verdade, válida para qualquer carteira  $M$  eficiente em média-variância. Aliás, a equação do CAPM 1.2 nada mais é do que a aplicação restrita dessa relação à carteira de mercado.

com as oportunidades que terão de consumir ou investir ao longo do tempo, ou seja, existe a relaxação da premissa de comportamento míope do investidor.

Quando a incerteza sobre os retornos do portfólio é a única fonte de risco e as oportunidades de investimento permanecem inalteradas no decorrer do tempo, isto é, não há mudança na taxa de juros livre de risco ou na probabilidade de distribuição do retorno da carteira de mercado ou de ativos individuais, o ICAPM prediz a mesma relação beta - retorno esperado da equação de período único. Mas a situação muda quando incluímos fontes adicionais de risco (BODIE; KANE; MARCUS, 2014).

Esses fatores de risco adicionais são normalmente de dois tipos: o primeiro concerne mudança nos parâmetros que descrevem as oportunidades de investimento, tais como taxas de juros livre de risco e os retornos esperados; o segundo considera o preço dos bens que podem ser adquiridos com uma determinada quantidade de riqueza (o risco da inflação). No primeiro caso, o investidor pode ser levado a priorizar investimentos que o protejam (ou que acompanhem) a variação dos juros. No segundo caso, o investidor pode se ver obrigado a investir mais em ativos indexados à inflação a fim de se proteger da alta generalizada dos preços. O investimento com o intuito de proteger a carteira de investimentos da variação de um ou mais fatores de risco é denominado **hedge**.

De maneira geral, supondo a existência de  $K$  fatores de risco e de  $K$  portfólios que protegem o investidor da variação dos fatores de risco, a equação do ICAPM de Merton apresenta-se da seguinte maneira:

$$\mathbb{E}(R_i) = R_f + [\mathbb{E}(R_M) - \mathbb{E}(R_f)]\beta_{iM} + \sum_{k=1}^K [\mathbb{E}(R_k) - \mathbb{E}(R_f)]\beta_{ik} \quad (1.4)$$

onde  $\beta_{iM}$  é o beta do CAPM tradicional e  $\beta_{ik}$  é o beta do  $k$ -ésimo portfólio de **hedge**.

### 1.2.3 CCAPM - CAPM baseado no consumo

O CAPM baseado no consumo argumenta que os retornos de um ativo ou de uma carteira estão intimamente atrelados à variação do consumo *per capita* (BREEDEN, 1979) na economia. O CCAPM une o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros com a Teoria de Preferências do Consumidor, partindo do problema de maximização da função de utilidade do consumidor, assim como o CAPM tradicional. A ideia intuitiva do modelo é a de que o investidor irá distribuir suas riquezas entre o seu consumo atual e em investimentos que garantirão seu consumo futuro.

A solução do problema de maximização da função de utilidade dos agentes resulta na chamada **equação de Euler**:

$$1 = \mathbb{E}_t \left[ \beta \frac{u'(C_{t+1})}{u'(C_t)} R_{t+1} \right] \quad (1.5)$$

onde  $\beta$  é um coeficiente de desconto da utilidade ao longo do tempo,  $R_{t+1}$  é o retorno do conjunto de ativos do consumidor em  $t + 1$ ,  $C_t$  é o consumo do agente em  $t$ ,  $C_{t+1}$  é o consumo do agente em  $t + 1$  e  $u$  é a função de utilidade do consumidor. A equação de Euler descreve matematicamente o comportamento racional de suavização do consumo do investidor ao longo do tempo: o valor da utilidade do consumo atual de uma certa quantia de riqueza deve ser igual ao valor de utilidade do consumo futuro que poderia ser financiado caso o agente tivesse investido (economizado) essa mesma quantia.

Manipulando a equação 1.5<sup>9</sup>, chega-se na seguinte equação, que lembra bastante a equação 1.2 do CAPM de Sharpe-Lintner:

$$\mathbb{E}(R_{i,t+1}) = \lambda_{c,t}\beta_{c,it} \quad (1.6)$$

onde

$$\beta_{c,it} = \frac{\text{cov}(R_{it}, g_t)}{\text{var}(g_t)} \quad (1.7)$$

$g_t$  é a variação do consumo *per capita* na economia e  $\lambda_{c,t}$  é o prêmio do portfólio de maior correlação com a variação do consumo *per capita*.

A ideia que a equação traduz é a de que retorno esperado de um ativo ou carteira depende da razão entre covariância entre o retorno desse ativo e a variação do consumo *per capita* e a covariância entre o retorno do mercado e a variação do consumo *per capita*. Essa medida é comumente denominada **beta de consumo**.

#### 1.2.4 Modelo trifatorial de Fama e French

O modelo trifatorial de Fama e French é uma aplicação indireta do ICAPM descrito anteriormente e surge das evidências de falhas empíricas do CAPM abordadas em [Fama e French \(1992\)](#). Os autores argumentam que, além do beta, o tamanho da empresa emissora da ação bem como seus índices preço/lucro, dívida/patrimônio líquido e valor contábil/valor de mercado são fatores necessários para explicar os retornos esperados da ação. Apesar de esses índices não serem em si fatores de risco, eles refletem fatores de risco ignorados pelo CAPM. Partindo dessas evidências, os autores propõem o modelo trifatorial de retornos esperados, em sua forma temporal:

$$\mathbb{E}(R_i) - R_f = \alpha_{it} + [\mathbb{E}(R_{Mt}) - R_{ft}]\beta_{Mit} + (SMB_t)\beta_{Sit} + (HML_t)\beta_{Hit} \quad (1.8)$$

<sup>9</sup> A demonstração dessa relação foge ao escopo do trabalho e a teoria matemática envolvida no modelo de CAPM baseado no consumo vai bastante além do necessário para o entendimento do restante do trabalho. Para maiores informações a respeito do modelo, convidamos o leitor a apreciar o artigo de [Breeden \(1979\)](#).

Na equação 1.8,  $SMB_t$  (*small minus big* = pequeno menos grande) é a diferença entre os retornos de carteiras diversificadas de ações de empresas pequenas e grandes e  $HML_t$  (*high minus low* = alto menos baixo) é a diferença entre os retornos de carteiras diversificadas de ações de índice valor contábil/valor de mercado alto e baixo e  $\beta_{Mit}$  é o beta de mercado do CAPM tradicional. Vale ressaltar que apesar de ser apoiado pelo ICAPM, a escolha dos "fatores de risco" do modelo trifatorial de Fama e French tem motivação essencialmente empírica.

### 1.2.5 CAPM Condisional

O CAPM tradicional foi desenvolvido com base no pressuposto, como já sabemos, da visão míope do investidor com relação à alocação de recursos. Logo, as conclusões geradas pelo modelo são válidas apenas para um período de tempo. O modelo criado por [Jagannathan e Wang \(1996\)](#) é baseado em evidências empíricas de que o beta e os retornos esperados dos ativos podem variar ao longo do tempo. Os autores alertam inclusive que, em muitas aplicações empíricas, muitos estudiosos são levados erroneamente a rejeitar o CAPM tradicional simplesmente pelo fato de não levarem em consideração que betas e prêmios pelo risco de mercado variam no tempo. Eles ilustram isso com o seguinte exemplo: os betas da ação  $A1$  em  $t_1$  e  $t_2$  são 0,5 e 1,25 respectivamente, correspondendo a um beta médio de 0,875, e os betas da ação  $A2$  são 1,5 e 0,75, nos mesmos períodos, correspondendo a um beta médio de 1,125. Supondo que o prêmio de risco esperado do mercado seja 10% em  $t_1$  e 20% em  $t_2$  e admitindo que o CAPM tradicional seja válido para cada período, os prêmios esperados das ações  $A1$  e  $A2$  são, respectivamente, 5% e 15% em  $t_1$  e 25% e 15% em  $t_2$ . Logo, os retornos médios esperados das ações, considerando os dois períodos, são iguais a 15%, mas seus betas médios são diferentes (0,875 e 1,125), o que levaria muitos pesquisadores a rejeitar o modelo, quando, na verdade, ele é válido no curto prazo.

A equação de base do CAPM Condisional, como consta em [Jagannathan e Wang \(1996\)](#), é descrita a seguir:

$$\mathbb{E}(R_{it}|I_{t-1}) = \gamma_{0,t-1} + \gamma_{1,t-1}\beta_{i,t-1} \quad (1.9)$$

onde  $\beta_{i,t-1}$  é o beta condicional do ativo  $i$ , definido como

$$\beta_{i,t-1} = \frac{cov(R_{it}, R_{mt}|I_{t-1})}{var(R_{mt}|I_{t-1})} \quad (1.10)$$

$\gamma_{0,t}$  é a esperança condicional do retorno do portfólio dos ativos livres de risco,  $\gamma_{1,t-1}$  é o prêmio de mercado condicional e  $I_{t-1}$  é o conjunto de informações disponíveis no instante  $t - 1$ .

Os autores ainda derivam uma formulação incondicional, baseada em 1.9:

$$\mathbb{E}[R_{it}] = \gamma_0 + \gamma_1\beta_i + cov(\gamma_{i,t-1}, \bar{\beta}_{i,t-1}) \quad (1.11)$$

onde  $\gamma_0 = \mathbb{E}[\gamma_{0,t-1}]$ ,  $\gamma_1 = \mathbb{E}[\gamma_{1,t-1}]$  e  $\bar{\beta}_{i,t-1} = \mathbb{E}[\beta_{i,t-1}]$ .

## 2 Metodologia da revisão de literatura do CAPM na academia brasileira

A primeira parte desse trabalho - a revisão sistemática da literatura do CAPM no contexto acadêmico nacional<sup>1</sup> - tem caráter naturalmente descritivo e pretende desenhar as fronteiras dos estudos que abordam, aplicam ou testam o modelo em suas mais diversas formas<sup>2</sup>. Pretende-se dessa maneira avaliar, através do levantamento e leitura de artigos acadêmicos pertinentes, como o CAPM se insere na pesquisa em Finanças / Economia no Brasil. Os resultados obtidos nessa análise poderão, sem dúvida, servir como uma referência para a realização de trabalhos posteriores e apontar as lacunas que poderão ser exploradas futuramente pelos pesquisadores.

A revisão estruturada da literatura do CAPM utilizada neste trabalho foi fortemente baseada no trabalho de [Mariano, Sobreiro e Rebelatto \(2015\)](#), tendo sido primeiramente proposta por [Junior e Filho \(2010\)](#). Os seguintes passos foram seguidos:

1. Utilizando as ferramentas de pesquisa disponíveis oferecidas pela base de dados e um conjunto pré-estabelecido de palavras-chave, foram encontrados os trabalhos passíveis de serem estudados;
2. Após a leitura dos resumos dos trabalhos identificados no primeiro item, foram eliminados os trabalhos não pertinentes ao objeto de estudo;
3. Após a leitura completa dos trabalhos, foi desenvolvido um sistema de classificação que permitiu caracterizar, de maneira abrangente, os diversos aspectos da utilização ou abordagem do CAPM em pesquisas nacionais;
4. De acordo com a classificação anterior, o perfil da produção científica nacional no tema foi definido.

De acordo com o item 1 do método utilizado, os artigos estudados foram recolhidos nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, que referenciam as revistas e os periódicos brasileiros mais importantes das áreas de Finanças, Economia e Administração e ainda possuem um escopo global. Destaca-se aqui que essa revisão de literatura não se pretende exaustiva: a determinação das bases de dados utilizadas é, *per se*, um fator limitador e condicionador

<sup>1</sup> Neste trabalho, entende-se como contexto acadêmico nacional o conjunto da produção científica que tenha sido divulgada em revistas ou congressos nacionais ou internacionais na qual pelo menos um dos autores, seja ele brasileiro ou não, esteja vinculado a uma instituição de ensino superior brasileira.

<sup>2</sup> Foram considerados tanto o CAPM tradicional como os modelos derivados do CAPM tradicional e/ou que incluem outros fatores de risco além do beta de mercado, como o modelo trifatorial de Fama e French, o CCAPM e o CAPM Condicional, por exemplo.

da pesquisa. Certamente, a escolha de outras bases de dados teria direcionado a pesquisa a outros rumos. Entretanto, espera-se que, com a escolha de duas bases de dados importantes e internacionais, os artigos de maior relevância acadêmica tenham sido selecionados para a análise.

Como indicado no primeiro passo do método estruturado, primeiramente definiu-se o conjunto de palavras-chave utilizado para a pesquisa nas bases de dados. Os termos utilizados nas duas bases foram CAPM e *Capital Asset Pricing Model*. Como as ferramentas de pesquisa eram diferentes nas duas bases, a estrutura lógica da pesquisa teve de ser adaptada para cada base. As tabelas 1 e 2 mostram como foram introduzidas as palavras chaves.

Tabela 1: Pesquisa na base de dados Scopus

| Conektor lógico | Palavra-chave                         | Campo   |
|-----------------|---------------------------------------|---|
| OR              | CAPM                                  | All Fields  |
| AND             | Capital Asset Pricing Model<br>Brazil | Article Title, Abstracts, Keywords<br>Affiliation Country |

Tabela 2: Pesquisa na base de dados Web of Science

| Conektor lógico | Palavra-chave               | Campo              |
|-----------------|-----------------------------|--------------------|
| OR              | CAPM                        | Tópico             |
| OR              | CAPM                        | Título             |
| OR              | Capital Asset Pricing Model | Tópico             |
| OR              | Capital Asset Pricing Model | Título             |
| AND             | Brazil                      | Países/Territórios |

Deve-se considerar que o acesso às bases de dados para a coleta dos artigos foi realizado entre 09 de maio de 2016 e 08 de junho de 2016. É possível que, desde então, novos artigos tenham sido adicionados nessas bases e não constem neste trabalho.

# 3 Revisão da literatura do CAPM na academia brasileira

Através da consulta realizada (primeiro passo do método), 65 resultados foram encontrados na base *Scopus* e 54 na base *Web Of Science*, totalizando 119 artigos. Dos artigos encontrados, foram selecionados para a análise, após leitura dos resumos (segundo passo do método), 36 e 42 artigos, respectivamente. Dos artigos selecionados, 15 foram encontrados nas duas bases. Dois artigos ([Paula e Cysneiros \(2009\)](#) e [Medeiros et al. \(2000\)](#)) tiveram apenas seus resumos lidos, visto que suas versões completas não estavam disponíveis até então; um deles, inclusive, era referenciado nas duas bases. A tabela 3 resume esses resultados.

Tabela 3: Trabalhos selecionados nas bases de dados Scopus e Web Of Science

| Critério de Análise                                | Scopus      | Web Of Science |
|--|-------------|----------------|
| Artigos selecionados com as palavras-chave         | 65          | 54             |
| Artigos selecionados pelos resumos (%)             | 36 (55,38%) | 42 (77,78%)    |
| Artigos não encontrados em sua versão completa (%) | 1 (1,54%)   | 2 (3,70%)      |
| <b>Total de artigos a serem analisados</b>         |             | <b>61</b>      |

Após a leitura dos artigos considerados, um sistema de classificação foi desenvolvido (terceiro passo do método), a fim de caracterizar, de maneira ampla, a produção científica nacional relacionada ao tema. Essa classificação considerou as seguintes dimensões:

1. Bibliometria, que permite a análise da evolução e do impacto dos estudos envolvendo o CAPM na comunidade científica;
2. Escopo do trabalho, que permite a categorização dos estudos sobre o CAPM nas diversas áreas das disciplinas de Finanças, Administração, Contabilidade e Economia;
3. Abordagem estatística, que visa analisar os dados utilizados e técnicas econométricas aplicadas nos trabalhos.

## 3.1 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica é uma importante ferramenta de avaliação do impacto de um trabalho científico na comunidade acadêmica. A tabela 4 divide os trabalhos analisados por revista de publicação e ano de publicação

Vê-se que existe um número grande de artigos nos periódicos *Revista de Administração Mackenzie* e *Revista de Contabilidade e Finanças - USP*, totalizando, os dois veículos, 12 artigos.

Tabela 4: Artigos analisados por revista e ano

| Critério de Análise | Classificação                             | Quantidade |
|---------------------|---|------------|
| <b>Revista</b>      | Revista de Administração Mackenzie        | 6          |
|                     | Revista de Contabilidade e Finanças – USP | 6          |
|                     | Latin American Business Review            | 3          |
|                     | Revista de Administração Contemporânea    | 3          |
|                     | Revista de Administração da USP           | 3          |
|                     | Revista de Administração de Empresas      | 3          |
|                     | Brazilian Administration Review           | 2          |
|                     | Journal of Banking and Finance            | 2          |
|                     | Revista Brasileira de Economia            | 2          |
|                     | Revista Brasileira de Gestão e Negócios   | 2          |
| <b>Ano</b>          | Outros                                    | 29         |
|                     | 1993                                      | 1          |
|                     | 1996                                      | 1          |
|                     | 1999                                      | 1          |
|                     | 2001                                      | 2          |
|                     | 2004                                      | 3          |
|                     | 2005                                      | 1          |
|                     | 2006                                      | 4          |
|                     | 2007                                      | 2          |
|                     | 2008                                      | 2          |
|                     | 2009                                      | 3          |
|                     | 2010                                      | 5          |
|                     | 2011                                      | 3          |
|                     | 2012                                      | 8          |
|                     | 2013                                      | 8          |
|                     | 2014                                      | 4          |
|                     | 2015                                      | 9          |
|                     | 2016                                      | 4          |

Fonte: Elaborado pelo autor

Outros periódicos que contabilizaram pelo menos dois artigos foram *Latin American Business Review*, Revista de Administração Contemporânea, Revista de Administração da USP, Revista de Administração de Empresas, *Brazilian Administration Review*, *Journal of Banking and Finance*, Revista Brasileira de Economia e Revista Brasileira de Gestão e Negócios. As demais revistas ou jornais contaram com apenas um trabalho cada.

Tabela 5: Origem da revista

| Origem da revista | Quantidade |
|-------------------|------------|
| Brasileira        | 40         |
| Estrangeira       | 21         |

Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo resultado mostrado na tabela 5, conclui-se que a pesquisa brasileira na área tem um escopo internacional reduzido e a grande parte dos artigos selecionados tem circulação restrita ao

meio acadêmico nacional. A única revista estrangeira com mais de dois artigos foi a *Journal of Banking and Finance*, que apresentou os trabalhos de Costa (1993) e Hwang e Rubesam (2013).

A pesquisa no assunto parece ter se tornado mais comum no Brasil na última década, ainda que a teoria do CAPM tenha surgido na década de 60. Coincidentemente, a pesquisa mais antiga encontrada na área - Costa (1993) - é a que tem maior número de citações (10 citações na base *Web of Science*), empatada com o trabalho de Almeida e Garcia (2012) (com 5 citações em cada base), seguidos por Garcia e Bonomo (2001) e Tabak, Luduvice e Cajueiro (2011) (com 7 e 5 citações ao total, respectivamente). Todos esses trabalhos foram publicados em revistas estrangeiras; aliás, a maioria dos estudos apresentados na 6, que mostra a quantidade de citações obtida para cada artigo que tenha sido referenciado ao menos 1 vez na base de dados em que foi encontrado, foi publicada em revista estrangeira.

Tabela 6: Trabalhos com a maior quantidade de citações

| Trabalho                          | Citações Scopus | Citações Web of Science | Total |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-------|
| Costa (1993)                      | N/A             | 10                      | 10    |
| Almeida e Garcia (2012)           | 5               | 5                       | 10    |
| Garcia e Bonomo (2001)            | 4               | 3                       | 7     |
| Tabak, Luduvice e Cajueiro (2011) | 3               | 2                       | 5     |
| Galea, Díaz-García e Vilca (2008) | 2               | 2                       | 4     |
| Jr et al. (2011)                  | N/A             | 4                       | 4     |
| Hwang e Rubesam (2013)            | 2               | 2                       | 4     |
| Athayde e Jr (2000)               | N/A             | 1                       | 1     |
| Pagnani e Olivieri (2004)         | 1               | N/A                     | 1     |
| Silva (2006)                      | 1               | N/A                     | 1     |
| Saito e Bueno (2007)              | 1               | N/A                     | 1     |
| Fortunato, Motta e Russo (2010)   | N/A             | 1                       | 1     |
| Lucena et al. (2010)              | N/A             | 1                       | 1     |
| Lanzafame et al. (2011)           | 1               | N/A                     | 1     |
| Siqueira, Otuki e Costa (2012)    | 1               | N/A                     | 1     |
| Silva et al. (2015)               | 1               | N/A                     | 1     |

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: N/A = Não se aplica: o trabalho não estava presente na base

Ainda que alguns trabalhos tenham tido abrangência internacional, o número pequeno de citações (ou mesmo nulo) para maioria dos trabalhos nos desperta para o fato de que muito do que é pesquisado nas instituições de ensino superior brasileiras tem pouca repercussão tanto fora quanto dentro do país.

## 3.2 Escopo e descrição dos artigos analisados

Os artigos analisados foram separados de acordo com o escopo do trabalho. A intenção dessa análise é categorizar os artigos encontrados em grandes grupos, utilizando como critério de classificação a maneira como o CAPM é abordado no trabalho.

Três grandes grupos surgem de maneira bastante óbvia na leitura dos artigos: há o grupo de artigos puramente teóricos, que visam discutir o modelo CAPM, propondo uma revisão de literatura ou comparando-o com outros modelos de especificação; há o grupo dos artigos que usam o CAPM como uma ferramenta, ou seja, aplicam-no com alguma finalidade específica, não questionando, muitas vezes, a validade do modelo; e por fim, há o grupo dos artigos que testam a validade do CAPM, em suas diversas derivações, utilizando os mais variados modelos econômétricos. Dentro dos artigos do segundo grupo, ainda conseguimos encontrar alguns subgrupos: alguns trabalhos usam o CAPM com a finalidade de analisar a viabilidade da realização de um investimento ou calcular o custo do capital próprio de uma empresa; em outro subgrupo, o intuito é de analisar alguma **anomalia de mercado**<sup>1</sup>; por fim, em outro subgrupo, o CAPM é utilizado no contexto de seleção e avaliação de carteiras de investimento.

A tabela 7 resume os objetivos dos 61 artigos analisados, ordenados por ano de publicação, do mais antigo ao mais recente. Os artigos foram classificados, na quarta coluna, de acordo com a seguinte legenda: ensaio teórico (ET), aplicação do CAPM no estudo de anomalias de mercado (AM), aplicação do CAPM na análise de viabilidade de projetos de investimento ou cálculo do custo do capital próprio (I), aplicação do CAPM para seleção de carteiras ótimas (SC), outras aplicações do CAPM (O) e teste empírico do modelo (TE). Além disso, a título informativo, a terceira coluna da tabela mostra qual derivação do CAPM foi utilizada no estudo: CAPM tradicional (Sharpe-Lintner) (T), CAPM multifatorial (MF); CAPM com momentos superiores (MS), ICAPM (IC), CCAPM (C), CAPM Condicional (CC), D-CAPM (D) e CAPM internacional (G). As análises e conclusões de cada artigo serão retomadas com mais profundidade nas próximas subseções.

Tabela 7: Apresentação dos artigos estudados

| Trabalho                         | Objetivo   | Escopo | Modelo |
|----------------------------------|--|--------|--------|
| Costa (1993)                     | Investigar a presença de <i>overreaction</i> no mercado acionário brasileiro, bem como a questão da (as)simetria nesse fenômeno                      | AM     | T      |
| Asrilhant, Ensslin et al. (1996) | Propor uma nova metodologia para o cálculo da taxa mínima de atratividade de um projeto e aplicar essa metodologia na indústria nacional de petróleo | I      | T      |
| Athayde e Jr (2000)              | Mostrar como incluir no CAPM momentos de ordem superior, estendendo a versão tradicional, que considera apenas média-variância                       | TE     | MS     |

Continuação na página seguinte

<sup>1</sup> Uma anomalia de mercado é um fenômeno de distorção de preços ou retornos no mercado e que parece contradizer a hipótese do mercado eficiente, que afirma que um investidor não consegue auferir lucros extraordinários baseando-se nos dados e informações publicamente disponíveis e que estas informações já estão refletidas nos preços (ou retornos) dos ativos.

