



**Marco Aurélio Simão Freire**

**Distribuições de Retornos, Volatilidades e Correlações no  
Mercado Acionário Brasileiro**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Economia da PUC-Rio.

Orientador: Marcelo Cunha Medeiros

Rio de Janeiro, abril de 2004



**Marco Aurélio Simão Freire**

## **Distribuições de Retornos, Volatilidades e Correlações no Mercado Acionário Brasileiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Marcelo Cunha Medeiros**  
Orientador

**Marcelo Fernandes**  
FGV-RJ

**Álvaro de Lima Veiga Filho**  
PUC-RJ

**Cristiano Augusto Coelho Fernandes**  
PUC-RJ

**Gisele Guimarães Cittadino**  
Coordenador(a) Setorial do Centro de Ciências Sociais - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 13 de abril de 2004

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Marco Aurélio Simão Freire**

Graduou-se em Economia na PUC-Rio em 2001, tendo logo em seguida ingressado no Mestrado em Economia da mesma instituição. Tem como área de pesquisa Econometria e Finanças, onde desenvolveu sua monografia e sua tese. Atualmente trabalha no Bank Boston como gestor de um fundo multimercados.

#### Ficha Catalográfica

Freire, Marco Aurélio Simão

Distribuições de retornos, volatilidades e correlações no mercado acionário brasileiro / Marco Aurélio Simão Freire ; orientador: Marcelo Cunha Medeiros. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Economia, 2004.

73 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Economia.

Incluí referências bibliográficas.

1. Economia - Teses. 2. Volatilidade realizada. 3. Dados de alta frequência. 4. Modelos GARCH multivariados. 5. Distribuições de retornos. 6. Análise de risco. I. Medeiros, Marcelo Cunha. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Economia. III. Título.

CDD: 330

## Agradecimentos

À minha noiva Caroline Botelho Machado por todo companheirismo, compreensão e amor ao longo dos últimos anos.

À minha avó que sempre me incentivou em meus estudos.

À minha mãe pelas importantes contribuições e palavras de apoio.

Ao meu orientador Professor Marcelo Medeiros por toda atenção e suporte que foram além do ambiente acadêmico.

À CAPES pelo auxílio concedido sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado.

## Resumo

Freire, Marco Aurélio Simão. **Distribuições de Retornos, Volatilidades e Correlações no Mercado Acionário Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2004. 73p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A hipótese de normalidade é comumente utilizada na área de análise de risco para descrever as distribuições dos retornos padronizados pelas volatilidades. No entanto, utilizando cinco dos ativos mais líquidos na Bovespa, este trabalho mostra que tal hipótese não é compatível com medidas de volatilidades estimadas pela metodologia EWMA ou modelos GARCH. Em contraposição, ao extrair a informação contida em cotações intradiárias, a “metodologia de volatilidade realizada” origina retornos padronizados normais, potencializando ganhos no cálculo de medidas de Valor em Risco. Além disso, são caracterizadas as distribuições de volatilidades e correlações de ativos brasileiros e, em especial, mostra-se que as distribuições das volatilidades são aproximadamente lognormais, enquanto as distribuições das correlações são aproximadamente normais. A análise é feita tanto de um ponto de vista univariado quanto multivariado e fornece subsídio para a melhor modelagem de variâncias e correlações em um contexto de grande dimensionalidade.

## Palavras-chave

Volatilidade realizada; dados de alta frequência; modelos GARCH multivariados; distribuições de retornos; análise de risco.

## Abstract

Freire, Marco Aurélio Simão. **Distributions of Returns, Volatilities and Correlations in the Brazilian Stock Market**. Rio de Janeiro, 2004. 73p. Msc.Dissertation - Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The normality assumption is commonly used in the risk management area to describe the distributions of returns standardized by volatilities. However, using five of the most actively traded stocks in Bovespa, this paper shows that this assumption is not compatible with volatilities estimated by EWMA or GARCH models. In sharp contrast, when we use the information contained in high frequency data to construct the realized volatilities measures, we attain the normality of the standardized returns, giving promise of improvements in Value at Risk statistics. We also describe the distributions of volatilities and correlations of the brazilian stocks, showing that the distributions of volatilities are nearly lognormal and the distributions of correlations are nearly Gaussian. All analysis is traced both in a univariate and a multivariate framework and provides background for improved high-dimensional volatility and correlation modelling in the brazilian stock market.

## Keywords

Realized volatility; high frequency data; multivariate GARCH models; return distributions; risk management.

