



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS



DRIELLY JULIANNE RODRIGUES SANTOS

**ANÁLISE DE RETORNO E VOLATILIDADE DAS PRINCIPAIS BOLSAS
SULAMERICANAS PRÉ E PÓS CRISE**

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2017

DRIELLY JULIANNE RODRIGUES SANTOS

**ANÁLISE DE RETORNO E VOLATILIDADE DAS PRINCIPAIS BOLSAS
SULAMERICANAS PRÉ E PÓS CRISE**

Monografia apresentada ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Estatística

Orientador: Dr. Carlos Raphael Araújo Daniel

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2017

DRIELLY JULIANNE RODRIGUES SANTOS

**ANÁLISE DE RETORNO E VOLATILIDADE DAS PRINCIPAIS BOLSAS
SULAMERICANAS PRÉ E PÓS CRISE**

Monografia apresentada ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Estatística

Orientador: Dr. Carlos Raphael Araújo Daniel

Banca Examinadora

Prof.^o Dr. Carlos Raphael Araújo Daniel
Universidade Federal de Sergipe

Prof.^a Msc. Daniel Francisco Neyra Castañeda
Universidade Federal de Sergipe

Prof.^o Msc. Eduardo José de Souza
Universidade Federal de Sergipe

Dedico a minha mãe, Josenice de Jesus Santos, a meu pai, Ancelmo Rodrigues Santos e a meu filho, Jean Keniffer Rodrigues Santos, pelos sonhos acalentados e hoje realizados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que com seu amor e misericórdia concedeu-me o dom da vida e ainda por ter proporcionado saúde e forças para superar as dificuldades encontradas e em nenhum momento abandonou-me.

Minha eterna gratidão aos meus pais, minha mãe Josenice de Jesus Santos e meu pai Ancelmo Rodrigues Santos pelo amor, educação, esforços e incentivos ao longo desses anos. Ao meu filho Jean Keniffer Rodrigues Alves por ter aturado ficar um pouco longe da mamãe. Agradeço imensamente os ensinamentos, os quais estarão comigo por toda vida.

Sou grata a Jean Marcel por ter me incentivado nos meus estudos perante as dificuldades de saúde do nosso filho. A minha irmã Emily Danielly por ter sido uma segunda mãe e ter me ajudado nessa caminhada, juntamente com os avôs paternos do meu bebê.

Aos meus colegas de curso, em especial, Diego, Daiane, Andre, Armoni, Flávio, Antônio, Inácio, Wesley, Marcel e Reginaldo pelos momentos juntos dentro e fora da universidade, pois mim apoiaram e ajudaram quando mais precisei.

Agradeço a professor Daniel Francisco, por me orientar e ajudar a passar pelas dificuldades do TCC, mesmo sem ter muito tempo disponível, ainda assim suportou a mim com paciência, agradeço também pelos incentivos e pela confiança em mim depositada.

E ainda a professora Suzana Leitão Russo, pela ajuda e contribuição nos meus trabalhos acadêmicos e ter me dado outra visão do curso, confiando no meu potencial e fazer com que crescesse cada dia profissionalmente.

Enfim obrigado a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que esse trabalho fosse concluído.

“É melhor ser criticado pelos sábios do que ser elogiado pelos insensatos. Elogios vazios são como gravetos atirados em uma fogueira”.

Eclesiastes.

RESUMO

O objetivo desse trabalho é apresentar um estudo dos modelos de séries temporais e com eles analisar as características empíricas de cotação e retornos do mercado financeiro da bolsa de valores de três países da América do Sul, mais especificamente, Argentina, Brasil e Chile. O interesse é modelar os retornos e a volatilidade condicional destes retornos. Nesse trabalho utilizaram-se modelos lineares e não lineares de séries temporais para a previsão de séries temporais do mercado acionário. Os dados selecionados foram os pontos de fechamento da cotação diária da Merval, Bovespa e Ipsa, seus respectivos retornos e volatilidade. Os modelos de séries temporais da família Garch foram desenvolvidos e mostraram-se eficientes ao indicar as previsões de curto prazo de até cinco dias. Dois períodos foram usados, o primeiro de 2002 a 2007, e o segundo de 2008 a 2016. O principal objetivo do estudo foi verificar quais modelos são capazes de prever a cotação futura após a crise entre esses países Sul Americanos assim como determinar o seu erro de previsão.

Palavras-Chave: Séries temporais, Modelo de tendência e sazonalidade nos índices de cotação da Bovespa.

ABSTRACT

The objective of this paper is to analyze the empirical characteristics of the stock market and the financial market returns of three South American countries, specifically Argentina, Brazil and Chile. The interest is to model the returns and conditional volatility of these returns. In this work, linear and non-linear models of time series were used to predict the time series of the stock market. The data selected were the closing points of the daily quotation of Merval, Bovespa and Ipsa, their respective returns and volatility. The Garch family time series models have been developed and prove to be efficient by indicating short term forecasts of up to five days. Two main experiments, the first from 2002 to 2007, the second from 2008 to 2016. The main objective of the study to control models that are able to predict future prices after a crisis between these South American countries as well as determine their error of forecasting.

Keyword: Time series, Trend model and seasonality in the Bovespa indexes.

LISTA DE GRÁFICOS E TABELA

- Tabela 1^a: Análise descritiva dos retornos pré-crise referente as bolsas de valores
- Tabela 1b: Análise descritiva dos retornos pós-crise referente ás bolsas de valores.
- Tabela 1: Análise de Correlação Pré Crise
- Tabela 3: Análise de Correlação Pós Crise
- Gráfico 1: Crescimento do preço pré
- Gráfico 2: Cotação do preço pós crise
- Gráfico 3: Retornos da Ibovespa, pré e pós crise
- Gráfico 4: Retornos da bolsa Ipsa, pré e pós crise
- Gráfico 5: Retornos da Merval, pré e pós crise
- Tabela 4: Máximo e Mínimo do retorno
- Gráfico 6: Volatilidade da Ibovespa, pré e pós crise
- Gráfico 7: Volatilidade da Ipsa pré e pós crise
- Gráfico 8: Volatilidade da Merval, pré e pós crise
- Gráfico 9: Valor real e estimado para os retornos da Bovespa. Pré crise
- Gráfico 10: Valor real e estimado para os retornos da Bovespa. Pós crise
- Gráfico 11: Valor real e estimado para os retornos da Merval. Pré crise
- Gráfico 12: Valor real e estimado para os retornos da Merval. Pós crise
- Gráfico 13: Valor real e estimado para os retornos da Ipsa. Pré crise
- Gráfico 14: Valor real e estimado para os retornos da Ipsa. Pós crise
- Tabela 5. Integração da série usando raiz unitária
- Tabela 6. Modelo Garch
- Tabela 7: Previsão cinco dias pré-crise Bovespa
- Tabela 8: Previsão pós crise Bovespa
- Tabela 9: Previsão pré crise Merval
- Tabela 10: Previsão pós crise Merval
- Tabela 11: Previsão pré crise Ipsa
- Tabela 12: Previsão pós crise Ipsa
- Tabela 13: Erro de previsão

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BM&F	Bolsa de Mercadorias & Futuros
IBOVESPA	Bolsa de Valores de São Paulo
MERVAL	Mercado de Valores de Buenos Aires
IPSA	Bolsa de Valores de Santiago
CVM	Comissão de Valores Mobiliária
ARCH	Autoregressive Conditional Heteroskedastic
ARFIMA	Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic
MAE	Erros Médios Absolutos
BCBA	Bolsa de Comércio de Buenos Aires

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Ações.....	15
3.2	Bolsas de valores.....	15
3.2.1	Bovespa.....	16
3.2.2	IPSA.....	17
3.2.3	Merval.....	17
3.2	Risco.....	18
3.2.1	Risco de Retorno.....	19
3.2.2	Volatilidade.....	20
3.2.3	Retorno.....	21
3.	METODOLOGIA	22
4.1	Séries Temporais.....	22
4.1.1	Retornos.....	22
4.1.2	Modelo arima.....	23
4.1.3	Modelos estruturais não lineares.....	24
4.1.3.1	Arch.....	24
4.1.3.2	Garch.....	24
4.1.4	Erros de previsão.....	25
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
6.	CONCLUSÕES	47
	BIBLIOGRAFIA	48

INTRODUÇÃO

A economia mundial vinha se desenvolvendo de maneira acelerada entre o ano de 2000 a 2008, quando sofreu uma fase de dificuldade no final do ano de 2008 que fez com que o mercado financeiro internacional passasse por crise econômica nos diversos países.

Uma boa ilustração de como o mercado financeiro é suscetível a medidas políticas, foi à crise norte americano em 2008 que teve início pelo endividamento governamental atribuído por duas guerras (Iraque e Afeganistão), o que resultou em gastos exorbitantes.

A economia americana além do momento difícil em que se encontrava, teve sua situação agravada após o aumento das taxas de juros. Esse aumento desestimulou a procura do setor imobiliário e, como conseqüência, diversos imóveis deixaram de ser comprados ou foram vendidos a baixo do custo. Essa situação provocou a falência do banco Lehman Brothers, o quarto maior do país, causando pânico no mercado de crédito mundial (BISPO, 2009).

A bolsa de valores mais importante pra o mercado financeiro do Brasil é a de São Paulo conhecida como Bovespa, atua no mercado de ações há muitos anos trazendo confiança pública na integridade do mercado de capitais e nos dedicados profissionais que nela atuam o que é indispensável para o desenvolvimento, vitalidade e crescimento no mercado de ações. Isso pelo fato de mostrar o comportamento dos principais papéis negociados na Bovespa a fim de levantar capital para investimentos e capital de giro, pois o índice manteve a integridade de sua série histórica e não sofreu modificações metodológicas desde sua implementação em 1968. O índice é o valor atual de moeda corrente, de uma carteira teórica de ações constituída em 02/01/1968 (valor-base: 100 pontos), a partir de uma aplicação hipotética. Assim supõe-se não ter sido efetuado nenhum investimento adicional desde então e se considera somente os ajustes efetuados em decorrência da distribuição de proventos pelas empresas como reaplicação de dividendos recebidos e do valor apurado com a venda de direitos de subscrição, e manutenção em carteira das ações recebidas em bonificação. Com isso, o índice reflete não apenas as variações dos preços das ações, mas também o impacto da distribuição dos proventos, sendo considerado um indicador que avalia o retorno total de suas ações componentes.

Criada em 2008, a BM & FBOVESPA (Bolsa de Valores, Mercadorias e futuros, trabalham com a mera integração entre a Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F) e a bolsa de valores de São Paulo (BOVESPA)). Ao operarem juntas, as duas companhias de valores formam uma das melhores e maiores bolsa de mercado e ações do mundo em valor de mercado, sendo a segunda das Américas e a também como líder no continente latino-americano, com cerca de 70% do volume de negócios da região é um importante instrumento de captação de recursos financeiros para empresas, investimentos em tecnologia, expansão e até para aquisição de outras empresas, tendo como termômetro do mercado o IBOVESPA (Índice Bolsa de Valores de São Paulo) composto por uma carteira teórica de ações que respondem por mais de 80% do volume de negócios do mercado à vista e responsável por indicar o desempenho médio das cotações do mercado.