Tabela 7 – continuação da página anterior

| Trabalho                            | Objetivo   | Escopo | Modelo |
|-------------------------------------|--|--------|--------|
| Motta e Caloba                      | Apresentar a relação entre o CAPM e a análise de risco através da Teoria da Preferência do Consumidor e aplicá-la num caso da indústria petroleira                       | I / SC | T      |
| Garcia e Bonomo (2001)              | Testar o CAPM condicional e o modelo APT usando dados de ações do mercado brasileiro   | TE     | T/CC   |
| Amaral et al. (2004a)               | Analizar o desempenho das aplicações em renda variável dos fundos de pensão por meio do CAPM, do índice de Sharpe e do índice $M^2$                                      | O      | T      |
| Amaral et al. (2004b)               | Analizar o desempenho das aplicações em renda variável dos fundos de pensão por meio do CAPM   | O      | T      |
| Pagnani e Olivieri (2004)           | Aplicar o CAPM no estudo de anomalias de mercado na BOVESPA  | AM     | T      |
| Silva (2006)                        | Examinar os fatores determinantes para explicar os retornos de ações brasileiras utilizando o modelo CAPM expandido de Fama e French com a adição de momentos superiores | TE     | MS/MF  |
| Antunes, Lamouier e Bressan (2006)  | Verificar se o mercado acionário brasileiro atende aos pressupostos teóricos da hipótese de mercados informacionalmente eficientes", nas formas fraca e semi-forte       | AM     | CC     |
| Araújo, Fajardo e Tavani (2006)     | Testar empiricamente uma carteira alternativa como proxy para a carteira de mercado Tal carteira hipotética paga o PIB como dividendo.                                   | TE     | T      |
| Cysne (2006)                        | Avaliar a existência de um <i>equity premium puzzle</i> no Brasil  | AM     | C      |
| Saito e Bueno (2007)                | Abordar a importância dos textos de Cox, Ingerson e Ross (1985) e Fama e French (2004) para a pesquisa em Finanças no Brasil   | ET     | T      |
| Luoranen e Hortanainen (2007)       | Desenvolver uma metodologia para avaliar a viabilidade de investimento na produção de energia a partir dos resíduos sólidos municipais                                   | I      | G      |
| Silva, Quintairos e Guarneri (2007) | Apresentar uma análise, a partir do CAPM, de algumas abordagens para a estimativa do custo de capital próprio no mercado acionário brasileiro                            | I      | T/G    |
| Medeiros e Quinteiro (2008)         | Estudar a influência das informações contábeis na mobilidade do capital internacional na América Latina  | O      | T      |

Continuação na página seguinte

Tabela 7 – continuação da página anterior

| Trabalho                                     | Objetivo   | Escopo | Modelo |
|--|--|--------|--------|
| Galea, Díaz-García e Vilca (2008)            | Considerar o CAPM com a suposição de que os retornos seguem distribuições de probabilidades elípticas  | TE     | E      |
| Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008) | Investigar se o CCAPM é consistente com os dados de quatro países latino-americanos: Brasil, Chile, Colômbia e México e se explica adequadamente as diferenças nos retornos das ações dos países analisados                        | TE     | C      |
| Filho, Garcia e Imoniana (2009)              | Criar uma base para a reflexão do modelo CAPM Condisional, inserindo variáveis macroeconômicas e financeiras, comparando-o com sua versão tradicional e com os resultados empíricos do mercado argentino, norte-americano e alemão | TE     | T/CC   |
| Bertini (2009)                               | Propor um novo modelo para o cálculo do custo de capital em mercados emergentes, aplicando-o ao setor de telecomunicações  | I      | G      |
| Fortunato, Motta e Russo (2010)              | Testar se para mercados emergentes existem outras medidas do risco sistemático diferentes do beta do CAPM. Uma das medidas de risco testada foi o <i>downside risk</i>   | TE     | T/D    |
| Lucena et al. (2010)                         | Testar a hipótese de que uma estratégia de investimento em ações com baixo índice preço/ valor patrimonial no mercado acionário brasileiro   | TE     | MF     |
| Milani et al. (2010)                         | Avaliar a inclusão da coassimetria e cocurtose ao modelo CAPM e testa empiricamente o modelo e suas consequências na mensuração da performance de fundos de investimento   | TE     | MS     |
| Filho e Matos (2010)                         | Analizar a questão do conservadorismo que rege a política de investimentos de instituições financeiras públicas e aplica o CAPM para estudar mudanças institucionais e de legislação   | O      | T      |
| Filho et al. (2010)                          | Testar o modelo CAPM Condisional, incorporando variáveis macroeconômicas e financeiras, e compara os resultados obtidos nos mercados analisados  | TE     | T/CC   |
| Lanzafame et al. (2011)                      | Avalia o papel das metas de inflação na melhora da credibilidade da política monetária dos países emergentes   | O      | T      |
| Jr et al. (2011)                             | Estimar o prêmio de mercado brasileiro   | O      | T      |

Continuação na página seguinte

Tabela 7 – continuação da página anterior

| Trabalho                          | Objetivo   | Escopo | Modelo |
|-----------------------------------|--|--------|--------|
| Tabak, Luduvice e Cajueiro (2011) | Calcular as probabilidades de default para 30 setores econômicos do mercado brasileiro   | O      | CC     |
| Amorim, Lima e Murcia (2012)      | Buscar apresentar evidências empíricas da relação entre as informações contábeis e o risco sistemático no mercado brasileiro   | O      | T      |
| Junior e Yoshi-naga (2012)        | Introduzir na formulação do CAPM fatores de risco baseado em comentários estatísticos superiores: coassimetria e cocurtose   | TE     | MS     |
| Silva, Melo e Pinto (2011)        | Testar e comparar os modelos CAPM e CAPM Condicional para a predição dos retornos esperados no mercado brasileiro, considerando presença de quebra estrutural na série temporal analisada          | TE     | T/CC   |
| Siqueira, Otuki e Costa (2012)    | Apresentar um método de seleção de ativos e avaliação de carteiras baseado na análise discriminante  | SC     | T      |
| Silva et al. (2012)               | Analizar a relação entre a volatilidade idiossincrática e os retornos esperados no mercado acionário brasileiro  | O      | MF     |
| Sanvicente et al. (2012)          | Discutir a fixação de taxas de retorno de empresas concessionárias no Brasil, com uma aplicação específica ao caso da metodologia utilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) | I      | G      |
| Godeiro (2012)                    | Testar o CAPM para o mercado acionário brasileiro utilizando betas dinâmicos   | TE     | T      |
| Gomes, Costa e Pupo (2013)        | Investigar se há evidências para o fenômeno do <i>equity premium puzzle</i> no mercado brasileiro, aplicando duas metodologias diferentes  | AM     | C      |
| Almeida e Garcia (2012)           | Propor métodos alternativos para medir o grau de erro na especificação de um modelo de precificação e aplicá-lo  | AM     | C      |
| Hwang e Rubesam (2013)            | Investigar a dinâmica das anomalias de valor e identificar as causas do efeito. Os autores propõem uma abordagem comportamental nessa investigação   | AM     | Z      |
| Santos e Jurca (2013)             | Analizar a viabilidade econômica de um investimento em confinamento bovino numa fazenda de Goiás utilizando duas abordagens: Fluxo de Caixa Descontado e Teoria das Opções Reais                   | I      | T      |

Continuação na página seguinte

Tabela 7 – continuação da página anterior

| Trabalho                             | Objetivo  | Escopo | Modelo |
|--------------------------------------|---|--------|--------|
| Mazzeu, Junior e Santos (2013)       | Analisar o desempenho do modelo CAPM condicional com aprendizagem aplicado às séries de retornos das ações mais líquidas do mercado brasileiro  | TE     | T/CC   |
| Santana (2013)                       | Realizar um estudo empírico para verificar o comportamento dos retornos esperados das ações de empresas brasileiras de energia elétrica à luz do modelos CAPM e APT, confrontando os testes com os resultados reais | TE     | T      |
| Caldeira, Moura e Santos (2013)      | Apresentar uma nova abordagem para encontrar portfólios de variância mínima, utilizando um modelo GARCH multivariado dinâmico no modelo multifatorial de Fama-French-Carhart  | SC     | T      |
| Godeiro (2013)                       | Testar o CAPM para o mercado acionário brasileiro utilizando betas dinâmicos  | TE     | T      |
| Gonçalves et al. (2013)              | Analisar a relação entre o nível de <i>social disclosure</i> e o custo de capital próprio em companhias abertas no Brasil   | I      | T      |
| Bortoluzzo, Mignardi e Passos (2014) | Analisar se a relação entre risco e retorno prevista pelo modelo CAPM é confirmada no mercado acionário brasileiro, em diferentes escalas de tempo, utilizando uma abordagem por ondaleta                           | TE     | T      |
| Milani e Ceretta (2013)              | Testar empiricamente o ICAPM em diferentes escalas temporais utilizando uma abordagem por ondaleta  | TE     | IC     |
| Santos e Moura (2014)                | Apresentar uma nova abordagem para encontrar portfólios de variância mínima, utilizando um modelo GARCH multivariado dinâmico no modelo multifatorial de Fama-French-Carhart  | SC     | MF     |
| Neto et al. (2014)                   | O artigo tem como objetivo de verificar a "persistência dos resultados de retorno das ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) no curto prazo", constatando o efeito <i>momentum</i>             | AM     | MF     |
| Moreira, Locatelli e Tarcisio (2015) | Avaliar um projeto implantado em Minas Gerais que se dedica à produção de insumos para o setor siderúrgico  | I      | CC     |
| Pinheiro, Savóia e Securato (2015)   | Avaliar o impacto da implantação do Acordo de Basileia III e o consequente aumento da necessidade de capital próprio de um conjunto representativo de instituições financeiras brasileiras                          | O      | G      |

Continuação na página seguinte

Tabela 7 – continuação da página anterior

| Trabalho                          | Objetivo   | Escopo | Modelo |
|-----------------------------------|--|--------|--------|
| Piccoli et al. (2015)             | Examinar as estratégias de momento a fim de verificar se a falta de lucratividade delas, constatada no mercado brasileiro, pode estar relacionada às quebras que elas experimentam durante as crises.                                | AM     | T/MF   |
| Gesteira, Gutierrez et al. (2015) | Investigar se existe um comportamento sub-ótimo nas decisões de consumo na economia brasileira   | O      | C      |
| Medeiros e Bresan (2015)          | Identificar o prêmio de valor nos principais mercados da América Latina e determinar se o risco país pode ser considerado um fator de risco adicional  | AM     | T/MF   |
| Lyrio et al. (2015)               | Analizar a interface entre dois campos disciplinares - Finanças e Pesquisa Operacional - integrando as análises técnica e fundamental em uma estratégia de investimento em ações baseada num modelo multicritério de apoio à decisão | I/SC   | T      |
| Soares e Milani (2015)            | Comparar a performance de fundos de investimentos e <i>exchange-traded funds</i> cujos <i>benchmarks</i> são Ibovespa, IbrX e o Índice de Sustentabilidade Empresarial   | O      | T      |
| Sanvicente (2015)                 | Documentar o uso do prêmio pelo risco país nos laudos de avaliações de empresas para fins de oferta pública de aquisição   | O      | G      |
| Silva et al. (2015)               | Analizar o efeito do conteúdo da legislação regulatória na apreciação do risco das ações de empresas atuando no mercado energético brasileiro  | O      | T      |
| Galvão et al. (2016)              | Realizar uma avaliação epistemológica dos métodos de pesquisa em Finanças  | ET     |        |
| Leite, Pinto e Klotzle (2016)     | Avaliar os efeitos das componentes da volatilidade agregada de mercado (volatilidade média e correlação média) no apreçamento de ativos  | TE     | MF     |
| Noda, Martelanc e Kayo (2016)     | Testar se o fator de risco Lucro/Preço conseguiria explicar os retornos realizados por empresas brasileiras  | TE     | T/MF   |
| Dias et al. (2016)                | Investigar se uma maior sofisticação a seleção de ativos de um portfólio permite o obtenção de maiores retornos  | SC     | T      |

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: **Escopo:** ET - Ensaio Teórico, I - Aplicação do CAPM na análise de viabilidade de projetos de investimento,

AM - Aplicação do CAPM no estudo de anomalias de mercado, SC - Aplicação do CAPM para seleção de certeiras ótimas O - Outras aplicações do CAPM, TE - Teste empírico. **Modelo:** T - CAPM tradicional (Sharpe-Lintner), MF - CAPM multifatorial; MS - CAPM com momentos superiores, IC - ICAPM, C - CCAPM, CC - CAPM Condisional, D - D-CAPM, G - CAPM internacional.

### 3.2.1 Ensaio Teórico

Apenas dois trabalhos se encaixam nessa categoria: os artigos de [Saito e Bueno \(2007\)](#) e [Galvão et al. \(2016\)](#).

O trabalho de [Saito e Bueno \(2007\)](#) introduz e analisa dois importantes textos da literatura financeira, sendo um deles o de [Fama, French et al. \(2004\)](#). A interessante conclusão dos autores (que deve ser considerada com restrições hoje, dada a data de publicação do estudo) é de que a pesquisa em Finanças ainda é incipiente no Brasil. As razões destacadas pelos autores são: dados insuficientes, em razão do período mega-inflacionário vivido pelo Brasil e o número reduzido de pesquisadores na área de Finanças. Com relação ao CAPM, o autor destaca que "nunca houve títulos pré-fixados de prazo suficientemente longo que servissem como taxa de retorno livre de risco", mas afirma que "é possível rever os modelos empíricos do CAPM".

O trabalho de [Galvão et al. \(2016\)](#) faz uma breve descrição dos fundamentos epistemológicos e de algumas teorias financeiras. A conclusão do estudo é de que "os modelos de precificação de ativos possuem características metodológicas que se enquadram tanto no positivismo<sup>2</sup> como no pós-positivismo<sup>3</sup> e no construtivismo<sup>4</sup>". O trabalho exemplificou sua conclusão com um exemplo e estudo de anomalias de mercado em Finanças. O processo de identificação de uma anomalia é normalmente um processo indutivo, baseado numa observação do comportamento do mercado e que gera a formulação de uma hipótese, passível de ser empiricamente testável (positivismo). A hipótese pode ser refutada ou não rejeitada até que se prove o contrário (pós-positivismo). No caso de não rejeição da hipótese testada, a teoria resultante da hipótese é adaptada ao contexto socioeconômico da época de aplicação do teste da hipótese (construtivismo). É interessante notar que esse processo é uma constante na literatura do CAPM, principalmente quando ele é aplicado no estudo de anomalias de mercado: a identificação de uma anomalia de mercado normalmente leva os autores a inferir que a adição de alguma variável ao CAPM pode aumentar o poder explicativo do modelo: essa hipótese é testada e pode ser rejeitada ou não rejeitada; no caso de não rejeição, tenta-se explicar a validade da hipótese levando-se em consideração o contexto socioeconômico no qual se insere a pesquisa.

<sup>2</sup> Nessa linha, "dá-se ênfase ao rigor metodológico, à padronização das condições de observação dos fenômenos e à necessidade de repetição verificada a partir de experimentos". ([GALVÃO et al., 2016](#))

<sup>3</sup> Corrente que rompe com a perspectiva indutivista e generalista do positivismo tradicional, rejeitando-se "a ideia de aceitar enunciados científicos como verdades absolutas como justificativa para limitações teóricas". ([GALVÃO et al., 2016](#))

<sup>4</sup> O construtivismo é marcado "pela inexistência da ideia acabada, verdade absoluta ou do conhecimento científico imutável, tomando-se e defendendo a refutação para a construção e evolução do conhecimento". ([GALVÃO et al., 2016](#))

### 3.2.2 Aplicações do CAPM

É nessa categoria que se encaixam a maioria dos artigos analisados: 38 no total. É interessante frisar aqui que em muitos trabalhos dessa categoria, o CAPM assume um papel secundário, constituindo apenas uma ferramenta para analisar algum fenômeno ou como parte da avaliação de um projeto de investimento. Nesses casos, é interessante investigar como e com qual finalidade o CAPM é utilizado.

Os artigos que se encaixam nessa categoria normalmente se utilizam da versão tradicional do CAPM, ainda que alguns proponham melhorias no modelo, mas sem, de fato, atestar sua validade. Em alguns desses artigos, o processo de determinação dos parâmetros necessários para a utilização do modelo, como por exemplo prêmio de mercado ou o beta de um ativo ou empresa não são claramente definidos em suas metodologias.

#### 3.2.2.1 Aplicação do CAPM na análise de viabilidade de projetos de investimento e cálculo do custo de capital

O artigo de [Asrilhant, Ensslin et al. \(1996\)](#), que tem a participação de um pesquisador da Petrobras, propõe uma nova metodologia para o cálculo da taxa mínima de atratividade de um projeto<sup>5</sup> e aplica essa metodologia na indústria nacional de petróleo. Na metodologia proposta, a taxa de mínima atratividade leva em consideração, além do risco sistemático, o risco de liquidez e riscos associados a perdas potenciais (medido, nesse caso, pela qualidade da informação que se tem a respeito do projeto). O trabalho critica a utilização da metodologia de maximização do **valor presente líquido**<sup>6</sup> associado a uma única taxa de desconto para todos os projetos da empresa como critério de avaliação e seleção de alocação de recursos. A nova metodologia permite a determinação da taxa mínima de atratividade ajustada ao risco global de um determinado projeto, permitindo a avaliação do nível de risco do projeto e sua taxa mínima de retorno associada e a comparação de projetos com diferentes níveis de risco. A taxa de mínima atratividade ajustada ao risco do projeto (MARR) é calculada através da seguinte fórmula:

$$MARR = (R_f + R_{le}) + \frac{D_{i,n}}{D_{R,n}} \beta_j (\mathbb{E}(R_m) - R_f) \quad (3.1)$$

onde  $R_f$  é a taxa de retorno do ativo livre de risco,  $R_{le}$  é o retorno incremental associado a perdas e às estimativas,  $\frac{D_{i,n}}{D_{R,n}}$  é um fator de liquidez associado ao projeto,  $\beta_j$  é o beta de mercado

<sup>5</sup> Retorno mínimo exigido por um investidor quando ele propõe a fazer algum investimento

<sup>6</sup> Valor presente líquido é uma metodologia muito utilizada na avaliação de investimento e que se utilizada do cálculo de fluxos de caixa descontados por uma taxa de juros apropriada. O VPL pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$VPL = \left[ \sum_{j=1}^n \frac{FCL_j}{(1+i)^n} \right] - \left[ I_0 - \sum_{j=1}^n \frac{I_j}{(1+i)^n} \right]$$

onde  $FCL_j$  são os fluxos de caixa ao longo do projeto,  $I_0$  é o investimento inicial,  $I_j$  são os investimentos no curso do projeto,  $i$  é a taxa de retorno que desconta os fluxos de caixa e  $n$  é o número de períodos.

do projeto (ou seja, seu risco sistemático) e  $\mathbb{E}(R_m)$  é o retorno esperado da carteira de mercado. Vê-se que a base do cálculo do MARR é o CAPM tradicional, com a adição de alguns fator corretivos: um associado à liquidez do projeto e outro associado ao risco das perdas e estimativas (à falta de informação sobre o projeto), já citados anteriormente.

O trabalho de [Motta e Caloba](#) se propõe a apresentar a relação entre o CAPM e a análise de risco através da Teoria da Preferência do Consumidor num caso da indústria petroleira e o faz de uma maneira breve. O artigo apresenta uma aplicação do CAPM na seleção de portfólios ótimos no contexto do setor upstream<sup>7</sup>, tendo sido classificado também no subgrupo "aplicação do CAPM para seleção de certeiras ótimas".

O trabalho de [Luoranen e Horttanainen \(2007\)](#) desenvolve uma metodologia para avaliar a viabilidade de investimento na produção de energia a partir dos resíduos sólidos municipais. O modelo matemático apresentado, aplicado às condições de contorno próprias do mercado energético brasileiro, indicaram que o investimento em plantas de incineração de resíduos sólidos para reaproveitamento energético pode ser atrativo se comparado a meios tradicionais de tratamento dos resíduos sólidos. O CAPM é utilizado para calcular a taxa de retorno de mínima atratividade do projeto, que, por sua vez, é utilizada como taxa de desconto para os fluxos futuros de caixa, no processo de determinação do valor presente líquido do projeto estudado, e de sua consequente viabilidade.

O artigo de [Silva, Quintairos e Guarnieri \(2007\)](#) apresenta uma análise, a partir do CAPM, de algumas abordagens para a estimativa do custo de capital próprio<sup>8</sup> no mercado acionário brasileiro. Os autores assumem que o CAPM não é uma boa ferramenta para o cálculo do custo de capital próprio nos mercados emergentes, mas é inconclusivo a respeito dos ajustes que seriam necessários para o bom funcionamento do modelo. Segundo os autores, existem muitas dificuldades para a obtenção do custo de capital próprio no mercado brasileiro: a taxa livre de risco é inexistente no mercado brasileiro, os betas das empresas possuem baixo coeficiente de determinação e não existe uma base histórica de dados que permita a determinação desse do prêmio de risco do mercado.

O trabalho de [Bertini \(2009\)](#) aparece nos anais de um congresso de telecomunicações, sendo o trabalho vinculado à Agência Nacional de Telecomunicações. Propõe-se um novo modelo para o cálculo do custo de capital em mercados emergentes, aplicando-o ao setor de telecomunicações. A nova metodologia é derivada de uma versão global do CAPM, mas inclui um fator de ponderação ao prêmio do risco país.

Em [Sanvicente et al. \(2012\)](#) discute a fixação de taxas de retorno de empresas concessionárias no Brasil, com uma aplicação específica ao caso da metodologia utilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) para o cálculo do custo de capital, que utiliza o

<sup>7</sup> Na indústria do petróleo, é a parte da cadeia produtiva que antecede o refino.

<sup>8</sup> É a taxa de retorno que as empresas usam para descontar o valor do dinheiro no tempo, considerando-se o capital total à disposição da empresa - capital próprio e capital de terceiros.

CAPM para o cálculo da parcela referente ao custo do capital próprio. O autor infere que é ilógica a metodologia que diversas agências reguladoras utilizam no Brasil em processos de fixação de taxas justas de retorno. O autor critica o uso de médias históricas para a estimativa da taxa livre de risco, do prêmio de mercado e prêmio pelo risco país, em vez do uso das cotações correntes desses componentes no custo de capital próprio. Além disso, o autor questiona a inclusão do prêmio pelo risco país, o uso de betas de concessões rodoviárias de outros países e o uso de indicadores do mercado acionário americano, alegando que o mercado brasileiro é suficientemente desenvolvido e pode ser considerado um mercado independente. O autor apresenta uma metodologia própria para o cálculo do custo de capital próprio dessas empresas.

O trabalho de [Santos e Jurca \(2013\)](#) analisa a viabilidade econômica de um investimento em confinamento bovino numa fazenda de Goiás utilizando duas abordagens: Valor Presente Líquido (com o cálculo dos fluxos de caixa descontados) e Teoria das Opções Reais<sup>9</sup>. O estudo apontou para a importância o sistema de confinamento para a pecuária brasileira. O sistema tradicional para a análise de investimento (Fluxo de Caixa Descontado) foi suficiente para mapear os elementos de custo e receitas, mas a Teoria das Opções Reais se revelou uma ferramenta mais robusta, dando maior flexibilidade ao investidor. O CAPM foi utilizado no trabalho para a determinação da taxa de desconto utilizada no cálculo do valor presente líquido do projeto.

O trabalho de [Gonçalves et al. \(2013\)](#) analisa a relação entre o nível de *social disclosure*<sup>10</sup> e o custo de capital próprio em companhias abertas no Brasil. O custo de capital próprio das empresas consideradas no estudo foi calculado pelo CAPM. A hipótese de que há relação entre o nível de *social disclosure* e o custo de capital próprio em companhias abertas no Brasil foi corroborada pelo estudo: as informações sociais são capturadas pelo mercado e influenciam a precificação das ações, o que também vai ao encontro da versão semiforte da hipótese de eficiência de mercado.

O trabalho de [Moreira, Locatelli e Tarcisio \(2015\)](#) avalia um projeto implantado em Minas Gerais que se dedica à produção de insumos para o setor siderúrgico. Chegou-se a conclusão de que o projeto em questão pode gerar valor positivo nos vários cenários considerados, mas apenas o cenário mais arrojado poderia resultar em valores compatíveis com as expectativas dos investidores. O CAPM foi utilizado para a determinação do custo do capital próprio da empresa. Por se tratar de uma empresa não negociada em Bolsa de Valores, a solução foi estimar seu beta através do cálculo do beta de outras empresas do mesmo setor.

[Lyrio et al. \(2015\)](#), que também aparece na subcategoria "aplicação do CAPM para

<sup>9</sup> Na teoria das opções reais, assume-se que o investidor tem direito de alterar o caminho de um projeto ao longo do tempo, além de permitir, por exemplo, que o investidor determine o melhor momento para realizar o investimento. Os defensores da avaliação por opções reais alegam que nem sempre o valor presente líquido é um bom instrumento de decisão e que, por vezes, é melhor esperar para investir do que investir agora, mesmo se o valor presente líquido atual for positivo.

<sup>10</sup> Social disclosure pode ser entendido como a prática empresarial de divulgação de informações relacionadas à realização de programas sociais, que podem contribuir para que a empresa tenha maior aceitação entre os investidores.

seleção de certeiras ótimas", analisa a interface entre dois campos disciplinares – Finanças e Pesquisa Operacional – integrando as análises técnica<sup>11</sup> e fundamental<sup>12</sup> em uma estratégia de investimento em ações baseada num modelo multicritério de apoio à decisão. A carteira obtida através da metodologia proposta superou o desempenho esperado, se comparado ao retorno do *benchmark* escolhido (Ibovespa). O modelo CAPM foi utilizado para a conferência da robustez do método, através do cálculo do retorno excedente conhecido como **alfa de Jensen**<sup>13</sup>

### 3.2.2.2 Aplicação do CAPM para seleção de carteiras ótimas

O trabalho de **Siqueira, Otuki e Costa (2012)** apresenta um método de seleção de ativos e avaliação de carteiras baseado na análise discriminante<sup>14</sup>. Nesse estudo, além do beta do CAPM, outras variáveis são também analisadas. Os resultados indicam, porém, que o beta de mercado, apesar das restrições do CAPM, é um dos fatores que tem o maior poder de explicação dos retornos das ações, dentre todos os fatores estudados.

O artigos de **Caldeira, Moura e Santos (2013)** e de **Santos e Moura (2014)** são muito semelhantes e apresentam uma nova abordagem para encontrar portfólios de variância mínima utilizando o modelo multifatorial de Fama-French-Carhart, que é uma extensão do modelo trifatorial de Fama e French<sup>15</sup>. Um grande ponto interessante é que, diferentemente da abordagem tradicional de **Markowitz (1959)**, o artigo foca apenas em respeitar a condição de mínima variância da carteira, sem se preocupar com o seu retorno esperado. A ideia principal do artigo é resolver o problema de otimização:

$$\min_{\omega_t} \omega_t' H_{t|t-1} \omega_t$$

sujeito a

$$\omega_t' \iota = 1$$

<sup>11</sup> A análise técnica se focaliza no estudo das variações dos preços de mercado e na tentativa de busca de um padrão destas movimentações.

<sup>12</sup> A análise fundamentalista se concentra nos indicadores contábeis, financeiros e de mercado das empresas.

<sup>13</sup> O alfa de Jensen é o excesso real do retorno da carteira em comparação ao retorno previsto pelo CAPM. Uma manipulação da relação do CAPM nos dá:

$$\alpha_i = (R_i - R_f) - \beta_{iM}(R_M - R_f)$$

<sup>14</sup> Análise discriminante é uma técnica estatística, aplicada em vários campos do conhecimento, que permite identificar variáveis capazes de discriminar os objetos de um conjunto amostral em grupos, contribuindo assim com a classificação de observações futuras.

<sup>15</sup> O modelo, em sua representação de séries temporais é o seguinte:

$$\mathbb{E}(R_{it}) - R_{ft} = \alpha_{it} + [\mathbb{E}(R_{Mt}) - R_{ft}]\beta_{Mit} + (SMB_t)\beta_{Sit} + (HML_t)\beta_{Hit} + (PR1YR_t)\beta_{Pit} + \epsilon_{it}$$

A variável adicionada por Carhart é denominada *prior 1-year momentum*. A inclusão dessa variável deseja captar o efeito *momentum* no curto prazo, ou seja, a tendência que se observa de que os altos (ou baixos) retornos de um ativo persistam no curto prazo.

onde  $H_{t|t-1}$  é a previsão de um passo a frente da matriz  $N \times N$  de covariâncias condicionais dos retornos, determinados pelo modelo multifatorial de French-Fama-Carhart,  $\omega_t$  é o vetor  $N \times 1$  de pesos dos  $N$  ativos da carteira em  $t$  e  $\iota$  é um vetor  $N \times 1$  de 1.

A metodologia para a obtenção da matriz de covariâncias dos retornos é bastante complexa e bem detalhada nos artigos. O desempenho da metodologia proposta é testado e comparado com os resultados de outras abordagens já existentes na literatura, através de parâmetros como, por exemplo, a variância dos retornos e o índice de Sharpe<sup>16</sup> da carteira encontrada. O conjunto amostral de ativos utilizados para a composição da carteira ótima, no artigo de [Caldeira, Moura e Santos \(2013\)](#), é formado por 61 ações negociadas na BM&FBovespa e que compuseram o índice Ibovespa entre janeiro de 2000 e dezembro de 2010, enquanto no artigo de [Santos e Moura \(2014\)](#) é formado por 78 ações que compuseram o índice S&P100 no mesmo período. Em ambos os casos, os resultados indicaram que a especificação proposta gerou portfólios menos arriscados em comparação a outras abordagens.

O artigo de [Dias et al. \(2016\)](#) investiga se uma maior sofisticação na seleção de ativos de um portfólio permite a obtenção de maiores retornos. O conjunto amostral de ativos passíveis de constituir a carteira ótima é formado pelas ações negociadas na BM&FBovespa entre 2001 e 2012. Três estratégias simples, baseadas em dados contábeis das empresas emissoras das ações, foram utilizadas para compor os portfólios. O desempenho dessas estratégias foi testado com os índices de Sharpe, Treynor<sup>17</sup> e o alfa de Jensen. O estudo verificou que, no período analisado, as estratégias propostas para a formação das carteiras não foi exitosa, visto que os portfólios obtidos não obtiveram bons desempenhos.

