

FACULDADES PEDRO LEOPOLDO
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DA METODOLOGIA
VALUE-AT-RISK
APLICADA À ANÁLISE DA VOLATILIDADE DE
TÍTULOS PÚBLICOS FEDERAIS PREFIXADOS**

PATRÍCIA MATTOS GOULART

Pedro Leopoldo-MG

2010

PATRÍCIA MATTOS GOULART

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DA METODOLOGIA
VALUE-AT-RISK
APLICADA À ANÁLISE DA VOLATILIDADE DE
TÍTULOS PÚBLICOS FEDERAIS PREFIXADOS**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação das Faculdades Pedro Leopoldo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sudano Ribeiro.

Área de concentração: Gestão empresarial e competitividade.

Linha de pesquisa: Análise de mercado.

**Pedro Leopoldo-MG
Faculdades Pedro Leopoldo
2010**

658.15

G699a

2010

GOULART, Patrícia Mattos.

Avaliação da efetividade da metodologia *value-at-risk* aplicada à análise da volatilidade de títulos públicos federais prefixados / Patrícia Mattos Goulart. Pedro Leopoldo: Faculdades integradas de Pedro Leopoldo, 2010.

134 p.

Dissertação: Mestrado Profissional em Administração

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sudano Ribeiro

1. Mercado financeiro – 2. Risco de mercado – 3. Value at Risk

À minha maravilhosa filha, Júlia,
fonte mágica de inspiração para tudo.

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que me ajudaram; então, com receio de cometer injustiça por esquecimento, gostaria de agradecer a todos que contribuíram, de qualquer forma, para o alcance deste meu objetivo. Mas, especialmente....

A Deus, por me fazer ver tudo de maneira mais positiva e me fazer acreditar que toda luta tem sempre sua recompensa estatisticamente proporcional.

A meus pais, por me ensinarem a ter persistência. Durante esse curso perdi ambos, mas eles me deixaram preparada para continuar, mesmo com a dor da perda, a buscar meus sonhos.

Ao querido e admirado Prof. Dr. Mauro Sudano, pelo apoio e companheirismo nesta jornada, por seus comentários e sugestões na orientação desta dissertação.

Aos demais professores do MPA, em especial ao Prof. Dr. Domingos Giroletti e Dr. Cláudio Paixão, por serem fontes de inspiração na busca pelo conhecimento.

Aos meus maravilhosos colegas de mestrado, que compartilharam comigo vários momentos desta caminhada, tornando tudo mais prazeroso, dos quais guardarei lembranças, esperando ter o prazer de reencontrar sempre. Em especial à mestranda Juliana Caroline Guimarães, pelos conselhos nas horas exatas, como um anjo da guarda.

RESUMO

A complexidade dos investimentos no mercado financeiro vem aumentando as fontes de risco e exigindo o desenvolvimento de técnicas que tornem possível avaliar o potencial de perdas. Porém, o risco é inerente aos investimentos e não existe uma técnica apontada como a mais indicada para sua gestão. Neste contexto, torna-se fundamental avaliar a efetividade da metodologia *Value-at-Risk*, tendo em vista sua utilização por diversas instituições financeiras e indicação pelos órgãos reguladores. Desta forma, o objetivo dessa pesquisa é verificar a eficácia dos modelos paramétricos, histórico e EWMA, na apuração do valor em risco, a partir de uma carteira teórica composta por títulos públicos prefixados, do tipo LTN e NTN-F, devido à significativa presença desses instrumentos financeiros em carteira de fundos de investimentos e instituições financeiras. Para tanto, foram elaborados 24 cenários, com janelas, horizontes de tempo e graus de confiança distintos, visando analisar os diferentes resultados e, assim, assim comparar a capacidade preditiva das metodologias selecionadas para a apuração do valor em risco. Para a validação dos resultados foi realizado o teste Kupiec e, separadamente, foram analisadas as quantidades de exceções negativas nas diferentes fases de volatilidade da crise subprime no período escolhido para a coleta da amostra, que se refere à 20/07/2007 a 30/09/2009. Nos cenários analisados, conforme o teste Kupiec, o modelo padrão foi indicado mais vezes do que o modelo EWMA. Porém as rejeições ocorridas nos testes do modelo padrão se deram por esse errar mais do que o esperado teoricamente, e nos testes do modelo EWMA porque errou menos. Na análise efetuada em fases distintas da crise imobiliária, o modelo EWMA apresentou uma quantidade menor de erros, comparando ao modelo padrão. Pode-se concluir, no contexto desta pesquisa, que o modelo EWMA foi o que apresentou melhor desempenho, mas vale ressaltar que deve-se atentar para os diferentes interesses dos gestores de risco, considerando-se as limitações de cada metodologia.

Palavras-chave: Gestão de risco, Títulos Públicos Prefixados, *Value-at-risk*, Modelo Padrão e EWMA

ABSTRACT

The complexity of investments in the financial markets has increased the sources of risk and therefore requiring the development of techniques to assess the potential losses. However, the risk is inherent in the investment and there is no appropriate technique aimed for its management. In this context, it becomes essential to evaluate the effectiveness of the Value-at-Risk methodology, in view to its use by several financial institutions and regulatory agencies. Thus, the aim of this study is to verify the effectiveness of parametric, historical and EWMA models to calculate the value at risk from a theoretical portfolio composed of fixed rate bonds (LTN and NTN-F) due to the significant presence of these financial instruments in the portfolio of investment funds and financial institutions. To do so we developed 24 scenarios; with windows, time horizons and different degrees of confidence to evaluate the different results, and thus to compare the predictive ability of the methods selected for the calculation of the value at risk. For the validation of the results a Kupiec test was done and, separately, the amounts of negative exceptions in different phases of volatility of the sub prime crisis were analyzed. A period chosen for sample collection refers from 20/07/2007 to 30 / 09/2009. According Kupiec's test, in the scenarios examined the standard model was better than the EWMA model, but the rejections of the standard model occurred because it made more mistakes than theoretically expected. In contrast, the rejections of the EWMA model occurred because it made fewer mistakes than theoretically expected. The analysis in different phases of the subprime crisis showed that the EWMA model made fewer errors than standard model. In the context of this research we concluded that the EWMA model had the best performance, but different interests of risk managers and limitations of each methodology need to be considered.