O Merval é o principal índice de bolsa de valores da Argentina e a 3ª mais importante da América Latina atrás apenas da BM&FBOVESPA em São Paulo e da Bolsa de Valores Mexicana na Cidade do México. Representa as ações mais negociadas do mercado argentino. Foi fundada em 1929 na capital Buenos Aires. Durante 2013, o Merval foi o segundo mercado de ações entre os mais rentáveis do mundo. O índice da Bolsa de Valores subiu 84,97% em 2013.

A bolsa de valor IPSA, foi fundada em 27 de novembro de 1893 é o principal centro de operações financeiras do Chile.

O mercado de ações sempre foi atraente pela possibilidade de multiplicação fácil de dinheiro, mas também sempre esteve vinculado à ideia de alto risco e grande possibilidade de perda. Então nos questionamos se é possível investir em ações de forma mais consciente, identificando os melhores momentos para efetuar as operações de compra e venda de papéis e, conseqüentemente, maximizar o lucro. Para ajudar a minimizar os riscos das operações são utilizados diversos modelos estatísticos aplicados aos dados históricos das cotações, que, com isso, tentam prever seu comportamento futuro.

A proposta deste trabalho foi estabelecer previsões através de séries temporais do mercado de ações para a cotação e analisar o comportamento da média mensal da variação. A análise consistiu em encontrar previsões futuras precisas através do melhor modelo que descreve a série, como auxílio para esta previsão foi usado o MAPE (Erro Médio Absoluto Percentual) para o caso das cotações e o Erro Absoluto Percentual para o caso dos retornos do índice da Bovespa (IBOVESPA), IPSA e Merval.

OBJETIVOS

2.1. Geral

Analisar a relação dos índices de preço, retorno e volatilidade da bolsa de valores de três países da América Latina pré e pós-crise na bolsa desse mercado financeiro, e estimar os retornos financeiros com modelos não lineares.

2.2. Específicos

- Identificar a relação de dependência linear e não linear nos índices de preço, volatilidade e retorno.
- Estimar a partir de modelos estatísticos o comportamento da volatilidade dos retornos das cotações das bolsas de valores IPSA, Merval e Bovespa.
- Avaliar a evolução da crise sobre esses mercados.
- Estimar os retornos financeiros com modelos da família GARCH.
- Escolher qual modelo estatístico de ajuste é melhor às séries de dados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será efetuado um estudo com definições e conceitos trabalhados por especialistas nas áreas de: bolsa de valores, risco, volatilidade e retorno.

3.1 Ações

Ações são títulos de renda variável emitido por uma empresa de capital aberto (Sociedade Anônima), negociável em mercados organizados, que representa a menor fração do capital da empresa emitente (GONÇALVES, 2008).

As ações podem ser emitidas sob a forma física de cautelas ou certificados, que comprovam a existência e a posse de certa quantidade especificada de ações, ou do tipo escritural, que dispensa sua emissão física, mantendo o controle das ações em contas de depósitos em nome de seus titulares em uma instituição depositária.

Uma ação não tem prazo de resgate, sendo convertida em dinheiro mediante negociação no mercado. O investidor pode alterar sua participação acionária, desfazendo-se de títulos possuídos ou mesmo vendendo as ações de uma empresa e adquirindo de outras.

As sociedades anônimas emitentes de ações são companhias abertas que tem suas ações distribuídas entre um numero mínimo de acionistas, podendo ser negociadas em bolsas de valores. Essas sociedades devem ser registradas na Comissão de Valores Mobiliária (CVM) como capital aberto e fornecerem ao mercado, de forma periódica, uma série de informações de caráter econômico, social e financeiro.

3.2 Bolsas de valores

O centro comercial responsável pelas negociações das ações emitidas pelas entidades vinculadas a CVM é conhecido como bolsa de valores. As bolsas de valores têm suma importância para o desenvolvimento econômico da sociedade, pois possibilitam às empresas capturarem recursos de terceiros para aplicar em projetos de investimentos, permitindo que investidores de pequeno porte tornem-se acionistas de grandes entidades (KERR, 2011).

As bolsas de valores são responsáveis por disponibilizar as condições e o suporte necessário para que as negociações de títulos tanto nas compras quanto nas vendas ocorram de forma estruturada. É de responsabilidade da bolsa de valores exercer a

função reguladora dos padrões éticos, assim como divulgar de forma detalhada e rápida todas as transações de negociações (BM&FBOVESPA, 2015).

As funções principais atribuídas das bolsas de valores englobam as negociações de ações, títulos de renda fixa, câmbio e contratos derivativos, fornecimentos de índices financeiros, atualização constante de taxas, listagem atualizada de empresas S.A. abertas e empréstimos de títulos (BM&FBOVESPA, 2014).

As principais vantagens de uma organização optar por obter recursos através da emissão de ações são: fortalecimento da empresa, ampliação dos recursos financeiros, desenvolvimento da imagem institucional, criação de liquidez de capital, expansão dos projetos de investimento, redução da captação de recursos através do mercado de crédito e melhor sucessão administrativa em empresas familiares (PINHEIRO, 2012).

Beiruth et al. (2015) ressalta também as diversas vantagens da abertura de capital das instituições, entre elas destacam-se: rapidez na obtenção de capital de terceiros, maior visibilidade da imagem da organização e melhoria na obtenção de crédito por via bancária.

3.2.1 Bovespa

No Brasil, a única bolsa de valores ativa é a BM&FBOVESPA fundada através da junção da Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) e da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) em 2007 (KERR, 2011).

A BM&FBOVESPA tem como finalidade desenvolver o capital social brasileiro, através da prestação de serviços no mercado mobiliário e de investir em projetos educacionais e socioambientais. A bolsa brasileira opera com a mais alta tecnologia e comunicação, proporcionando negócios integrados exclusivamente por meio eletrônico. Os serviços oferecidos englobam a compra e venda de ações, transferência de riscos, arbitragem de preços entre mercados e diversificação de investimentos (BM&FBOVESPA, 2015).

No mercado brasileiro, essa avaliação de desempenho é realizada através do Índice Bovespa (Ibovespa) criado em 1968 com valor inicial de 100 pontos. O Ibovespa considera somente as negociações de ações sem investimentos adicionais, ou seja, o montante recebido na última negociação pela quantidade de ações disponíveis no mercado (ASSAF NETO, 2009).

3.2.2 IPSA

A Bolsa de Comércio de Santiago, fundada em 27 de novembro de 1893 é o principal centro de operações do Chile. Suas transações são ações, bônus, divisas estrangeiras e ADRs. A bolsa é membro fundador da Federação ibero-americana de Bolsas de Valores (FIABV) em 1973.

Desde a sua fundação ocorreram fatos importantes que afetaram diretamente as suas operações. Até a queda da bolsa de Nova Iorque (1929) a economia chilena atravessava um momento de prosperidade como á tempos não se via. Mas a partir de 1930 com a crise econômica mundial e a chegada ao poder de um governo popular e intervencionista, a economia chilena começou a se deteriorar, levando o Chile a uma profunda depressão. Esta situação durou até o início da década de 70, época em que a economia chilena passava por uma hiperinflação com uma taxa anual de 400%. Em 1973 foram realizadas grandes reformas econômicas, orientadas principalmente para a liberalização da economia, a descentralização, a abertura externa e o respeito a propriedade privada. A partir destas reformas, a economia chilena voltou a crescer, e o mercado de valores chileno se desenvolveu extraordinariamente. Hoje, os principais desafios da Bolsa de Comércio de Santiago estão dirigidos ao desenvolvimento do mercado de valores chileno, para uma melhor integração com os mercados financeiros internacionais.

Tem como indicadores:

- O Índice Geral de Preços de Ações (IGPA) criado em 1958, composto da maioria das ações e de revisão anual;
- O Índice de Preços Seletivo de Ações (IPSA) que corresponde as 40 ações de maior movimento, criado em 1977 e se revisa anualmente;
- INTER-10 agrupa as 10 principais empresas do IPSA que cotizam ADRs¹.

3.2.3 MERVAL

A Bolsa de Comércio de Buenos Aires (BCBA) foi fundada em 1854 com a finalidade de ser um centro de negócios e um mercado para commodities, divisas e valores. É administrada por uma diretoria de 12 membros, eleitos anualmente, entre os 62 membros do conselho administrativo, sendo que no conselho administrativo há

representantes de vários setores da economia. A BCBA está legalmente autorizada a admitir, suspender e cancelar a cotação de títulos de valores, de acordo com suas próprias normas, aprovadas pela Comissão Nacional de Valores. A bolsa desenvolve juntamente com a Comissão Nacional de Valores a tarefa de supervisionar o mercado de valores argentino podendo suspender a cotação de valores quando considerar necessário, a fim de controlar e prevenir alterações anormais dos preços.

O Merval é o principal índice de bolsa de valores da Argentina e a 3ª mais importante da América Latina atrás apenas da BM&FBOVESPA em São Paulo e da Bolsa de Valores Mexicana na Cidade do México. Representa as ações mais negociadas do mercado argentino. Foi fundada em 1929 na capital Buenos Aires. Durante 2013, o Merval foi o segundo mercado de ações entre os mais rentáveis do mundo. O índice da Bolsa de Valores subiu 84,97% em 2013.

Os preços das 3 bolsas foram colhidas em:<http://www.eleconomista.es/índice>

3.3 RISCO

A capacidade de realizar escolhas está presente nas características das sociedades contemporâneas através do poder de calcular o futuro (BERNSTEIN, 1998). Para tomarmos decisões, calculamos e avaliamos as opções que estão disponíveis e então optamos pela qual teremos menos perdas ou mais ganhos.

Risco é um evento aleatório que quando ocorre causa impactos negativos para os objetivos da instituição, sendo composto por três elementos básicos: cenário, probabilidade de ocorrência do evento e proporção do impacto ocorrido. Enquanto que oportunidade é descrita como evento aleatório que quando ocorre proporciona impactos positivos sobre os objetivos da organização, sendo composta pelos mesmos elementos do risco (VOSO, 2008).

De forma simplificada, o risco pode ser compreendido como as possíveis perdas econômicas que a empresa sofre diante da incerteza de suas atividades, por estarem expostas a danos ou perdas de valores mensuráveis (RODRIGUES, 2008).

Segundo Cordeiro Filho (2014) a definição de risco se estende além de um evento aleatório que se realizará ao longo do tempo, compreende-se também como um evento

passível de medição de acontecimentos incertos e futuros que podem ser amortizados através de medidas de proteção de prejuízo.

O risco abrange a possibilidade de ocorrer um evento sobre o qual o gestor terá amparo probabilístico e histórico para optar por uma determinada escolha para evitar perdas e obter vantagens competitivas (RODRIGUES, 2008).

3.3.1 RISCO DE MERCADO

Os riscos do sistema financeiro são divididos em: risco de variação das taxas de juros, risco de crédito, risco de mercado, risco operacional, risco de câmbio, risco soberano, risco de liquidez e risco legal. Dada à dificuldade de se mitigar os riscos em sua totalidade, é fundamental o agente financeiro gerenciar e controlar seus riscos avaliando o potencial de perda e ganho que a instituição está exposta (ASSAF NETO, 2009).