### 3.2.2.3 Aplicação do CAPM no estudo de anomalias de mercado

Como já adiantado em parágrafo anterior, uma anomalia de mercado é uma distorção de preços ou retorno num mercado financeiro, que parece contradizer a hipótese do mercado eficiente. A Hipótese do Mercado Eficiente afirma que os preços dos ativos já refletem as informações disponíveis do mercado. Nesse caso, seria impossível obter retornos anormais, acima dos previstos pelo mercado, através de uma seleção minuciosa de ações ou através da negociação em um período determinado. A única maneira de obter maiores retornos seria escolher investimento de maior risco, ou, pela teoria do CAPM, de maior *beta*.

A existência de anomalias de mercado tem sido relatada em diversos mercados, inclusive no mercado brasileiro, e em diversos momentos. Uma grande questão debatida nos trabalhos é se o investidor poderia se utilizar dessas informações de maneira estratégica para garantir retornos

<sup>16</sup> O índice de Sharpe é uma métrica comumente utilizada para a análise de performance de carteiras e é determinado a partir da razão entre o excesso de retorno do portfólio sobre um determinado benchmark e a variância do portfólio

<sup>17</sup> O índice de Treynor é uma métrica utilizada para a análise de performance de carteiras e é determinado a partir da razão entre o excesso de retorno do portfólio sobre um determinado benchmark e o beta (do CAPM) do portfólio.

anormalmente superiores, o que seria uma violação à hipótese da eficiência de mercado.

Há três variantes da hipótese de eficiência de mercado que são constantemente testadas: fraca, semiforte e forte. A forma fraca da hipótese considera que os preços dos ativos negociados já refletem todas as informações passadas públicas disponíveis. A forma semiforte da hipótese, por sua vez, considera que os preços dos ativos refletem todas as informações públicas disponíveis e reagem instantaneamente a novas informações públicas. A forma forte afirma que os preços dos ativos refletem instantaneamente até mesmo as informações privadas, ocultas ou privilegiadas.

O artigo de [Costa \(1993\)](#) investiga a presença de sobre-reação<sup>18</sup> no mercado acionário brasileiro, bem como a questão da (as)simetria nesse fenômeno com relação às ações vencedoras e perdedoras. A metodologia utilizada pelo autor foi construir duas carteiras, uma constituída de ações vencedoras e outra constituída de ações perdedoras e verificar que, após 12 meses o retorno da carteira perdedora era maior que o retorno da carteira vencedora. O CAPM foi utilizado nesse caso para confirmar que as diferenças entre os riscos (betas) da certeira vencedora e da perdedora é insuficiente para explicar a diferença de retornos obtida. Logo, o autor corrobora a existência de sobre-reação no mercado brasileiro, tendo o efeito sido mais forte durante os períodos de extrema volatilidade, nos anos 80. O efeito de sobre-reação constatado no Brasil é assimétrico, pois a reversão dos retornos foi mais pronunciada no portfólio vencedor.

O trabalho de [Pagnani e Olivieri \(2004\)](#) aplica o CAPM no estudo de anomalias de mercado na BOVESPA, focando-se nas anomalias de calendário<sup>19</sup>. Buscou-se comprovar a aplicação de instrumentos de avaliação de risco e retorno, como o CAPM, na tentativa de se verificar a ocorrência de comportamentos anômalos no mercado de ações brasileiro. As anomalias de calendário estudadas foram observadas, mas com uma importância menor do que nos mercados internacionais.

O estudo de [Antunes, Lamounier e Bressan \(2006\)](#) tem como objetivo verificar se o mercado acionário brasileiro atende aos pressupostos teóricos da hipótese de mercados informacionalmente eficientes, nas formas fraca e semi-forte. Para a avaliação da eficiência fraca, o estudo verifica a estacionariedade dos retornos das principais ações listadas na BM&FBovespa e identifica se os preços das ações seguem o modelo de passeio aleatório ou se são influenciados pelos preços anteriores. Para a avaliação da eficiência semi-forte, o estudo investiga a existência do efeito tamanho nos retornos das ações<sup>20</sup>. A existência do efeito tamanho caracterizaria uma

<sup>18</sup> Sobre-reação é uma anomalia de mercado caracterizada pelo fato de que o mercado tende a reagir de maneira excessiva às boas ou más notícias, principalmente aos anúncios de resultados de lucros, dando maior importância às informações recentes e negligenciando informações passadas. A constatação do efeito se dá quando carteiras que incorreram em mau (ou bom) desempenho num período inicial, chamado de período de formação de carteiras, revertem essa tendência, numa tentativa de correção dos preços, e apresentam bom (ou mau) desempenho no período subsequente, denominado período de teste das carteiras.

<sup>19</sup> Anomalias de calendários são caracterizadas pela constatação de que em certas datas ou períodos do ano os retornos podem ser bastante assimétricos. As anomalias mais verificadas nos mercados são o efeito fim de semana, efeito feriado, efeito janeiro e efeito virada do mês.

<sup>20</sup> Efeito tamanho é uma anomalia de mercado caracterizada pela observação de que em certos mercados ações de empresas pequenas podem apresentar maiores retornos que ações de grandes empresas.

anomalia de mercado e uma consequente ineficiência informacional, visto que a informação de tamanho não estaria incorporada no preço atual da ação e constituiria mais um fator de risco pro investidor, além do beta de mercado. O *alfa de Jensen* do CAPM foi utilizado para verificar se carteiras de ações de empresas de diferentes tamanhos gerariam alfas significativamente diferentes. Os testes sugerem que o mercado brasileiro é eficiente na sua forma fraca e semiforte, no que concerne informações sobre o tamanho das empresas: foi comprovada a estacionariedade da série de retornos das ações e o efeito tamanho não foi verificado no mercado brasileiro.

[Cysne \(2006\)](#) avalia a existência de um *equity premium puzzle*<sup>21</sup> no Brasil. Conclui-se que o CCAPM não explica satisfatoriamente os prêmios de risco observados no mercado brasileiro, ou seja, comprova-se a existência do *puzzle*.

O artigo de [Gomes, Costa e Pupo \(2013\)](#) investiga se há evidências para o fenômeno do *equity premium puzzle* no mercado brasileiro, estendendo a análise para um período posterior ao do trabalho de [Cysne \(2006\)](#). Ao se utilizar o CCAPM, os altos valores obtidos de aversão ao risco indicariam a existência do *equity premium puzzle* no mercado brasileiro. Entretanto, os coeficientes de aversão ao risco não são estatisticamente significantes, o que não confirma, de fato, a presença deste fenômeno no Brasil, contrariamente ao que foi observado no trabalho de [Cysne \(2006\)](#).

O trabalho de [Hwang e Rubesam \(2013\)](#) investiga a dinâmica da anomalia de valor<sup>22</sup> e identifica as causas do efeito. O artigo contribui para o debate sobre anomalias de valor, apresentando uma explicação baseada no comportamento do investidor e sugerindo duas condições que intensificam a correção de preços após uma sobre-reação: os agentes econômicos respondem de forma assimétrica às informações públicas disponíveis ou a informações públicas disponíveis são ruidosas. Os autores utilizam um modelo interessante de mudança de regimes (ou estados) governado por uma cadeia de Markov de primeira ordem para modelar os retornos no mercado. Os três regimes possíveis de especificação são: CAPM tradicional, Downside CAPM e CAPM com momentos superiores.

O artigo de [Neto et al. \(2014\)](#) tem como objetivo verificar a persistência dos resultados de retorno das ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo no curto prazo, constatando a anomalia denominada efeito *momentum*. O artigo pondera que CAPM é bastante eficaz na previsão de retornos de curto prazo no mercado acionário brasileiro e que o poder explicativo do modelo pode ser melhorado com a inclusão de outras variáveis, como o volume de negociação, que seria uma *proxy* para a liquidez do ativo. Constatou-se que o efeito *momentum* existe em ações com baixo volume de negociação, dada a persistência de seus retornos num período de até seis meses.

<sup>21</sup> Equity premium puzzle é um fenômeno caracterizado, na versão CCAPM, pelo fato de que a diferença entre o retorno da carteira de mercado e a taxa de juros do ativo livre de risco é muito alta e só poderia ser explicada com um valor de aversão ao risco do agente consumidor extremamente elevado.

<sup>22</sup> A anomalia de valor é caracterizada pela observação, em alguns mercados, de maiores retornos das ações valor em relação às ações de crescimento.

[Piccoli et al. \(2015\)](#) examinam as estratégias de momento<sup>23</sup> a fim de verificar se a falta de lucratividade delas, constatada pelos autores no mercado brasileiro, pode estar relacionada às quebras que elas experimentam durante as crises de 1997 e 2014. Os autores concluem que a falta de evidências de retornos associados às estratégias de momento, atestada pela utilização do alfa do CAPM tradicional e da versão trifatorial de Fama e French, pode estar relacionada com a quebra das carteiras de momento durante os períodos de crise, que revertem os resultados positivos anteriormente obtidos.

O trabalho de [Medeiros e Bressan \(2015\)](#), por sua vez, a anomalia de valor nos principais mercados da América Latina e determina se o risco país pode ser considerado um fator de risco adicional na precificação. Os autores concluem que o CAPM tradicional não foi capaz de capturar o fenômeno do prêmio de valor<sup>24</sup> em nenhum dos mercados dos países estudados (Brasil, Argentina, Chile e México) e que o modelo multifatorial tem um maior capacidade de explicar os retornos esperados se comparado ao CAPM tradicional. Esses resultados levam à constatação da existência do fenômeno do prêmio de valor nos mercados latino-americanos. Outras conclusões do estudo, referentes especificamente ao mercado brasileiro, são: carteiras de ações de pequenas empresas rendem mais que carteiras de ações de grandes empresas; carteiras de ações de valor rendem mais que carteiras de ações de crescimento; o efeito de persistência foi detectado em ações vencedoras. A inclusão do risco país no modelo CAPM contribuiu para um aumento do poder explicativo do modelo apenas no México e no Brasil.

### 3.2.2.4 Aplicação do CAPM - outros casos

Os trabalhos de [Amaral et al. \(2004a\)](#) e [Amaral et al. \(2004b\)](#) são trabalhos muito parecidos: os dois se propõem a analisar o desempenho das aplicações em renda variável dos fundos de pensão e para isso se utilizam ferramentas tais como o CAPM e o índice de Sharpe. Ambos verificaram por meio dos instrumentos de avaliação utilizados (que apresentaram resultados semelhantes) que, para os fundos estudados, os retornos reais superaram os retornos estimados: os fundos de pensão conseguem retornos superiores ao do mercado. Os autores ainda sugerem que deveria haver um incentivo à participação da população nos fundos de pensão, uma vez que entendem que fundos de pensão possibilitam alavancar o crescimento do país na medida em que canalizam seu recursos para o setor produtivo.

[Medeiros e Quinteiro \(2008\)](#) estudam a influência da divulgação das informações contábeis na mobilidade internacional do capital. O CAPM foi utilizado nesse caso como uma das medidas da mobilidade do capital. Os autores afirmam que, num ambiente internacional, um  $\alpha$  significativamente diferente de 0 pode ser interpretado como uma evidência de uma mobilidade de capital imperfeita. Pela abordagem do CAPM, dentre os vinte e dois países estudados, os

<sup>23</sup> Utilizar-se do efeito *momentum* para auferir retornos positivos no investimento.

<sup>24</sup> prêmio que estaria associado à constatação de que, numa anomalia de valor, o investidor precificaria a razão book-to-market de uma empresa, ou seja, a razão entre o valor contábil e o valor de mercado da empresa. Em outras palavras, é o fator HML do modelo trifatorial de Fama e French.

países com maior mobilidade de capital internacional são Espanha, Finlândia e Reino Unido e os de menor mobilidade são Argentina, Brasil e Japão. Mas a principal constatação do trabalho foi a de que o grau de divulgação informacional está positivamente relacionado com a mobilidade do capital entre os países, visto que a divulgação de informações contábeis afeta a percepção do risco e a tomada de decisões dos investidores internacionais.

[Filho e Matos \(2010\)](#) analisam a questão do conservadorismo que rege a política de investimentos de instituições financeiras públicas e aplica o CAPM no caso específico o Banco do Nordeste do Brasil para estudar mudanças institucionais e de legislação. Os autores utilizam o alfa de Jensen do CAPM para analisar o desempenho da tesouraria do Banco do Nordeste. Eles reconhecem as limitações do modelo, mas utilizam os resultados obtidos para sugerir uma maior diversificação na carteira de investimentos do banco, que é bastante conservadora.

O artigo de [Jr et al. \(2011\)](#) apresenta três abordagens diferentes para estimar do prêmio de mercado brasileiro, sendo uma delas o CAPM: o prêmio de risco de mercado nada mais é do que o coeficiente que acompanha o  $\beta$  na equação do CAPM. O resultado obtido pelo CAPM para o prêmio foi negativo e estatisticamente significante, o que destoou do senso comum. Pode-se, segundo os autores, atribuir várias causas para o resultado inesperado: inconstância temporal do prêmio de mercado e sensibilidade do modelo para *outliers*.

O estudo de [Amorim, Lima e Murcia \(2012\)](#) busca apresentar evidências empíricas da relação entre as informações contábeis e o risco sistemático de empresas atuantes no mercado acionário brasileiro. A análise da relação entre as informações contábeis e o risco sistemático pressupõe a existência da hipótese da eficiência informacional do mercado: na sua forma semiforte, as informações contábeis publicamente disponíveis seriam refletidas nos preços das ações. O CAPM foi utilizado no estudo para o cálculo do beta de mercado de cada empresa. Os resultados do artigo apontam que algumas poucas variáveis contábeis de uma empresa - a saber: *book-to-market*, liquidez, lucro antes do imposto de renda e endividamento - dentre as 14 variáveis contábeis consideradas podem estar relacionadas com seu beta de mercado.

O artigo de [Silva et al. \(2012\)](#) analisa a relação entre a volatilidade idiossincrática e os retornos esperados no mercado acionário brasileiro. Uma das afirmações do CAPM é a de que apenas o risco de mercado, que é um risco não-diversificável, é precificado; o risco não diversificado, também conhecido como idiossincrático, não é precificado, visto que pode ser eliminado com a diversificação dos ativos. O artigo questiona a validade desse resultado. Os autores definem a volatilidade idiossincrática de um ativo como a soma dos quadrados dos resíduos da regressão dos dados dos retornos de ações com o modelo trifatorial de Fama e French e tenta relacionar essa volatilidade calculada com os retornos das ações. Os autores concluem que, durante o período analisado, a volatilidade idiossincrática foi um fator importante para explicar o retorno esperado dos ativos, ou seja, os riscos individuais associados a cada ativo são considerados na precificação.

O trabalho de [Pinheiro, Savóia e Securato \(2015\)](#) avalia o impacto da implantação do

Acordo de Basileia III<sup>25</sup> e o consequente aumento da necessidade de capital próprio de um conjunto representativo de instituições financeiras brasileiras. O CAPM foi utilizado para a determinação do custo do capital próprio dos bancos analisados, que foram posteriormente comparados aos ROE<sup>26</sup> (retorno sobre patrimônio) das instituições. Constatou-se que 23 instituições apresentaram algum tipo de desenquadramento ao novo capital regulatório imposto e que 39 bancos apresentaram ROE insuficiente para atrair investidores (ROE médio inferior ao custo de capital próprio).

Gesteira, Gutierrez et al. (2015) investigam se existe um comportamento subótimo nas decisões de consumo dos agentes na economia brasileira, utilizando a equação de Euler 1.5 para testar a hipótese de que as variações de consumo do agente consumidor, no Brasil, seguem um passeio aleatório e não se alteram com incrementos transitórios de renda. No caso brasileiro, uma parte dos indivíduos consome completamente sua renda atual (renda permanente e renda transitória), contrariando a hipótese da renda permanente<sup>27</sup>.

O artigo de Soares e Milani (2015) compara a performance de fundos de investimentos e *exchange-traded funds*, também conhecidos como ETFs ou fundos de índice<sup>28</sup> cujos benchmarks são Ibovespa, IbrX e o Índice de Sustentabilidade Empresarial. O desempenho dos fundos estudados foi, sem surpresas, quantificado pelo índice de Sharpe e pelo alfa de Jensen do CAPM. O estudo mostrou que os fundos de melhor desempenho foram os Fundos Livres, seguidos pelos fundos indexados aos índices de sustentabilidade empresarial.

Sanvicente (2015) documenta, em seu artigo, o uso do prêmio pelo risco país nos laudos de avaliações de empresas para fins de oferta pública de aquisição<sup>29</sup> e questiona o seu uso. O autor explica que nesses laudos é comum a utilização do CAPM para calcular-se a taxa de desconto dos fluxos de caixa projetados, no caso onde o método do fluxo de caixa descontado é utilizado para a estimativa do preço de oferta pública de aquisição e que muitas vezes um prêmio pelo risco país é incluído no modelo CAPM. O autor conclui que, de acordo com a análise efetuada no artigo, ao se utilizar como carteira de mercado o índice local de ações (Ibovespa), a inclusão de um prêmio pelo risco país seria irrelevante ou mesmo errônea. O autor justifica que o prêmio do risco país já estaria incluído no prêmio da carteira de mercado.

O trabalho de Silva et al. (2015) analisa o efeito do conteúdo da legislação regulatória na apreciação do risco das ações de empresas atuando no mercado energético brasileiro, trazendo

<sup>25</sup> Conjunto de propostas de reforma de regulamentação bancária, publicada em dezembro de 2010, que teve como objetivo assegurar uma estabilidade e liquidez do sistema financeiro. O acordo, em linhas gerais, forçou os bancos a aumentar suas reservas de capital a fim de se protegerem em momentos de crise.

<sup>26</sup> ROE é a razão entre o lucro líquido e o patrimônio líquido de uma instituição.

<sup>27</sup> A hipótese da renda permanente, apresentada por Milton Friedman, afirma que modificações transitórias na renda não afetam as decisões de consumo dos agentes econômicos, ao contrário da renda permanente, que seria a responsável pela maior parte da variação do consumo de um agente.

<sup>28</sup> Fundos de índice são fundos negociados em Bolsa e que buscam retornos que correspondam, de forma geral, à performance de um índice de referência.

<sup>29</sup> Uma oferta pública de aquisição de ações é uma operação através da qual um acionista ou uma sociedade compra uma participação ou a totalidade das ações de uma empresa cotada em Bolsa

uma utilização particularmente interessante do CAPM. O modelo do CAPM usado pelos autores foi especialmente escolhido para estudar o conjunto de ações de empresas de energia do mercado brasileiro: o ativo estudado foi o Índice de Energia Elétrica, o IEE. Os resíduos atípicos da regressão da reta do CAPM foram identificados e relacionados com a divulgação de leis, medidas provisórias e outros eventos regulatórios. A conclusão principal do estudo é a de que os eventos regulatórios impactam diferentemente a percepção de risco das ações de empresas do setor energético.

### 3.2.3 Teste empírico do modelo

O CAPM continua sendo recomendado frequentemente como uma ferramenta simples para o cálculo do custo do capital próprio de uma empresa ou na análise de desempenho de fundos ou de uma carteira de investimento, por exemplo. Uma questão natural que surge é: podemos realmente confiar no CAPM? Formalmente, o que essa pergunta questiona é se o CAPM passa nos testes empíricos. Sabemos que qualquer modelo parte sempre de hipóteses simplificadoras e irreais e o CAPM não foge disso. Reproduzir com fidelidade todas as variáveis envolvidas em um determinado fenômeno é, na maioria dos casos, uma tarefa impossível. Aliás, essa é a principal característica de um bom modelo: ele consegue explicar o comportamento de um fenômeno real a partir de pressupostos muitas vezes inatingíveis. Seria esse o caso do CAPM?

Antes de analisar os 20 trabalhos restantes, que se encaixam no grupo de trabalhos que testa empiricamente o CAPM tradicional ou suas derivações, vale a pena revisar como os testes empíricos do CAPM aparecem na literatura internacional.

#### 3.2.3.1 Os testes empíricos na literatura internacional do CAPM

A relação entre o retorno esperado e o beta de mercado proposta pelo CAPM implicam certas consequências que são passíveis de serem testadas:

1. Os retornos esperados de todos os ativos apresentam uma relação linear com seus respectivos betas e o beta é suficiente para explicar os retornos;
2. O retorno esperado da carteira de mercado é sempre maior que o retorno dos ativos não correlacionados com o mercado;
3. Na versão Sharpe-Lintner do modelo, o retorno dos ativos não correlacionados com o mercado é igual à taxa de juros livre de risco. Logo, a inclinação da reta da figura 4 é igual à diferença entre o retorno da carteira de mercado e a taxa de juros livre de risco.

Os primeiros testes empíricos aplicados para o estudo do CAPM foram regressões *cross section* ou regressões de série temporal, inclusive, como veremos mais adiante no caso da

pesquisa no Brasil. O entendimento do funcionamento desses testes mais é bastante útil na percepção dos problemas empíricos que podem ser encontrados em sua aplicação no caso do CAPM.

Uma abordagem natural para os testes *cross section* é verificar qual é o intercepto da reta obtida com a regressão e o coeficiente angular dessa reta. De acordo com o modelo CAPM Sharpe-Lintner, o intercepto dessas regressões deve ser a taxa de juros livre de risco,  $R_f$ , e que o coeficiente da reta, que é obtida em função do beta, deve ser  $\mathbb{E}(R_m) - R_f$ , o prêmio de risco de mercado. Para a determinação dos betas, duas opções podem ser feitas: ou calcula-se o beta para cada ativo individual que compõe a amostra, ou compõem-se carteiras, reunindo ativos com beta semelhantes ou reunidos de acordo com outra classificação (ações de empresas com endividamento ou ações de empresas de tamanho próximo, por exemplo) e calcula-se os betas para essas carteiras.

As estimativas com betas associados a portfólios de ativos tendem a ser mais precisas e robustas que os betas estimados para títulos individuais. Entretanto, o agrupamento dos ativos pode reduzir a amplitude dos betas que podem ser obtidos na amostra, o que pode ter alguma influência sobre o poder estatístico do teste. Procedimentos que visam agrupar ativos em carteiras antes da aplicação do teste propriamente dito são bastante comuns.

Testes de regressão de série temporal podem também ser utilizados. Ele é usado comumente para a obtenção do chamado alfa de Jensen, o termo de intercepto na regressão de série temporal descrita em 3.2. No CAPM, o valor de  $\alpha_i$  do ativo ou carteira deve ser nulo. O  $\alpha$  é, por sinal, um indicador bastante utilizado de desempenho de fundos de investimento, como já vimos anteriormente. Um valor positivo de  $\alpha$  indica que os retornos do fundo superaram os retornos esperados previstos pelo CAPM.

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_{it} + \beta_{iM}(R_{Mt} - R_{ft}) + \epsilon_{it} \quad (3.2)$$

De acordo com Fama, French et al. (2004), os primeiros testes rejeitam veementemente o CAPM. Os estudos concluem que, para o caso do mercado americano, o intercepto é maior do que a taxa livre de risco média (que na maioria dos casos é a dos *T-bills*<sup>30</sup>) e que o coeficiente que multiplica o beta é menor do que prêmio de risco médio do mercado (retorno médio de um índice acionário americano menos a taxa do T-bill). Fama, French et al. (2004) citam que os trabalhos de Jensen, Black e Scholes (1972), Miller e Scholes (1972), Blume e Friend (1973), Fama e MacBeth (1973) e Fama e French (1992) rejeitam empiricamente o CAPM. Um dos resultados desses estudos, por exemplo, foi que o intercepto  $\alpha$  foram positivos para ativos de baixo beta e negativos para ativos de alto beta.

Uma terceira alternativa são os teste de regressão longitudinal, que são aplicados normalmente com o intuito de mostrar que as diferenças entre os retornos de ativos ou carteiras são

<sup>30</sup> T-bills são títulos de renda fixa e de curta maturidade emitidos pelo Tesouro americano

inteiramente explicados pelos betas de mercado. O acréscimo de variáveis ao CAPM não deveria, a princípio, trazer informações relevantes a respeito dos retornos esperados. Mas [Fama, French et al. \(2004\)](#) comentam que, no caso americano, várias evidências são encontradas no sentido de atestar que os retornos esperados carecem de correlação com o beta de mercado: índices que envolvem os preços das ações trazem informações sobre os retornos que não são explicados pelo beta do CAPM.

Surge então uma nova frente de estudos, que se tornou bastante comum também na academia brasileira: adiciona-se variáveis ao CAPM a fim de verificar se elas possuem algum poder explicativo, que seria evidenciado, na regressão longitudinal, por um coeficiente não-nulo atribuído a essas variáveis. Como veremos adiante, indicadores contábeis como por exemplo a relação lucro/preço [Noda, Martelanc e Kayo \(2016\)](#) e a relação preço/valor patrimonial [Lucena et al. \(2010\)](#) são inseridos ao modelo.

Segundo [Fama, French et al. \(2004\)](#), os problemas empíricos do CAPM podem refletir falhas teóricas resultantes de um grande número de premissas simplificadoras ou dificuldades na implementação de testes válidos para o modelo. As tentativas de explicar as falhas empíricas do CAPM partem em vários sentidos. Um deles, de cunho comportamental, é de que o modelo sempre funciona e que um afastamento do CAPM deve ser considerado uma anomalia de mercado: quaisquer divergências no preço ou retorno esperado de um ativo se devem a erros de especificação, como vimos anteriormente, e não à má especificação do modelo.

Uma outra vertente explora a incapacidade do CAPM de explicar corretamente o retorno dos ativos no mercado: é necessário um modelo mais amplo e que leve em conta outras variáveis além do risco sistemático. Nesse sentido, encontra-se a abordagem de inclusão de variáveis ao modelo.

[Roll \(1977\)](#) por sua vez argumenta que o CAPM nunca foi testado. A grande questão é que a escolha da carteira de mercado, ponto central da teoria do modelo, é muito delicada. Que ativos podem ser efetivamente excluídos dessa carteira sem que haja prejuízo no emprego empírico do modelo? A carteira de mercado teórica, como já mencionamos, é composta de todos os ativos, financeiros negociáveis (ações, títulos de renda fixa, debêntures, etc.) e é praticamente impossível considerar todos os ativos da economia num teste empírico. Por esse motivo, utilizam-se *proxies* da carteira de mercado. Na literatura nacional, o uso do **Ibovespa**<sup>31</sup> como carteira de mercado é recorrente. Mas seria essa escolha justificável?

Os problemas empíricos identificados não seriam graves o bastante para invalidar a maioria das aplicações do CAPM? Não é fácil responder a essa questão, e nem será este o objetivo desta pesquisa. Espera-se, no entanto, que a revisão dos trabalhos selecionados que testam empiricamente o CAPM contribua não só para o desenvolvimento da segunda parte do trabalho, mas também na reflexão sobre os resultados obtidos nos estudos realizados pela

<sup>31</sup> Índice que contém as ações com maior volume negociado na Bolsa de Valores de São Paulo nos últimos meses.

academia brasileira.