Keywords: Risk Management, Fixed Government Securities, Value-at-risk, Standard Model and EWMA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Pilares do Acordo de Basileia II	39
FIGURA 2	Passos para a construção do VaR.....	46
GRÁFICO 1	Retornos dos quatro títulos prefixados selecionados para a composição da carteira teórica, com a representação das volatilidades referentes aos pagamentos de cupom.	69
GRÁFICO 2	Retornos do título NTN F 01072010.	70
GRÁFICO 3	Retornos do título NTN F 01012014.	71
GRÁFICO 4	Retornos do título NTN F 01012017.	71
GRÁFICO 5	Retornos do título LTN 01102009.	72
GRÁFICO 6	Retornos dos títulos no período de alta volatilidade.	73
GRÁFICO 7	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia útil.....	75
GRÁFICO 8	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.....	76
GRÁFICO 9	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.....	77
GRÁFICO 10	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.....	78
GRÁFICO 11	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.....	79
GRÁFICO 12	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.....	79

GRÁFICO 13	Variação real e o VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia útil.....	80
GRÁFICO 14	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.....	81
GRÁFICO 15	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.....	81
GRÁFICO 16	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.....	82
GRÁFICO 17	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.....	83
GRÁFICO 18	Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.....	83
GRÁFICO 19	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia-útil.....	85
GRÁFICO 20	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.....	86
GRÁFICO 21	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.....	86
GRÁFICO 22	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.....	87
GRÁFICO 23	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.....	88

GRÁFICO 24	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.....	88
GRÁFICO 25	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia útil.....	89
GRÁFICO 26	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.....	90
GRÁFICO 27	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.....	90
GRÁFICO 28	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.....	91
GRÁFICO 29	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.....	92
GRÁFICO 30	Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.....	92
QUADRO 1	Títulos públicos emitidos pelo Tesouro Nacional	24
QUADRO 2	Desastres financeiros	35
QUADRO 3	Composição da carteira teórica	61
QUADRO 4	Considerações para a realização dos cálculos	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Exceções referentes aos cenários testados do modelo paramétrico padrão.....	94
TABELA 2	Exceções referentes aos cenários testados do modelo EWMA....	94
TABELA 3	Teste de validação do modelo padrão	95
TABELA 4	Teste de validação do modelo EWMA	97
TABELA 5	Aprovação do modelo conforme cenários analisados.....	98
TABELA 6	Percentuais das exceções para cada cenário analisado pelo modelo padrão em relação ao número de observações, por período.....	100
TABELA 7	Percentuais das exceções para cada cenário analisado pelo modelo EWMA em relação ao número de observações, por período.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BACEN	Banco Central do Brasil
BC	Banco Central
BCB	Banco Central do Brasil
BCE	Banco Central Europeu
BIS	Bank for International Settlements
CDB	Certificado de Depósito Bancário
CDI	Certificado de Depósito Interbancário
CMN	Conselho Monetário Nacional
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average
Fed	Federal Reserve
FMI	Fundo Monetário Internacional
iid	Independentes e identicamente distribuídos
LFT	Letras Financeiras do Tesouro
ln	Logaritmo neperiano
LR	Razão de log-verossimilhança
LTN	Letras do Tesouro Nacional
MRR	Capital de Risco de Mercado
MTM	Market To Market
NTN	Notas do Tesouro Nacional
NTF-F	Nota do Tesouro Nacional – série F
PLE	Patrimônio Líquido Exigível
PR	Patrimônio de Referência
PU	Preço Unitário
SFN	Sistema Financeiro Nacional
SMC	Simulação de Monte Carlo
VaR	Value at Risk
VBA	Visual Basic for Applications

SUMÁRIO¹

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Apresentação	13
1.2	Justificativa	15
1.3	O problema da pesquisa	16
1.4	Objetivos	16
1.5	Estrutura da dissertação	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Volatilidade e correlação	18
2.2	Renda fixa	22
2.3	Risco	25
2.3.1	Risco e incerteza	28
2.3.2	Tipos de riscos	29
2.3.3	Risco de mercado	31
2.3.4	Gestão de risco	34
2.4	Acordos de Basileia	37
2.4.1	O Banco Central do Brasil e a aplicação das normas do Acordo de Basileia	40
2.5	O impacto da crise imobiliária	42
2.6	A técnica do <i>Value-at-Risk</i>	44
2.6.1	Metodologias para mensuração do VaR	47
2.6.1.1	Modelos paramétricos	49
2.6.1.2	Métodos não-paramétricos	52
2.6.1.2.1	Simulação histórica	52
2.6.1.2.2	Simulação de Monte Carlo	54
2.6.2	Validação de modelos para o cálculo do VaR	56
3	METODOLOGIA	59
3.1	Abordagem	59

¹ Este trabalho foi revisado de acordo com as novas regras ortográficas.

3.2	Método e técnica de pesquisa	59
3.3	Unidade de análise e observação	60
3.4	Amostra.....	60
3.5	Tratamento dos dados	62
3.6	Limitações da pesquisa.....	67
4	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	69
4.1	Característica da série de retornos	69
4.2	Teste empírico	74
4.2.1	Cálculo do VaR: modelo padrão	74
4.2.2	Cálculo do VaR: modelo EWMA	84
4.3	Validação dos modelos	93
4.4	Exceções apresentadas em períodos distintos da crise <i>subprime</i>	99
5	CONCLUSÕES.....	103
	REFERÊNCIAS.....	106
	ANEXOS	112

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Os avanços tecnológicos e o desenvolvimento da economia vêm acelerando diversos processos e, com o aumento da disponibilidade de informações, o mercado financeiro ganhou mais agilidade, oferecendo aos investidores mais conhecimento sobre as opções de negociação de papéis, com informações importantes em diversos segmentos. Soma-se a isso o desenvolvimento das teorias de finanças, que trouxe mais instrumentos para tratar as informações e analisar as possibilidades, procedimento fundamental para a gestão de risco, devido à necessidade de minimizar as perdas derivadas das decisões de investimento.

Quando se fala em gestão de risco, deseja-se identificar as possibilidades de uma ocorrência negativa, pois os investimentos podem apresentar retornos diferentes do esperado pelos investidores. Ou seja, é inerente à maior parte dos investimentos a associação de determinado nível de risco que, na prática, pode acarretar perda financeira em tempo futuro. Percebe-se, pois, que administrar riscos é necessidade que se torna premente para instituições financeiras.

O risco pode ser classificado de diversas formas, mas o risco de mercado, tema deste trabalho, está associado às mudanças econômicas que afetam os preços dos ativos, ou seja, às suas volatilidades. A estimação da volatilidade é a estimação da variação dos retornos ou o potencial de movimento dos preços, o que pode representar o risco de valorização ou desvalorização de um ativo.