O risco de mercado compreende-se na variação de preço em um determinado período de tempo que pode representar possíveis perdas nos ativos, sejam elas nas ações, operações sujeitas à variação de câmbio, mercadorias (*commodities*) ou variação de taxa de juros (KERR, 2011).

Conforme Assaf Neto (2009) o risco de mercado engloba o comportamento dos ativos ao longo do tempo, ou seja, o preço em que os ativos e passivos estão sendo negociados através de agentes financeiros em um determinado período. O autor completa a definição ressaltando que o risco de mercado consiste nas chances de perda que uma instituição poderá sofrer devido à inflação, variação da taxa de juros, indicadores das bolsas de valores entre outros.

A mensuração do risco calcula, em geral, a probabilidade de determinado evento ocorrer. Dada a abundância dos riscos em um futuro próximo, a área financeira se concentra em descobrir a gama de resultados que ocorrerá no próximo dia. Para tal análise faz-se uso do modelo de auto regressão, que analisa a função quadrática das observações passadas (SCHWARTZ et al., 2011).

3.4 VOLATILIDADE

A volatilidade é um tipo de mensuração de risco que por meio da dispersão dos retornos permite indicar, no caso de risco de mercado, a variação de preços de títulos, ações, opções, taxa de juros e etc. (LORENZEN, 2011).

À medida que o mercado se encontra instável e com períodos de grandes perturbações econômicas e sociais há o aumento da variabilidade ou volatilidade das taxas de juros, prejudicando as negociações econômicas (MELLAGI FILHO; ISHIKAWA, 2007).

A volatilidade está relacionada à flutuação dos preços dos ativos no mercado. Quando os preços dos ativos (títulos de renda fixa, ações, derivativos, *commodities* etc.) estão mais voláteis, o mercado precisa assumir situações de riscos maiores para continuar investindo. Com o objetivo de evitar situações de grandes conturbações, é de suma importância o acompanhamento diário do valor dos ativos negociáveis, para o investidor dispor de atualizações constantes e possuir respaldo para tomada de decisões futuras (ASSAF NETO, 2009).

A volatilidade é uma ferramenta de mercado importante, que tem como principal função medir em tempo real a variação de ativos de qualquer natureza. Analisa-se a volatilidade durante todo o processo, considerando o tempo (t) e sua variação. A mensuração é realizada através de intervalos de tempos em que são avaliadas transações individuais ou atualizações de cotação (SCHWARTZ et al., 2011).

Os mercados de ações são assuntos de grandes proporções mundiais, ademais da crescente interconexão dos operadores do mercado que aumentam a capacidade de negociações e a velocidade das tendências em amplitude global. Como consequência a volatilidade atinge patamares elevados como resposta à criação de novas plataformas de negociações em que os analistas de riscos podem amenizar suas consequências (SCHWARTZ et al., 2011).

A volatilidade é uma oscilação de mercado que ocorre em longo prazo, e pode ser mensurada a partir de dois métodos: por um indicador estatístico de flutuações que analisa eventos que já ocorreram tais como desvio padrão; ou através do cálculo da

volatilidade implícita nos preços das ações. O primeiro método é realizado através do histórico, e medem movimentos reais de preços (cotações) e o segundo método é direcionado à previsão e à expectativa do mercado (SCHWARTZ et al., 2011).

3.5 RETORNO

Com os mercados interligados, a obtenção de capital está cada vez mais escassa, e as empresas, por sua vez, para compensar essa insuficiência de recursos oferecem aos investidores retornos sobre o capital investido que compense de forma satisfatória o risco assumido (CORRÊA, 2012).

Os investidores geralmente optam por aplicar seu capital na compra de ações com o intuito de obter lucros acima da média, como por exemplo, se estivesse aplicado na caderneta de poupança. Esses lucros podem vir através da valorização de mercado ou desvalorização, entretanto o mercado também pode sofrer turbulências negativas causando perdas aos investidores que acreditaram no sucesso das ações (BEIRUTH et al., 2015).

É primordial o investidor ter ciência sobre os riscos que ele assume em cada aplicação, pois quando se assume riscos de maiores proporções espera-se que os retornos tenham a mesma proporção para compensar o investimento. No caso em que os investidores têm conhecimento da magnitude dos riscos e dos retornos envolvidos, denomina-se que o mesmo é racional e avesso ao risco (KERR, 2011).

A gestão financeira de risco tem a função de maximizar os retornos esperados pelos investidores, desde que o retorno e a volatilidade sejam estudados simultaneamente. Altos retornos esperados possuem a característica de altos riscos, desde que a incerteza é maior na aplicação do capital no mercado (WUTHRICH et. al, 2010).

A avaliação de uma carteira de ativos é fundamental para mensurar de forma mais consistente os riscos envolvidos, no caso do mercado financeiro, a mensuração é realizada através das variações dos preços das ações (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Os retornos financeiros apresentam características interessantes que outros tipos de séries não possuem, essas características englobam: a falta de autocorrelação, e a presença de autocorrelação quando os retornos estão em forma quadrática, volatilidade ao longo do tempo, e distribuição leptocúrtica, ou seja, diversos valores do banco de dados se distanciam da média ao longo do tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

4. METODOLOGIA

Este estudo será desenvolvido de acordo com modelos não lineares estruturais e raízes unitárias que proporcionarão a análise da variabilidade e da média dos retornos das bolsas de valores dos últimos 15 anos.

O conjunto de dados obtidos foi através do site do El economista e para a análise dos mesmos será utilizado o *software* gratuito R versão 3.3.2. Este *software* possibilita calcular uma vasta variedade de modelos lineares e não lineares com alta performance computacional. O R também permite implementar modelos não imputados na base sistêmica, flexibilizando o *software* para atender as particularidades de diversos estudos.

4.1 SÉRIES TEMPORAIS

Uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. A característica mais importante deste tipo de dados é que as observações vizinhas são dependentes e estamos interessados em analisar e modelar esta dependência. Enquanto em modelos de regressão, por exemplo, a ordem das observações é irrelevante para a análise, em séries temporais a ordem dos dados é crucial. Vale notar também que o tempo pode ser substituído por outra variável, como espaço, profundidade, etc. Como a maior parte dos procedimentos estatísticos foi desenvolvida para analisar observações independentes o estudo de séries temporais requer o uso de técnicas específicas. Dados de séries temporais surgem em vários campos do conhecimento como Economia (preços diários de ações, taxa mensal de desemprego, produção industrial), Medicina (eletrocardiograma, eletroencefalograma), Epidemiologia (número mensal de novos casos de meningite), Meteorologia (precipitações pluviométricas, temperatura diária, velocidade do vento) etc.

4.1.1 RETORNOS

O retorno relativo percentual (R_t) é obtido através do preço do ativo no tempo t (P_t) pelo preço do ativo no período anterior (P_{t-1}) (KERR, 2011).

$$R_t = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \quad (1)$$

O mesmo autor também utiliza o cálculo do retorno geométrico ou retorno continuado composto através do logaritmo neperiano, dado por:

$$R_t = \left[\ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \right] \quad (2)$$

4.1.2 MODELO ARIMA

Séries econômicas são não estacionárias, deste modo se a diferença da série se desenvolver ao longo da média é possível realizar estudos através dos números finitos das diferenças. O modelo ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) é dado pelo número de termos autoregressivos (p), pelo número de diferenças (d) e pelo número de termos de médias móveis (q) (MORETTIN; TOLOI, 1981).

De acordo com Morettin e Toloi (1981) se X_t for um processo autoregressivo de médias móveis e satisfazer as condições a seguir, temos um processo ARIMA (p, d, q):

$$\phi(B)X_t = \theta(B)a_t \quad (3)$$

Onde: $B^j X_t = X_{t-j}$

Então, podemos reescrever

$$X_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

$$X_t = (1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q) a_t = \theta(B) a_t$$

Em um modelo misto ARMA(p, q), utilizando o operador de retardo, podemos escrever

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) X_t = (1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q) a_t$$

$$\phi(B) X_t = \theta(B) a_t \quad (4)$$

4.2 MODELOS ESTRUTURAIS NÃO LINEARES

Séries financeiras por apresentarem comportamentos de grandes turbulências não possuem estimação por modelos com características lineares. As oscilações de comportamento são diagnosticadas a partir de alta variabilidade presentes nos dados coletados que vão evoluindo ao longo do tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006). Este estudo utilizará os modelos estruturais não lineares da família ARCH-GARCH, para estimar os retornos dos mercados de capitais.

4.2.1 ARCH

Os modelos estruturais não lineares denominados em inglês como *Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (ARCH) e *Generalized ARCH* (GARCH) são indicados para a acomodação de séries temporais que apresentam alta volatilidade (COWPERTWAIT; METCALFE, 2009).

O modelo ARCH foi introduzido por Engle (1982) através do estudo empírico sobre séries temporais heterocedásticas condicionais. O modelo ARCH possui média zero e variância 1, porém com desvios incondicionais constantes que possibilitam realizar previsões a partir de informações históricas recentes sobre a série.

Engle em 1982 definiu o modelo ARCH como:

$$r_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t,$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q r_{t-q}^2 \quad (5)$$

Com $\varepsilon_t \sim N(0,1)$ (distribuição normal com média zero e variância 1) ou $\varepsilon_t \sim tu$ (distribuição t de Student com u graus de liberdade).

4.2.2 GARCH

O modelo GARCH foi desenvolvido por Bollerslev (1986) como uma extensão generalizada do modelo ARCH. A diferença entre o modelo GARCH e o modelo ARCH é que o modelo generalizado necessita de menos parâmetros para descrever a volatilidade de uma série temporal.

O modelo GARCH foi definido por Bollerslev (1986) como:

$$r_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t,$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i r_t^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}$$

(6)

4.2.3 ERROS DE PREVISÃO

Para avaliar quais modelos apresentaram melhores resultados nas previsões propostas será utilizado o erro médio percentual absoluto (MAE), por se tratar de retornos, pois é o pertinente para este tipo de séries para avaliar a performance dos retornos das bolsas de valores ao longo do tempo.

O MAE é definido como:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Real - Previsto| * 100 \quad (7)$$

Sendo *Real* o valor do retorno, *Fi* o valor futuro, *Oi* o valor de comparação e *N* o número de observações do estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma análise descritiva dos dados foi feita com o auxílio do software R versão 3.3.2 em que foram calculadas a média e o desvio-padrão antes da crise e pós crise. Na tabela 1a, podemos observar que no histórico de 2002 a 2008, os retornos foram positivos, como exemplo podemos afirmar que o conjunto de ações que compõem a Bovespa teve um aumento de 0,0016 por cada título negociado neste período. O risco relacionado para esse período foi de 0,0171 para cada título negociado.

Tabela 1a. Análise descritiva dos retornos pré-crise referente às bolsas de valores.

PAÍS	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO
Argentina (Merval)	0.001800	0.01993097
Brasil (BOVESPA)	0.001590	0.01711945
Chile (IPSA)	0.0006714	0.00909098

Tabela 1b. Análise descritiva dos retornos pós-crise referente às bolsas de valores.

PAÍS	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO
Argentina (Merval)	0.000017	0.02186837
Brasil (BOVESPA)	0.001590	0.01850744
Chile (IPSA)	0.0001606	0.01075097

Tabela 2. Pré-crise. Analisando a tabela abaixo apresentamos a correlação de Pearson, onde podemos observar uma relação forte e direta. A bolsa BOVESPA tem a maior correlação com IPSA (0,92) seguido da correlação com a Merval (0,91). A menor correlação acontece entre IPSA e Merval (0,87).