### 3.2.3.2 Os testes empíricos na literatura da academia brasileira

O trabalho de Athayde e Jr (2000) mostra como incluir no modelo do CAPM momentos<sup>32</sup> de ordem superior a 2, estendendo a versão tradicional, que considera apenas média-variância. O CAPM tradicional traz intuitivamente a ideia de que os agentes não se preocupam com momentos maiores que a variância, visto que o modelo parte da premissa de que o objetivo do investidor é minimizar a variância e maximizar o retorno esperado do seu portfólio, dado o seu nível de aversão ao risco. O trabalho questiona essa premissa e generaliza a fórmula do CAPM, inserindo momentos de ordem 3 e 4, e testa o modelo proposto no mercado brasileiro. Os autores relatam, inclusive, a presença de assimetria<sup>33</sup> e excesso de curtose<sup>34</sup> nas séries de retornos de ações, o que seria mais uma indicação de que o CAPM tradicional é incompleto por desconsiderar esses momentos como fatores de risco ao assumir que os retornos nos ativos possuem uma distribuição normal.

O modelo CAPM com momentos superiores, para um ativo ou portfólio  $i$  proposto por Athayde e Jr (2000) é o seguinte:

$$\mathbb{E}(R_i) - R_f = \beta_{2,i}(\mathbb{E}(R_m) - R_f) + (\beta_{3,i} - \beta_{2,i})\frac{(\mathbb{E}(R_{z3}) - R_f)}{\beta_{3,z3}} + (\beta_{4,i} - \beta_{2,i})\frac{(\mathbb{E}(R_{z4}) - R_f)}{\beta_{4,z4}} \quad (3.3)$$

onde

$$\beta_{2,i} = \frac{\mathbb{E}[(R_i - \mathbb{E}(R_i))(R_m - \mathbb{E}(R_m))]}{\mathbb{E}[(R_m - \mathbb{E}(R_m))^2]}$$

,

$$\beta_{3,i} = \frac{\mathbb{E}[(R_i - \mathbb{E}(R_i))(R_m - \mathbb{E}(R_m))^2]}{\mathbb{E}[(R_m - \mathbb{E}(R_m))^3]}$$

$$\beta_{4,i} = \frac{\mathbb{E}[(R_i - \mathbb{E}(R_i))(R_m - \mathbb{E}(R_m))^3]}{\mathbb{E}[(R_m - \mathbb{E}(R_m))^4]}$$

Os numeradores de  $\beta_{3,i}$  e  $\beta_{4,i}$  são denominados coassimetria e cocurtose do ativo  $i$  em relação ao mercado, respectivamente. Vale lembrar que  $\beta_{2,i}$  é o nosso conhecido beta

<sup>32</sup> Em Estatística, define-se como **momento de ordem**  $n$  de uma variável aleatória  $X$  como  $\mathbb{E}[x^n]$ . Os momentos são importantes na estatística para caracterizar distribuições de probabilidade. A distribuição gaussiana, por exemplo, pode ser definida pelos seus dois primeiros momentos: média( $\mu$ ) e variância( $\sigma^2$ ).

<sup>33</sup> O coeficiente de assimetria é uma medida da assimetria da distribuição de uma variável aleatória real, e é dado por  $\mathbb{E}\left[\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^3\right]$ . A assimetria da distribuição gaussiana, por exemplo, é nula, ou seja, a distribuição gaussiana é simétrica em relação à média.

<sup>34</sup> A curtose pode ser entendida como um coeficiente de achatamento da distribuição de uma variável aleatória real e é dada por  $\mathbb{E}\left[\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^4\right]$ . A curtose da gaussiana é igual 3.

do CAPM tradicional. Além disso,  $z_3$  e  $z_4$  na equação 3.3 são portfólios com coassimetria e cocurtose não nulas.

Quatro formas do modelo foram testadas no mercado brasileiro - o CAPM tradicional ( $\beta_2$ ), o CAPM com coassimetria ( $\beta_3$ ), o CAPM com curtose ( $\beta_4$ ) e o CAPM com assimetria e curtose ( $\beta_3$  e  $\beta_4$ ) - utilizando o **método dos momentos generalizado**(GMM) e dados diários de retornos de ações entre janeiro de 1996 e outubro de 1997. A conclusão obtida pelos autores é de que o ganho no poder explicativo do CAPM é aumentado quando a coassimetria é adicionada ao modelo, enquanto a cocurtose não teve um papel significativo.

O artigo de [Garcia e Bonomo \(2001\)](#) testa o CAPM tradicional e uma versão do CAPM Condisional no mercado brasileiro, utilizando os retornos mensais de ações, agrupadas em portfólios de acordo com o tamanho (valor de mercado) das empresas emissoras, durante o período entre 1976 e 1992. Enquanto no CAPM tradicional o beta é, por definição, único e constante durante todo o período de análise, no CAPM Condisional o beta é dinâmico e, neste caso, foi estimado por um modelo de série temporal do tipo **ARCH**. Uma outra abordagem feita pelo artigo foi a inclusão de um segundo fator no modelo CAPM Condisional, responsável por captar o risco associado à inflação, justificado pelo fato de a economia brasileira ter sido marcada pela alta inflação na segunda metade do período analisado. As séries temporais obtidas para os betas dos portfólios no CAPM Condisional parecem caracterizar corretamente a evolução do risco durante o período e os retornos reais dos portfólios são bem descritos pelos dois modelos; a inclusão de um segundo fator relacionado à inflação aumentou o poder explicativo do modelo.

Além de fazer um teste empírico sobre os modelos, ao separar as ações em portfólios agrupados por tamanho o autor estudou, indiretamente, a existência do efeito tamanho no mercado acionário brasileiro, que é confirmada no estudo, mas no sentido contrário ao relatado no mercado americano, em [Fama e French \(1992\)](#): ações de pequenas empresas tem menores retornos que ações de grandes empresas no mercado brasileiro.

[Silva \(2006\)](#) examina os fatores determinantes para explicar os retornos de ações brasileiras utilizando o modelo CAPM expandido de Fama e French com a adição de momentos superiores. O autor utiliza a mesma ideia de [Athayde e Jr \(2000\)](#): assume-se a premissa de que os retornos dos ativos não são normais e de que os investidores precisam a contribuição de cada ativo na coassimetria e cocurtose sistemáticas; no entanto, o autor acrescenta os momentos superiores no modelo trifatorial de Fama e French. O modelo é testado com ações do mercado brasileiro, agrupadas em portfólios, com dados de retorno entre janeiro de 1990 e dezembro de 2003. O modelo testado por [Silva \(2006\)](#) aparece da seguinte forma:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + \gamma_i(R_m - R_f)^2 + \delta_i(R_m - R_f)^3 + s_iSMB + h_iHML + \epsilon_i \quad (3.4)$$

onde  $\beta_i$ ,  $\gamma_i$  e  $\delta_i$  são respectivamente a covariância, a coassimetria e a cocurtose sistemáticas de um portfólio em relação ao mercado e SMB e HML são os fatores *small minus big* e *high*

*minus low* de Fama e French. O autor também testa uma forma generalizada de 3.4, adicionando comomentos até a 10<sup>a</sup> ordem.

O beta e os fatores de valor e tamanho adicionados por Fama e French (HML e SMB) explicam, com grande significância estatística, os retornos do mercado brasileiro. No entanto, a adição de momentos superiores melhora, mas não de maneira significativa, o poder explicativo do modelo: dos momentos superiores, apenas a cocurtose apresentou alguma significância estatística. Este resultado contraria as conclusões de Athayde e Jr (2000), que afirma que a coassimetria possui papel fundamental na especificação.

Uma grande dificuldade nos testes empíricos do CAPM é selecionar uma *proxy* para a carteira de mercado. Como já adiantado em discussão prévia, o artigo de Araújo, Fajardo e Tavani (2006) testa empiricamente uma carteira alternativa como *proxy* para a carteira de mercado. A ideia dos autores é replicar uma abordagem já testada no mercado americano, sugerida por Hou (2002) apud ARAÚJO; FAJARDO; TAVANI, 2006). A carteira hipotética utilizada como *proxy* paga o PIB como dividendo. O apelo conceitual dessa abordagem é evidente: o PIB é resultado de todos os fatores da economia e incluindo capital humano, mercado financeiro, imóveis e qualquer outro mercado significativo<sup>35</sup> (ARAÚJO; FAJARDO; TAVANI, 2006).

O trabalho utilizou dados de ações, agrupadas em portfólios, e do PIB entre janeiro de 1991 a dezembro de 2002. Quatro testes foram realizados: as versões Sharpe-Lintner (tradicional) e Black foram testadas usando como *proxy* para a carteira de mercado o Ibovespa e a carteira hipotética que paga o PIB como dividendo, através do método da **máxima verossimilhança**. Os resultados indicaram que tal método se apresentou ineficiente para explicar os retornos do mercado acionário brasileiro, ainda que o conceito teórico envolvido na utilização de uma carteira cuja série de retornos é construída a partir do PIB seja coerente. Os autores concluem que a carteira hipotética que utiliza os retornos do PIB não é eficiente em média-variância. A carteira de mercado que utiliza os retornos do Ibovespa teve um melhor desempenho como *proxy* da carteira de mercado, mas os seus resultados não são satisfatórios em nenhuma das versões do CAPM.

O artigo de Galea, Díaz-García e Vilca (2008) questiona a premissa de normalidade dos retornos e considera o CAPM com a suposição de que os retornos seguem distribuições de probabilidades elípticas, oferecendo maior flexibilidade para modelar os retornos de ativos nos mercados financeiros. O artigo possui um forte apelo matemático que foge do escopo do trabalho. A fim de testar o modelo proposto, os autores aplicaram o novo método, que eles intitulam ECAPM (CAPM elíptico), em dados mensais de retornos de ações do mercado chileno, entre janeiro de 1990 e junho de 2004 e atestaram a robustez do modelo.

O trabalho de Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008) investiga se o CCAPM é consistente com os dados de quatro países latino-americanos: Brasil, Chile, Colômbia e México

<sup>35</sup> O artigo estende a definição de carteira de mercado utilizada como premissa por Sharpe (1964) e Lintner (1965), que não admitia ativos ilíquidos, bens indivisíveis e capital humano em sua composição.

e se explica adequadamente as diferenças nos retornos das ações dos países analisados. Nesse ponto, relembremos a questão do *equity premium puzzle*, retomando a fórmula do beta de consumo:  $\beta_{c,it} = \frac{\text{cov}(R_{it}, g_t)}{\text{var}(g_t)}$ .

Para um agente representativo com coeficiente de aversão ao risco razoável, a covariância entre o retorno do mercado e a taxa de crescimento do consumo e a covariância entre o retorno do portfólio de ativos livre de risco e a taxa de crescimento do consumo não são suficientemente diferentes a ponto de explicar o prêmio de mercado.

Os autores testam o CCAPM aplicando o método de regressão *cross section* em dois estágios (*two stage cross-sectional method*, utilizando dados trimestrais de ações e do consumo agregado de cada um dos países em estudo. Através de dois testes de hipótese, os autores verificam a validade do modelo: a primeira hipótese é a de que há uma relação estatística significante entre o excesso de retorno de um ativo e o beta de consumo; a segunda hipótese é a de que o beta de consumo de um ativo é uma medida completa do risco sistemático desse ativo.

Os resultados sugerem que a fraca performance do CCAPM é evidente na América Latina e que o modelo não consegue explicar satisfatoriamente os retornos dos ativos. A aderência do modelo aos dados dos países estudados é muito pequena: os testes não rejeitam o modelo no Chile e na Colômbia, mas o seu poder explicativo não é relevante nesses países.

[Filho, Garcia e Imoniana \(2009\)](#) criam uma base para a reflexão do modelo CAPM Condisional, inserindo variáveis macroeconômicas e financeiras, como tamanho e capital humano, comparando-o com sua versão tradicional e seus resultados empíricos nos mercados brasileiro, argentino, norte-americano e alemão. Para os testes, os autores utilizam o método dos momentos generalizado, com dados mensais de retornos de ações, agrupadas em portfólios, compreendidos entre janeiro de 1994 e dezembro de 2002, para os quatro países estudados. O artigo [Filho et al. \(2010\)](#) também discute o mesmo tema, mas testa o CAPM Condisional nos mercados brasileiro, argentino, norte-americano e chileno.

De acordo com os resultados obtidos, o CAPM tradicional não explica satisfatoriamente os retornos dos mercados analisados, mas a versão Condisional do CAPM aumenta substancialmente o poder de explicação dos modelos, podendo ser perfeitamente aplicados nos países estudados.

O trabalho de [Fortunato, Motta e Russo \(2010\)](#) testa se para mercados emergentes existem outras medidas do risco sistemático diferentes do beta do CAPM e que possam ser precificadas pelos investidores. Os autores sugerem que em mercados emergentes os riscos idiossincráticos são captados na precificação, o que justificaria uma busca por outras medidas de risco. Uma das medidas de risco testada foi o *downside beta*, considerado uma medida de *downside risk*<sup>36</sup>, que deu origem ao D-CAPM. O D-CAPM incorpora basicamente os mesmos pressupostos do CAPM, mas utiliza o *downside beta* em vez do beta do CAPM tradicional. Logo

<sup>36</sup> O *downside risk* só considera relevante os retornos negativos em relação ao referencial de retorno, que são entendidos como risco de perda pelos investidores.

o D-CAPM pode ser escrito como:

$$\mathbb{E}(R_i) = R_f + \beta_i^D [\mathbb{E}(R_m) - R_f] \quad (3.5)$$

onde  $\beta_i^D = \frac{\text{semicov}(R_i, R_m)}{\text{semivar}(R_m)}$

com  $\text{semicov}(R_i, R_m) = \mathbb{E} \{ \min [(R_i - \mathbb{E}(R_i)), 0] \min [(R_m - \mathbb{E}(R_m)), 0] \}$

e  $\text{semivar}(R_m) = \mathbb{E} \{ \min [(R_m - \mathbb{E}(R_m)), 0]^2 \}$

Os testes foram realizados com dados de retornos de ações entre janeiro de 1995 a novembro 2006, utilizando tanto regressões *cross-section* quanto análise de dados em painel. Além do *downside beta*, outras medidas de risco foram testadas e comparadas, como por exemplo o risco sistemático ( $\beta$ , o risco total (entendido como a variância  $\sigma^2$  do ativo) e o tamanho (valor de mercado da empresa). Os resultados sugerem que o  $\beta$  do CAPM tradicional não é a medida de risco mais adequada nos mercados emergentes: na análise das regressões em *cross section*, o beta se mostrou significativo, mas com baixo poder de explicação. Na análise de dados em painel, o *downside risk* apresentou o resultado mais significativo.

O trabalho de [Lucena et al. \(2010\)](#) poderia também pertencer ao grupo de artigos que aplicam o CAPM para estudar anomalias de mercado, pois ele testa a hipótese de retornos anormais a partir de uma estratégia de investimento em ações com baixo índice preço/ valor patrimonial (PVPA) no mercado acionário brasileiro. Além disso, o artigo testa empiricamente a inclusão da variável preço/valor patrimonial<sup>37</sup> no CAPM. Os autores realizar regressões em painel com dados de retornos mensais e anuais de ações negociadas na Bovespa entre julho de 1994 e junho de 1996, organizando as ações grupos(portfólios) de diferentes índices PVPA. O modelo testado pelos autores se apresenta da seguinte forma:

$$\mathbb{E}(R_i) = R_f + \beta_{1,i}(\mathbb{E}(R_m) - R_f) + \beta_{2,i}PVPA$$

A hipótese de que a estratégia de investimento em ações de baixo PVPA poderia gerar retornos anormais não é confirmada com a análise descritiva das carteiras: não foi detectada uma relação direta entre o retorno e o parâmetro PVPA de um portfólio. Com relação à inclusão da variável PVPA no CAPM, os testes de regressão indicaram que o parâmetro PVPA é significativo na especificação dos ativos (o que contrapõe o resultado da análise anterior), mas possui o sinal contrário ao esperado pelos autores: a equação de regressão encontrada afirma que o PVPA e o retorno de um ativo/portfólio são positivamente correlacionados.

O trabalho de [Milani et al. \(2010\)](#) avalia a inclusão da coassimetria e cocortose ao modelo CAPM e testa empiricamente o modelo proposto e suas consequências na mensuração da performance de fundos de investimento. O modelo utilizado é o seguinte:

<sup>37</sup> A variável preço/valor patrimonial é obtida pela divisão do preço de mercado da ação e do valor patrimonial por ação de uma empresa.

$$R_i = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + \gamma_i(R_m - R_f)^2 + \delta_i(R_m - R_f)^3 + \epsilon_i \quad (3.6)$$

Os autores utilizam a regressão de dados em painel dos dados diários de retornos de fundos de investimento brasileiro durante o período entre abril de 2007 e abril de 2009. Os resultados obtidos nesse estudo apontam que a inclusão de momentos superiores ao CAPM tradicional é capaz de gerar coeficientes estatisticamente significativos para os momentos superiores no mercado brasileiro. No entanto, o poder explicativo do modelo aumentou pouco após a inclusão dos momentos superiores.

[Junior e Yoshinaga \(2012\)](#) introduzem na formulação do CAPM fatores de risco baseados em comomentos estatísticos superiores: coassimetria e cocurtose. Na primeira etapa do método empírico utilizado, os comomentos da equação 3.6 são estimados por meio de uma regressão linear simples. Na segunda etapa do método, várias variáveis de controle foram acrescentadas ao modelo - o tamanho da empresa, o parâmetro *book to market*, o índice de negociabilidade, o índice de alavancagem, as *dummies* de setor de atividade e de ano - e o modelo foi estimado através do método dos momentos generalizado. Os dados utilizados foram dados semanais de retornos de ações do mercado brasileiro, entre janeiro de 2003 e dezembro de 2007.

Os resultados apresentam evidências de que existe um prêmio pelo risco associado aos momentos superiores incluídos no modelo, mais especificamente à cocurtose: os comomentos  $\beta$  e  $\delta$  são significantes nos modelos estimados, indo a favor dos resultados obtidos por [Silva \(2006\)](#). Além disso, os autores indicam que há indícios de que a inclusão de comomentos superiores no modelo de apreçamento diminui a relevância estatística de fatores de risco como os propostos por [Fama e French \(1992\)](#) (HML e SMB).

O artigo [Silva, Melo e Pinto \(2011\)](#) testa e compara os modelos CAPM e CAPM Condicional na predição dos retornos esperados no mercado brasileiro, considerando uma possível presença de quebra estrutural nas séries temporais analisadas. Os autores utilizaram dados de retornos diários de índices representativos de ações do mercado brasileiro, entre dezembro de 2003 e outubro de 2008. Verificou-se a presença estatisticamente significante de alteração dos riscos sistemáticos quando considerou-se uma quebra estrutural na série de retornos analisados. Os coeficientes betas obtidos nos dois modelos (CAPM e CAPM Condicional) foram significantes para praticamente todos os ativos (índices de ações). No caso onde os modelos foram estimados sem a suposição de quebra estrutural, o CAPM Condicional explicou melhor os retorno dos ativos do que o CAPM tradicional.

[Mazzeu, Junior e Santos \(2013\)](#) analisam o desempenho do modelo CAPM e do CAPM condicional com aprendizagem sobre os betas (via filtro de Kalman) aplicado às séries de retornos semanais das ações mais líquidas do mercado brasileiro, agrupadas em portfólios e classificadas de acordo com o tamanho e o índice *book to market* das empresas emissoras, entre 1987 e 2010. Quando não se considera uma quebra estrutural, os resultados tendem a

suportar uma melhor aderência do modelo CAPM Condisional, o que confirma os resultados de [Silva, Melo e Pinto \(2011\)](#). Na medida em que a aprendizagem sobre o risco sistemático é introduzida, o modelo é capaz de apresentar um melhor desempenho em termos de apreçamento, em comparação aos modelos CAPM e CAPM Condisional sem aprendizagem, estimados via regressão linear simples. A inclusão de variáveis condicionantes no CAPM, tais como o HLM, é capaz de provocar reduções nos erros do modelo.

[Santana \(2013\)](#) realiza um estudo empírico para verificar o comportamento dos retornos esperados das ações de empresas brasileiras do setor de energia elétrica à luz do modelos CAPM e APT, confrontando os testes com os resultados reais. O autor utilizou regressões lineares simples sobre os dados de retornos compreendidos entre dezembro de 2005 e dezembro de 2010. O autor concluiu que não se pode confirmar que o CAPM tradicional explique o retorno das ações do setor elétrico brasileiro. Os resultados do APT não foram mais satisfatórios, o que sugere que os retornos das empresas do setor elétrico também não é explicado por fatores macroeconômicos tais como a inflação, o risco-país ou a taxa de câmbio dólar/real.

Os trabalhos de [Godeiro \(2012,2013\)](#) são muito parecidos e ambos testam o CAPM para o mercado acionário brasileiro utilizando betas dinâmicos modelados por um processo *GARCH* e por um filtro de Kalman, com dados de retornos de ações negociadas na Bovespa entre janeiro de 1995 e março de 2012. O autor concluiu que o beta dinâmico tem maior poder de explicar os retornos previstos pelo CAPM do que o beta estático, mas os resultados nas duas abordagens são insatisfatórios.

O trabalho de [Bortoluzzo, Minardi e Passos \(2014\)](#) analisa se a relação entre risco e retorno prevista pelo modelo CAPM é confirmada no mercado acionário brasileiro, utilizando diferentes escalas de tempo para as séries de retorno, numa abordagem por ondaletas<sup>38</sup>. Esse foi o primeiro trabalho encontrado na revisão a adotar essa técnica. Foram utilizados os retornos de ações negociadas na Bovespa entre janeiro de 2004 a janeiro de 2007 e as seguintes escalas de intervalo entre retornos foram escolhidas: 2-4 dias, 4-8 dias, 8-16 dias, 16-32 dias, 32-64 dias e 64-128 dias. Após os cálculos dos betas em diferentes escalas, uma regressão linear simples foi

<sup>38</sup> Do inglês *wavelets*, ondaleta é uma função capaz de decompor e descrever outra função (ou uma série de dados) originalmente descrita no domínio do tempo de forma a podermos analisar esta outra função em diferentes escalas de frequência e de tempo. Nessa abordagem, o risco sistemático é calculado da seguinte forma:

$$\hat{\beta}_j^i = \frac{\text{cov}(c_j^m, c_j^i)}{\text{var}(c_j^m)} \quad (3.7)$$

onde  $c_j^m$  e  $c_j^i$  são os coeficientes dados por

$$c_{j,k}^m = \int_{-\infty}^{\infty} r_m(t) \psi_{j,k} dt$$

$$c_{j,k}^i = \int_{-\infty}^{\infty} r_i(t) \psi_{j,k} dt$$

onde  $r_m(t)$  e  $r_i(t)$  são os retornos do mercado e do ativo  $i$  e  $\psi_{j,k}$  é uma ondaleta tal que  $\psi_{j,k} = 2^{j/2} \psi(2^j t - k)$ ,  $j, k \in \mathbb{Z}$ . Nesse contexto, os  $j$  são os níveis das ondaletas, e definem a escala dos retornos

utilizada para testar o modelo.

Os resultados não comprovaram o funcionamento do CAPM no mercado brasileiro no período. O prêmio de mercado obtido foi negativo para todas as escalas, sendo que apenas os coeficientes das escalas 2-4 dias e 4-8 dias foram estatisticamente significativos.

O artigo de [Milani e Ceretta \(2013\)](#) testa empiricamente o ICAPM em diferentes escalas temporais utilizando uma abordagem por ondaletas, como em [Bortoluzzo, Minardi e Passos \(2014\)](#), com dados de retornos de índices de mercado de seis países emergentes (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru), entre julho de 2002 e julho de 2012, nas escalas 2-4 dias, 8-16 dias, 32-64 dias e 128-256 dias. Os resultados diferem de acordo com a escala de tempo utilizada: o beta tende a ser maior em frequências menores (largas escalas de tempo), bem como o poder explicativo do modelo tende a ser melhor nesse caso, o que contraria as conclusões do estudo de [Bortoluzzo, Minardi e Passos \(2014\)](#).

[Leite, Pinto e Klotzle \(2016\)](#) avaliam os efeitos das componentes da variância agregada de mercado (variância média e covariância média do mercado) no apreçamento de ativos, partindo do pressuposto de que o mercado não especifica somente o risco sistemático, mas especifica também a componente idiossincrática. Os autores definem variância média e covariância média respectivamente como  $AV_t = \sum_{i=1}^N \omega_{it} Var(R_{it})$  e  $AC_t = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \omega_{it} \omega_{jt} covar(R_{it}, R_{jt})$ , onde  $\omega_{it}$  é o peso do ativo  $i$  no instante  $t$  na carteira de mercado e  $N$  é o número total de ativos da carteira de mercado.

Os autores utilizaram como base o modelo de Fama e French e o incrementaram com as componentes da variância total do mercado, o que resultou no seguinte modelo de cinco fatores:

$$R_{i,t} = \alpha_i + beta_{iM} R_{M,t} + \beta_{i,SMB} SMB_t + \beta_{i,HML} HML_t + \beta_{i,\Delta AV} \Delta AV_t + \beta_{i,\Delta AC} \Delta AC_t$$

onde  $R_{i,t}$  e  $R_{M,t}$  são os prêmios do ativo e de mercado, respectivamente. Foram utilizados dados de retornos mensais, de janeiro de 2003 a julho de 2014, de ações negociadas na BM&FBovespa agrupadas por carteiras. Identificou-se que a componente de variância média também é especificada no mercado brasileiro, possuindo correlação positiva com os retornos e sua introdução no modelo causa uma diminuição do valor do prêmio do risco de mercado. A introdução da covariância média não aumentou o poder explicativo do modelo.

O trabalho de [Noda, Martelanc e Kayo \(2016\)](#) testa empiricamente se a adição de um fator de risco relacionado ao índice Lucro/Preço de uma empresa ao modelo trifatorial de Fama e French conseguiria melhorar o poder explicativo do modelo com relação aos retornos realizados e poderia também pertencer ao grupo de artigos que estuda anomalias de mercado. Nesse caso, além do beta, do HML e do SMB, o modelo contraria com a presença do fator HEMLE (*high earnings minus low earnings*):

$$R_{i,t} = \alpha_i + \text{beta}_{iM} R_{M,t} + \beta_{i,SMB} SMB_t + \beta_{i,HML} HML_t + \beta_{i,HEMLE} HEMLE_t$$

onde  $R_{i,t}$  e  $R_{M,t}$  são os prêmios do ativo e de mercado, respectivamente.

O trabalho utilizou dados mensais de retornos de ações negociadas na BM&FBovespa entre janeiro de 1995 e março de 2013. Os resultados indicaram que a inclusão do fator HEMLE no modelo é bastante significativa e aumenta a explicação dos retornos de ações do mercado brasileiro. O estudo confirma a hipótese de que ações com altos (baixos) índices Lucro/Preço apresentaram retornos anormalmente altos (baixos) e que não foram capturados pelo modelo tradicional do CAPM.