O adequado entendimento dos fatores relacionados ao risco de mercado tem assumido crescente importância no sistema financeiro, por diversos aspectos, como as crises financeiras globais, o desenvolvimento dos derivativos, os colapsos empresariais devido às deficiências na gestão de risco e as exigências de capital em função dos riscos incorridos pelas instituições.

Órgãos internacionais e bancos centrais de diversos países têm publicado documentos que abordam o tema, tratando as características que devem possuir

os sistemas de gestão de risco de mercado das instituições financeiras, assim como as informações que estas devem disponibilizar, visando reduzir os reflexos de erros ou problemas ocorridos no gerenciamento dos investimentos.

Metodologias de mensuração de risco de mercado foram criadas e aperfeiçoadas para acompanhar o aumento da exposição dos riscos envolvidos na estruturação dos produtos financeiros, com o objetivo maior de assegurar a solidez e a estabilidade do sistema financeiro. No entanto, a escolha de modelos de predição da volatilidade adequados para cada aplicação, ativo e mercado não é tarefa trivial.

Uma das maneiras de mensurar o risco de mercado é o cálculo do *Value-at-Risk* ou, simplesmente, VaR. De acordo com Jorion (2003), o VaR atende a objetivos tais como o fornecimento de informações dos riscos de uma operação, ajudando as empresas a decidirem quanto e onde alocar o capital disponível.

A partir da publicação da primeira versão do *RiskMetrics* em outubro de 1994, o VaR tornou-se um conceito popular na área, tendo sido adotado por operadores e usuários finais e aceito pela comunidade reguladora internacional.

O Comitê de Supervisão Bancária de Basileia (*Basle Supervisory Committee*) recomenda aos órgãos reguladores do Sistema Financeiro a adoção da técnica *Value-at-Risk* para o cálculo de risco de mercado, na apuração do Patrimônio Líquido Exigido (PLE), necessário para a cobertura do risco a que as instituições estão expostas (ALEXANDER, 2005). Recomenda-se às instituições que não somente possuam adequados sistemas de gestão de risco, mas que também transmitam ao público informações que permitam a compreensão e a análise dos riscos relacionados às atividades financeiras.

No Brasil, o Banco Central, por meio de diversos normativos, tem procurando incorporar as recomendações do referido comitê de forma a harmonizar os procedimentos de supervisão aplicáveis às instituições que integram o Sistema Financeiro Nacional aos padrões internacionalmente recomendados.

Considerando-se esses fatores, nota-se a necessidade do emprego e do estudo de técnicas que detectem e quantifiquem as fontes de risco de mercado, tendo em vista a importância da mensuração do risco para o bom desenvolvimento dos mercados.

Nesta pesquisa foram testadas e comparadas as metodologias paramétricas do cálculo do VaR, modelo padrão e *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) e seus resultados, avaliados por meio do princípio de máxima verossimilhança, visando apontar o modelo que maximizou essa função de probabilidade, conforme os parâmetros considerados em cada cenário teórico analisado.

1.2 Justificativa

Apesar do representativo esforço de especialistas dos mais diferentes ramos de conhecimento científico, as previsões sobre os mais variados eventos, como as condições climáticas, o comportamento de produto interno de uma determinada economia ou a evolução do preço de uma ação qualquer, continuam sujeitas a algum grau de erro.

A noção de risco de uma carteira está associada ao fato de seu retorno, em um dado período de tempo, não poder ser conhecido previamente. Porém, existe um conjunto de retornos possíveis, o que pode auxiliar na determinação da possibilidade de perda. O ponto de partida para gerar uma medida de risco é o conhecimento da distribuição de probabilidades dos retornos, ou seja, a função que liga os retornos possíveis à sua respectiva possibilidade de ocorrência, expressa numa medida de probabilidade. Para tanto, historicamente, as decisões de investimento são tomadas com base nos dados de retornos passados dos ativos e nos riscos associados a eles (JORION, 2003).

Desde o surgimento da teoria de gestão de risco, esta evoluiu rapidamente, tornando disponível acentuada variedade de técnicas com características distintas, visando auxiliar nas decisões dos investidores. Vários esforços são percebidos com vistas a harmonizar e padronizar regras de supervisão, por parte de autoridades, devido a diversos desastres históricos que afetaram a economia e o desenvolvimento de alguns países.

O Comitê de Basileia elaborou um conjunto de propostas que procura fornecer às autoridades de supervisão bancária diretrizes para a regulamentação da exigência de capital para a cobertura do risco de mercado e essas propostas

sugerem duas opções de cálculo que diversas instituições aplicam: a abordagem padronizada e a baseada em modelos internos de gestão de risco (BCBS, 2009).

A abordagem de modelos internos, baseada no conceito de valor em risco (*Value-at-Risk* – VaR), tem como ponto de partida a aceitação de que o cálculo de capital regulamentar deveria ser sensível ao perfil de risco corrente e as instituições financeiras seriam capazes de elaborar modelos mais apurados, por terem mais conhecimento dos ativos que gerenciam.

Tendo em vista as contribuições reconhecidas dessa técnica, o presente estudo avalia a capacidade preditiva de diferentes metodologias, relativamente a títulos públicos federais prefixados.

1.3 O problema da pesquisa

Segundo Laville e Dionne (1999), o problema de pesquisa é uma questão não resolvida, ou seja, é algo para o qual se vai buscar a resposta via pesquisa.

Considerando-se as implicações já discutidas sobre a escolha de um modelo adequado para o gerenciamento dos riscos financeiros e a importância de se conhecerem as vantagens e desvantagens das técnicas existentes para um gerenciamento de risco mais adequado, a questão que se estabelece é:

Qual a eficácia dos modelos paramétricos padrão e EWMA da técnica *Value-at-Risk*, na mensuração do valor em risco para instrumentos prefixados, no mercado financeiro brasileiro?

1.4 Objetivos

O objetivo principal desta pesquisa é verificar a eficácia dos modelos paramétricos - histórico e EWMA - na apuração do valor em risco, a partir de testes com uma carteira composta de instrumentos prefixados.