Tabela 2. Análise de Correlação Pré Crise

	IBOVESPA	Merval	IPSA
IBOVESPA	1,0000000	0,9100084	0,9193759
Merval	0,9100084	1,0000000	0,8743034
IPSA	0,9193759	0,8743034	1,0000000

Analisando a Tabela 3, apresentamos a correlação de Pearson para os dados pós crise, é possível observar uma relação direta entre IBOVESPA e IPSA (0,48). Existe uma correlação fraca e inversa entre IBOVESPA e Merval.

Tabela 3. Análise de Correlação Pós Crise

	IBOVESPA	MERVAL	IPSA
IBOVESPA	1,0000000	-0,242035	0,4789458
MERVAL	-0,242035	1,0000000	0,1903422
IPSA	0,4789458	0,1903422	1,0000000

O Gráfico 1 mostra os ativos (preços) das três bolsas para compreender melhor as oscilações das cotações diárias e o crescimento desses valores antes da crise de 2008. Podemos observar os preços dos ativos apresentam crescimento a partir de meados de 2003. Antes deste período, as três bolsas não apresentavam tendência para os valores de preço dos ativos.

Já o Gráfico 2 mostra os ativos das três bolsas sul-americanas após da crise de 2008. No período de crise as três bolsas apresentam quedas acentuadas nos seus ativos, para logo ter recuperação entre 2009 e 2012. A partir de 2012, apenas a Merval tem crescimento.

Gráfico1: Evolução histórica dos preços pré crise.

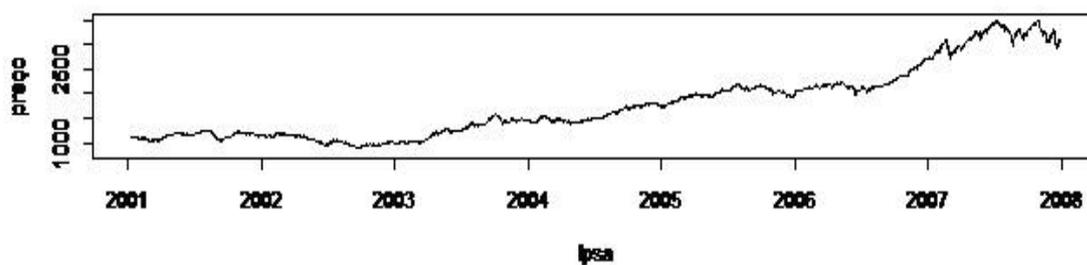
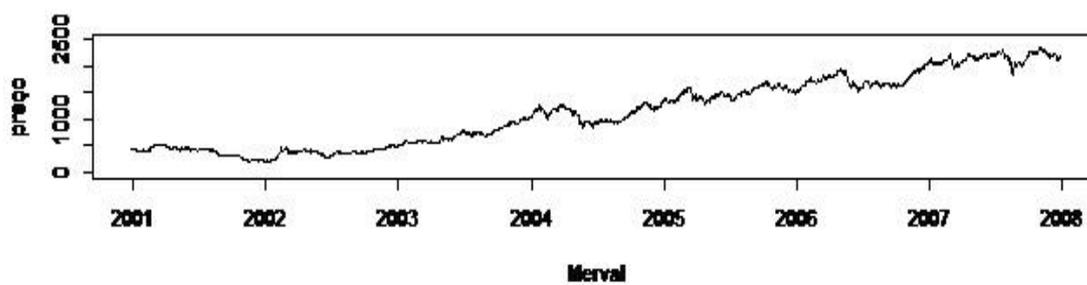
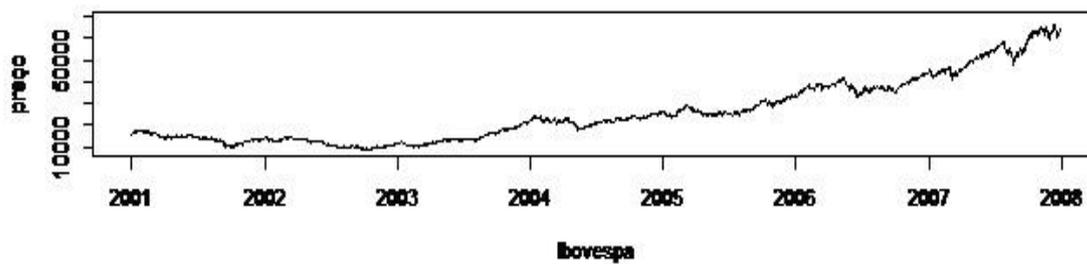
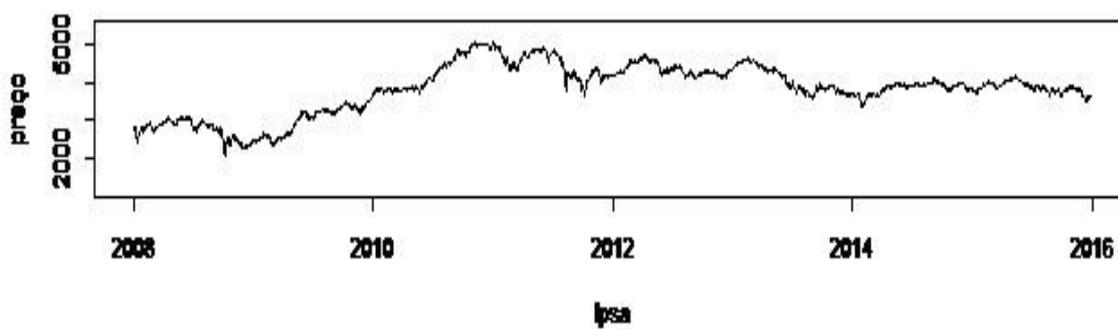
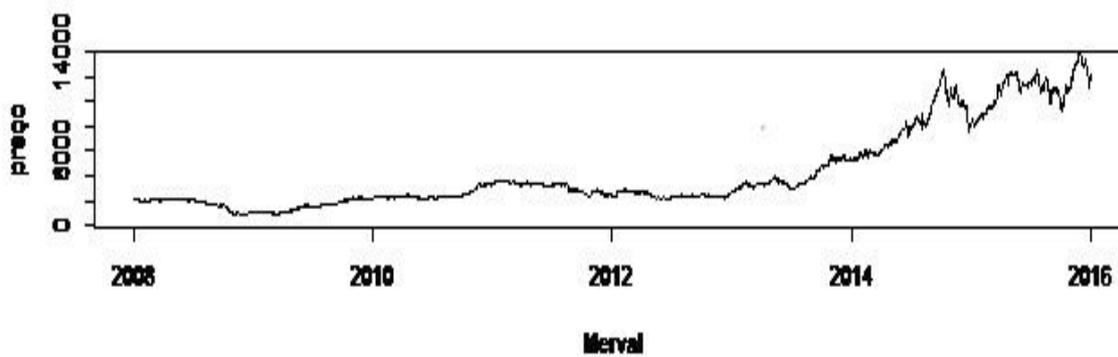
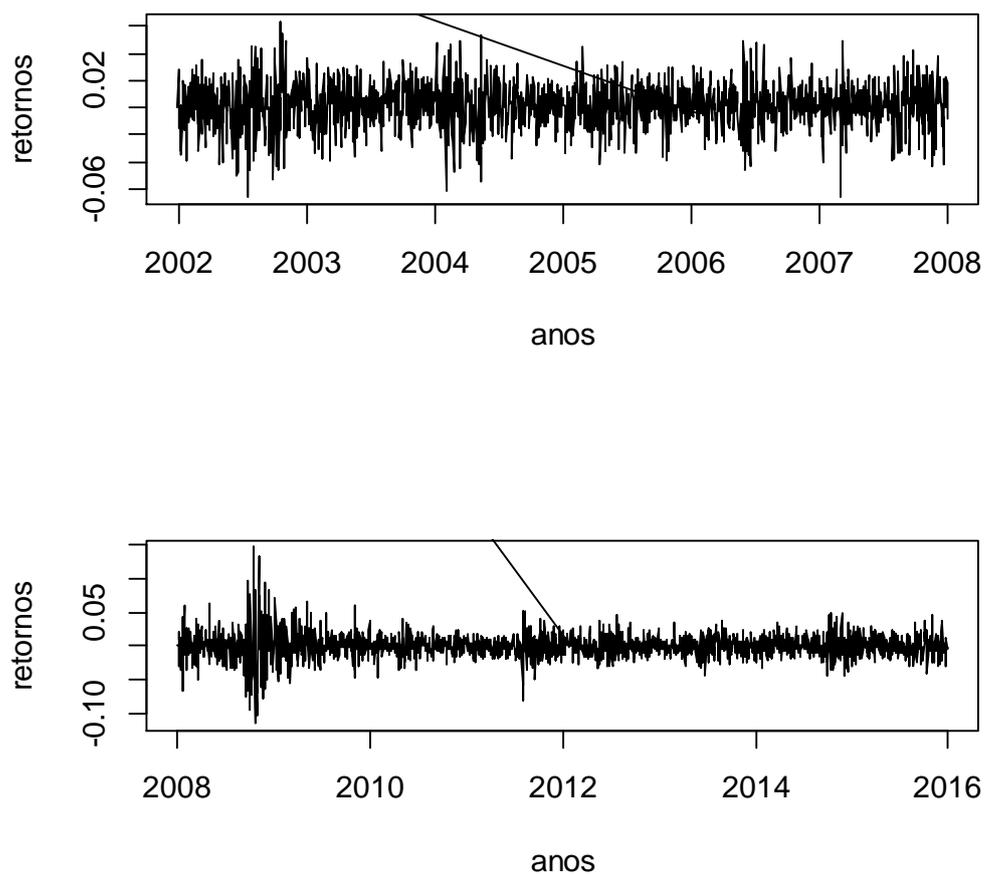


Gráfico 2: Evolução histórica do preço pós crise

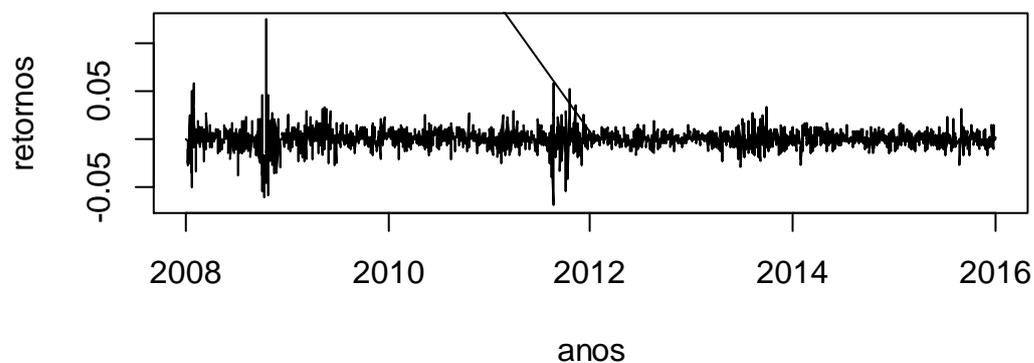
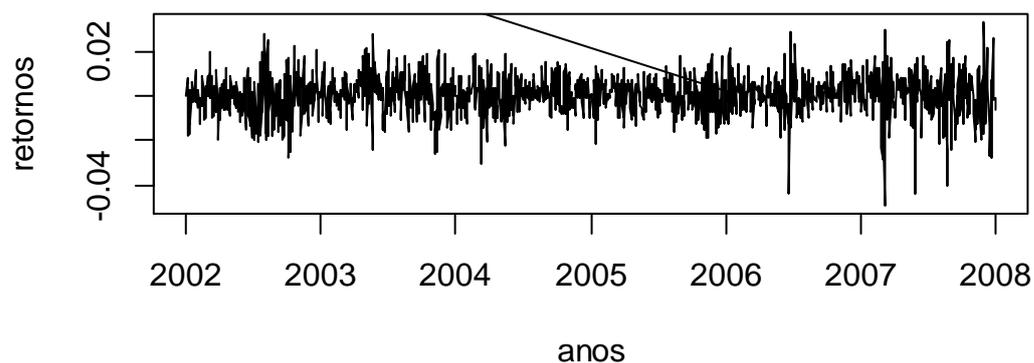
A partir do gráfico 3, podemos observar que a série de retornos apresenta retornos constantes, já no segundo período pós crise esta série apresenta maiores lucros e perdas no período de 2008.