### 3.2.3.3 Parametrização dos testes empíricos na literatura brasileira

Um dos pontos mais críticos de todos os trabalhos que envolvem testes empíricos dos modelos CAPM é a determinação da metodologia estatística a ser empregada. Enquanto a maioria dos trabalhos desenvolve de maneira completa sua metodologia, explicitando todos os dados necessários e todos os métodos utilizados para a obtenção dos resultados apresentados, outros trabalhos não fornecem as informações mínimas para que o método seja passível de reprodução, o que nos leva a questionamentos a respeito dos resultados obtidos.

A análise da metodologia empregada no teste do modelo pode ser divida nos seguintes tópicos:

#### **Determinação do método de regressão de dados empregado**

O método mais simples para a obtenção de parâmetros desconhecidos nas equações de regressão lineares é o método das mínimos quadrados ordinários, do inglês. O método dos mínimos quadrados estima a curva que melhor se ajusta ao conjunto de dados, tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados, os denominados resíduos. O método é amplamente utilizado nos estudos devido à sua maior facilidade de implementação e análise.

Para regressões não lineares, três métodos aparecem entre os empregados: o método da máxima verossimilhança, utilizado por [Araújo, Fajardo e Tavani \(2006\)](#) e [Galea, Díaz-García e Vilca \(2008\)](#), o método dos momentos generalizado, utilizado por [Filho, Garcia e Imoniana \(2009\)](#), [Junior e Yoshinaga \(2012\)](#), [Godeiro \(2012\)](#) e [Mazzeu, Junior e Santos \(2013\)](#) e o método de mínimos quadrados em dois estágios, utilizado por [Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves \(2008\)](#), que é uma caso particular de GMM. Nota-se que o método dos momentos generalizado foi utilizado nos artigos que testam o CAPM Condisional, que trazem uma abordagem dinâmica e não míope para o beta de mercado.

#### **Escolha da carteira de mercado**

Dada a breve discussão realizada no início da apresentação dos artigos que tratam de testes empíricos, a escolha da carteira de mercado também traz problemas para os testes empíricos. No entanto, nenhum artigo, a não ser Araújo, Fajardo e Tavani (2006) questiona a utilização do índice Ibovespa, que foi amplamente utilizado como carteira de mercado no restante dos artigos. Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008), por abordar o CAPM baseado no consumo, não apresenta uma carteira teórica de mercado (lembremos que o beta de consumo é calculado sobre os dados de consumo agregado). Galea, Díaz-García e Vilca (2008), apesar de vinculado a uma universidade brasileira, aplica os resultados da pesquisa no mercado chileno e utiliza uma *proxy* para a carteira de mercado local (a Bolsa de Comércio de Santiago). O trabalho de Araújo, Oliveira e Silva (2012) testa empiricamente uma carteira alternativa como *proxy* para a carteira de mercado: tal carteira hipotética paga o PIB como dividendo. Apesar do apelo teórico da abordagem, os resultados do estudo não confirmam a eficácia da utilização dessa carteira. Como apenas o Ibovespa foi utilizado como carteira de mercado, pouco se pode inferir a respeito de sua validade. No entanto, de acordo com Bodie, Kane e Marcus (2014), "é muito provável que outra *proxy* razoável para a carteira de mercado seja altamente correlacionada com a *proxy* utilizada". Logo, é possível que os testes afirmem que a mudança de carteira de mercado não acarrete nenhum prejuízo, sem que tal suposição seja necessariamente verdadeira.

### **Taxa de retorno do ativo livre de risco**

A taxa do retorno do ativo livre de risco não parece ser unanimidade entre os artigos. A grande maioria dos artigos escolhem a Selic<sup>39</sup> como a taxa de juros livre de risco. No entanto, muitos artigos utilizam também as taxas CDI<sup>40</sup>. Na prática, os dois valores são muito próximos. O trabalho de Galea, Díaz-García e Vilca (2008), por aplicar o teste no mercado chileno, utiliza como *proxy* para a taxa de juros livre de risco a taxa do Bônus do Banco Central de Chile.

### **Taxa de inflação**

Apesar de a teoria do CAPM não fazer nenhuma referência à utilização de retornos reais em vez de retornos nominais, alguns artigos deflacionam seus retornos utilizando algum índice que captura a inflação. Araújo, Fajardo e Tavani (2006), Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008) e Lucena et al. (2010) utilizam o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo). Mazzeu, Junior e Santos (2013) utiliza o IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna).

### **Frequência dos retornos utilizados**

A questão da frequência dos retornos é também bastante delicada. Os artigos de Milani e Ceretta (2013) e Bortoluzzo, Minardi e Passos (2014) mostram que a utilização de diferentes frequências de dados pode levar a resultados e conclusões bastante distintas para um mesmo

<sup>39</sup> A taxa Selic (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) é um índice no qual as taxas cobradas pelos banco se baseiam.

<sup>40</sup> Certificados de Depósito Interbancário, são títulos emitidos pelos bancos como forma de captação de recursos. A taxa CDI mais utilizada é a DI-over, que é a média das operações de um dia transacionadas entre os bancos.

modelo. Observa-se que os dois testes que utilizam dados agregados da economia, como o de consumo *per capita* (KIRCH; SOARES-TERRA; WICKSTROM-ALVES, 2008) e PIB (ARAÚJO; FAJARDO; TAVANI, 2006) utilizam frequências de dados trimestrais. Os outros trabalhos não parecem seguir um padrão detectável, sendo a frequência mensal a mais escolhida.

### Modo de aplicação do modelo

Em discussão prévia, vimos que os métodos de estimação dos parâmetros podem agrupar ou não os ativos em portfólios. Retomando a ideia, a utilização de portfólios nas regressões pode tornar as estimativas dos betas de mercado mais robustas. No entanto, se a quantidade de ativos disponíveis não for elevada, a criação de carteiras também pode diminuir o poder estatístico do teste. Também não parece existir um modelo para esse parâmetro; normalmente, a escolha esta associada, como já citado, à quantidade de ativos com séries históricas disponíveis. Mas a escolha de agrupar os ativos em portfólios também pode usada quando se quer, além de testar o modelo, verificar alguma anomalia de mercado, como em Leite, Pinto e Klotzle (2016) e Noda, Martelanc e Kayo (2016).

A seguir, as informações relativas à parametrização dos testes nos artigos são apresentadas em duas tabelas, para facilitar a visualização. As casas vazias correspondem a parâmetros que não foram explicitados na metodologia dos artigos analisados.

Tabela 8: Parametrização dos testes empíricos 1

| Trabalho                                     | Método    | $R_M$                 | $R_f$ | Inflação |
|--|-----------|-----------------------|-------|----------|
| Silva (2006)                                 | OLS       | Ibovespa              | CDI   |          |
| Araújo, Fajardo e Tavani (2006)              | MV        | PIB                   | Selic | IPCA     |
| Galea, Díaz-García e Vilca (2008)            | MV        | IPSA                  | Bonus |          |
|  |           |                       | BC    |          |
| Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008) | 2SOLS     | Consumo<br>Per Capita | Selic | IPCA     |
| Filho, Garcia e Imoniana (2009)              | GMM       | Ibovespa              | Selic |          |
| Fortunato, Motta e Russo (2010)              | OLS       | Ibovespa              | Selic |          |
| Lucena et al. (2010)                         | OLS       | Ibovespa              | CDI   | IPCA     |
| Milani et al. (2010)                         | OLS       | Ibovespa              | CDI   |          |
| Silva, Melo e Pinto (2011)                   | OLS       | Ibovespa              | CDB   |          |
| Junior e Yoshinaga (2012)                    | GMM       | Ibovespa              | CDI   |          |
| Godeiro (2012)                               | GMM       | Ibovespa              | Selic |          |
| Mazzeu, Junior e Santos (2013)               | OLS / GMM | Ibovespa              | Selic | IGP-DI   |
| Godeiro (2013)                               | GMM       | Ibovespa              | Selic |          |
| Milani e Ceretta (2013)                      | OLS       |                       |       |          |
| Bortoluzzo, Minardi e Passos (2014)          | OLS       | Ibovespa              | Selic |          |

Continuação na página seguinte

Tabela 8 – continuação da página anterior

| Trabalho                      | Método | $R_M$ | $R_f$        | Inflação |
|-------------------------------|--------|-------|--------------|----------|
| Leite, Pinto e Klotzle (2016) | OLS    |       | DI<br>Futuro |          |
| Noda, Martelanc e Kayo (2016) | OLS    |       |              |          |

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: **Método:** OLS - método dos mínimos quadrados; 2SLS - mínimos quadrados em dois estágios; GMM - método dos momentos generalizado; MV - máxima verossimilhança.

Tabela 9: Parametrização dos testes empíricos 2

| Trabalho                                     | Período           | Frequência | Modo       |
|--|-------------------|------------|------------|
| Athayde e Jr (2000)                          | 01/1996 a 10/1997 | Diária     | Individual |
| Garcia e Bonomo (2001)                       | 1976 a 1992       | Mensal     | Carteiras  |
| Silva (2006)                                 | 01/1990 a 12/2003 | Mensal     | Carteiras  |
| Araújo, Fajardo e Tavani (2006)              | 01/1991 a 12/2002 | Trimestral | Carteiras  |
| Galea, Díaz-García e Vilca (2008)            | 01/1990 a 06/2004 | Mensal     | Individual |
| Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008) | 1991 a 1995       | Trimestral | Individual |
| Filho, Garcia e Imoniana (2009)              | 01/1994 a 12/2002 | Mensal     | Carteiras  |
| Fortunato, Motta e Russo (2010)              | 01/1995 a 11/2006 | Mensal     | Individual |
| Lucena et al. (2010)                         | 07/1994 a 06/2006 | Anual      | Carteiras  |
| Milani et al. (2010)                         | 04/2007 a 04/2009 | Diária     | Individual |
| Silva, Melo e Pinto (2011)                   | 12/2005 a 10/2008 | Diária     | Carteiras  |
| Junior e Yoshinaga (2012)                    | 01/2003 a 12/2007 | Semanal    | Individual |
| Godeiro (2012)                               | 01/1995 a 03/2012 | Diária     | Individual |
| Mazzeu, Junior e Santos (2013)               | 1987 a 2010       | Semanal    | Carteiras  |
| Santana (2013)                               | 12/2005 a 12/2010 |            |            |
| Godeiro (2013)                               | 01/1995 a 03/2012 | Diária     | Individual |
| Milani e Ceretta (2013)                      | 07/2002 a 07/2012 | Múltiplas  |            |
| Bortoluzzo, Minardi e Passos (2014)          | 01/2004 a 01/2007 | Múltiplas  | Carteiras  |
| Leite, Pinto e Klotzle (2016)                | 01/2003 a 07/2014 | Mensal     | Carteiras  |
| Noda, Martelanc e Kayo (2016)                | 01/1995 a 03/2013 | Mensal     | Carteiras  |

Fonte: Elaborado pelo autor

## Parte II

Análise do retorno de empresas do setor  
de energia elétrica no Brasil

# 4 Evolução do setor elétrico brasileiro

## 4.1 Histórico da indústria de energia e de sua regulação no Brasil

O consumo de energia elétrica é um dos indicadores do nível de desenvolvimento social e econômico de um país, visto que ele reflete o tamanho de sua população, seu nível de industrialização e consequentemente seu Produto Interno Bruto. Além disso, a energia elétrica tornou-se um bem essencial para os indivíduos.

Para que a demanda crescente de energia seja suprida, é necessário o desenvolvimento e a expansão da infraestrutura do setor energético, o que pode exigir participação de capitais privados nesse setor. Nesse contexto, o Estado é, atualmente, o grande responsável por incentivar esses investimentos e assegurar aos investidores o retorno do capital mobilizado, caracterizando o Estado como uma entidade reguladora das políticas de investimento do setor energético.

No entanto, no começo da formação da indústria de energia elétrica no mundo, as empresas de geração e distribuição eram locais e de capital privado, não sendo praticamente regulamentadas. O setor elétrico brasileiro apresentava intervenção estatal restrita até a década de 30. A regulamentação da atividade elétrica era feita por meio de contratos de prestação de serviços na área de geração de energia elétrica. No entanto, dado o crescimento desordenado e o caráter privado, local e descentralizado da indústria de energia até então, havia um "descompasso entre demanda e oferta de energia elétrica, falta de uma coordenação dos agentes econômicos, diferenças entre os diversos segmentos da indústria de energia elétrica, regionalização da energia com a formação de "ilhas elétricas" espalhadas e não interconectadas e ótica divergente das autoridades públicas e privadas sobre seus papéis na participação e comando da energia elétrica do país" (MALAGUTI, 2009). Não havia uma regulamentação estabelecida nem um modelo tarifário.

A partir da década de 30, com o questionamento do liberalismo econômico, houve a entrada do poder público nos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia se tornou muito comum em vários países. A implantação do Código de Águas, de 1934 marcou a efetiva entrada do Estado no setor e uma primeira tentativa de regular o estabelecimento das tarifas de energia elétrica. O regime tarifário brasileiro passou a ser o de **custo de serviço**, também denominado **taxa de retorno**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Esse método de regulação tarifária é tido como de risco baixo para o investidor, uma vez que o órgão regulador assegura a taxa de retorno para a firma regulada, ou seja, seus custos são repassados para o consumidor. Há poucos riscos para as empresas prestadoras de serviços. No entanto, o incentivo à eficiência só existe se o mercado em que a empresa está inserida for competitivo.

O Estado tinha participação direta na indústria de energia elétrica através da construção de empresas estatais na área de geração, aumentando, por conseguinte, a oferta de energia elétrica. Paralelamente, houve um esforço também de promover a interligação dos setores elétricos em âmbito nacional. A criação da Eletrobrás, em 1962, possibilitou "a integração do setor elétrico brasileiro em âmbito nacional e maior participação das empresas públicas no setor, ao mesmo tempo em que gerou um novo modelo para estruturar e operar a indústria de energia elétrica brasileira" (MALAGUTI, 2009). Da criação da Eletrobrás até o início da década de 90, o setor de energia foi nitidamente marcado pela intervenção estatal.

No entanto, já na década de 70, as fraquezas do monopólio estatal sobre o setor elétrico se tornaram evidentes, o que forçou a reestruturação da indústria de energia elétrica em várias partes do mundo (MALAGUTI, 2009). A crise dos anos 70, marcada pelas altas taxas de juros internacionais e o preço elevado do barril de petróleo, aflorou as deficiências da estrutura do setor energético brasileiro. Os custos em elevação, a diminuição dos investimentos em infra-estrutura e a elevação das dívidas das empresas brasileiras de energia elétrica foram os sinais mais claros desse enfraquecimento. Diante desse cenário, tornou-se evidente a constatação de que eram necessários maior estímulo à concorrência, maiores investimentos e menor intervencionismo estatal.

A década de 90 foi marcada pelo PND (Plano Nacional de Desestatização) e pela privatização do setor elétrico brasileiro, com o fim das empresas estatais e com a extinção do regime de custo de serviço. Nessa década, foram aprovadas a Lei de Concessões, que possibilitou a entrada de mais capital no setor, incentivando a competitividade, e a Lei de Conversão das Concessões Elétricas, que estabeleceu regras para o livre acesso no sistema de transmissão e a regulamentação da figura do produtor independente de energia.

Dada as características oligopólicas do setor, a necessidade da regulação dessa indústria pelo Estado se tornou evidente. Aliás, esse oligopólio natural do setor é dicotômico: ele normalmente garante uma maior eficiência na produção energética, mas pode ser utilizado de maneira abusiva pelas empresas para a maximização dos lucros. Coube ao Estado então encontrar a medida justa entre intervencionismo e livre ação do mercado, não inibindo investimentos na área e garantindo qualidade mínima na prestação dos serviços. A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), criada em 1997, foi, e ainda é, o instrumento de atuação do Estado na regulação do setor.

O setor elétrico no mundo e também no Brasil é caracterizado pela existência de uma ou poucas empresas que dominam o mercado de distribuição, de geração ou de transmissão de energia elétrica. Com isso, esses tipos de mercados geram falhas que precisam ser extintas ou controladas como externalidades positivas ou negativas, informações assimétricas ou poder de mercado, influenciando nos preços e nas quantidades ofertadas pela indústria de suprimento de energia elétrica. Logo, o principal mecanismo para minimizar os problemas gerados por monopólios ou oligopólios é a regulação desses mercados (MALAGUTI, 2009).

Antes mesmo da criação da ANEEL, a regulação de preços passou a ser feita pelo regime de **price cap**, ou **preço-teto**<sup>2</sup>. Além da ANEEL, outros dois órgãos foram criados para dar suporte para as atividades do setor elétrico. O primeiro foi o ONS (Operador Nacional do Sistema), em 1998, responsável pela coordenação da operação, transmissão e geração de energia, de modo a otimizar a utilização das estruturas existentes. O segundo foi o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), em 2000, responsável pelo gerenciamento de contratos bilaterais de longo prazo e pela liquidação das operações de compra e venda de energia no curto prazo (PINTO, 2008), que foi posteriormente substituído pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Mais tarde, a criação da Empresa de Planejamento Energético, que elabora os planos decenais de expansão da geração e da transmissão, e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico vieram completar o conjunto de órgãos estatais que cuidam da regulação, planejamento e fiscalização do setor energético brasileiro.

O processo de privatização relatado no parágrafo anterior não veio sem críticas ou problemas. Enquanto o novo modelo regulatório era ainda discutido e os limites entre o ONS e o MAE eram determinados, diversas companhias de energia elétrica foram privatizadas. Logo, houve "sérios problemas de sequenciamento nas reformas do setor elétrico. A qualidade da regulação do setor foi prejudicada por esse problema, com as regras e instituições reguladoras sendo lentamente estabelecidas e tendo de se compatibilizar com os variados contratos de concessão assinados à época da privatização de cada empresa, dificultando a atuação e diminuindo o prestígio da agência reguladora aos olhos do público em geral (PINHEIRO, 2005).

Outro aspecto relevante do processo de privatização das companhias brasileiras é que a privatização atingiu, primeiramente, as empresas de distribuição de energia, ramo no qual as privatizações foram bem-sucedidas. No entanto, a separação das atividades de geração e transmissão foram incompletas e nesses ramos a privatização foi parcial. Esse passo era crucial para implementar um mercado mais competitivo. Segundo Pinheiro (2005), o domínio das estatais na geração de eletricidade complicava a regulação, pois mantinha o Estado ao mesmo tempo como regulador e concessionário, criando conflitos de interesse que aumentam os riscos regulatórios do ponto de vista do investidor privado.

## 4.2 Revisão tarifária no setor elétrico brasileiro

Vimos na seção anterior que o Brasil, atualmente, adota um modelo de regime regulatório, no qual um órgão regulador independente, a ANEEL, coordena a dinâmica do setor, assegurando um bom equilíbrio entre consumidores, investidores e governo. Entende-se equilíbrio nesse caso

<sup>2</sup> Nessa forma de regulação, os riscos para os investidores são maiores. Nesse modelo, o órgão regulador estuda a estrutura de custos da empresa e repassa de forma reduzida para a sociedade, através do "Fator X", de maneira que a empresa concessionária necessita se tornar eficiente para se adequar à estrutura de custos contemplada na tarifa e obter lucros. Dessa forma, o regime *price cap* é visto como mais arriscado porque o ganho da empresa está atrelado à sua capacidade gerencial e qualquer erro de apuração, por parte da entidade reguladora, só poderá ser corrigido num próximo ciclo de revisão tarifária.

Figura 5: Receita anual ajustada da concessionária



Fonte: <http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>. Acesso em 24/10/2016

Nota: Em IPGP-M, leia-se IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado)

como a conjunção de três fatores: tarifas razoáveis e prestação de serviço de qualidade para os clientes, remuneração satisfatória do capital para os investidores e expansão sustentável dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia.

Nos processos periódicos de revisão tarifária, a ANEEL estabelece o preço a ser pago pelo serviço prestado. Como já citamos, duas formas básicas de tarifação podem ser adotadas - a por taxa de retorno e a por preço-teto - sendo esta a metodologia atualmente aplicada.

A receita anual ajustada de cada concessionária distribuidora é calculada da seguinte maneira:

A Parcela A envolve os custos incorridos pela distribuidora relacionados às atividades de geração e transmissão, além de encargos setoriais previstos em legislação específica. Trata-se de custos cujos montantes e preços, em certa medida, escapam à vontade ou gestão da distribuidora. Essa parcela, que não está sob o controle da gestão da concessionária, é ajustada normalmente pelo índice de inflação.

A Parcela B representa os custos diretamente gerenciáveis pela distribuidora e é composta dos custos operacionais, pela remuneração de capital e pela cota de depreciação. A cada revisão tarifária (de 4 em 4 anos), são os custos da parcela B que são revisados. No período entre a revisões, a Parcela B é atualizada anualmente pelo índice de correção subtraído de um fator de eficiência chamado fator X. O fator X é uma medida da eficiência da gestão da concessionária, de modo que essa produtividade é repassada ao consumidor pela tarifa.

Como vimos, fazem parte da metodologia o cálculo e a definição do custo de capital a ser remunerado pelos consumidores. No caso de um modelo de regulação do tipo preço-teto, a apuração inconsistente do custo de capital pelo órgão regulador pode trazer consequências indesejadas que vão desde a degradação da prestação de serviços até o entesouramento indevido de recursos por parte das empresas e seus acionistas:

De fato, é essencial que a taxa de retorno seja definida em um nível apropriado, que reflita o risco do ambiente regulado. Estimar uma taxa de retorno abaixo do custo de fundos do mercado pode tornar o investimento em novas plantas (ou até mesmo na expansão das redes) pouco atraente para os investidores do setor

regulado. Tal fato pode ainda gerar maior pressão sobre o negócio, levando os investimentos para níveis abaixo do ótimo e à consequente degradação da qualidade do serviço. Por outro lado, se a taxa de retorno é estimada considerando um risco maior do que o realmente verificado, o negócio regulado irá se apropriar de uma taxa maior do que o custo de capital adequado. Isso acarretaria uma distorção dos sinais de preço, tanto para consumidores como para investidores, resultando em subalocação dos recursos e níveis de eficiência produtiva abaixo do nível ótimo. Em adição, a distorção de preços afeta de forma adversa a competitividade dos negócios que dependem do serviço regulado (CAMACHO, 2004).

### 4.3 O CAPM e WACC no processo de revisão tarifária do setor elétrico brasileiro

O cálculo da taxa de remuneração das concessionárias de distribuição de energia elétrica feito pela ANEEL passa pela estimativa do cálculo da taxa de retorno requerida pelos acionistas (custo do capital próprio), da taxa de retorno requerida pelos terceiros (custo do capital de terceiros) e da estrutura alvo de capital (percentual de capital próprio e percentual de capital de terceiros), refletindo o custo médio das diferentes alternativas de financiamento disponíveis. Esse custo médio ponderado de capital é denominado WACC, do inglês *Weighted Average Cost of Capital* e pode ser resumido da seguinte forma:

$$WACC = \frac{P}{P + D}k_P + \frac{D}{P + D}k_D(1 - T) \quad (4.1)$$

onde  $P$  é o capital próprio,  $D$  é o capital de terceiros ou dívidas,  $T$  é a alíquota tributária,  $k_P$  é o custo de capital próprio e  $k_D$  é o custo do capital de terceiros.

Observa-se que, para a determinação do WACC, é preciso saber o custo de capital próprio e o custo do capital de terceiros. O custo do capital de terceiros é dado  $k_D = R_f + R_C$ , onde  $R_f$  é a taxa de retorno do ativo livre de risco e  $R_C$  é o risco de crédito da concessionária. Para a estimativa do custo de capital próprio, utiliza-se o CAPM:  $k_P = R_f + \beta(R_m - R_f)$ .

Os parâmetros utilizados para o cálculo do custo de capital são determinados pela ANEEL em sua nota técnica (ANEEL, 2015):

20. Partindo dessa simplificação a ANEEL tem adotado a estimativa do modelo CAPM utilizando como mercado de referência os Estados Unidos, notadamente o índice S&P 500. O desempenho desse índice é comparado com as ações de empresas americanas que atuam majoritariamente nas atividades transmissão e distribuição de energia elétrica para aferição do beta.

21. Completam o cálculo a escolha da taxa embutida nos títulos do tesouro norte-americano com vencimento de dez anos (USBT10), como parâmetro livre de risco, e a incorporação de um prêmio de risco soberano da economia Brasileira, medido pelo diferencial (*spread*) das taxas de juros dos títulos públicos brasileiros em relação aos títulos americanos de duração equivalente, conforme calculado pelo JP Morgan no Emerging Market Bonds Index + Brazil (EMBI+BR).

Ainda em sua norma técnica, a ANEEL justifica a sua escolha pelo mercado americano como mercado de referência. Como principais argumentos, a ANEEL cita

(i) a concentração dos índices representativos do mercado acionário brasileiro em poucas atividades; (ii) a grande dependência do mercado acionário brasileiro em relação ao capital estrangeiro, gerando excessiva volatilidade a alterações exógenas à economia brasileira; (iii) a existência de longos períodos dentro do histórico disponível em que o mercado de ações nacional apresentou desempenho inferior às taxas de remuneração de títulos públicos emitidos pelo governo [...] (ANEEL, 2015)

Lembremos que [Sanvicente et al. \(2012\)](#) questiona a metodologia da ANEEL, que também é adotada pela ANTT para a determinação do custo de capital próprio. Seriam suas conclusões a respeito da aplicação do método corretas? Dada a importância do CAPM no cálculo do custo de capital próprio e, consequentemente, no processo de revisão tarifária, o objetivo da sequência do trabalho é examinar, utilizando dados históricos e aplicando empiricamente o CAPM, até ponto a metodologia de cálculo proposta pela ANEEL reflete de fato a remuneração de capital exigida pelos investidores.

# 5 Metodologia para a análise dos retornos de ações de empresas do setor elétrico brasileiro

Da revisão de literatura realizada na primeira parte do trabalho, constata-se que a utilização do CAPM para análise e previsão dos retornos de ativos deve ser feita com muita cautela. Para que sua validade seja atestada ou rejeitada no caso de ativos do setor brasileiro de energia, uma metodologia criteriosa e detalhada deve ser adotada.

## 5.1 Modelo econométrico

O modelo econométrico utilizado será o apresentado por Fama e MacBeth em ([FAMA; MACBETH, 1973](#)), que se caracteriza por uma regressão em dois passos, utilizando dados em painel, e que testa o prêmio pelo risco associado ao beta de mercado. O método proposto tem algumas vantagens que o tornam especialmente interessante para este trabalho: é um modelo relativamente simples de ser testado, possui interpretação econômica clara e, segundo os próprios autores, o teste é robusto para a presença de autocorrelação entre os resíduos da regressão transversal. [Fama, French et al. \(2004\)](#) citam que o método de Fama e MacBeth se tornou padrão na literatura:

Em vez de se estimar uma única regressão de secção transversal dos retornos médios mensais sobre os betas, estimam-se mês a mês regressões transversais dos retornos mensais sobre os betas. A média da série temporal de coeficientes angulares e interceptos juntamente com os desvios-padrão das médias são então usados para testar se o prêmio médio para o beta é positivo e se o retorno médio sobre ativos não correlacionados com o mercado é igual à taxa de juros livre de risco. Nesta abordagem, os desvios-padrão da média dos coeficientes angulares e dos interceptos são determinados pela variação de mês a mês dos coeficientes da regressão, o que capta totalmente os efeitos de correlação residual sobre a variação nos coeficientes de regressão, mas evita o problema de realmente estimar as correlações. As correlações residuais são, com efeito, capturadas através de amostragem repetida dos coeficientes de regressão. Esta abordagem também se tornou padrão na literatura ([FAMA; FRENCH et al., 2004](#)).