Os objetivos específicos, que possibilitaram atender o objetivo principal, são:

- a) elaborar uma carteira teórica composta de títulos prefixados do tipo Notas do Tesouro Nacional (NTN)-F e Letras do Tesouro Nacional (LTN) com vencimentos distintos;
- b) realizar testes com diferentes janelas e horizontes para grau de confiança de 95 e 99%, visando apurar diversas informações sobre o comportamento dos títulos e os valores em risco, a partir de um período que antecedeu até um que sucedeu a crise imobiliária;
- c) validar o teste realizado a partir do teste de Kupiec (1995), conhecido também como função de verossimilhança com distribuição binomial;
- d) avaliar a capacidade preditiva dos modelos paramétricos testados, conforme resultado de toda a amostra e períodos diferentes que envolveram a crise *subprime*.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, sendo, na ordem: introdução, referencial teórico, metodologia, análise de resultados e conclusão.

O objetivo do segundo capítulo é apresentar conceitos básicos relacionados ao tema gestão de risco e os mais específicos, referentes às metodologias de apuração do valor em risco.

Os procedimentos metodológicos aplicados nesta pesquisa e as considerações referentes aos parâmetros utilizados nos testes são abordados no terceiro capítulo.

No capítulo quatro estão descritos os testes realizados, específicos para cada cenário elaborado, visando à análise da capacidade preditiva das metodologias escolhidas para a mensuração do VaR, assim como o teste de validação dessas metodologias, por meio do teste de Kupiec. Nesse capítulo encontram-se as análises dos testes e dos resultados.

Finalmente, no capítulo seis, são mostradas as conclusões da pesquisa e as considerações extraídas na realização deste estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Volatilidade e correlação

Para o cálculo do VaR, a volatilidade e a correlação são analisados para que se possa conhecer a variabilidade entre a amostra de dados e a relação entre eles.

A volatilidade e a correlação são descritos como parâmetros de processos estocásticos que são utilizados na modelagem das variações dos preços dos ativos financeiros e, por isso, são importantes instrumentos para a mensuração do risco (WILLMOTT, 2006).

Na área financeira, geralmente a volatilidade é definida como o grau médio de variação dos valores (ou retornos) de determinado ativo em determinado período (ALEXANDER, 2005).

Mais especificamente, a volatilidade é uma medida da dispersão da função densidade de probabilidade de uma variável aleatória, sendo que a medida mais comum dessa dispersão é o desvio-padrão. Neste contexto, estimar a volatilidade significa aceitar que os retornos sejam independentes e identicamente distribuídos (iid), o que é uma hipótese que nem sempre é apoiada pela evidência empírica (ALEXANDER, 2005; BROOKS, 2002).

A previsão de volatilidade tem muitas aplicações práticas, como na análise e na tomada de decisão de investimentos, na seleção de portfólios e nos modelos de precificação de derivativos (WILMOTT, 2006).

A volatilidade-preço de um ativo pode ser entendida como o risco de preço a que seu detentor se submete ao possuir ativo. Em termos estatísticos, ela é igual ao desvio-padrão da série de retornos sobre os preços desse ativo em determinado período. Estimá-la é de extrema importância para a precificação de derivativos e, sobretudo, para a gestão de risco.

Assaf Neto (2005) preleciona que, no caso de títulos, quanto mais volatilidade, mais elevadas apresentam-se as mudanças de preços ao longo do intervalo de tempo observado, o que representa alto risco para o investidor.

Na visão de Brooks (2002), podem-se segmentar os modelos de volatilidade em dois grupos:

- a) aqueles que consideram que a volatilidade não se modifica durante o tempo;
- b) os que consideram que a volatilidade modifica-se durante o tempo, podendo ser determinada por meio de uma modelagem que leve em consideração a análise de comportamento passado.

Já Natenberg (1994) postula que o conceito de volatilidade pode ser visto sob as seguintes formas:

- a) volatilidade futura: é aquela que descreve a distribuição futura de preços de um ativo;
- b) volatilidade histórica: é aquela que reflete a variabilidade dos preços de um ativo, no passado;
- c) volatilidade implícita: é aquela determinada a partir do preço de uma opção cujo ativo-objeto é o próprio ativo, dado um modelo de precificação de opções;
- d) volatilidade sazonal: é aquela decorrente de variações sazonais climáticas e está relacionada geralmente a *commodities* agrícolas.

A volatilidade futura descreve a função distribuição dos preços do ativo, mas, se fosse possível conhecê-la, as estimativas de preço se aproximariam da perfeição, o que tem se demonstrado impossível. No estudo da volatilidade histórica, a questão está na decisão do intervalo de tempo examinado, pois uma análise criteriosa de séries passadas pode conduzir a aproximações satisfatórias (ou não) sobre o comportamento futuro de preços de um ativo. A volatilidade implícita é aquela que, imputada em um modelo de precificação de opções, faz com que o prêmio originado por seu cálculo seja igual ao que está sendo correntemente negociado no mercado, mas, conforme disposto, é dependente da existência de um instrumento derivativo que permita a associação desejada não só no que tange ao período de tempo, como também no ativo subjacente. (NATENBERG, 1994).

Como a volatilidade não é diretamente observável no mercado, diferentemente dos preços de ativos, ela deve ser estimada em um modelo teoricamente bem fundamentado. Isto torna possível a obtenção de diferentes valores de volatilidade a partir de um mesmo conjunto de dados. Os pontos que podem levar a resultados distintos são a amostra selecionada para teste, o instrumento estudado e suas peculiaridades, o horizonte ou janela temporal analisado e o método de avaliação empregado (ALEXANDER, 2005).

A volatilidade é uma variável-chave na moderna teoria de finanças, presente nos processos de tomada de decisão financeira, precificação de ativos e nas metodologias de gerenciamento de risco (POON; GRANGER, 2003).

Nos mercados financeiros, a volatilidade da distribuição dos retornos pode mudar consideravelmente ao longo do tempo, mas há somente um ponto contra o qual se pode medir o sucesso de uma previsão com o horizonte fixo: o retorno observado relativo a um horizonte. Os resultados da avaliação da previsão dependem, portanto, do período de dados escolhido na avaliação. Além disso, a avaliação da exatidão da previsão depende muitíssimo do método de avaliação empregado (Diebold e Mariano, 1995)². [...] Qualquer que seja o critério a ser utilizado para se validar um modelo, é importante ressaltar que mesmo que o modelo se ajuste bem quando testado dentro da amostra (isto é, no intervalo dos dados utilizados para estimar os parâmetros do modelo), o teste real do poder de previsão é realizado fora da amostra, usualmente em um período posterior à amostragem (ALEXANDER, 2005, p. 129).