Gráfico 3: Retornos da Ibovespa, pré e pós crise



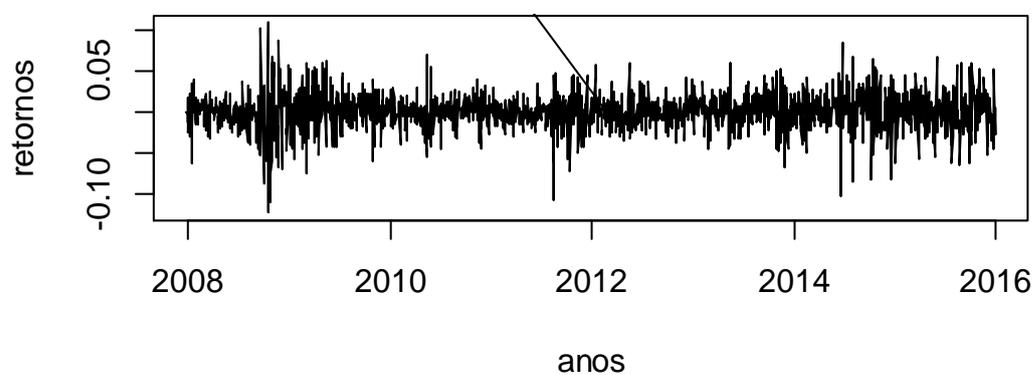
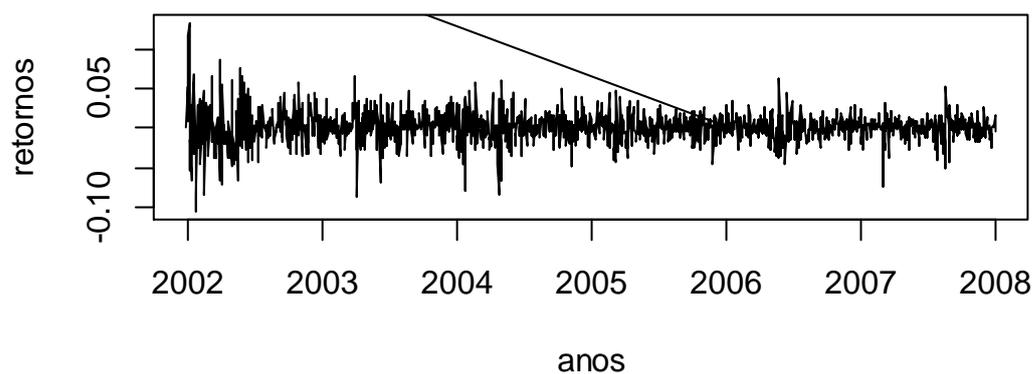
A partir do gráfico 4, podemos observar que a série de retornos do IPSA apresenta lucros e perdas constante no período de 2002 a 2008. A presença de maiores lucros e perdas acontece no final deste período. No segundo período pós crise esta série apresenta maiores lucros e perdas em 2008 seguido de 2011.

Gráfico 4: Retornos da bolsa Ipsa, pré e pós crise



A partir do Gráfico 5, podemos observar que a série de retornos da Merval apresenta retornos constantes no período de 2002 a 2008. A presença de maiores lucros e perdas acontecem no início deste período. No segundo período pós crise, esta série apresenta maiores lucros e perdas em 2008.

Gráfico 5: Retornos da Merval, pré e pós crise



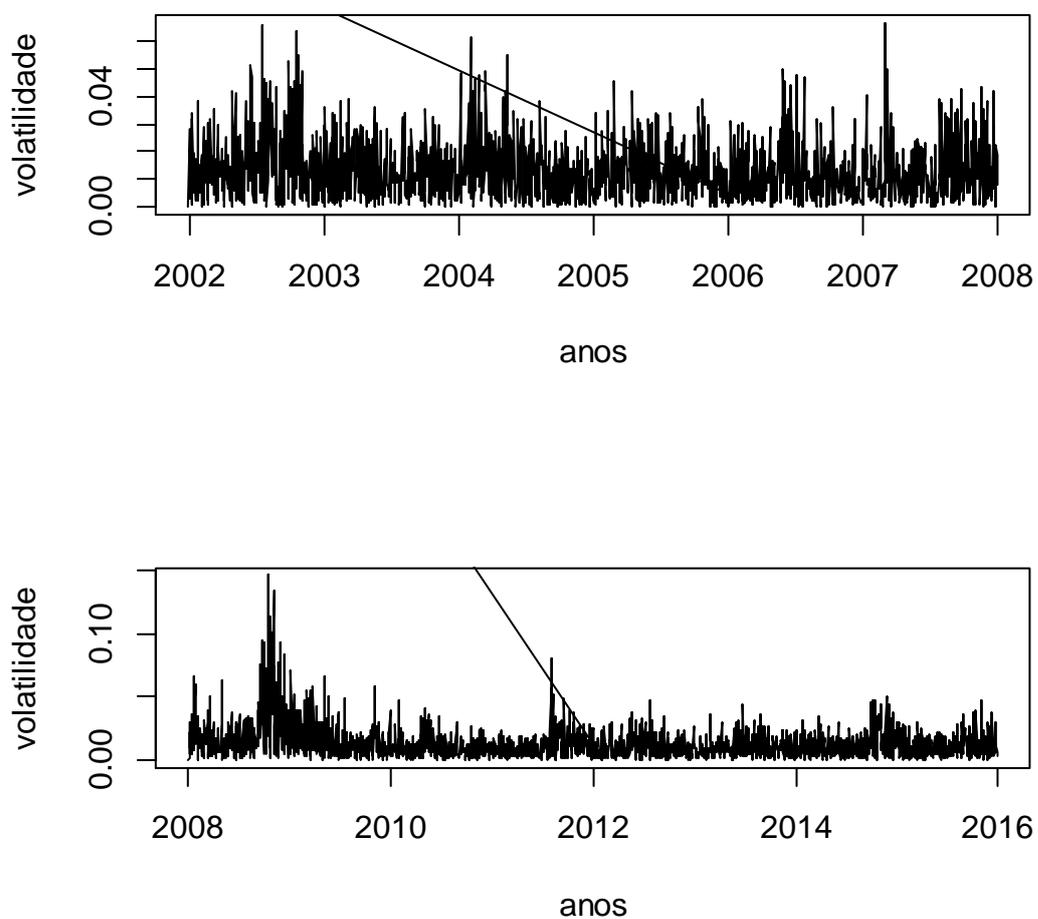
A Tabela 4 mostra que tanto a Bovespa quanto a Ipsa apresentaram uma maior amplitude entre os retornos máximo e mínimo no período pós crise. Entre os retornos financeiros das bolsas de valores pós crise, a Bovespa apresentou o maior retorno, isso indica que num dia de pregão houve um aumento de 14,7% de lucro em seus ativos. A Merval apresentava o comportamento mais instável no período pré crise, com o maior prejuízo observado, correspondendo a 11% nos ativos, e também o maior lucro, chegando a 13% no mesmo período, de 2002 a 2007.

Tabela 4. Valores máximo e mínimo de retornos financeiros das bolsas pré e pós crise.

Bolsas	Pré crise		Pós crise	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Ibovespa	-0,066	0,066	-0,114	0,147
Merval	-0,110	0,130	-0,122	0,110
Ipsa	-0,050	0,030	-0,070	0,125

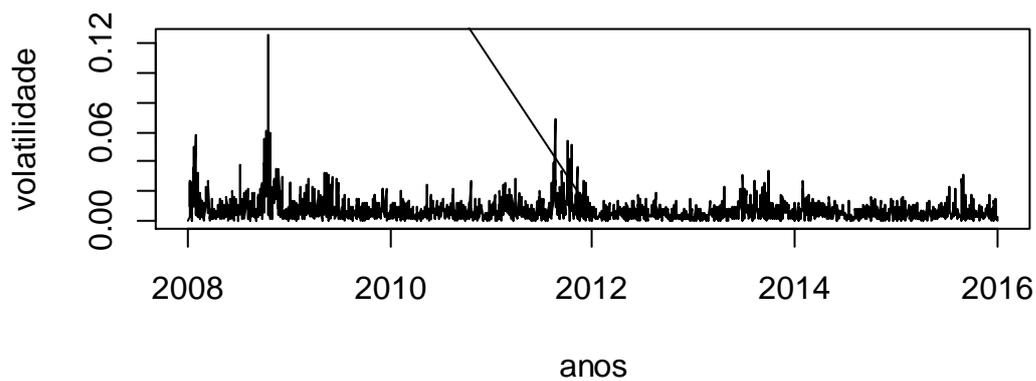
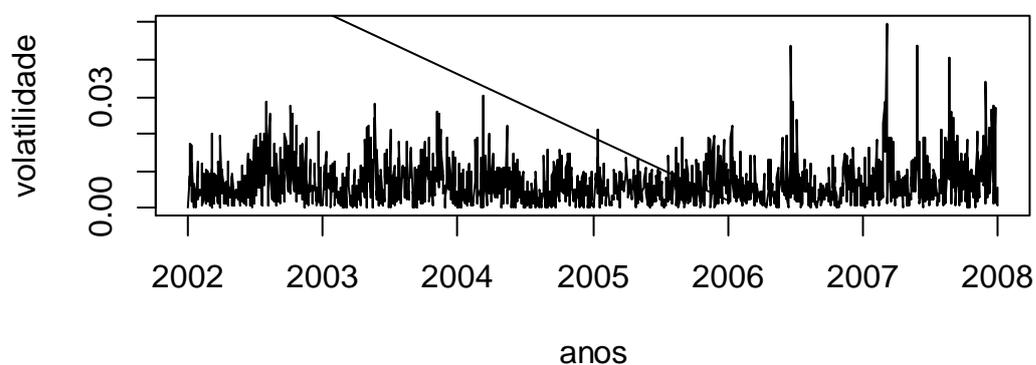
O Gráfico 6 mostra que na Ibovespa, a presença de volatilidade é intensa no final de 2002, início de 2004, meados de 2006 e 2007. Já no segundo período, logo após a crise entre 2008 e 2009 há presença de alta volatilidade, voltando a partir de 2010 a assumir um comportamento semelhante ao que foi observado pré-crise.

