



Bernardo Hallak Amaral

**Modelos de previsão de volatilidade futura:
análise do mercado acionário brasileiro.**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto

Rio de Janeiro
Abril de 2012



Bernardo Hallak Amaral

**Modelos de previsão de volatilidade futura:
análise do mercado acionário brasileiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Administração de Empresas da PUC- Rio.
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Marcelo Cabus Klotzle

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof^a. Katia Rocha

IPEA

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 4 de abril de 2012

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

Bernardo Hallak Amaral

Graduou-se em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2008.

Ficha Catalográfica

Amaral, Bernardo Hallak

Modelos de previsão de volatilidade: análise do mercado acionário brasileiro / Bernardo Hallak Amaral ; orientador: Antonio Carlos Figueiredo Pinto. – 2012.
58 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2012.
Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Volatilidade futura. 3. Volatilidade histórica. 4. Modelo de previsão. I. Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. I II. Título

CDD: 658

Agradecimentos

Aos meus pais e familiares pelos ensinamentos durante toda a minha vida, incentivando-me sempre a lutar pelos meus objetivos e me apoiando em todos os momentos.

Ao Professor Antonio Carlos Figueiredo Pinto pelas orientações e apoio depositados.

Aos professores que participaram da Comissão Examinadora.

A todos os professores e funcionários do Departamento.

Aos meus colegas da PUC-Rio e a todos os outros amigos que de alguma forma colaboraram para que isto fosse possível.

Resumo

Amaral, Bernardo Hallak; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. **Modelos de previsão de volatilidade: análise do mercado acionário brasileiro.** Rio de Janeiro, 2012. 58p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Realizar a previsão da volatilidade futura é algo que intriga muitos estudiosos, pesquisadores e pessoas do mercado financeiro. O modelo e a metodologia utilizados no cálculo são fundamentais para o apreçamento de opções e dependendo das variáveis utilizadas, o resultado se torna muito sensível, propiciando resultados diferentes. Tudo isso pode causar cálculos imprecisos e estruturação de estratégias erradas de compra e venda de ações e opções por empresas e investidores. Por isso, o objetivo deste trabalho é utilizar alguns modelos para o cálculo de volatilidade futura e analisar os resultados, avaliando qual o melhor modelo a ser empregado, propiciando uma melhor previsão da volatilidade futura.

Palavras-chave

Volatilidade futura; volatilidade histórica; modelo de previsão.

Abstract

Amaral, Bernardo Hallak; Pinto, Antônio Carlos Figueiredo (Advisor).
Prediction of future volatility models: Brazilian market analysis. Rio de Janeiro, 2012. 58p. MSc. Dissertation – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Make a prediction of future volatility is a subject that causes debate between scholars, researchers and people in the financial market. The model and methodology used in the calculation are fundamental to the pricing of options and depending on the variables used, the result becomes very sensitive, giving different results. All this can cause inaccurate calculations and wrong strategies for buying and selling stocks and options by companies and investors. Therefore, the objective of this work is to use models for the calculation of future volatility and analyze the results, evaluating the best model to be used, allowing a better prediction of future volatility.

Keywords

Future Volatility; historical volatility; prediction model.

Sumário

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Introdução | 14 |
| 2 | Referencial teórico | 19 |
| 2.1. | Estimando volatilidade | 19 |
| 2.2. | Modelo univariado e bivariado de volatilidade histórica | 20 |
| 2.3. | Modelo GARCH e EGARCH | 21 |
| 3 | Metodologia | 23 |
| 3.1. | Base de dados | 23 |
| 3.2. | Modelo univariado e bivariado de volatilidade histórica | 24 |
| 3.3. | Modelo GARCH e EGARCH | 25 |
| 4 | Resultados | 26 |
| 4.1. | Modelo de volatilidade histórica univariado | 26 |
| 4.2. | Modelo de volatilidade histórica bivariado | 32 |
| 4.3. | Modelo GARCH | 39 |
| 4.4. | Modelo EGARCH | 47 |
| 5 | Conclusão | 54 |
| 6 | Bibliografia | 56 |

Lista de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica padrão para as ações da Petrobras pelo modelo univariado. | 27 |
| Tabela 2: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica padrão para as ações da Petrobras pelo modelo univariado. | 27 |
| Tabela 3: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica padrão para as ações da Petrobras pelo modelo univariado. | 28 |
| Tabela 4: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica média para as ações da Petrobras pelo modelo univariado. | 28 |
| Tabela 5: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica média para as ações da Petrobras pelo modelo univariado. | 28 |
| Tabela 6: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica média para as ações da Petrobras pelo modelo univariado. | 28 |
| Tabela 7: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica padrão para as ações da Vale pelo modelo univariado. | 30 |
| Tabela 8: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica padrão para as ações da Vale pelo modelo univariado. | 30 |
| Tabela 9: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica padrão para as ações da Vale pelo modelo univariado. | 31 |
| Tabela 10: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica média para as ações da Vale pelo modelo univariado. | 31 |
| Tabela 11: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica média para as ações da Vale pelo modelo univariado. | 31 |
| Tabela 12: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática da volatilidade histórica média para as ações da Vale pelo modelo univariado. | 31 |
| Tabela 13: Coeficientes obtidos a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo bivariado. | 33 |
| Tabela 14: ANOVA obtida a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo bivariado. | 33 |