Mas, não somente a volatilidade deve ser utilizada na análise do comportamento dos ativos quando estes estão reunidos em forma de carteiras. Desde o artigo seminal de Markowitz (1952), a covariância – ou a correlação, sua versão padronizada – alcançou a devida importância na análise e gerenciamento de risco.

Neste sentido, Alexander (2005, p. 5) reporta que “a correlação é uma medida dos movimentos conjuntos entre duas séries de retornos”, influenciando sobremaneira a volatilidade de uma carteira.

Por sua vez, Taleb (1997) refere que a correlação pode ser compreendida como a medida que identifica o grau de certeza com o qual uma pessoa pode prever o movimento de uma variável aleatória como resultado da oscilação de outra variável.

² O referido texto citado pela autora é equivalente, em conteúdo, a Diebold e Mariano (1994), inserido nas referências bibliográficas do presente trabalho.

O coeficiente de correlação tem duas propriedades que caracterizam a natureza de uma relação entre duas variáveis. Uma é o seu sinal (+ ou -) e a outra é a sua magnitude. O sinal é o mesmo que o coeficiente angular de uma reta imaginária que se ajusta aos dados se fosse traçada num diagrama de dispersão; e a magnitude de r indica quão próximos da reta estão os pontos individuais. Por exemplo, valores próximos de -1,00 ou +1,00 indicam que os valores estão muito próximos da reta, ou mesmo sobre a reta, enquanto que os valores mais próximos de 0 sugerem maior dispersão (STEVENSON, 1981, p. 368).

Alexander (2005) ensina que uma alta correlação positiva indica que os movimentos crescentes de uma das séries de retorno tendem a ser acompanhados por movimentos crescentes da outra e, similarmente, movimentos decrescentes em ambas as séries caminham juntas. Por outro lado, se existe correlação negativa, os movimentos crescentes em uma série são associados a movimentos decrescentes na outra.

A base de cálculo da correlação compreende uma série de retornos emparelhados de duas variáveis, dos quais se obtém a covariância, devidamente divididos pela multiplicação dos seus desvios-padrão individuais (LEVINE *et al.*, 2005).

Assaf Neto (2005, p. 188) relata que “quando se trata unicamente de duas variáveis, tem-se a correlação simples. Quando se relacionam mais de duas variáveis, tem-se a correlação múltipla”.

No caso de uma carteira, a correlação pode apresentar possibilidade de redução de risco para o portfólio. Segundo Gitman (1997, p. 215):

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

As previsões estatísticas de volatilidade e da correlação empregam modelos de séries temporais a partir de dados históricos dos retornos dos ativos financeiros. Os preços dos ativos, no presente e no passado, são observados visando determinar as possibilidades no futuro. (ALEXANDER, 2008a).

Porém, no estudo da volatilidade e da correlação deve-se atentar para o fato de que esses parâmetros devem sempre ser encarados como modelos

teóricos de aproximação da realidade e, portanto, suscetíveis de erros (ALEXANDER, 2008a).

2.2 Renda fixa

A utilização de títulos de renda fixa no mercado financeiro é muito significativa, tendo em vista a sua constante presença nos fundos de investimentos e nas instituições financeiras, além de apresentarem risco mais baixo que de outros investimentos.

Segundo Assaf Neto (2005), os títulos de renda fixa caracterizam-se por possuírem regras definidas de remuneração, ou seja, são títulos cujo rendimento é conhecido previamente (juro prefixado) ou que depende de indexadores previamente estipulados (taxa de câmbio, juros, inflação, etc.).

Para Pinheiro (2005, p. 93), “os ativos de renda fixa envolvem uma programação determinada de pagamentos. Por isso, nesses ativos os investidores conhecem antecipadamente os fluxos monetários que vão obter”.

No caso de títulos de renda fixa, o modelo básico de precificação consiste na elaboração de uma estrutura temporal de taxas de juros, que deve refletir as condições de mercado para esses instrumentos. Uma vez que essa estrutura reflita a realidade, o valor de mercado pode ser obtido pelo cálculo do valor presente dos fluxos de caixa trazidos pela estrutura temporal de taxas de juros (BODIE *et al.*, 2006). Entretanto, conforme observa Assaf Neto (2005), o preço corrente de negociação de um título no mercado é o principal fator de referência para análises, o que se denominou de marcação a mercado.

Uma característica dos papéis de renda fixa é que seus preços não são diretamente comparáveis (como as ações, por exemplo, que possuem duração infinita), pois o passar do tempo muda sua natureza, uma vez que, dia a dia, ele se torna um papel de prazo mais curto, até o seu vencimento. Conforme Assaf Neto (2005, p. 237), “a volatilidade dos títulos é menor quanto mais reduzida apresentar-se sua maturidade, indicando uma relação positiva entre os preços dos títulos e o prazo de colocação”.

Brito (2005) sugere que os principais instrumentos de investimento de renda fixa podem ser divididos em:

- a) Certificado de Depósito Bancário (CDB): é, na prática, uma aplicação financeira na qual o investidor efetua uma aplicação em um certificado escritural, sabendo que em data futura irá receber o principal mais rendimento em relação ao aplicado. Os CDBs são destinados tanto a pessoas físicas quanto às jurídicas e podem ser pré ou pós-fixados;
- b) Certificado de Depósito Interbancário (CDI): é um título de emissão de instituições financeiras com características idênticas às do CDB, porém com negociação restrita ao mercado interbancário. Tem a função de permitir a transferência de recursos de uma instituição para outra. São títulos de curto prazo, geralmente de um dia útil, chamados de DI-1, que servem como referência para o cálculo da taxa de juros diária, o CDI *over*, e
- c) títulos públicos, que têm a finalidade de captar recursos junto ao mercado para financiar projetos, cobrir déficit orçamentário do Governo Federal e para a consecução da política monetária estabelecida pelo governo. São emitidos pelo Tesouro Nacional e negociados pelo Banco Central.

Embora todos os títulos de renda fixa sejam importantes para investidores do Sistema Financeiro Nacional, na presente pesquisa mais ênfase será dada aos títulos públicos prefixados.

Pinheiro (2005, p. 93) relata que “os títulos públicos representam uma promessa de pagamento do governo dos recursos captados por ele na economia, em determinada data e com remuneração predeterminada”.