Gráfico 6: Volatilidade da Ibovespa, pré e pós crise



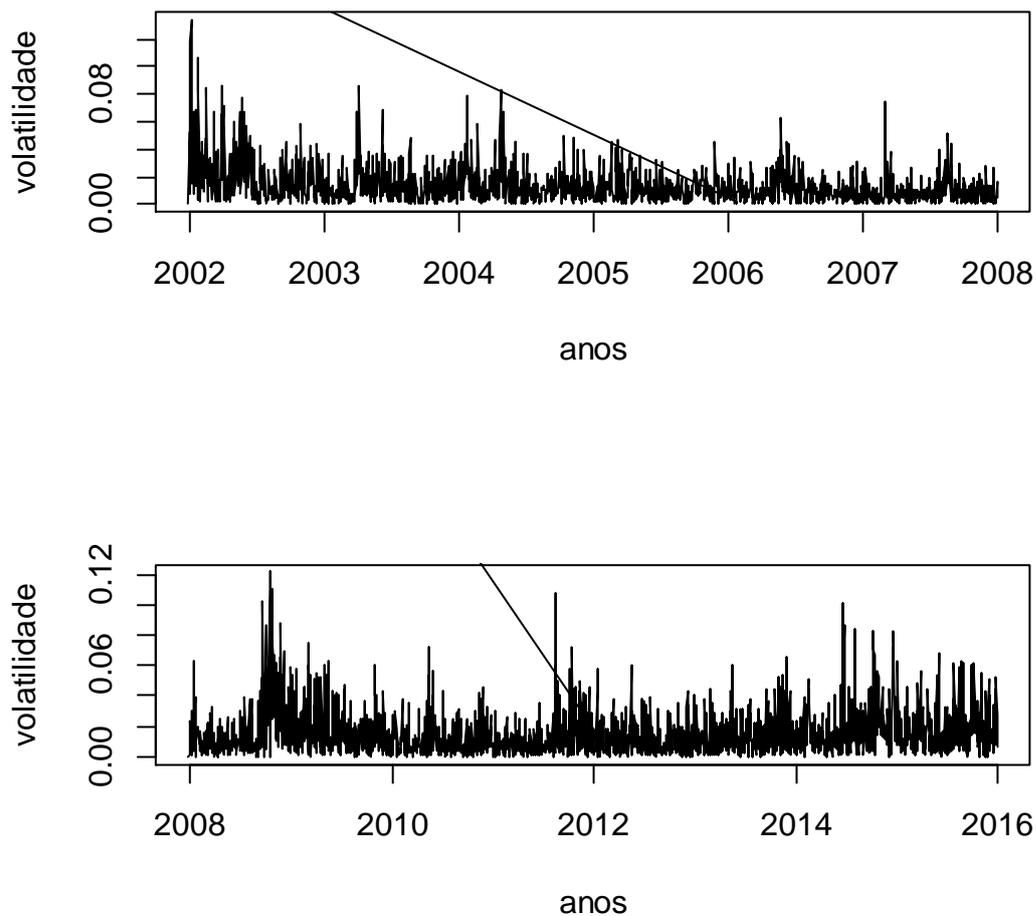
O Gráfico 7 mostra que no Ipsa, a presença de volatilidade é intensa a partir de 2006, início e final de 2007. Já no segundo período, principalmente entre 2008 e 2009, há presença de alta volatilidade, nos outros períodos o mercado apresenta menor volatilidade.

Gráfico 7: Volatilidade da Ipsa pré e pós crise



No Gráfico 8, com os dados da Merval, a presença de volatilidade é intensa a partir de 2002. Já no segundo período entre 2008 e 2009, 2012 e após 2014, há presença de alta volatilidade.

Gráfico 8: Volatilidade da Merval, pré e pós crise



Foram testadas a estacionaridade dos retornos das 3 bolsas (IBOVESPA, MERVAL e IPSA) pré e pós crise, usando o teste de raiz unitária (Philips e Perron), encontrando os seguintes resultados:

Tabela 5. Integração da serie usando raiz unitária

PERÍODO	IBOVESPA	MERVAL	IPSA
PRÉ CRISE	I (0)	AR (1)	AR (1)
POSCRISE	I (0)	I (0)	AR (1)

I(0): Integrada de ordem zero.

AR(1): Presença autorregressiva de primeira ordem.

Podemos afirmar que os retornos das Ibovespa e a Merval pós crise são estacionárias, sem presença autorregressiva, portanto um modelo do tipo ARMA(0,0) é pertinente. Para as bolsas IPSA e MERVAL pré-crise, uma modelagem do tipo ARMA(1,0) é pertinente.

Modelos GARCH

Para implementar a modelagem GARCH, esta é estimada em dois estágios, da seguinte forma. Uma vez estimada o modelo da família ARIMA, a volatilidade fica concentrada nos erros aleatórios. Foi aplicado um modelo GARCH(1,1) aos resíduos do modelo estimado. Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Modelo Garch

Bolsa	Pré crise				Pós crise			
	Modelo GARCH				Modelo GARCH			
	ARMA	α_0	α_1	β_1	ARMA	α_0	α_1	β_1
Ibovespa		0,0015	0,047	0,92		0,0017	0,073	0,91
Merval	0,017	0,0015	0,095	0,86		0,0014	0,114	0,85
Ipsa	0,18	0,0008	0,160	0,81	0,17	0,0004	0,133	0,84

Podemos afirmar que a constante média que inicia os modelos (α_0) são todos positivos, o que indica todas as bolsas numa condição saudável de lucro. Quando analisados os parâmetros Arch (α_1), há uma dependência maior dos seus retornos passados quadráticos pós crise para a Ibovespa e Merval, o contrário acontece com o Ipsa. A dependência da sua variância condicional imediatamente anterior (volatilidade) é mantida pós crise. Se comparadas as 3 bolsas na pré crise, a Ipsa depende mais dos

seus retornos passados e Ibovespa é a que menos depende. Na pós crise esse comportamento permanece. Quando observamos a dependência de volatilidade (β_1) pré crise e pós crise os coeficientes de dependência são próximos. Mostrando que sua volatilidade tem uma dependência forte com a volatilidade do dia anterior.

Para todas as bolsas foi calculado e estimado suas correspondentes previsões com seus respectivos erros médios percentuais MAE.

Da tabela 7, podemos afirmar que as previsões futuras dos primeiros 5 dias úteis, os 3 primeiros indicam lucros, exemplo no primeiro dia útil há lucros de 8,4 unidades de valor para cada 1000 unidades de ativos negociados. Os dois últimos dias de previsão apresentam perdas.

Tabela 7: Previsão cinco dias pré-crise Ibovespa

Dias úteis 2008	Previsão futura	Lo 95	Hi 95
1	0.0084685	-0.01906012	0.0359973
2	0.0001943	-0.02733434	0.0277231
3	0.00518517	-0.02234354	0.0327139
4	-0.00296184	-0.03049056	0.0245668
5	-0.01230508	-0.03983380	0.0152236

No Gráfico 9, podemos afirmar que o ajuste do modelo GARCH acompanha adequadamente a série real de retornos financeiros da Ibovespa. A tabela 8 apresenta as previsões pós crise para a Bovespa. Da Tabela 8, podemos afirmar que as previsões futuras dos primeiros 5 dias úteis, os 2 primeiros indicam perdas, exemplo no primeiro dia útil há perdas de 7,8 unidades de valor para cada 1000 unidades de ativos negociados. Os 3 últimos dias de previsão apresenta lucros. Assim nos 5 dias há lucros de 5,39 unidades de valor para cada 1000 unidade de ativos negociado.

Gráfico 9. Valor real e estimado para os retornos da Ibovespa. Pré-crise

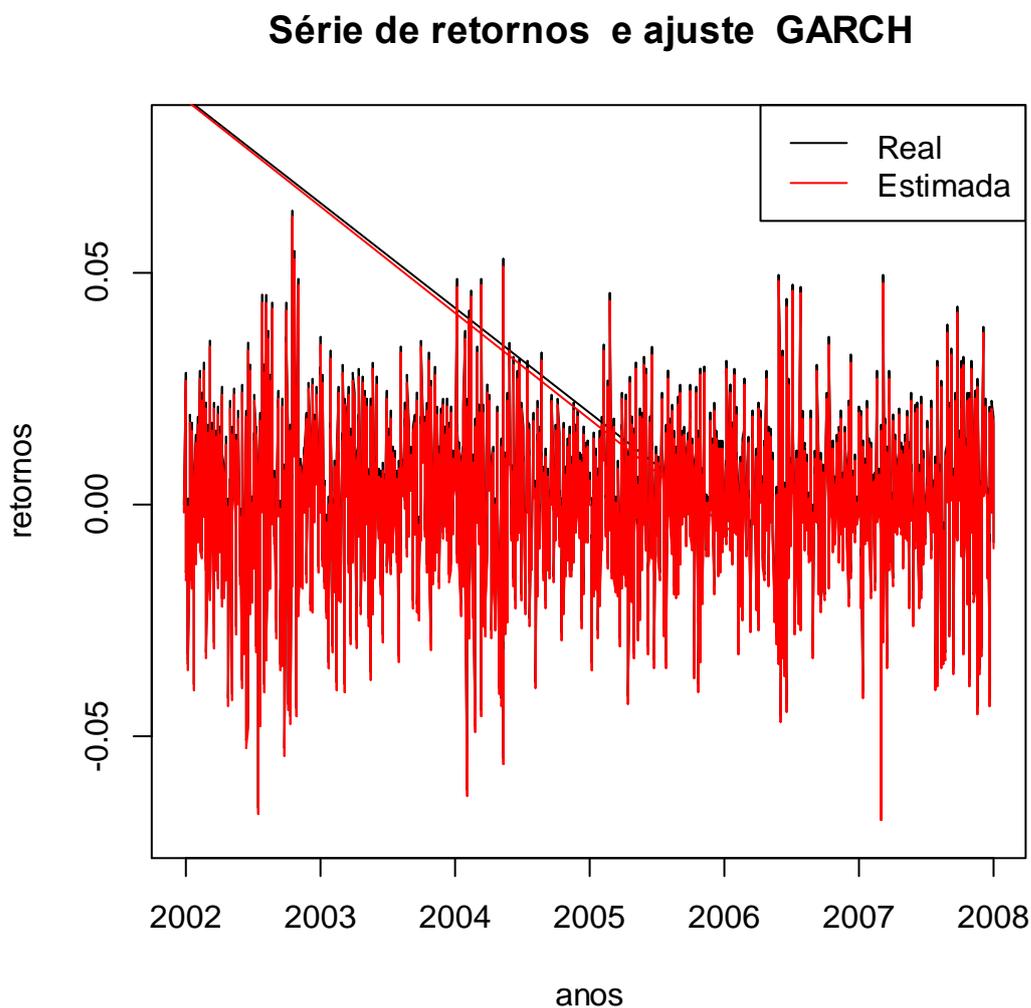


Tabela 8: Previsão pós crise Ibovespa

Dias úteis 2016	Previsão futura	Ic inferior 95%	Ic superior 95%
1	-0.0078956	-0.03800189	0.02221062
2	-0.0171730	-0.04727932	0.01293320
3	0.0054510	-0.02465518	0.03555734
4	0.0080912	-0.02201501	0.03819751
5	0.0053960	-0.02471017	0.03550235

Com base na Gráfico 10, podemos afirmar que o ajuste do modelo GARCH acompanha adequadamente a série real de retornos financeiros da Ibovespa. Da Tabela 9, podemos afirmar que as previsões futuras dos primeiros 5 dias úteis, todos indicam perdas, exemplo no primeiro dia útil há perdas de 5,5 unidades de valor para cada 1000 unidades de ativos negociados. Como os retornos de ativos financeiros são controlados por investidores, é difícil de prever, por isso o intervalo de confiança de 95%, envolve perdas no limite inferior e lucros no limite superior.