De maneira mais precisa, para validar a utilização do CAPM na previsão dos retornos de ações do setor de energia elétrica, utilizaremos a seguinte versão do modelo de regressão, baseado da versão tradicional do CAPM (o CAPM de Sharpe-Lintner):

$$R_i = \lambda_0 + \lambda_1 \beta_i + u_i \quad (5.1)$$

onde  $R_i$  é o prêmio pelo risco do ativo  $i$ ,  $\beta_i$  é o beta de mercado do ativo  $i$ ,  $\lambda_0$  e  $\lambda_1$  são as constantes a serem estimadas pelo modelo de regressão e  $u_i$  é o resíduo da regressão. Espera-se, pelo modelo teórico de Sharpe-Lintner, que  $\lambda_0$  seja nulo, visto que para um ativo de beta igual a 0 (ativo livre de risco), o prêmio pelo risco é nulo. Por sua vez, espera-se que  $\lambda_1$  seja positivo e estatisticamente significante, visto que esse parâmetro deveria representar, pelo modelo, o retorno esperado da carteira de mercado além da taxa livre de risco. Aqui, vale levantar um ponto de atenção: a relação prevista pelo modelo teórico seria válida para retornos ex-ante (retornos esperados). No entanto, para que a validação empírica do modelo seja possível, utilizam-se, na regressão, os retornos *ex-post* (retornos realizados) como *proxies* para os retornos ex-ante. Tal suposição é padrão na literatura do CAPM, ainda que pouco mencionada na maioria dos trabalhos, e justificada pela hipótese das expectativas racionais dos agentes econômicos (MUTH, 1961), que garante que  $R_i = \mathbb{E}[R_i] + u_i$ , sendo  $u_i$  um resíduo aleatório de esperança nula.

Como citado anteriormente, a regressão é realizada em dois estágios. O primeiro estágio é necessário para a determinação do beta de mercado de cada ativo ( $\beta_i$ ), através de uma regressão de série temporal para cada ativo que constitui a amostra:

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_i R_{M,t} + u_{i,t} \quad (5.2)$$

onde  $R_{i,t}$  é o prêmio pelo risco do ativo  $i$  em  $t$ ,  $R_{M,t}$  é o prêmio pelo risco da carteira de mercado,  $\beta_i$  é o beta de mercado do ativo  $i$  a ser estimado pela regressão,  $\alpha_i$  é o termo de intercepto da regressão de série temporal e  $u_i$  é o resíduo da regressão. Aqui também deve-se ter uma atenção particular: ao estimarmos os betas de mercado dos ativos, podemos introduzir um erro de medida na regressão. Os resultados obtidos para os betas devem ser explorados com cautela. Uma abordagem comum na literatura para mitigar esse problema é trabalhar com portfólios em vez de ativos individuais, reunindo numa mesma carteira ativos de beta semelhante. Essa solução não será explorada aqui, visto que a quantidade de ativos da amostra é reduzida, como veremos adiante. Além disso, por trabalhar-se apenas com ativos de um setor específico da economia, é bastante provável que os betas sejam próximos entre si; nesse caso, reunir ativos em portfólios reduziria o poder estatístico do modelo. Outro ponto de atenção é com relação aos betas: a regressão 5.2 confere um caráter estático aos betas dos ativos, ou seja, prevê a realização de uma única regressão, para cada ativo, com todos os dados do período e estimando um único beta para o período todo. Esse beta pode não captar corretamente o risco de mercado do ativo durante o período. Pinto (2008), em seu estudo sobre a utilização do coeficiente beta no setor energético brasileiro, relata que em certos períodos, os betas de algumas ações do setor de energia sofreram fortes variações. Um teste de presença quebra estrutural, como o teste de Chow, por exemplo, poderia ajudar a captar uma mudança do beta para um determinado ativo. Uma análise prévia das séries temporais de cada ativo será feita e através de uma investigação das mudanças de padrão na série de retornos históricos, os pontos de quebra estrutural serão determinados. Encontradas quebras estruturais na série de retornos de um ativo, a amostra será

subdividida em um ou mais subconjuntos, que terão betas calculados independentemente.

De posse dos betas estimados para cada ativo, realiza-se o segundo estágio do método: uma série de regressões transversais, descritas pelo modelo 5.1, em número igual à quantidade de períodos da amostra. Os fatores  $\lambda_0$  e  $\lambda_1$  são determinados pela média (e desvios-padrão) dos valores de  $\lambda_{0,t}$  e  $\lambda_{1,t}$  obtidos para cada período  $t$ . Como já citado, nessa abordagem, as correlações entre os resíduos são captadas "por meio da amostragem reiterada dos coeficientes de regressão" (FAMA; FRENCH, 1992).

A fim de controlar a qualidade das regressões e evitar a obtenção de regressões espúrias, ou seja, sem significado econômico válido, vamos atestar se as séries temporais para cada ativo são estacionárias ou não aplicando o teste de Dickey-Fuller Aumentado.

Lettau e Ludvigson (2001 apud KIRCH; SOARES-TERRA; WICKSTROM-ALVES, 2008, p. 1254) apontam para as vantagens da utilização do método de Fama e MacBeth (1973) em amostras com um conjunto pequeno de dados de série temporal 5.2 e um conjunto razoável de observações transversais 5.1. Como veremos adiante, a amostra selecionada possui essas características.

Ainda que métodos mais complexos e robustos tenham sido utilizados em diversos trabalhos, optou-se pelo método de regressão em dois estágios por causa da relação entre a facilidade de implementação e análise dos resultados e a robustez do modelo econométrico.

## 5.2 Hipóteses testadas

Para validar a aderência do modelo CAPM aos dados das ações do setor brasileiro de energia elétrica, precisamos testar se as hipóteses que surgem naturalmente do modelo CAPM são ou não confirmadas pelo modelo econômétrico proposto no trabalho.

O modelo 5.1 realiza um teste sobre o prêmio do risco de mercado ( $\lambda_1$ ), ou seja, o retorno adicional à taxa de juros livre de risco da carteira de mercado, cujo beta é unitário. O modelo prevê que o prêmio de mercado seja positivo e estatisticamente significante. O fator  $\lambda_1$  é a inclinação da linha de mercado de títulos, que representa graficamente a relação linear entre risco (dado pelo beta do ativo no eixo horizontal) e retorno médio do ativo (no eixo vertical). Dessa previsão do modelo, constrói-se o teste estatístico:

Primeira hipótese nula: não há relação estatística significante (e positiva) entre o prêmio pelo risco do ativo e seu beta, ou seja

$$H_{1,0} : \lambda_1 = 0 \quad (5.3)$$

Segunda hipótese alternativa: há uma relação estatística positiva entre o prêmio pelo risco do ativo e seu beta, ou seja

$$H_{1,1} : \lambda_1 > 0 \quad (5.4)$$

O modelo de Sharpe-Linter do CAPM ainda prevê que, se todos os agentes econômicos podem emprestar ou tomar emprestado à uma taxa de juros livre de risco, o intercepto da regressão 5.1, dado por  $\lambda_0$ , deveria ser nulo. Nossa segundo teste apresenta-se da seguinte forma:

Segunda hipótese nula: há uma taxa de juros livre de risco na economia com a qual os indivíduos são capazes de emprestar e tomar emprestado livremente, ou seja:

$$H_{2,0} : \lambda_0 = 0 \quad (5.5)$$

Segunda hipótese alternativa: não há uma taxa de juros livre de risco na economia, ou seja:

$$H_{2,1} : \lambda_0 \neq 0 \quad (5.6)$$

Deve-se notar que somente o primeiro conjunto de hipóteses tem o poder de validar (ou não rejeitar), de fato, o CAPM. O segundo teste tem apenas o poder de rejeitar a versão Sharpe-Lintner do CAPM. Caso o primeiro teste confirme a linearidade esperada entre o beta e o prêmio pelo risco e caso  $\lambda_0$  seja diferente de zero no segundo teste, tem-se um indício da validade da versão Black do CAPM, que não impõe que o retorno dos ativos de beta nulo (ativos livre de risco) seja igual à taxa de juros livre de risco (apenas exige que ele seja menor que o retorno do mercado).

### 5.3 Definição da amostra

A definição da amostra corresponde a uma parte muito importante para a aplicação do CAPM. Como já constatado na revisão realizada, a frequência e completude dos dados podem alterar substancialmente os resultados obtidos. A maior parte dos estudos preza pela utilização de ativos que possuem séries de retornos completas e exclui do conjunto amostral ativos que não possuem liquidez. Entretanto, a exclusão de ativos relativamente ilíquidos ou com dados incompletos das amostras leva ao bastante citado **viés de sobrevivência**. A grande contrariedade dessa questão é o fato de que ativos pouco negociados estão muitas vezes sujeitos a problemas assimetria de informação e a problemas de precificação que podem levar a conclusões errôneas a respeito da validade do modelo CAPM na análise dos retornos. Certos estudos apontam que "talvez haja um componente sistemático ao risco da liquidez que afeta a taxa de retorno de equilíbrio e, consequentemente, a relação retorno esperado – beta" (BODIE; KANE; MARCUS, 2014) e que não é captada pelo CAPM tradicional. Como lidar com essas questões e obter resultados consistentes?

A frequência escolhida para o intervalo entre os retornos terá efeitos diversos dependendo da versão do CAPM escolhida. Nos trabalhos constantes da revisão da literatura, a frequência dos dados é bastante diversificada, não existindo uma unanimidade nessa escolha. Ainda, poucos são os trabalhos que justificam a frequência de dados escolhida. Kirch, Soares-Terra e Wickstrom-Alves (2008) alegam que "o uso de intervalos mais longos é preferível ao se testar o CCAPM",

recomendando séries de dados anuais. [Bortoluzzo, Minardi e Passos \(2014\)](#) analisaram a relação prevista pelo CAPM em diferentes escalas de tempo e concluíram que uma escala temporal mais breve oferece melhores resultados no caso do mercado brasileiro, ainda que a validade do CAPM não tivesse sido atestada nesse estudo. De acordo com a dissertação de [Pinto \(2008\)](#), "necessita-se tomar o cuidado de escolher um período não muito longo, de modo que o beta obtido reflita a condição atual. Por outro lado, há que se ponderar e não escolher intervalos muito curtos, pois a quantidade de dados pode não ser significativa".

Optou-se por utilizar, neste trabalho, uma frequência mensal de dados. O autor acredita que essa escolha traz o melhor custo-benefício entre as escolhas possíveis de escala de tempo e permite a inclusão de ativos minimamente líquidos no conjunto amostral. Uma escala de tempo mais curta forçaria a exclusão de ativos que possuem certa liquidez, mas que não possuiriam assim dados suficientes para serem analisados. Outro aspecto importante é que dados amostrados em alta frequência poderiam carregar flutuações temporárias que comprometeriam os resultados obtidos (ressalta-se aqui o caráter mais volátil do mercado brasileiro quando comparado ao mercado norte-americano). A validação com uma escala de tempo mais longa exigiria um período maior de análise, a fim de que a quantidade de dados utilizada fosse satisfatória para a validação do modelo. Infelizmente, no caso do mercado brasileiro, há uma grande dificuldade em se encontrar dados confiáveis para testes em períodos muito longos, o que justifica, mais uma vez, a utilização da frequência mensal de retornos.

Neste estudo, abordaremos testes com ações de empresas que atuam no setor brasileiro de energia elétrica e que são negociadas atualmente na BM&FBovespa. A classificação setorial de empresas e fundos negociados na BM&FBovespa, cuja última atualização está em vigência desde 01/09/2016, agrupa as empresas passíveis de serem representadas neste trabalho no setor de Utilidade Pública e, mais especificamente, no subsetor Energia Elétrica.

Os ativos serão estudados durante um período de 16 anos, compreendendo os retornos mensais anualizados de janeiro de 2000 a janeiro de 2016, totalizando um máximo de 196 observações na série temporal de cada ação. Para minimizar o efeito do viés de sobrevivência e o efeito da liquidez na análise de retornos, serão consideradas todas as ações que possuem, ao menos, 120 observações na série temporal (o que permitirá incluir ativos que começaram a ser negociados no mercado mais recentemente). Serão eliminadas as ações que se apresentarem sem negociação por mais de 15 dias consecutivos pelo menos três vezes durante o período do estudo, ou as que se apresentarem sem negociação por mais de 30 dias.

## 5.4 Obtenção dos dados necessários

A fim de realizar os testes para a validação do modelo, os seguintes dados são necessários: os retornos das ações, a taxa de retorno dos ativos livre de risco e a carteira de mercado teórica.

### Retornos das ações

As séries de cotações das ações serão obtidas diretamente no site da BM&FBovespa. Os retornos mensais serão calculados através da seguinte fórmula:

$$R_{i,t} = \ln \left( \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (5.7)$$

onde  $R_{i,t}$  é o retorno do ativo  $i$  no mês  $t$ ,  $P_{i,t}$  é o preço de fechamento do ativo  $i$  no primeiro dia útil do mês  $t$  e  $P_{i,t-1}$  é o preço de fechamento do ativo  $i$  no primeiro dia útil do mês anterior. O retorno logarítmico tem a propriedade de ser somável no tempo, o que facilita a análise dos resultados:

$$\sum_{t=1}^N R_{i,t} = \ln \left( \frac{P_{i,N}}{P_{i,0}} \right) \quad (5.8)$$

### Taxa de retorno dos ativos livre de risco

A *proxy* utilizada para a taxa de juros livre de risco será, a princípio, a taxa SELIC, que é a taxa básica de juros da economia e serve de referência para o cálculo de outras taxas de juros.

Aliás, a escolha da *proxy* para a taxa de juros livre de risco no Brasil é bastante controversa. As representantes mais utilizadas nos diversos estudos sobre mercado brasileiro são a SELIC e o CDI, mas outra representante possível é a taxa da caderneta de poupança. Enquanto o CDI e o SELIC possuem características similares, em termos de média e volatilidade, a caderneta de poupança possui um retorno médio bastante inferior ao retorno do CDI / SELIC. Tal fato suscita a questão levantada no estudo de [Silveira, Famá e Barros \(2002\)](#) de que pode existir na economia brasileira taxas "com características similares em termos de risco mas com retornos médios muito diferentes mesmo no longo prazo", o que abre margem a discussões sobre a validade das hipóteses utilizadas nas teorias modernas de Finanças.

Nesse trabalho, escolheu-se a SELIC pelo fato de que esta apresenta um valor médio mais condizente com o esperado para a taxa de juros livre de risco, se comparado à caderneta de poupança [Silveira, Famá e Barros \(2002\)](#), além de ser uma taxa utilizada em títulos públicos emitidos pelo Tesouro Nacional, o que é considerado aqui uma garantia de menor risco (se comparado à títulos indexados ao CDI, que são emitidos por instituições financeiras privadas). A série histórica da taxa SELIC será obtida no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

### Carteira de mercado teórica

A primeira *proxy* de mercado pensada para a carteira de mercado foi o IBrX. Conceitualmente, o IBrX parece ser mais adequado do que o Ibovespa para a aplicação do CAPM. Além disso, poucos estudos utilizaram o IBrX como *proxy* de carteira de mercado, talvez porque sua criação seja mais recente: seu início data de janeiro de 1997. O Ibovespa, que é a carteira teórica mais utilizada nas aplicações e testes do CAPM, possui como principal critério de formação a liquidez. No IBrX, a liquidez também é um critério para a seleção das ações que a compõem,

mas, além disso, a carteira é ponderada pelo valor de mercado. Em suma, o IBrX é um indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade do mercado de ações brasileiros. Como a série de histórica de dados encontrada para o IBrX era menor que o período de estudo desejado, optou-se ficar com a opção da tradicional carteira Ibovespa, em vez de diminuir o período de estudo, que já é curto. Os dados para o Ibovespa foram obtidos no site da BM&FBovespa.

# 6 Apresentação e discussão dos resultados

## 6.1 Seleção dos ativos

Dado o procedimento para a determinação dos ativos a serem utilizados no teste empírico, 24 ações de diferentes empresas foram selecionadas para compor a amostra. As ações em questão aparecem na tabela 10. A tabela 11 mostra as empresas emissoras das ações utilizadas, bem como seu tipo, visto que uma mesma empresa pode emitir vários tipos de ação.

Tabela 10: Ações selecionadas para compor a amostra

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| AELP3 | CESP3 | CESP5 | CESP6 | CMIG3 | CMIG4 |
| COCE5 | CPFE3 | CPL3  | CPL6  | ELET3 | ELET6 |
| ELPL4 | EMAE4 | ENBR3 | ENGI4 | EQTL3 | GEPA4 |
| LIGT3 | REDE3 | REDE4 | TRPL3 | TRPL4 | EGIE3 |

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6.2 Estatísticas descritivas da amostra

A tabela 12 reúne as estatísticas descritivas das séries temporais das ações da tabela 10 e da certeira de mercado. Foram considerados os seguintes aspectos estatísticos: média, mediana, desvio-padrão, assimetria e curtose. Sabemos, por exemplo, que o CAPM tradicional adota como premissa a normalidade dos retornos. A análise das estatísticas descritivas nos fornece evidências do comportamento das séries temporais, nos esclarece a respeito da normalidade (ou não) da série de retornos e nos permite inferir sobre a qualidade das regressões posteriores. Todas as análises estatísticas e econôméticas doravante citadas foram feitas com o *software Gretl*.

Tabela 12: Estatística descritiva das ações da amostra

| Ação  | Média   | Mediana | Desvio | Assimetria | Curtose |
|-------|---------|---------|--------|------------|---------|
| AELP3 | 0,0027  | -0,0025 | 0,1549 | 1,2337     | 5,1512  |
| CESP3 | -0,0050 | -0,0016 | 0,1362 | -0,1249    | 3,2312  |
| CESP5 | 0,0039  | 0,0033  | 0,1309 | 0,1580     | 2,1607  |
| CESP6 | -0,0043 | 0,0129  | 0,1257 | -1,6942    | 4,5745  |
| CMIG3 | 0,0005  | 0,0056  | 0,0968 | -0,4600    | 0,5265  |
| CMIG4 | -0,0026 | 0,0066  | 0,0999 | -0,5246    | 0,3851  |
| COCE5 | 0,0018  | 0,0038  | 0,0900 | 0,0183     | 0,4913  |

Continuação na página seguinte

Tabela 12 – continuação da página anterior

| Ação  | Média    | Mediana  | Desvio  | Assimetria | Curtose |
|-------|----------|----------|---------|------------|---------|
| CPFE3 | 0,0045   | 0,0047   | 0,0697  | -0,1729    | 0,8422  |
| CPL3  | -0,0032  | -0,0014  | 0,1043  | -0,6772    | 2,4613  |
| CPL6  | -0,0026  | 0,0021   | 0,1019  | -0,3847    | 0,1979  |
| ELET3 | -0,0118  | -0,0286  | 0,1339  | 0,1952     | 0,7962  |
| ELET6 | -0,0090  | -0,0079  | 0,1261  | -0,2805    | 1,2109  |
| ELPL4 | -0,0174  | -0,0117  | 0,1396  | 0,2551     | 0,2874  |
| EMAE4 | -0,0056  | -0,0100  | 0,1233  | 0,0997     | 2,3128  |
| ENBR3 | 0,0020   | 0,0039   | 0,0805  | -0,2426    | 0,2326  |
| ENGI4 | 0,0104   | 0,0101   | 0,0927  | -0,0758    | 3,0210  |
| EQTL3 | 0,0030   | 0,0111   | 0,0846  | -1,0511    | 3,7444  |
| GEPA4 | -0,0018  | -0,0083  | 0,0616  | -0,5337    | 3,3773  |
| LIGT3 | -0,0206  | -0,0109  | 0,1474  | -0,5854    | 6,0395  |
| REDE3 | 0,0335   | -0,0064  | 0,1639  | 1,8501     | 7,4060  |
| REDE4 | 0,0349   | -0,0063  | 0,1863  | 1,0834     | 5,2386  |
| TRPL3 | 0,0141   | 0,0027   | 0,1014  | 0,4903     | 4,8700  |
| TRPL4 | 0,0066   | 0,0157   | 0,1075  | -0,2496    | 4,0858  |
| EGIE3 | 0,0039   | 0,0033   | 0,0968  | 0,1761     | 2,5302  |
| IBOV  | -0,00017 | -0,00304 | 0,07992 | -0,27014   | 0,05762 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: Na coluna desvio temos o desvio-padrão em torno da média; na coluna assimetria, temos uma medida da assimetria da distribuição dos dados em torno da média (uma distribuição perfeitamente simétrica possui assimetria nula); na coluna curtose, temos o excesso de curtose (achatamento) em relação à curtose da distribuição normal (uma distribuição de retornos normal possui excesso de curtose nulo). Vale lembrar que o valor absoluto da curtose da distribuição normal é 3.

Vemos que, apesar de a maior parte dos retornos terem média muito próxima de 0, a grande maioria dos retornos possui valores não desprezíveis de assimetria e curtose, o que nos levaria a supor a sua não-normalidade para a maioria dos casos. Para elucidar essa questão, aplicamos o teste de Jarque-Bera<sup>1</sup> nas séries de retornos. As únicas séries que não tiveram a hipótese da normalidade violada a 10% foram a COCE5 (0,376832), a ELPL4 (0,5183120, a ENBR3 (0,467551) e a carteira de mercado IBOV (0,30513). O teste rejeitou a 10% a normalidade nas séries CPFE3 (0,0971684) e CPL6 (0,0790711). O teste rejeitou a 5% a normalidade nas séries CMIG3 (0,0109202) e ELET3 (0,0423577). O teste rejeitou a normalidade a 1% no restante das séries. Em parênteses, foram apresentados os valores do p-valor de cada teste. É evidente o fato de que as séries com menores valores de assimetria e excesso de curtose foram as

<sup>1</sup> A hipótese nula do teste de Jarque-Bera é a normalidade da distribuição da variável.

Tabela 11: Empresas das ações selecionadas

| Ação  | Empresa                | Tipo |
|-------|------------------------|------|
| AELP3 | AES Elpa               | ON   |
| CESP3 | CESP                   | ON   |
| CESP5 | CESP                   | PNA  |
| CESP6 | CESP                   | PNB  |
| CMIG3 | Cemig                  | ON   |
| CMIG4 | Cemig                  | PN   |
| COCE5 | Coelce                 | PNA  |
| CPFE3 | CPFL Energia           | ON   |
| CPLE3 | Copel                  | ON   |
| CPLE6 | Copel                  | PNB  |
| ELET3 | Eletrobras             | ON   |
| ELET6 | Eletrobras             | PNB  |
| ELPL4 | AES Eletropaulo        | PN   |
| EMAE4 | Emae                   | PN   |
| ENBR3 | EDP Energias do Brasil | ON   |
| ENGI4 | Energisa               | PN   |
| EQTL3 | Equatorial             | ON   |
| GEPA4 | Duke Energy            | PN   |
| LIGT3 | Light                  | ON   |
| REDE3 | Rede Energia           | ON   |
| REDE4 | Rede Energia           | PN   |
| TRPL3 | CTEEP                  | ON   |
| TRPL4 | CTEEP                  | PN   |
| EGIE3 | ENGIE BRASIL           | ON   |

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: **ON**: ação ordinária nominativa, que proporciona participação nos resultados econômicos da empresa e confere a seu titular direito de voto em assembleia; **PN, PNA ou PNB**: ação preferencial nominativa que confere a seu detentor prioridade no recebimento de dividendos ou no reembolso de capital, no caso de dissolução da empresa, mas, em geral, não concede o direto a voto em assembleia

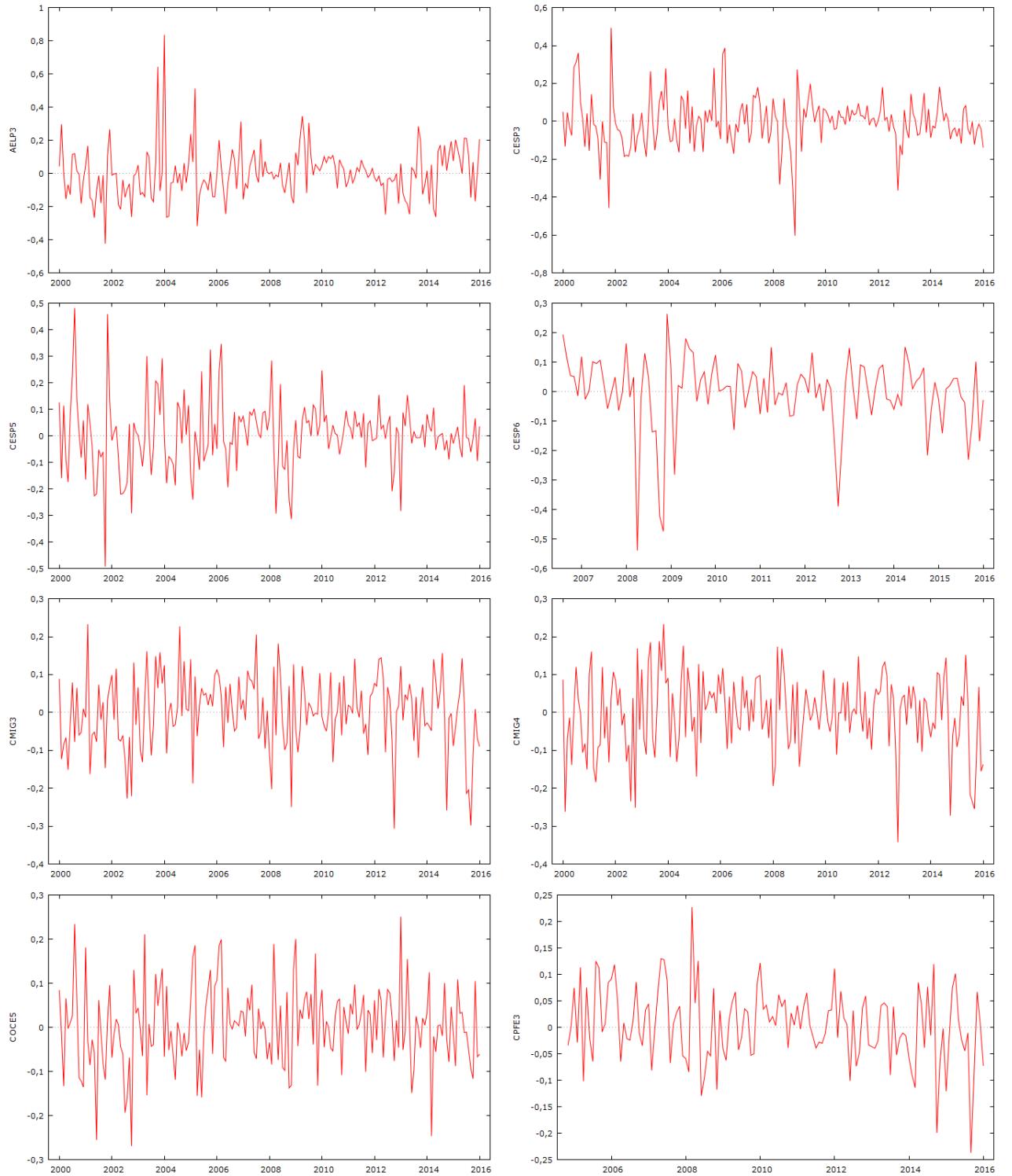
séries que não tiveram a hipótese de normalidade rejeitada. A atestação da não normalidade dos resíduos nos sugere cautela na análise das regressões.