Brito (2005) e Fortuna (2002) explicam que os títulos públicos federais são adquiridos no mercado primário por instituições financeiras, por meio de leilões promovidos pelo Banco Central e/ou Tesouro Nacional. Posteriormente, grande parte desses títulos é negociada no mercado secundário para outras instituições financeiras e não-financeiras. Os autores acrescentam que, devido às diversas renegociações efetuadas pelo Governo Federal com os diversos estados e

municípios, a emissão de novos títulos por estes últimos tornou-se muito difícil e, por conseguinte, praticamente não apresentam volume ou liquidez no mercado financeiro nacional.

Assaf Neto (2005) sugere que os principais títulos da dívida pública do Governo Federal podem ser classificados pela natureza de suas emissões e suas características de negociação, conforme descrito no QUADRO 1.

QUADRO 1

Títulos públicos emitidos pelo Tesouro Nacional

TÍTULOS DO TESOURO NACIONAL	
LTN – Letras do Tesouro Nacional	Títulos negociados com deságio, pagando o investidor ao emissor uma quantia inferior a seu valor de face. O prazo desses títulos é definido no momento de sua emissão. As formas de emissão das LTN dão-se por oferta pública, podendo ser ao par, com ágio ou deságio.
LFT – Letras Financeiras do Tesouro	Possuem rendimentos definidos pela taxa média Selic, garantindo rentabilidade padrão de mercado ao investidor. São papéis atraentes e seus prazos de resgate são definidos por ocasião de sua emissão. O investidor recebe, por ocasião, o valor nominal acrescido do rendimento respectivo.
NTN – Notas do Tesouro Nacional	São títulos mais versáteis, que oferecem rendimentos pós-fixados e atrelados a um dos indexadores da economia ou prefixados – caso da série F. Em geral, os juros são pagos periodicamente e o prazo mínimo de emissão é de três meses. São lançadas também séries especiais de NTN, pagando rendimentos diferenciados. Esses títulos apresentam opções de rendimentos e prazos diferentes de acordo com seu tipo de emissão.

Fonte: Assaf Neto (2005, p. 120), adaptado.

O relatório da ANDIMA (2009) revela que os títulos prefixados são considerados de categoria mais tradicional, possuindo rendimento definido no momento da compra do ativo. Com ampla difusão no mercado, algumas modalidades podem proporcionar rendimentos (cupons) periódicos, além de permitirem o resgate do valor de face na data de vencimento.

Neste sentido, Pinheiro (2005) salienta que a LTN é um título prefixado no sentido estrito, sem qualquer fator de remuneração e sem cupons. Assim, os juros pagos estão implícitos no deságio do título quando de sua aquisição.

Por sua vez, o relatório da ANDIMA (2009) explica que a NTN possui algumas classificações distintas, tornando-se mais versátil sob o ponto de vista de opções ao investidor. Entre as opções, vale destacar a Nota do Tesouro Nacional – série F (NTF-F). O referido título é prefixado, mas apresenta como característica diferenciadora das LTN o pagamento de cupons intermediários (semestrais), correspondentes a 10% ao ano (ou 4,880885% ao semestre) calculados sobre o valor de face. Evidentemente, seu rendimento é definido não só pelo preço de compra como também pelo efeito financeiro de cada um dos pagamentos intermediários.

Assaf Neto (2005) enfatiza que a vantagem da aquisição de títulos prefixados é que se sabe o valor que irá ser recebido ao final do prazo, mas deve-se atentar para a tendência dos juros da economia. Por um lado, uma queda futura nos juros de mercado pode levar os títulos de renda fixa a apresentarem desempenho superior. Por outro lado, o aumento nas taxas pode acarretar queda nos preços correntes do título de renda fixa. Assim, para o investidor, a garantia da rentabilidade contratada no ato da aquisição só é obtida caso o título seja mantido até o vencimento.

A preocupação relacionada à mensuração do risco para instrumentos de renda fixa deve-se não somente ao fato de que estes têm representado significativa parcela das carteiras de investimento das instituições financeiras, mas também às peculiaridades que apresentam, como, por exemplo, seu impacto na apuração do risco associado às taxas de juros (BRITO, 2005).

2.3 Risco

O risco é definido como a probabilidade de perigo, de insucesso, em função de algum acontecimento incerto, e Weston e Brigham (2000) referem-se ao risco como a possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a acontecer. E Gitman (1997) define o risco como possibilidade de prejuízo financeiro. Em outras palavras, “o que torna arriscado um investimento é a dispersão dos resultados possíveis” (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2008, p. 159).

A noção de risco de um portfólio está associada ao fato de seu retorno em um dado período de tempo não ser conhecido de antemão, apesar de existir um conjunto de retornos possíveis. As probabilidades de ocorrência de cada um dos elementos do conjunto podem determinar, em última instância, o potencial de perda de uma carteira. Desta forma, o ponto de partida para gerar uma medida de risco é o conhecimento da distribuição de probabilidades dos retornos ou da função que ligam retornos possíveis à sua respectiva possibilidade de ocorrência, expresso numa medida de probabilidade. Essa função possibilita que seja feita uma afirmação probabilística a respeito das variações adversas de um portfólio (MOLLICA, 1999).

Sob a ótica do investidor comum, a percepção de risco do investimento se foca na probabilidade de efetivamente se ganhar menos do que o retorno esperado, pois quanto mais possibilidades de retornos baixos ou negativos, mais arriscado o investimento. No entanto, pode-se definir o risco mais precisamente como uma função de utilidade, uma vez que um investimento também tem a possibilidade de obter mais ganhos do que o retorno esperado. Assim, o risco pode ser mais bem caracterizado como a volatilidade de resultados inesperados. Porém, dependendo das características de cada investidor, alguns o aceitam de forma passiva e outros tentam conseguir vantagem competitiva sobre ele, de forma mais agressiva (WESTON; BRIGHAM, 2000).

O nível de aceitação de risco leva a três comportamentos básicos de preferência, que são: a indiferença ao risco, em que a taxa exigida de retorno não muda em vista de um aumento de risco; a aversão ao risco, cuja taxa exigida aumenta em razão de um incremento no risco; e a tendência ao risco, quando a diminuição da taxa exigida pode ser aceita em vista de aumento no risco (GITMAN, 1997).

Os riscos originam-se de várias fontes. Podem ser criados pelos seres humanos, como, por exemplo, os ciclos de negócios, a inflação, as mudanças das políticas do governo e as guerras. O risco também provém de fenômenos naturais previsíveis, tais como clima e os terremotos, ou resulta das principais fontes de crescimento econômico de longo prazo. É o caso de inovações tecnológicas que podem tornar a tecnologia existente obsoleta e criar deslocamento de empregos. Portanto, o risco e a vontade de assumi-lo são essenciais para o crescimento da economia (JORION, 2003, p. 8).