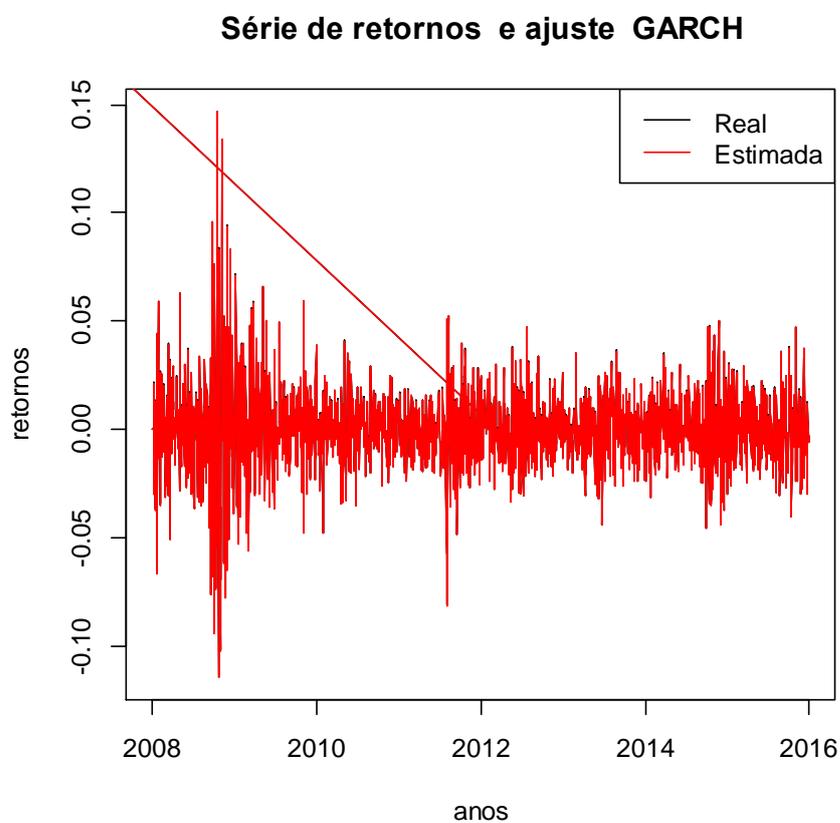
Gráfico 10. Valor real e estimado para os retornos da Ibovespa. Pós crise

Tabela 9:Previsão merval pré crise merval

Dias útil 2008	Previsão futura	Ic inferior 95%	Ic superior 95%
1	-0.0054978	-0.03714299	0.02614730
2	-0.0104478	-0.04209302	0.02119735
3	-0.0024164	-0.03406172	0.02922873
4	-0.0051946	-0.03683988	0.02645064
5	-0.0062616	-0.03790693	0.02538367

A partir da Gráfico11, é possível verificar a qualidade do ajuste do modelo GARCH descrevendo adequadamente a série real de retornos financeiros da Merval. Da Tabela 10, podemos afirmar que as previsões futuras dos primeiros 5 dias úteis, os 2 primeiros indicam lucros, exemplo no primeiro dia útil há lucros de 3,65 unidades de valor para cada 1000 unidades de ativos negociados. Os últimos dias de previsão apresentam lucros também. Assim nos 5 dias há lucros de 7,38 unidades de valor para cada 1000 unidade de ativos negociado.

Gráfico 11. Valor real e estimado para os retornos da Merval. Pré crise.

Série de retornos e ajuste GARCH

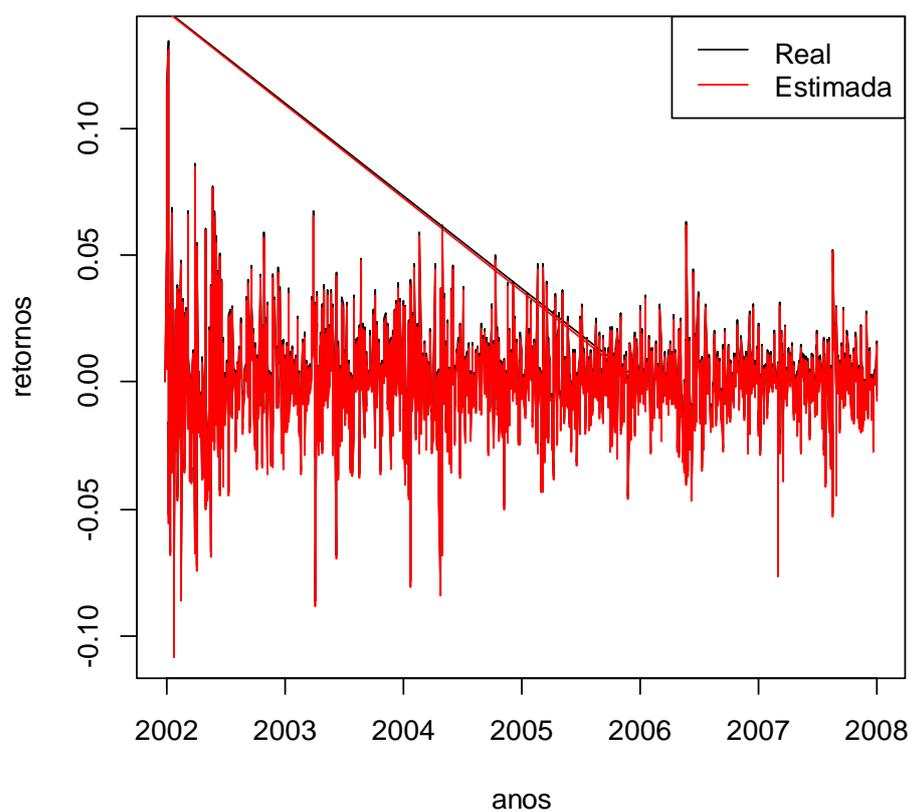


Tabela 10: Previsão pós crise merval

Dias útil 2016	Previsão futura	Ic inferior 95%	Ic superior 95%
1	0.00365267	-0.03249682	0.03980217
2	0.00075657	-0.03539372	0.03690687
3	-0.01244522	-0.04859633	0.02370588
4	-0.00448723	-0.04063914	0.03166468
5	0.00738088	-0.02877183	0.04353360

Na Gráfico 12, é possível observar que o ajuste do modelo GARCH acompanha adequadamente a série real de retornos financeiros da Merval. Da Tabela 11, podemos afirmar que as previsões futuras dos primeiros 5 dias úteis, o primeiro indicam lucros, ou 1,58 unidades de valor para cada 1000 unidades de ativos negociados. Os últimos dias de previsão apresentam perdas. Assim, nos 5 dias há perdas de 2,26 unidades de valor para cada 1000 unidade de ativos negociado.

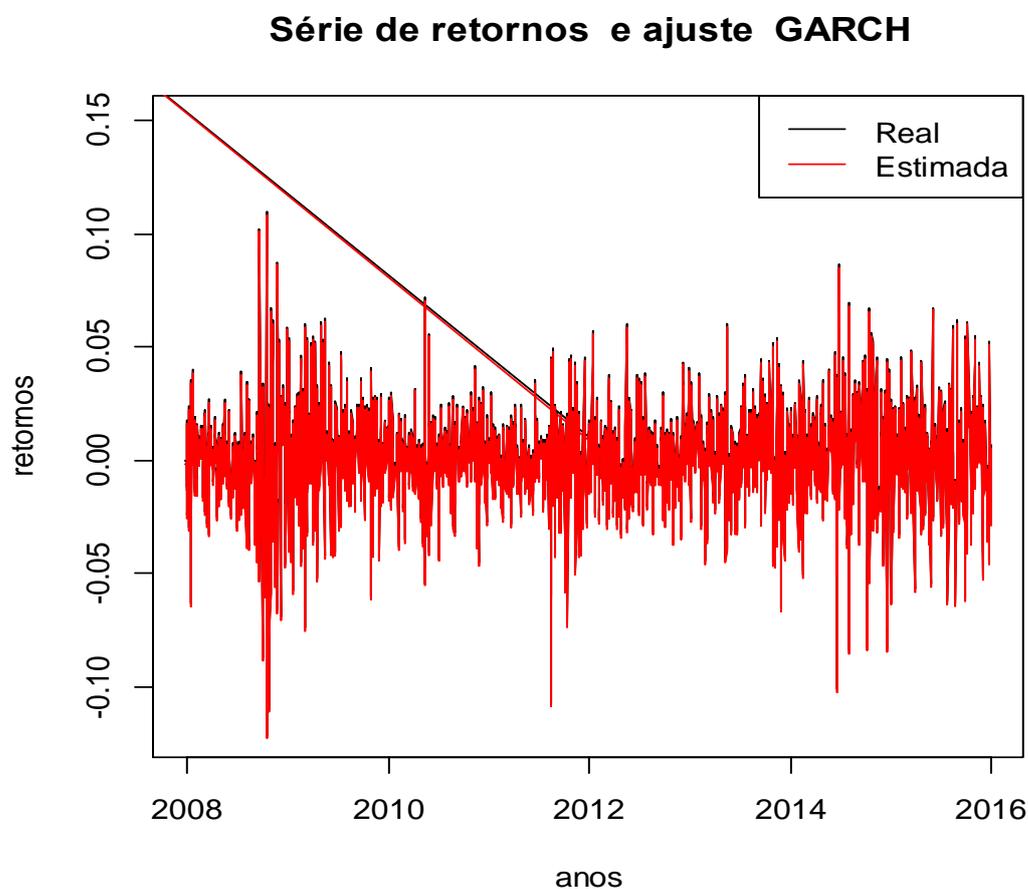
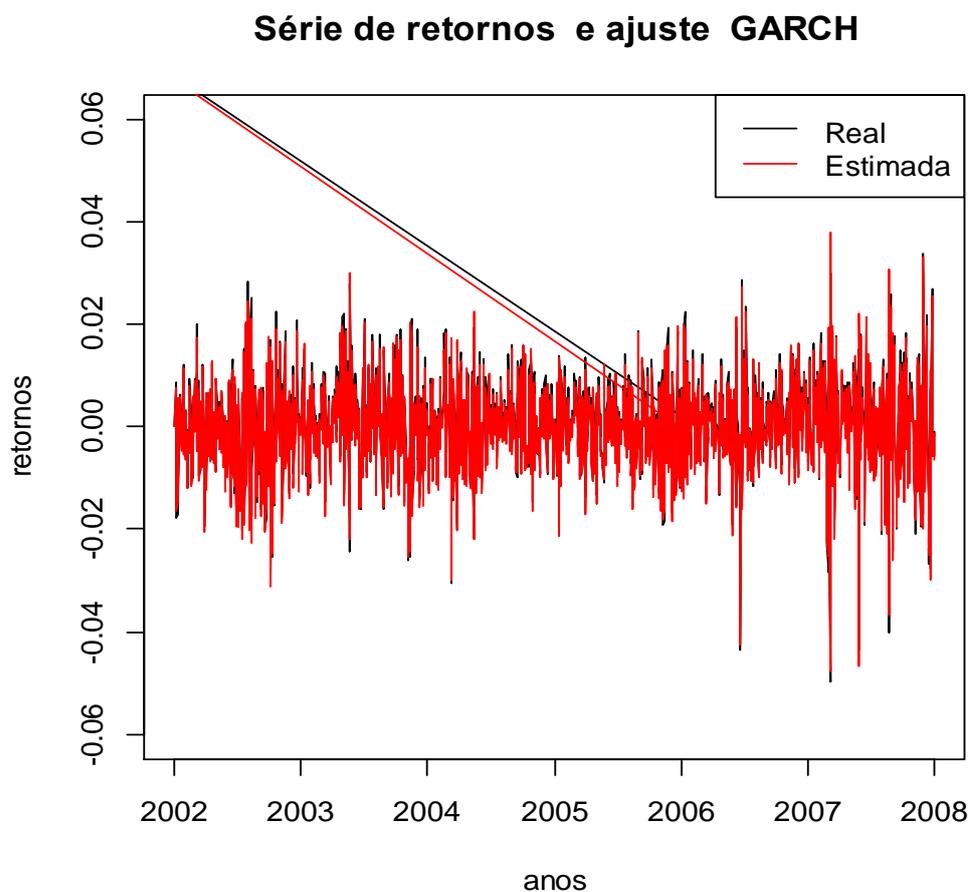
Gráfico 12. Valor real e estimado para os retornos da Merval. Pós-Crise