# Sumário

1. Introdução	10
2. Revisão Teórica: Métodos de volatilidades e covariâncias	15
2.1. Metodologia do Riskmetrics (J.P. Morgan (1997))	15
2.2. Modelos da Família GARCH	17
2.2.1. Constant Correlation GARCH (Bollerslev (1990))	20
2.2.2. GARCH Ortogonal (Alexander (2000))	21
2.3. Volatilidade Realizada (Anderson et al. (2003))	23
3. Dados e a construção das medidas de volatilidade e covariâncias	28
4. Distribuições univariadas e multivariadas de retornos e volatilidades	35
4.1. Distribuições Condicionais Univariadas de Retornos	35
4.2. Distribuições Condicionais Multivariadas de Retornos	40
4.3. Distribuições Univariadas de Volatilidades e Correlações	41
4.3.1. Distribuições de Volatilidades	42
4.3.2. Distribuições de Correlações	47
4.4. Distribuições Multivariadas de Volatilidades e Correlações	51
5. Experimentos de Valor em Risco	53
5.1. Conceito de Valor em Risco	53
5.2. Análise dentro da amostra	55
5.2.1. Testes de Cobertura Incondicional e Condicional	55
5.2.2. Teste da Transformação Normal de Berkowitz (2001)	58
5.2.3. Modelos de Valor em Risco e Exigência de Capital	60
5.3. Análise dentro da amostra	63
6. Conclusões	68
7. Referências Bibliográficas	70

## Lista de Figuras

- Figura 1- Retornos diários de Petrobrás, Embratel, Bradesco, Telemar 28 e Vale do Rio Doce
- Figura 2- Volatilidades diárias realizadas de Petrobrás, Embratel, 32 Telemar, Bradesco e Vale do Rio Doce
- Figura 3- Volatilidades diárias estimadas por EWMA de Petrobrás, 32 Embratel, Telemar, Bradesco e Vale do Rio Doce
- Figura 4- Correlações diárias realizadas de Petrobrás, Embratel, 33 Telemar, Bradesco e Vale do Rio Doce
- Figura 5- Correlações diárias estimadas por EWMA de Petrobrás, 34 Embratel, Telemar, Bradesco e Vale do Rio Doce
- Figura 6- Estimação não paramétrica das densidades dos retornos 39 padronizados pelas medidas de volatilidade realizada
- Figura 7- Estimação não paramétrica das densidades de volatilidades 45 e logaritmo das volatilidades realizadas
- Figura 8- Autocorrelações amostrais dos logaritmos das volatilidades 46 realizadas
- Figura 9- Estimação não paramétrica das densidades das correlações 49 diárias estimadas da Telemar
- Figura 10- Autocorrelações amostrais das correlações diárias 50 realizadas
- Figura 11- Intervalos de confiança de 99% para os retornos diários da 63 Petrobrás (dentro da amostra)
- Figura 12- Intervalos de confiança de 99% para os retornos diários da 67 Petrobrás (fora da amostra)



## Lista de Tabelas

Tabela 1- Análise de viés do estimador de volatilidade realizada	30
Tabela 2- Análise de eficiência do estimador de volatilidade realizada	31
Tabela 3- Distribuições dos retornos diários dos ativos – retornos incondicionais	35
Tabela 4- Distribuições dos retornos diários dos ativos – retornos padronizados (EWMA)	37
Tabela 5- Distribuições dos retornos diários dos ativos – retornos padronizados (GARCH)	37
Tabela 6- Distribuições dos retornos diários dos ativos – retornos padronizados (EGARCH)	37
Tabela 7- Distribuições dos retornos diários dos ativos – retornos padronizados (volatilidade realizada)	38
Tabela 8- Testes da hipótese de Normalidade dos retornos Multivariados	41
Tabela 9- Distribuições das Volatilidades diárias – desvio padrão	43
Tabela 10- Distribuições das Volatilidades diárias – log desvio padrão	43
Tabela 11- Distribuições covariâncias/ correlações - covariâncias	47
Tabela 12- Distribuições covariâncias/ correlações - correlações	47
Tabela 13- Distribuições multivariadas de volatilidades	51
Tabela 14- Percentual de exceções Valor em Risco	56
Tabela 15- Teste de cobertura incondicional	56
Tabela 16- Teste de cobertura condicional	58
Tabela 17- Teste da transformação normal	60
Tabela 18- Análise de exigência de capital	62
Tabela 19- Percentual de exceções Valor em Risco (fora da amostra)	64
Tabela 20- Teste de cobertura incondicional (fora da amostra)	65
Tabela 21- Teste de cobertura condicional (fora da amostra)	65
Tabela 22- Teste da transformação normal (fora da amostra)	65
Tabela 23- Análise de exigência de capital (fora da amostra)	66