Apesar desses comportamentos variarem conforme a preferência e aceitação de risco, são os diferentes padrões de escolha que favorecem o desenvolvimento do mercado financeiro (BRITO, 2005).

A exposição ao risco deve ser monitorada, mensurada e controlada de maneira que seja possível conhecer o grau de incerteza do investimento, pois apesar do risco ter um conceito intuitivamente simples, há significativa dificuldade em formalizá-lo (JORION, 2003). Essa dificuldade advém dos fatores que compõem o risco, sendo uma parte identificável e mais possível de ser prevista e outra parte que contém fatores não controláveis ou identificáveis.

O risco total é uma combinação de risco não-diversificável ou risco sistêmico – atribuído a fatores de mercado que afetam as empresas e que não pode ser eliminado por meio da diversificação –; e o risco diversificável – atribuído a causas randômicas, contingentes e específicas de uma organização, que pode ser eliminado por meio da diversificação (GITMAN, 1997).

Já que qualquer investidor pode formar uma carteira de ativos que diversificam todo o risco diversificável, o risco relevante é somente o risco não-diversificável. Conseqüentemente, todo investidor ou empreendedor deve preocupar-se com o risco não-diversificável, o qual reflete a contribuição de um ativo ao risco ou desvio-padrão da carteira. Este risco não é igual para todo ativo; ativos diferentes afetarão a carteira de diversas maneiras. Em outras palavras, o risco não-diversificável de cada ativo depende do modo como este se comporta no contexto de mercado. Visto que o risco relevante difere de ativo para ativo, sua mensuração é importante para possibilitar aos investidores escolher para suas carteiras ativos que ofereçam as características requeridas de risco-retorno (MARTINS; MENDES, 2008, p. 4).

Quando se fala em diversificação, procura-se, com essa ação, diminuir o risco específico de uma empresa por meio de adequada seleção de um conjunto de ativos que, em virtude da correlação entre eles, podem proporcionar um grau de incerteza mais baixo do que esses títulos separadamente (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2008).

A diversificação pode permitir a redução substancial da variabilidade e funciona porque os preços de ativos diferentes não variam exatamente da mesma forma. O risco que pode ser potencialmente eliminado por meio da diversificação é designado também como risco único, risco não-sistêmico ou risco específico, decorrente do fato de que existem muitos perigos a que uma empresa isolada está sujeita. Estudos mostram que manter carteiras pode reduzir o risco sem

sacrificar muito o retorno (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2008; WESTON; BRIGHAM, 2000).

Com a apresentação desses conceitos e dos aspectos relacionados ao risco pode-se perceber a necessidade do estudo de métodos que proporcionem o monitoramento das possibilidades de ocorrências diferentes das esperadas pelo investidor, visando auxiliar o gestor financeiro na gestão de risco.

2.3.1 Risco e incerteza

A definição de risco e incerteza é necessária para que se possa compreender a diferença entre eles e, assim, a influência de cada um na gestão do risco.

Conforme citado anteriormente, conceitua-se risco como a possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a acontecer. Já a incerteza é uma situação na qual se tem tão pouca informação a respeito do comportamento dos retornos de um ativo que não se consegue modelá-los de forma que se obedeça a um mínimo de requisitos de consistência. As incertezas presentes em todas as atividades, normalmente, geram ou implicam riscos (DAMODARAN, 2009).

Em visão similar, Gitman (1997) realça que o risco existe quando o tomador de decisões pode estimar as probabilidades relativas a vários resultados, enquanto a incerteza ocorre quando o decisor não possui qualquer dado histórico e precisa fazer estimativas a fim de formular uma distribuição probabilística.

A diferença entre risco e incerteza, conforme definição pelos estatísticos, relaciona-se ao conhecimento das probabilidades ou chances de ocorrerem certos resultados. O risco existe quando quem toma decisões pode estimar as probabilidades relativas a vários resultados. Distribuições probabilísticas objetivas baseiam-se normalmente em dados históricos. Por exemplo, se um indivíduo deseja determinar as probabilidades relativas aos retornos de um dado ativo, poderá desenvolver uma distribuição probabilística baseada em dados históricos de retornos de outros ativos do mesmo tipo. A incerteza existe quando quem toma decisões não tem nenhum dado histórico e precisa fazer estimativas aceitáveis, a fim de formular uma distribuição probabilística subjetiva. Por exemplo, se o projeto proposto for completamente novo para a empresa, quem toma decisões poderá atribuir subjetividades a vários resultados, através de pesquisa e consultas. (MARTINS; MENDES, 2008, p. 3).

Neste sentido, Frank Knight (1972, p. 249) acentua que:

A diferença prática entre as duas categorias, risco e incerteza, é que na primeira a distribuição do resultado num grupo de casos é conhecida (quer através do cálculo *a priori*, quer das estatísticas da experiência passada), enquanto no caso da incerteza isso não ocorre, em geral devido ao fato de que é impossível formar um grupo de casos, porque a situação que se enfrenta é, em alto grau, singular.

As medidas, observações e tomadas de decisões de um gestor contêm variadas formas de incertezas e propiciam a convivência continuada e inevitável com diversos tipos de risco. Um dos fatores que podem interferir significativamente em uma tomada de decisão é a incerteza, pois a maior parte das ações é planejada com base em algum tipo de previsão, o que inclui o fator incerteza, pois as considerações que compõem a previsão, normalmente, não são certas (DAMODARAN, 2009).

2.3.2 Tipos de riscos

Os riscos podem ser classificados de formas distintas, conforme as fontes e a relação com o mercado.

Morgan (1996) descreve que o risco está presente em qualquer operação no mercado financeiro e pode assumir diversas formas baseadas na fonte de incerteza.

Jorion (2003) classifica os riscos financeiros em cinco categorias:

- a) riscos de mercado: originam-se de mudanças nas volatilidades dos preços de mercado e são apurados por meio das oscilações no valor das posições em aberto ou dos ganhos;
- b) risco de crédito: surge quando as contrapartes das operações apresentam-se incapazes de cumprir suas obrigações, sendo seu efeito medido pelo custo de reposição dos fluxos de caixa não honrados;

- c) risco de liquidez: pode assumir duas formas, uma que se refere às transações que não podem ser realizadas a um preço de mercado atual devido à pouca atividade de mercado e outra que se refere à incapacidade de atender às necessidades de caixa;
- d) riscos operacionais: referem-se às perdas potenciais resultantes de processos inadequados, deficiências na gestão, controles ineficientes, fraudes ou erro humano;
- e) riscos legais: presentes quando uma transação não pode ser amparada por lei ou quando não é assegurado que acordos entre contrapartes possam ser cumpridos.