Outra análise descritiva necessária antes da realização das regressões é a verificação da estacionariedade das séries temporais de retornos, através do teste de Dickey-Fuller Aumentado. A estacionariedade das séries temporais é uma condição necessária para a robustez da análise econômétrica que se segue. Caso uma série seja não-estacionária (também chamada série de raiz unitária), as estimativas dos parâmetros nas regressões de mínimos quadrados serão enviesadas e inconsistentes, ou seja, não terão sentido econômétrico algum. Todas as séries tiveram rejeitaram a hipótese nula de raiz unitária, ou seja, a condição de estacionariedade foi garantida.

As séries temporais dos retornos das ações são mostradas em 6.

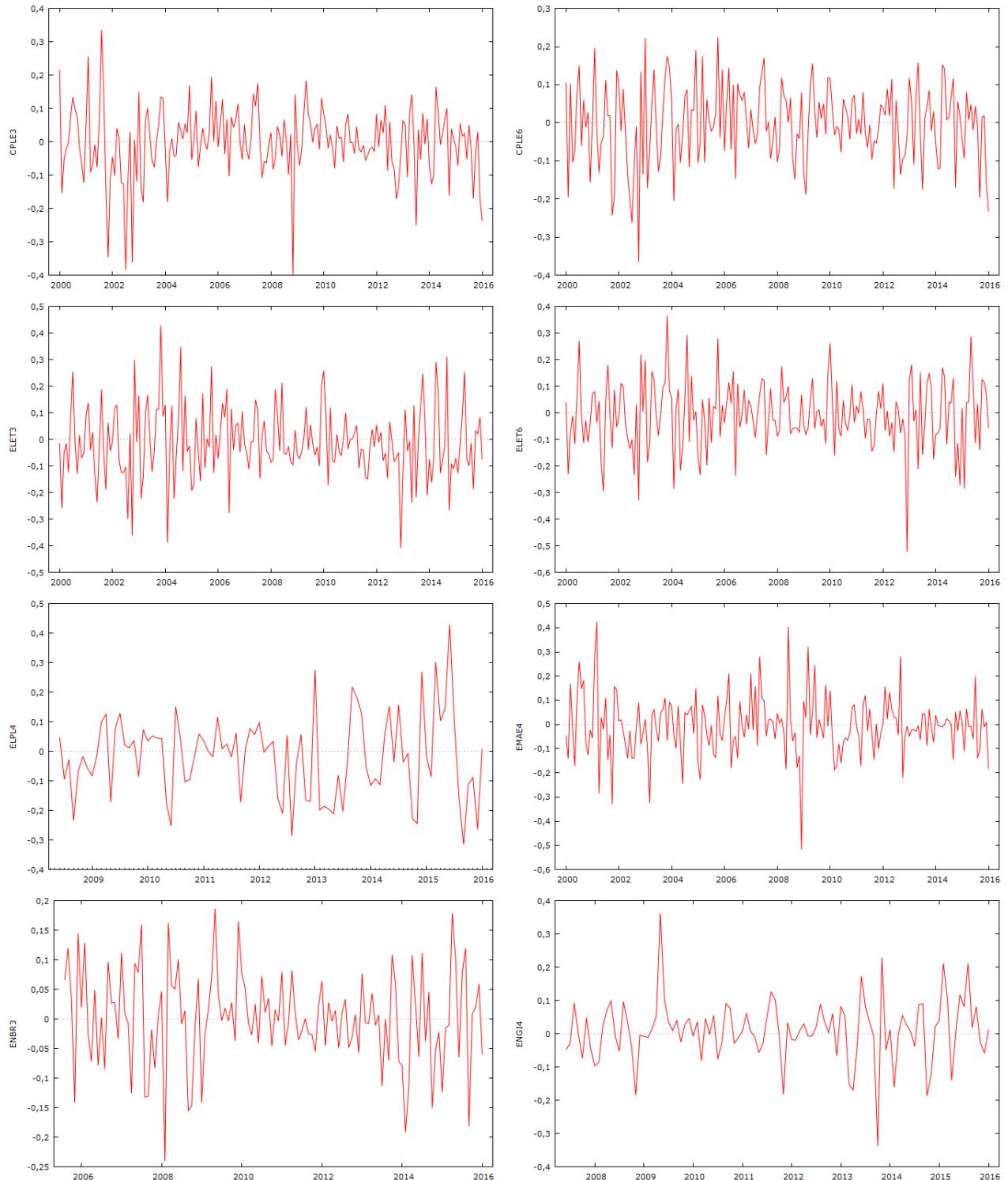
A série temporal da carteira de mercado está na figura 7.

Figura 6: Retornos mensais das ações das ações

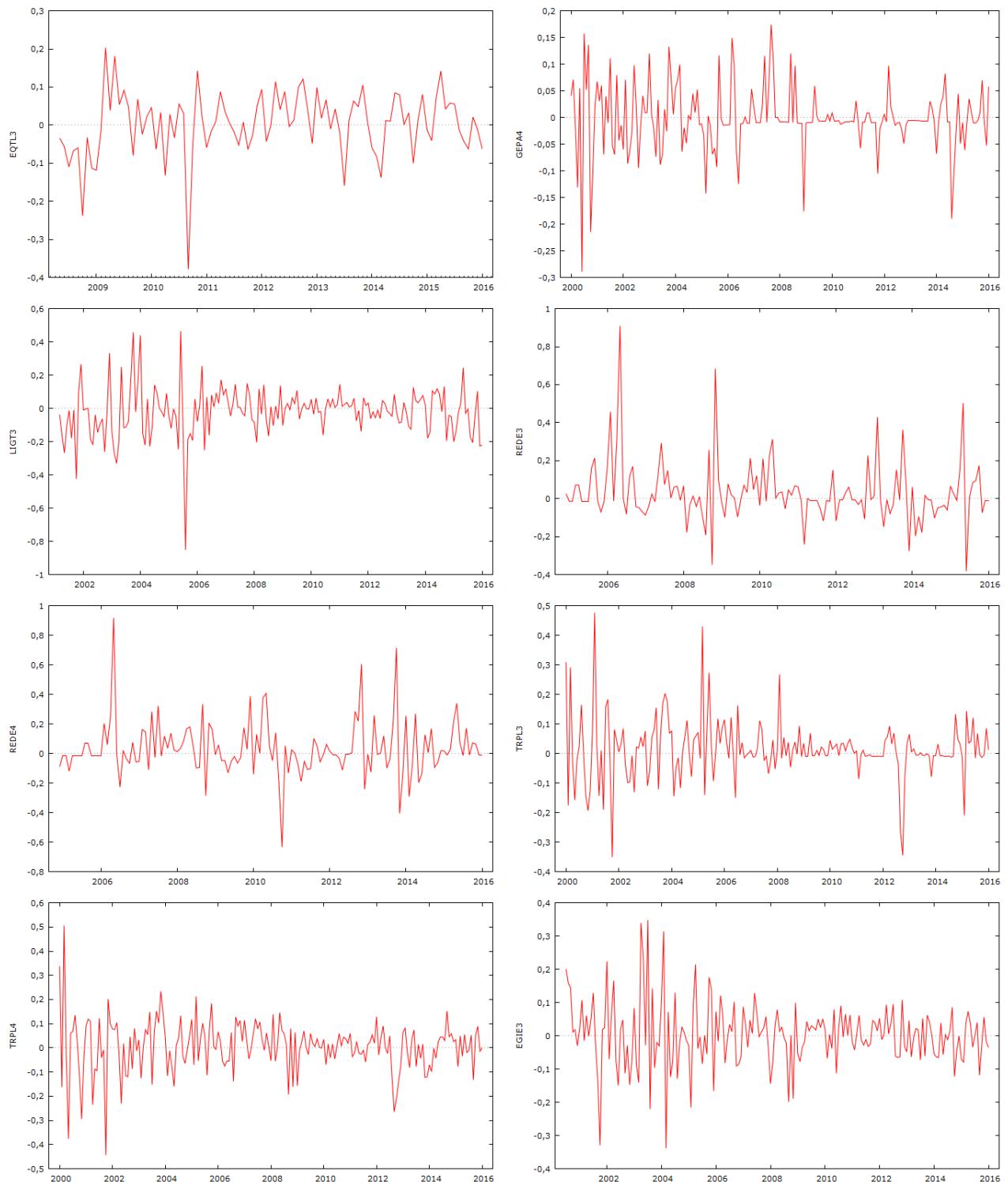


### 6.3 A obtenção dos betas das ações

O primeiro passo da regressão consistiu na realização de 24 regressões longitudinais, com até 192 dados cada, para a determinação dos betas de cada ação. As retas obtidas com a regressão dos prêmios dos ativos contra os prêmios de mercado é apresentada em 8.



A tabela 13 resume as estatísticas a respeito do primeiro passo da metodologia (a primeira regressão). Os valores nas colunas p-valor referem-se aos resultados do teste T. A coluna  $R^2$  é uma medida do ajuste do modelo aos dados reais.



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do *software* Gretl

Tabela 13: Resultados do primeiro passo da regressão

| Ação  | beta   | p-valor | const.      | p-valor | $R^2$    |
|-------|--------|---------|-------------|---------|----------|
| AELP3 | 0,6227 | 0,0000  | 0,0027812   | 0,8047  | 0,103171 |
| CESP3 | 0,8135 | 0,0000  | -0,00485787 | 0,5947  | 0,227755 |

Continuação na página seguinte

Tabela 13 – continuação da página anterior

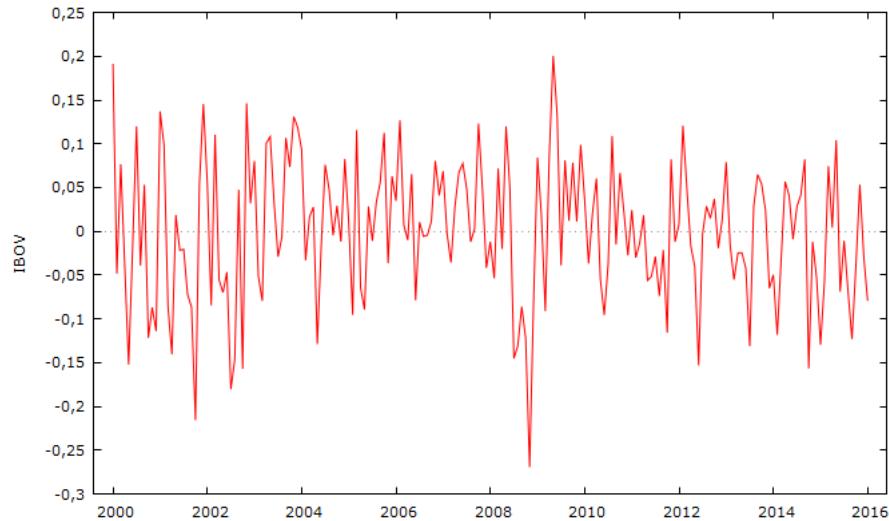
| Ação  | beta   | p-valor | const.      | p-valor | $R^2$    |
|-------|--------|---------|-------------|---------|----------|
| CESP5 | 0,7204 | 0,0000  | 0,0040551   | 0,6373  | 0,193362 |
| CESP6 | 0,7974 | 0,0000  | -0,00175719 | 0,8595  | 0,216847 |
| CMIG3 | 0,7238 | 0,0000  | 0,0006272   | 0,9218  | 0,356968 |
| CMIG4 | 0,7359 | 0,0000  | -0,00243106 | 0,7047  | 0,346720 |
| COCE5 | 0,4818 | 0,0000  | 0,0018383   | 0,7314  | 0,183226 |
| CPFE3 | 0,4851 | 0,0000  | 0,0045659   | 0,3505  | 0,253874 |
| CPL3  | 0,6670 | 0,0000  | -0,00303997 | 0,6674  | 0,261176 |
| CPL6  | 0,7721 | 0,0000  | -0,00246909 | 0,6506  | 0,366789 |
| ELET3 | 0,9063 | 0,0000  | -0,0116010  | 0,0995  | 0,292663 |
| ELET6 | 0,8234 | 0,0000  | -0,00890049 | 0,1875  | 0,272530 |
| ELPL4 | 0,5996 | 0,0024  | -0,0111356  | 0,4555  | 0,107424 |
| EMAE4 | 0,4925 | 0,0000  | -0,00551069 | 0,4699  | 0,101864 |
| ENBR3 | 0,5177 | 0,0000  | 0,0018822   | 0,7159  | 0,218529 |
| ENGI4 | 0,2368 | 0,1628  | 0,0118072   | 0,1584  | 0,037158 |
| EQTL3 | 0,3374 | 0,0007  | 0,0060419   | 0,4871  | 0,094556 |
| GEPA4 | 0,1124 | 0,0535  | -0,00173987 | 0,6702  | 0,021228 |
| LIGT3 | 0,8777 | 0,0000  | -0,0202008  | 0,0526  | 0,214047 |
| REDE3 | 0,2169 | 0,4906  | 0,0335298   | 0,0215  | 0,009251 |
| REDE4 | 0,3081 | 0,1456  | 0,0348511   | 0,0325  | 0,014447 |
| TRPL3 | 0,4523 | 0,0006  | 0,0141545   | 0,0320  | 0,127077 |
| TRPL4 | 0,6776 | 0,0000  | 0,0067258   | 0,3078  | 0,253594 |
| EGIE3 | 0,3686 | 0,0004  | 0,0040166   | 0,4774  | 0,090199 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Espera-se que o p-valor dos testes associados ao coeficiente beta sejam muito próximos de 0. Nesse caso, um p-valor próximo de 0 nos leva à conclusão de significância estatística do coeficiente beta e da relação de linearidade entre os prêmios de mercado e os prêmio das ações. Vemos que apenas ENGI4, REDE3 e REDE4 não possuem coeficientes beta estatisticamente significativos. Todas as outras ações possuem beta significante a 1%, exceto GEPA4, que é significante a 10%. Logo, no primeiro passo do método, obtivemos resultados bastante satisfatórios para os betas. No entanto, já sabemos que esses valores de beta podem carregar problemas alguns problemas estatísticos para o próximo passo do método econômétrico.

A coluna const. (constante) deveria ser estatisticamente nula para todas as ações, indicando que a relação  $R_i = \beta R_m$ , onde  $R_i$  e  $R_m$  são os prêmios do ativo e de mercado, respectivamente, é perfeitamente linear e não enviesada em todos os casos. Os resultados parecem confirmar essa relação, visto que as constantes foram muito pequenas ou não foram

Figura 7: Retorno do Ibovespa



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do software Gretl

estatisticamente significantes na maioria dos casos.

A coluna  $R^2$  varia entre 0 e 1 e indica o grau de adesão dos dados à reta de regressão obtida. Assume-se normalmente que quanto maior  $R^2$ , maior o poder de explicação da reta de regressão. No entanto, esse valor deve ser levado em consideração com cautela e observado sempre em conjunto com o gráfico dos resíduos da regressão, valores altos de  $R^2$  também não significam que o modelo válido. Valores baixos de  $R^2$  nem sempre indicam modelos mal-especificados; valores altos de  $R^2$  também não corroboram necessariamente a validade do modelo. Os valores de  $R^2$  obtidos para as regressões do primeiro passo raramente superaram 30%, mas a análise gráfica nos dá uma ideia da linearidade dos prêmios de mercado e dos prêmios das ações.

Outro dado interessante que pode ser obtido a partir das regressões realizados é o fato de que os betas das ações do setor de energia elétrica foram todos menores que 1. Esse fato é assumidamente conhecido no mercado: as ações das empresas do setor de energia elétrica são reconhecidas pelo seu beta conservador, ou seja, são ações que apresentam risco (e consequentemente retorno) abaixo dos do mercado.

## 6.4 O prêmio de mercado

Foram realizadas 192 regressões transversais a fim de determinar o prêmio de mercado brasileiro relativo ao setor de energia elétrica, como previsto no segundo passo do método apresentado na metodologia. O prêmio de mercado e a constante da regressão 5.1 foram determinadas a partir da média das inclinações e dos interceptos obtidos em cada uma regressões transversais efetuadas.

Para o teste das hipóteses levantadas na metodologia - 5.3 e 5.5 - utilizaremos a estatística T apresentada a seguir:

$$t = \frac{\lambda}{\frac{\sigma_\lambda}{\sqrt{T}}} \quad (6.1)$$

onde  $\lambda$  é a média das inclinações das regressões efetuadas ou a média dos interceptos obtidos nas regressões transversais,  $\sigma_\lambda$  é a variância das inclinações das regressões efetuadas ou a média dos interceptos obtidos nas regressões transversais e  $T$  é igual ao números de dados utilizados para calcular cada uma das médias (neste caso 192).

Tabela 14: Prêmio de mercado e intercepto

| Parâmetro   | Valor     | Estatística T | p-valor     |
|-------------|-----------|---------------|-------------|
| $\lambda_0$ | 0,019955  | 3,78          | 0,000052314 |
| $\lambda_1$ | -0,019738 | -1,94         | 0,973078    |

Fonte: Elaborado pelo autor

Vemos que o prêmio de mercado encontrado é negativo, o que contradiz o senso comum, mas não é estatisticamente significativo, visto que seu p-valor é bastante alto. No entanto, a constante encontrada é estatisticamente significante, apesar de bastante próxima de 0.

Esse resultado deve ser analisado com cautela, como já adiantamos. Várias justificativas podem explicar o resultado obtido:

1. Os betas das ações das empresas são mutáveis e evoluem no tempo. A estimativa dos betas estáticos das empresas, apesar de coerentes, podem não refletir as condições atuais do mercado e podem ter acarretado em distorções no segundo passo do método.
2. Historicamente, durante vários períodos, o retorno da carteira de mercado foi inferior ao da taxa de retorno livre de risco.
3. Os retornos utilizados nas regressões foram os retornos realizados (*ex post*), em vez dos retornos esperados. Apesar de os retornos esperados serem assintoticamente iguais aos retornos realizados. (MUTH, 1961), a análise do CAPM é míope, sendo válida apenas num curto período de tempo. Logo, o resultado negativo pode ser um reflexo do momento econômico atual, não necessariamente de um problema no modelo.

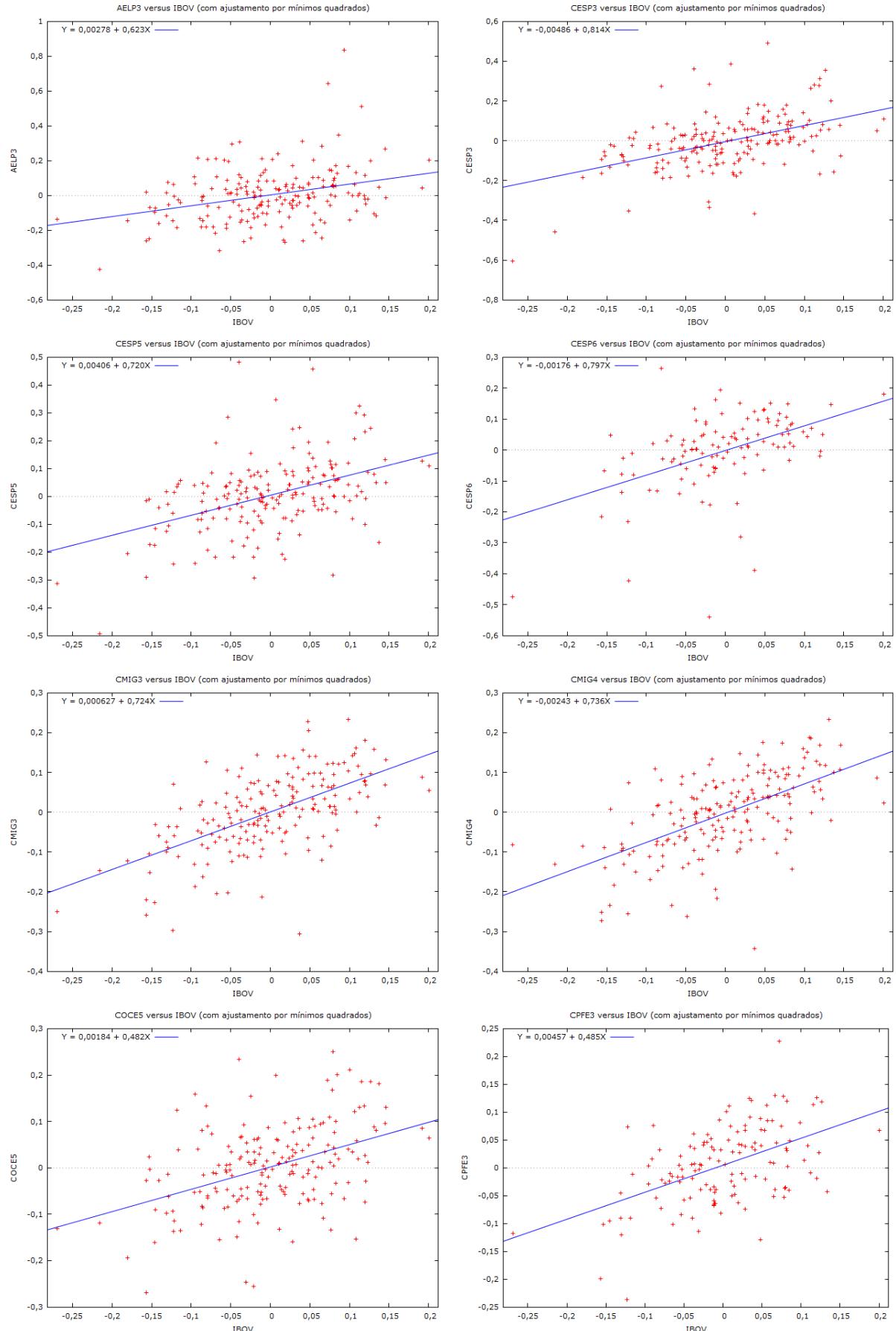
Para trabalhos posteriores, seria interessante testar se a versão condicional do CAPM é válida. O CAPM Condisional traria dinamicidade ao beta e reduziria o problema da visão curta do CAPM tradicional. Outras modificações que poderiam ser testadas junto ao CAPM

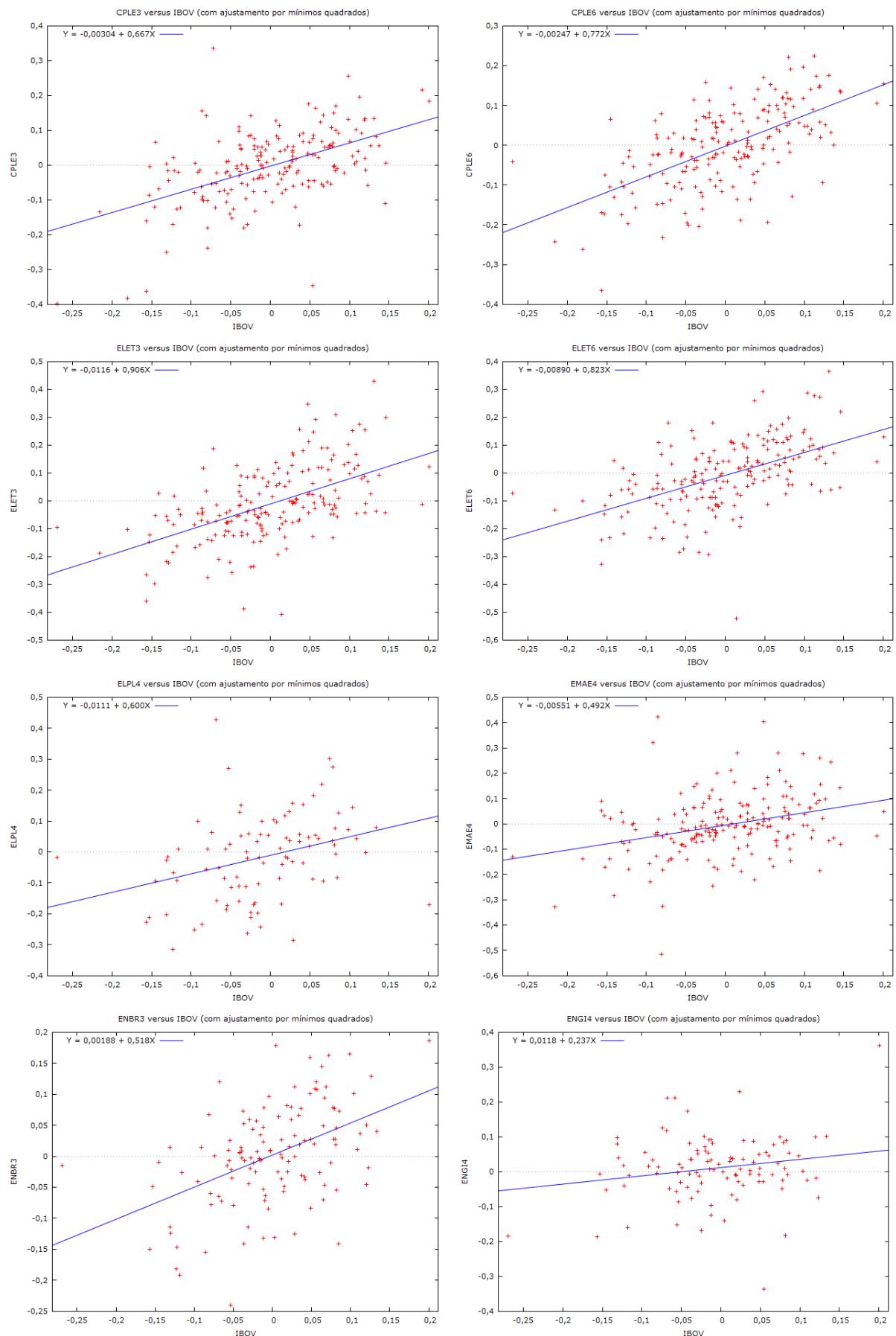
Condisional são mudanças na *proxy* da taxa de juros livre de risco, na *proxy* da carteira de mercado e na frequência de dados analisados.