| | |
|--|----|
| Tabela 15: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo bivariado. | 33 |
| Tabela 16: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo bivariado. | 34 |
| Tabela 17: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo bivariado. | 34 |
| Tabela 18: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo bivariado. | 35 |
| Tabela 19: Coeficientes obtidos a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo bivariado. | 36 |
| Tabela 20: ANOVA obtida a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo bivariado. | 37 |
| Tabela 21: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo bivariado. | 37 |
| Tabela 22: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo bivariado. | 37 |
| Tabela 23: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo bivariado. | 37 |
| Tabela 24: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo bivariado. | 38 |
| Tabela 25: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão quadrática pelo modelo de volatilidade histórica bivariado. | 39 |
| Tabela 26: Coeficientes obtidos a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo GARCH. | 40 |

| | |
|--|----|
| Tabela 27: ANOVA obtida a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo GARCH..... | 40 |
| Tabela 28: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo GARCH..... | 40 |
| Tabela 29: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo GARCH. | 42 |
| Tabela 30: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo GARCH. | 42 |
| Tabela 31: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo GARCH. | 43 |
| Tabela 32: Coeficientes obtidos a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo GARCH..... | 44 |
| Tabela 33: ANOVA obtida a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo GARCH. | 44 |
| Tabela 34: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo GARCH..... | 44 |
| Tabela 35: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo GARCH. | 45 |
| Tabela 36: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo GARCH. | 45 |
| Tabela 37: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo GARCH..... | 46 |
| Tabela 38: Coeficientes obtidos a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo EGARCH. | 47 |

| | |
|--|----|
| Tabela 39: ANOVA obtida a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo EGARCH. | 47 |
| Tabela 40: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo EGARCH. | 47 |
| Tabela 41: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo EGARCH. | 48 |
| Tabela 42: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo EGARCH. | 49 |
| Tabela 43: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Petrobras pelo modelo EGARCH. | 49 |
| Tabela 44: Coeficientes obtidos a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo EGARCH. | 50 |
| Tabela 45: ANOVA obtida a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo EGARCH. | 50 |
| Tabela 46: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão linear entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo EGARCH. | 50 |
| Tabela 47: Coeficientes obtidos a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo EGARCH. | 51 |
| Tabela 48: ANOVA obtida a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo EGARCH... .. | 51 |
| Tabela 49: Resultado do R^2 obtido a partir da regressão quadrática entre a volatilidade histórica de longo prazo, e a volatilidade histórica de curto prazo para as ações da Vale pelo modelo EGARCH. | 52 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Volume médio diário negociado no Bovespa. | 16 |
| Figura 2: Retorno diário das ações da Petrobras de 05/07/1994 até 30/06/2011..... | 17 |
| Figura 3: Retorno diário das ações da Vale de 05/07/1994 até 30/06/2011. | 18 |
| Figura 4: Exemplo da seleção de dados para cálculo da volatilidade pelo modelo univariado. | 24 |
| Figura 5: Exemplo da seleção de dados para cálculo da volatilidade pelo modelo bivariado. | 25 |
| Figura 6: Relação entre a volatilidade histórica padrão e a volatilidade futura padrão e entre a volatilidade histórica média e a volatilidade futura padrão para a ação da Petrobras. | 27 |
| Figura 7: Relação entre a volatilidade histórica padrão e a volatilidade futura padrão e entre a volatilidade histórica média e a volatilidade futura padrão para a ação da Vale. | 30 |
| Figura 8: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Petrobras a partir da regressão linear pelo modelo de volatilidade histórica bivariado. | 34 |
| Figura 9: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Petrobras a partir da regressão quadrática pelo modelo de volatilidade histórica bivariado. | 35 |
| Figura 10: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão linear pelo modelo de volatilidade histórica bivariado..... | 36 |
| Figura 11: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão quadrática pelo modelo de volatilidade histórica bivariado..... | 38 |
| Figura 12: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Petrobras a partir da regressão linear pelo modelo GARCH. | 41 |
| Figura 13: Relação entre o Modelo GARCH e o Modelo de volatilidade histórica bivariado para ações da Petrobras a partir do resultado da regressão linear. | 42 |
| Figura 14: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Petrobras a partir da regressão quadrática pelo modelo GARCH. | 43 |
| Figura 15: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão linear pelo modelo GARCH. | 45 |
| Figura 16: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão quadrática pelo modelo GARCH. | 46 |
| Figura 17: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Petrobras a partir da regressão linear pelo modelo EGARCH. | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 18: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Petrobras a partir da regressão quadrática pelo modelo EGARCH. | 49 |
| Figura 19: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão linear pelo modelo EGARCH. | 51 |
| Figura 20: Relação entre as volatilidades históricas de curto e longo prazo e a volatilidade futura para a ação da Vale a partir da regressão quadrática pelo modelo EGARCH. | 52 |
| Figura 21: Relação entre o modelo GARCH e o modelo EGARCH para ações da Vale a partir do resultado da regressão quadrática. | 53 |