Tabela 11: Previsão Ipsa pré crise

Dias úteis 2008	Previsão futura	Ic inferior 95%	Ic superior 95%
1	0.0015791	-0.01260579	0.01576403
2	-0.0039138	-0.01809872	0.01027111
3	0.0000803	-0.01410453	0.01426530
4	-0.0037813	-0.01796626	0.01040357
5	-0.0022605	-0.01644551	0.01192432

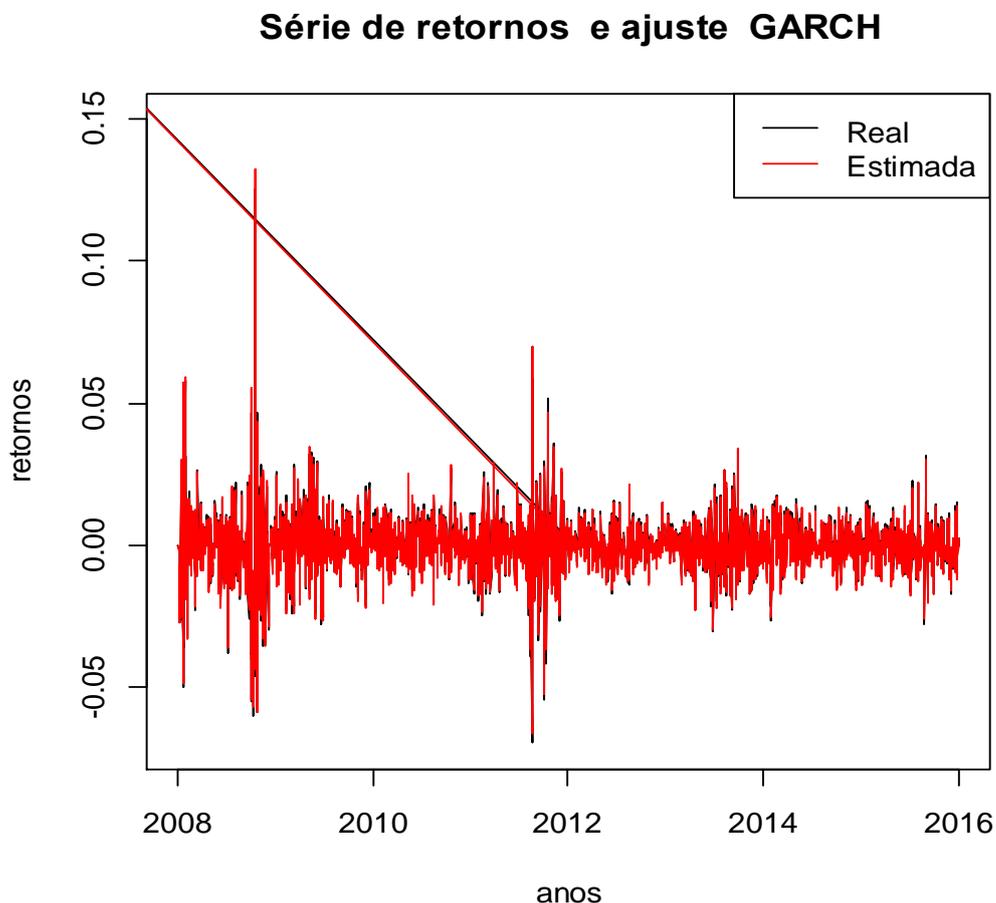
Na Gráfico13, podemos afirmar que o ajuste do modelo GARCH acompanha adequadamente a série real de retornos financeiros do Ipsa. Da Tabela 12, podemos afirmar que as previsões futuras dentre os 5 primeiros dias úteis, o primeiro indica lucro de 0,1 unidades de valor para cada 1000 unidades de ativos negociados. O último dia de previsão apresenta lucros também. Assim, nos 5 dias há lucros de 0,92 unidades de valor para cada 1000 unidade de ativos negociados.

Gráfico 13. Valor real e estimado para os retornos da Ipsa. Pré crise.**Tabela 12:** Previsão pós crise Ipsa

Dias úteis 2016	Previsão futura	Ic inferior 95%	Ic superior 95%
1	0.00011186	-0.01714842	0.01737214
2	-0.00423835	-0.02149863	0.01302193
3	0.00101979	-0.01624048	0.01828008
4	0.00141812	-0.01584216	0.01867840
5	0.00092651	-0.01633376	0.01818680

Na Gráfico14, podemos afirmar que o ajuste do modelo GARCH acompanha adequadamente a série real de retornos financeiros do Ipsa.

Gráfico 14: Valor real e estimado para os retornos da Ipsa. Pós crise.



Para avaliar o desempenho dos modelos GARCH, apresentamos os erros absolutos médios percentuais MAE na Tabela 14. Podemos afirmar que o erro apresentado superou critérios de erro máximo de previsão. Abaixo de 5% de erro temos um modelo adequado, o que acontece para todos os modelos apresentados sendo todos abaixo de 1%.

Tabela 13: Erro de previsão

Bolsa	PRÉ CRISE	PÓS CRISE
Ibovespa	0,155	0,017
Merval	0,155	0,139
Ipsa	0,148	0,120

6. CONCLUSÕES

Este trabalho baseou-se na análise da volatilidade e retorno contida nas cotações diárias das bolsas de valores (IBOVESPA, IPSA e Merval) em dois períodos antes da crise de 2008 e após a crise de 2008. As referidas bolsas tiveram impacto da crise de 2008, o que indica que o mercado americano tem interferência direta em mercados sul-americanos. As estatísticas descritivas dos retornos das 3 bolsas mostraram que em média os ativos tiveram retornos positivos nos dois períodos estudados, e indicando ser mercados saudáveis. As correlações dos ativos das 3 bolsas apresentaram correlações altas e diretas antes da crise, e esta perdeu força após a crise financeira de 2008. Os modelos propostos superaram os critérios de modelos adequados, desde que tiveram erros de previsão abaixo de 5%. A combinação ARMA-GARCH explica a parte ARMA para modelar os retornos e GARCH para extrair dos resíduos destes modelos a volatilidade presente. Por serem modelos satisfatórios permitem propor previsões futuras para 5 dias úteis para fins didáticos, contudo é adequado fazer previsões apenas um passo a frente (1 dia), logo alimentar a série e refazer a próxima previsão.

Finalmente modelos do tipo ARMA-GARCH são apropriados para modelagem de retornos com presença de volatilidade, e podem ser indicados para estimar e realizar previsões futura para ativos financeiros das bolsas de valores.

BIBLIOGRAFIA

ASSAF NETO, A.. **Mercado financeiro**. 9º ed., São Paulo: Atlas, 2009.

BEIRUTH, A. X.; BRUGNI, T.V.; FLORES, E.; LIMA, V.S.. **Ações Primárias Geram Retorno Acima da Média? Evidências de Retornos Anormais no Mercado de Capitais Brasileiro**. Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade, v. 5, n. 2, p. 145-168, 2015.

BERNSTEIN, P. L.. **Desafio Aos Deuses: A Fascinante História do Risco**, 16º ed. Rio de Janeiro, Campus, 1998.

BISPO, C. R.; MUSSE, J. S.; VAZ, F. T.; MARTINS, F. J.. **Crise financeira mundial:**

BM&FBOVESPA. Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo, 2015. Disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/intros/intro-sobre-a-bolsa.aspx?idioma=pt-br>. Acessado em 03/05/2015.

CORDEIRO FILHO, A.. **Cálculo atuarial aplicado: teoria e aplicações: exercícios resolvidos e propostos**. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2014.

COWPERTWAIT, P. S. P.; METCALFE, A. V.. **Introductory time series with R**. 1º ed. Nova Iorque: Spring, 2009.

KERR, R. B.. **Mercado financeiro e de capitais**. 1º ed., São Paulo: Pearson Prentice, 2011

LIMA, I. S.; GALARDI, N.; NEUBAUER, I.. **Mercados de investimentos financeiros**. 2º ed., São Paulo: Atlas, 2009.

LORENZEN, F. **Análise da eficácia das operações de hedge cambial de companhias abertas brasileiras**. 2009. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia,

Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

MELLAGI FILHO, A.; ISHIKAWA, S.. **Mercado Financeiro e de Capitais**. 2° ed., São Paulo: Atlas, 2007.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C.. **Modelos para previsões de séries temporais**. 1° ed., Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1981.

PINHEIRO, J. L.. **Mercado de Capitais: fundamentos e técnicas**. 6° ed., São Paulo: Atlas, 2012.

RODRIGUES, J. A.. **Gestão de risco atuarial**, 1° ed., São Paulo, Saraiva, 2008.

SCHWARTZ, R. A.; BYRNE, J. A.; COLANINNO, A.. **Volatility: Risk and Uncertainty in Financial Markets**. Nova Iorque: Springer, 2011.

VOSO, D.. **Risk analyses: a quantitative guide**, 3° ed., Chichester, John Wiley & Sons, 2008.

WUTHRICH, M. V.; BUHLMANN, H.; FURRER, H.. **Market-Consistent Actuarial Valuation**. 2° ed., Nova Iorque: Springer, 2010.