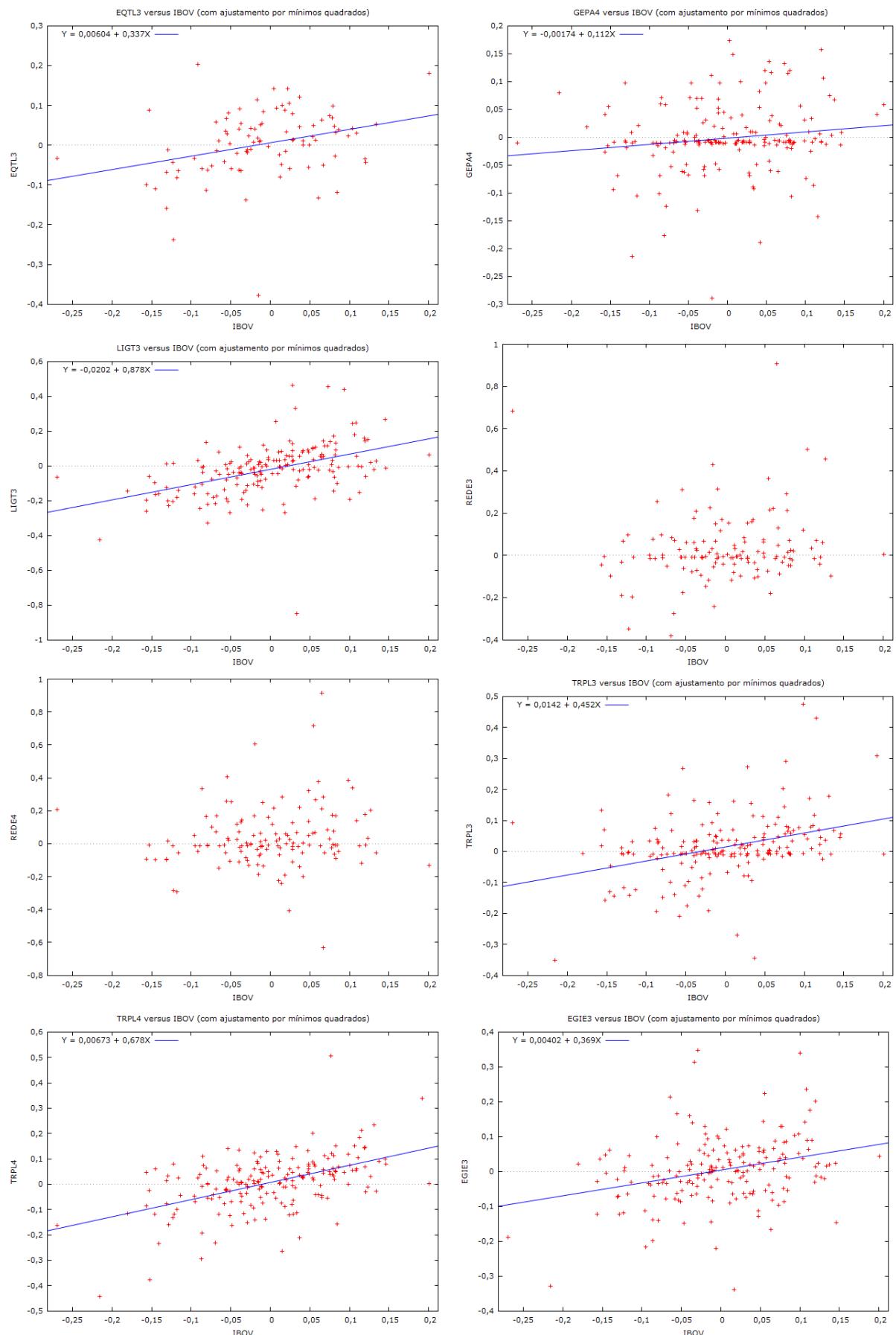
Uma tentativa realizada com dados diários, mas que não terão seus resultados apresentados neste trabalho, revelou que um aumento da frequência dos retornos causou um ligeiro aumento nos betas das ações das empresas. Esse caminho poderá ser investigado com mais detalhes posteriormente.

As considerações de [Sanvicente et al. \(2012\)](#) a respeito da metodologia da ANEEL devem ser levadas em conta. Os betas encontrados para diferentes ações das empresas foram bastante diferentes. Logo, um único beta representativo das empresas concessionárias de energia pode não representar com fidelidade o custo de capital próprio exigido pelos investidores, causando as distorções já citadas em capítulo anterior. Além disso, a não atestação (ainda que com ressalvas) da validade do CAPM com ativos do setor de energia elétrica pode nos incitar a refletir se a utilização de outros métodos para o cálculo do custo do capital próprio dentro da metodologia da ANEEL poderia ser benéfica a empresas e investidores.

Figura 8: Determinação do coeficiente beta das ações do setor de energia elétrica







Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do software Gretl

## 7 Considerações finais

Por meio desta pesquisa extremamente enriquecedora e frutífera, alguns pontos merecem destaque. Com relação à primeira parte do trabalho, um grande ponto que surge desta pesquisa é a necessidade de maiores investimentos nas pesquisas em Finanças no país. Os trabalhos realizados são extremamente dependentes de referências de pesquisas internacionais. Dos artigos propostos, poucos são os que trazem metodologias inovativas para estudar a validade ou algum outro aspecto do CAPM. A maior parte dos estudos repete metodologias já aplicadas em outros estudos internacionais no contexto do mercado brasileiro.

Os artigos analisados trazem opiniões muitas vezes divergentes a respeito de um mesmo objeto de estudo, levantando à tona a importância da necessidade de uma metodologia rigorosa e passível de reprodução do modelo econométrico propostos.

Na segunda parte do trabalho, com os conhecimentos e dificuldades levantadas nos estudos da primeira parte, foi possível estudar os retornos de ações do setor energético brasileiro. O tema é relevante visto que faz parte da metodologia da ANEEL para o cálculo do custo de capital próprio dentro do contexto da revisão tarifária a aplicação do CAPM.

Os resultados da segunda parte do trabalho não confirmaram a validade do CAPM no mercado brasileiro, mas diversos problemas e caminhos foram levantados no final da análise. Minha percepção respeito é de que o CAPM foi um avanço sem precedentes na literatura em Finanças e abriu margens a muitas outras pesquisas. No entanto, as evidentes hipóteses simplificadores do modelo teórico do CAPM tradicional tiram, a meu ver, algumas variáveis que podem ser importantes para a especificação dos ativos, tendendo eu a concordar com as opiniões expostas em (FAMA; FRENCH, 1993) a respeito. O CAPM em si, considerando todas as hipóteses simplificadoras é válido, mas as violações do mundo real às premissas básicas do CAPM enfraquecem a aplicabilidade do modelo. Esse é o motivo pelo qual afirmo que uma reflexão sobre a utilização do CAPM, nos moldes como ele é praticado hoje na metodologia para o cálculo do custo de capital próprio proposta pela ANEEL, merece maior consideração na academia brasileira.

# Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *NT 22: Metodologia e critérios gerais para definição do custo de capital a ser utilizado no cálculo da remuneração dos investimentos efetuados pelas concessionárias de distribuição por ocasião da revisão tarifária periódica*. Brasília, 2015. 81 p. Citado 2 vezes nas páginas [70](#) e [71](#).

ALMEIDA, C.; GARCIA, R. Assessing misspecified asset pricing models with empirical likelihood estimators. *Journal of Econometrics*, Elsevier, v. 170, n. 2, p. 519–537, 2012. Citado 2 vezes nas páginas [32](#) e [36](#).

AMARAL, H. F. et al. Fundos de pensão como financiadores da atividade econômica. *Revista de Administração de Empresas*, v. 44, n. 2, p. 79–91, 2004. Citado 2 vezes nas páginas [34](#) e [47](#).

AMARAL, H. F. et al. Fundos de pensão como formadores de poupança interna: uma alternativa para o financiamento da atividade econômica. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 8, n. 2, p. 137–158, 2004. Citado 2 vezes nas páginas [34](#) e [47](#).

AMORIM, A. L. G. C.; LIMA, I. S.; MURCIA, F. D.-R. Análise da relação entre as informações contábeis e o risco sistemático no mercado brasileiro. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 23, n. 60, p. 199, 2012. Citado 2 vezes nas páginas [36](#) e [48](#).

ANTUNES, G. A.; LAMOUNIER, W. M.; BRESSAN, A. A. Análise do "efeito tamanho" nos retornos das ações de empresas listadas na Bovespa. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 17, n. 40, p. 87–101, 2006. Citado 2 vezes nas páginas [34](#) e [45](#).

ARAÚJO, E.; FAJARDO, J.; TAVANI, L. C. d. CAPM usando uma carteira sintética do PIB brasileiro. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 36, n. 3, p. 465–505, 2006. Citado 6 vezes nas páginas [34](#), [55](#), [61](#), [62](#), [63](#) e [64](#).

ARAÚJO, E. A. T.; OLIVEIRA, V. do C.; SILVA, W. A. C. CAPM em estudos brasileiros: uma análise da pesquisa. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 6, n. 15, p. 95, 2012. Citado na página [62](#).

ASRILHANT, B.; ENSSLIN, L. et al. Minimum attractive rates of return associated to different risk levels: A methodology applied to production projects of the Brazilian Petroleum Industry. In: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS. *International Petroleum Conference and Exhibition of Mexico*. [S.l.], 1996. Citado 2 vezes nas páginas [33](#) e [40](#).

ATHAYDE, G. M. D.; JR, R. G. F. Introducing higher moments in the CAPM: Some basic ideas. In: *Advances in Quantitative Asset Management*. [S.l.: s.n.], 2000. p. 3–15. Citado 6 vezes nas páginas [32](#), [33](#), [53](#), [54](#), [55](#) e [64](#).

BERTINI, T. C. New model for cost of equity evaluation in emerging markets: The telecommunication sector in Brazil. In: IEEE. *Innovations for Digital Inclusions, 2009. K-IDI 2009. ITU-T Kaleidoscope*. [S.l.], 2009. p. 1–5. Citado 2 vezes nas páginas [35](#) e [41](#).

BLACK, F. Capital market equilibrium with restricted borrowing. *The Journal of Business*, v. 45, n. 3, p. 444–455, 1972. Citado 2 vezes nas páginas [17](#) e [23](#).

BLUME, M. E.; FRIEND, I. A new look at the Capital Asset Pricing Model. *The Journal of Finance*, v. 28, n. 1, p. 19–34, 1973. Citado na página 51.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. *Investments*. 10th. [S.l.]: McGraw-Hill Irwin, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 20, 24, 62 e 75.

BORTOLUZZO, A. B.; MINARDI, A. M. A. F.; PASSOS, B. C. F. Analysis of multi-scale systemic risk in Brazil's financial market. *Revista de Administração (São Paulo)*, v. 49, n. 2, p. 240–250, 2014. Citado 7 vezes nas páginas 37, 59, 60, 62, 63, 64 e 76.

BREEDEN, D. T. An intertemporal asset pricing model with stochastic consumption and investment opportunities. *Journal of Financial Economics*, v. 7, n. 3, p. 265–296, 1979. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.

CALDEIRA, J. F.; MOURA, G. V.; SANTOS, A. A. Seleção de carteiras utilizando o modelo Fama-French-Carhart. *Revista Brasileira de Economia*, v. 67, n. 1, p. 45–65, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 37, 43 e 44.

CAMACHO, F. Custo de capital de indústrias reguladas no Brasil. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2004. Citado na página 70.

COSTA, N. C. D. Overreaction in the Brazilian stock market. *Journal of Banking & Finance*, v. 18, n. 4, p. 633–642, 1993. Citado 3 vezes nas páginas 32, 33 e 45.

CYSNE, R. P. Equity-premium puzzle: evidence from Brazilian data. *Economia Aplicada*, v. 10, n. 2, p. 161–180, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 46.

DIAS, R. d. S. et al. Strategies for the creation of portfolios with different degrees of sophistication - an analysis of the Brazilian capital market. *International Business Management*, v. 10, n. 4, p. 429–437, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 44.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The cross-section of expected stock returns. *The Journal of Finance*, v. 47, n. 2, p. 427–465, 1992. Citado 5 vezes nas páginas 25, 51, 54, 58 e 74.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, v. 33, n. 1, p. 3–56, 1993. Citado na página 92.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. et al. The Capital Asset Pricing Model: Theory and evidence. *Journal of Economic Perspectives*, v. 18, p. 25–46, 2004. Citado 4 vezes nas páginas 39, 51, 52 e 72.

FAMA, E. F.; MACBETH, J. D. Risk, return, and equilibrium: Empirical tests. *The Journal of Political Economy*, p. 607–636, 1973. Citado 3 vezes nas páginas 51, 72 e 74.

FILHO, E. T.; GARCIA, F. G.; IMONIANA, J. O. Empirical test of Conditional CAPM using expected returns of Brazilian, Argentinean, German and United States of American portfolio. *Corporate Ownership & Control*, p. 269, 2009. Citado 5 vezes nas páginas 35, 56, 61, 63 e 64.

FILHO, E. T. et al. Teste do CAPM Condisional dos retornos de carteiras dos mercados brasileiro, argentino e chileno, comparando-os com o mercado norte-americano. *Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 1, p. 60, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 56.

FILHO, J. V. d. L.; MATOS, P. R. F. Instituições financeiras públicas de fomento: exagero de conservadorismo da política de investimentos? 2010. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 48.

FORTUNATO, G. X.; MOTTA, L. F. J. D.; RUSSO, G. Custo de capital próprio em mercados emergentes: Uma abordagem empírica no Brasil com o downside risk. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 11, n. 1, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 32, 35, 56, 63 e 64.

GALEA, M.; DÍAZ-GARCÍA, J. A.; VILCA, F. Influence diagnostics in the Capital Asset Pricing Model under elliptical distributions. *Journal of Applied Statistics*, v. 35, n. 2, p. 179–192, 2008. Citado 7 vezes nas páginas 32, 35, 55, 61, 62, 63 e 64.

GALVÃO, K. d. S. et al. Análise dos modelos de especificação de ativos sob uma abordagem epistêmica do positivismo/pós-positivismo e do construtivismo. *Cadernos EBAPE*, v. 14, n. 1, p. 228–242, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

GARCIA, R.; BONOMO, M. Tests of conditional asset pricing models in the Brazilian stock market. *Journal of International Money and Finance*, v. 20, n. 1, p. 71–90, 2001. Citado 4 vezes nas páginas 32, 34, 54 e 64.

GESTEIRA, M.; GUTIERREZ, C. E. C. et al. Testing the optimality of consumption decisions of the representative household: Evidence from Brazil. *Revista Brasileira de Economia*, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 49.

GODEIRO, L. L. Testing the CAPM for the Brazilian stock market using multivariate GARCH between 1995 and 2012. *Available at SSRN 2261989*, 2012. Citado 5 vezes nas páginas 36, 59, 61, 63 e 64.

GODEIRO, L. L. Testing the CAPM for the Brazilian stock market: A study of dynamic beta using multivariate GARCH. *International Journal of Economics and Finance*, v. 5, n. 3, p. 164, 2013. Citado 4 vezes nas páginas 37, 59, 63 e 64.

GOMES, F. A. R.; COSTA, L. d. A.; PUPO, R. C. R. The equity premium puzzle: analysis in Brazil after the real plan. *Brazilian Administration Review*, v. 10, n. 2, p. 135–157, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 46.

GONÇALVES, R. de S. et al. Social disclosure and cost of equity in public companies in Brazil. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 24, n. 62, p. 113, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 42.

HOU, Y. Testing the CAPM by a synthetic return on GDP as the market return. *Economics Department, Yale University*, p. 3–53, 2002. Citado na página 55.

HWANG, S.; RUBESAM, A. A behavioral explanation of the value anomaly based on time-varying return reversals. *Journal of Banking & Finance*, v. 37, n. 7, p. 2367–2377, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 32, 36 e 46.

JAGANNATHAN, R.; WANG, Z. The Conditional CAPM and the cross-section of expected returns. *The Journal of Finance*, Wiley Online Library, v. 51, n. 1, p. 3–53, 1996. Citado na página 26.

JENSEN, M. C.; BLACK, F.; SCHOLES, M. S. The capital asset pricing model: Some empirical tests. 1972. Citado na página 51.

JR, W. G. et al. Estimando o prêmio de mercado brasileiro. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 15, n. 5, p. 931–955, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 32, 35 e 48.

JUNIOR, F. H. F. D. C.; YOSHINAGA, C. E. Coassimetria, cocurtose e as taxas de retorno das ações: uma análise com dados em painel. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 13, n. 1, p. 110, 2012. Citado 5 vezes nas páginas 36, 58, 61, 63 e 64.

JUNIOR, M. L.; FILHO, M. G. Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, v. 125, n. 1, p. 13–21, 2010. Citado na página 28.

KIRCH, G.; SOARES-TERRA, P.; WICKSTROM-ALVES, T. An empirical test of the consumption-based asset pricing model (CCAPM) in latin america. *ESIC Market*, 2008. Citado 8 vezes nas páginas 35, 55, 61, 62, 63, 64, 74 e 75.

LANZAFAME, M. et al. Credibility in emerging economies: Does inflation targeting matter?\*. *The Manchester School*, v. 79, n. 6, p. 1080–1098, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 35.

LEITE, A. L.; PINTO, A. C. F.; KLOTZLE, M. C. Efeitos da volatilidade idiossincrática na precificação de ativos. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 27, n. 70, p. 98–112, 2016. Citado 4 vezes nas páginas 38, 60, 63 e 64.

LETTAU, M.; LUDVIGSON, S. Consumption, aggregate wealth, and expected stock returns. *the Journal of Finance*, Wiley Online Library, v. 56, n. 3, p. 815–849, 2001. Citado na página 74.

LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, v. 47, n. 1, p. 13–37, 1965. Citado 4 vezes nas páginas 13, 17, 20 e 55.

LUCENA, P. et al. Eficácia do uso da estratégia de investimento em ações com baixo múltiplo preço/valor patrimonial (PVPA) no Brasil. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 11, n. 5, 2010. Citado 7 vezes nas páginas 32, 35, 52, 57, 62, 63 e 64.

LUORANEN, M.; HORTTANAINEN, M. Feasibility of energy recovery from municipal solid waste in an integrated municipal energy supply and waste management system. *Waste Management & Research*, v. 25, n. 5, p. 426–439, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 41.

LYRIO, M. V. L. et al. Análise da implementação de uma estratégia de investimento em ações baseada em um instrumento de apoio à decisão. *Contaduría y Administración*, v. 60, n. 1, p. 113–143, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 42.

MALAGUTI, G. A. Regulação do setor elétrico brasileiro: da formação da indústria de energia elétrica aos dias atuais. *Economia–Texto para Discussão–254*. Universidade Federal Fluminense, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 67.

MARIANO, E. B.; SOBREIRO, V. A.; REBELATTO, D. A. do N. Human development and data envelopment analysis: A structured literature review. *Omega*, v. 54, p. 33–49, 2015. Citado na página 28.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1959. Citado 3 vezes nas páginas 17, 18 e 43.

MAZZEU, J. H. G.; JUNIOR, N. C. A. d. C.; SANTOS, A. A. P. CAPM Condicional com aprendizagem aplicado ao mercado brasileiro de ações. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 14, n. 1, p. 143–175, 2013. Citado 6 vezes nas páginas 37, 58, 61, 62, 63 e 64.

MEDEIROS, L. d. C.; BRESSAN, A. A. Value premium and country risk as conditional risk factors in major Latin American markets. *Latin American Business Review*, v. 16, n. 3, p. 227–254, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [38](#) e [47](#).

MEDEIROS, M. C. et al. CAPM model extensions. In: *IFAC Symposia Series*. [S.l.: s.n.], 2000. p. 39–43. Citado na página [30](#).

MEDEIROS, O. R. d.; QUINTEIRO, L. G. d. L. Financial disclosure and international capital mobility in Latin America. *Brazilian Administration Review*, v. 5, n. 2, p. 160–176, 2008. Citado 2 vezes nas páginas [34](#) e [47](#).

MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, p. 141–183, 1973. Citado na página [23](#).

MILANI, B.; CERETTA, P. S. A multiscale approach to emerging market pricing. *Economics Bulletin*, v. 34, 2013. Citado 5 vezes nas páginas [37](#), [60](#), [62](#), [63](#) e [64](#).

MILANI, B. et al. Fundos de investimento brasileiros: a influência dos momentos superiores na avaliação de desempenho. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 12, n. 36, p. 289, 2010. Citado 4 vezes nas páginas [35](#), [57](#), [63](#) e [64](#).

MILLER, M. H.; SCHOLES, M. Rates of return in relation to risk: A reexamination of some recent findings. *Studies in the theory of capital markets*, v. 23, 1972. Citado na página [51](#).

MOREIRA, R. A.; LOCATELLI, R. L.; TARCISIO, A. Avaliação e gestão econômico-financeira de projetos: Um estudo aplicado ao setor metalúrgico. *Revista de Gestão e Projetos*, v. 6, n. 3, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [37](#) e [42](#).

MOSSIN, J. Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, v. 34, n. 4, p. 768–783, 1966. Citado na página [17](#).

MOTTA, R. da R.; CALOBA, G. M. Combining preference theory and CAPM efficient frontier: towards an optimum portfolio of upstream projects. Citado 2 vezes nas páginas [34](#) e [41](#).

MUTH, J. F. Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, JSTOR, p. 315–335, 1961. Citado 2 vezes nas páginas [73](#) e [87](#).

NETO, O. S. S. et al. Efeito momentum no curto prazo: Vale a pena comprar ações vencedoras no Brasil? *Revista de Administração Mackenzie*, v. 15, n. 4, p. 193, 2014. Citado 2 vezes nas páginas [37](#) e [46](#).

NODA, R. F.; MARTELANC, R.; KAYO, E. K. O fator de risco lucro/preço em modelos de precificação de ativos financeiros. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 27, n. 70, p. 67–79, 2016. Citado 5 vezes nas páginas [38](#), [52](#), [60](#), [63](#) e [64](#).

PAGNANI, E. M.; OLIVIERI, F. J. Instrumentos de avaliação de desempenho e risco no mercado acionário brasileiro: um estudo de anomalias de mercado na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa). *Revista Brasileira de Gestão e Negócios*, n. 16, 2004. Citado 3 vezes nas páginas [32](#), [34](#) e [45](#).

PAULA, G. A.; CYSNEIROS, F. J. A. Systematic risk estimation in symmetric models. *Applied Economics Letters*, v. 16, n. 2, p. 217–221, 2009. Citado na página [30](#).

PICCOLI, P. G. R. et al. Revisitando as estratégias de momento: o mercado brasileiro é realmente uma exceção? *Revista de Administração*, v. 50, n. 2, p. 183, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [38](#) e [47](#).

PINHEIRO, A. C. Reforma regulatória na infra-estrutura brasileira: em que pé estamos. *Marcos regulatórios no Brasil: o que foi feito e o que falta fazer*. Rio de Janeiro: Ipea, p. 41–90, 2005. Citado na página [68](#).

PINHEIRO, F. A. P.; SAVÓIA, J. R. F.; SECURATO, J. R. Basileia III: Impacto para os bancos no Brasil. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 26, n. 69, p. 345–361, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [37](#) e [48](#).

PINTO, R. C. *Uma análise da utilização do coeficiente beta no setor elétrico brasileiro*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2008. Citado 3 vezes nas páginas [68](#), [73](#) e [76](#).

ROLL, R. A critique of the asset pricing theory's tests Part I: On past and potential testability of the theory. *Journal of Financial Economics*, v. 4, n. 2, p. 129–176, 1977. Citado na página [52](#).

SAITO, R.; BUENO, R. de Losso da S. Fundamentos teóricos e empíricos de apreçamento de ativos. *Revista de Administração de Empresas*, v. 47, n. 2, p. 1–5, 2007. Citado 3 vezes nas páginas [32](#), [34](#) e [39](#).

SANTANA, F. d. S. Modelo de valoración de activos financieros (CAPM) y teoría de valoración por arbitraje (apt): Un test empírico en las empresas del sector eléctrico Brasileño. *Cuadernos de Contabilidad*, v. 14, n. 35, 2013. Citado 3 vezes nas páginas [37](#), [59](#) e [64](#).

SANTOS, A. A.; MOURA, G. V. Dynamic factor multivariate GARCH model. *Computational Statistics & Data Analysis*, v. 76, p. 606–617, 2014. Citado 3 vezes nas páginas [37](#), [43](#) e [44](#).

SANTOS, D. F. L.; JURCA, F. L. Analysis of investment in feedlot cattle in the central-western Brazil: a case study. *Custos e Agronegócio*, 2013. Citado 2 vezes nas páginas [36](#) e [42](#).

SANVICENTE, A. Z. Relevância de prêmio por risco país no custo de capital das empresas. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 19, p. 38, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [38](#) e [49](#).

SANVICENTE, A. Z. et al. Problemas de estimação de custo de capital de empresas concessionárias no Brasil: uma aplicação à regulamentação de concessões rodoviárias. *Revista de Administração de Empresas*, v. 47, n. 1, p. 81–95, 2012. Citado 4 vezes nas páginas [36](#), [41](#), [71](#) e [88](#).

SHARPE, W. F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964. Citado 7 vezes nas páginas [13](#), [17](#), [18](#), [19](#), [20](#), [23](#) e [55](#).

SILVA, A. C. da. Modeling and estimating a higher systematic co-moment asset pricing model in the Brazilian stock market. *Latin American Business Review*, v. 6, n. 4, p. 85–101, 2006. Citado 6 vezes nas páginas [32](#), [34](#), [54](#), [58](#), [63](#) e [64](#).

SILVA, M. A. V. R. da; QUINTAIROS, P.; GUARNIERI, O. C. Diferentes abordagens para a utilização do Capital Asset Pricing model (CAPM) no mercado acionário brasileiro. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 3, n. 1, 2007. Citado 2 vezes nas páginas [34](#) e [41](#).

SILVA, R. B. da et al. The breakdown of idiosyncratic volatility into expected and unexpected components and its effects on stock returns in Brazil. *Latin American Business Review*, v. 13, n. 4, p. 311–328, 2012. Citado 2 vezes nas páginas [36](#) e [48](#).

SILVA, W. A. C.; MELO, A. A. de O.; PINTO, E. A. O CAPM e o CAPM condicional na especificação de índices acionários: evidências de mudanças nos coeficientes estimados de 2005 a 2008. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 13, n. 2, 2011. Citado 5 vezes nas páginas [36](#), [58](#), [59](#), [63](#) e [64](#).

SILVA, W. V. D. et al. The Brazilian electricity energy market: the role of regulatory content intensity and its impact on capital shares risk. *International Journal of Energy Economics and Policy*, v. 5, n. 1, p. 288, 2015. Citado 3 vezes nas páginas [32](#), [38](#) e [49](#).

SILVEIRA, H. P. da; FAMÁ, R.; BARROS, L. A. B. de C. Conceito de taxa livre de risco e sua aplicação no Capital Asset Pricing Model-um estudo exploratório para o mercado brasileiro. In: *II Encontro Brasileiro de Finanças*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página [77](#).

SIQUEIRA, E.; OTUKI, T.; COSTA, N. D. Stock return and fundamental variables: A discriminant analysis approach. *Applied Mathematical Sciences*, v. 6, n. 115, p. 5719–5733, 2012. Citado 3 vezes nas páginas [32](#), [36](#) e [43](#).

SOARES, E. de M.; MILANI, B. Performance of traditional investment funds and ETFs linked to sustainability and corporate governance. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, v. 5, n. 4, p. 26, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [38](#) e [49](#).

TABAK, B. M.; LUDUVICE, A. V. D.; CAJUEIRO, D. O. Modeling default probabilities: The case of Brazil. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, v. 21, n. 4, p. 513–534, 2011. Citado 2 vezes nas páginas [32](#) e [36](#).