Outra abordagem proposta por Saunders (2000, p. 184) classifica os riscos de intermediação financeira em nove tipos:

- a) risco de taxa de juros: incorrido por um intermediário financeiro quando seus ativos e passivos estão descasados;
- b) risco de mercado: incorrido na negociação de ativos e passivos devido às oscilações nas taxas de juros, taxas de câmbio e outros preços de ativos;
- c) risco de crédito: risco dos fluxos de caixa esperados de empréstimos e títulos não serem totalmente pagos;
- d) risco das atividades fora-de-balanço: incorrido por um intermediário financeiro devido a atividades relacionadas a ativos e passivos contingenciais;
- e) risco tecnológico e operacional: incorrido por intermediários financeiros quando investimentos em tecnologia não produzem a economia de custos esperada e o risco de tecnologia existente ou do suporte de sistemas apresentam falhas;
- f) risco de câmbio: risco das oscilações nas taxas de câmbio afetarem o valor dos ativos e passivos de um intermediário financeiro localizado no exterior;
- g) risco soberano ou risco país: risco dos pagamentos de devedores estrangeiros serem interrompidos devido à interferência de governos estrangeiros;

- h) risco de liquidez: risco de uma súbita onda de saques deixar o intermediário financeiro na posição de ter que liquidar seus ativos em curto período de tempo e por preços baixos;
- i) risco de insolvência: risco de um intermediário financeiro não possuir capital suficiente para contrabalançar um declínio súbito no valor de seus ativos relativamente a seus passivos.

Para a estimativa dos tipos de risco é necessário o conhecimento sobre a mecânica dos mercados relacionados, certa sofisticação matemática e sistemas computacionais e de informações confiáveis. No caso de risco operacional e risco legal, o problema de medir o risco deve ser tratado caso por caso, pois se referem mais especificamente às características institucionais. No caso de risco de mercado e risco de crédito, existem diversas metodologias que auxiliam no levantamento de informações sobre a volatilidade, mas não existe a melhor e mais indicada para todos os casos (DUARTE JÚNIOR *et al.*, 2000).

Neste estudo é discutido principalmente o risco de mercado, que “[...] é decorrente da existência de outros riscos relativos a toda a economia e que afetam todos os negócios” (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2008).

2.3.3 Risco de mercado

O risco de mercado advém da possibilidade de ocorrências de perdas resultantes da flutuação nos valores de mercados de posições detidas pelo investidor.

Jorion (2003) afirma que risco de mercado origina-se de qualquer mudança de valor que proporciona impacto no comportamento do preço dos ativos.

Duarte Júnior *et al.* (2000) descrevem as principais classificações do risco de mercado ou subáreas do risco de mercado, quais sejam:

- a) risco de taxas de juros – decorre em função da perda no valor do ativo devido a alterações das taxas de juros;

- b) risco de taxas de câmbio – risco de perdas em papéis atrelados às moedas estrangeiras, considerando mudanças abruptas no câmbio ou políticas cambiais adversas;
- c) risco de *commodities* – provável perda devida à variação de preço em *commodities* de ouro, soja, café e cacau, entre outros;
- d) risco de ações – é definido como o risco de perdas no valor da carteira de ações devido à alterações no valor de mercado dos papéis que a constituem;
- e) risco de liquidez – o risco de liquidez de financiamento (*funding*) e risco de liquidez de mercado. O primeiro tipo diz respeito a perdas prováveis devido à incapacidade de resolver desequilíbrios de fluxo de caixa com ingressos de novos recursos. O segundo refere-se à incerteza de não fechar as posições a tempo, que ainda estão abertas, no preço ideal e na quantidade adequada. É comum o risco de liquidez ser abordado como um grupo;
- f) risco de derivativos – é o risco de possíveis perdas em função das oscilações no valor de posições nos contratos de *swap*, futuros, a termo, opções, entre outros;
- g) risco de *hedge* – oriundo do uso indevido de instrumentos para *hedge*, o que pode produzir perdas para o investidor;
- h) risco de concentração – o binômio risco-retorno é fato no mundo das finanças; e uma forma de reduzir o risco é diversificando a carteira. Quando há concentração, por parte dos investidores, nas carteiras investimentos, o risco aumenta.

Em suma, o risco de mercado está relacionado ao comportamento do preço do ativo diante das condições de mercado. Para medir possíveis perdas, devido às flutuações do mercado, é importante identificar e quantificar, o mais corretamente possível, as volatilidades e correlações dos fatores que impactam o preço do ativo (DUARTE JÚNIOR *et al.*, 2000).

Fortuna (2002) salienta que o risco de mercado tem crescido de importância, a partir das seguintes motivações:

- a) aumento no processo de securitização de ativos e a consequente ampliação do uso de técnicas de marcação a mercado de títulos;
- b) complexidade cada vez mais acentuada dos instrumentos financeiros negociados, notadamente dos instrumentos derivativos;
- c) aumento da volatilidade da taxa de câmbio com o fim do padrão dólar-ouro, no início dos anos 70, potencializado nos anos mais recentes pela integração mais representativa dos mercados financeiros e de capitais globais e suas consequências na volatilidade de taxa de juros;
- d) ampliação das atividades de comercialização de ativos das instituições financeiras nesse ambiente de mais volatilidade e suas consequências nos resultados dessas instituições.

Conforme Assaf Neto (2005, p. 98):

Este risco exprime quanto pode ser ganho ou perdido quando da aplicação em contratos e outros ativos diante de mudanças em seus preços de negociação. [...] Quanto mais voláteis se apresentarem os preços dos ativos (títulos de renda fixa, ações, derivativos *commodities*, etc.), mais altos serão os riscos de mercado das instituições financeiras que operam nas expectativas de determinado comportamento em seus preços. Essa situação exige que se acompanhe diariamente o valor dos ativos negociáveis, atualizando sempre seus resultados e posições futuras.

Silva Neto (1999, p. 162) assevera que “a chave para avaliar esse risco é compreender o comportamento do mercado e sua interação com o ambiente, analisar as mudanças, identificar os componentes do mercado que com eles interagem”.

Outro ponto importante é a interpretação das mudanças e consideração das mesmas, como fatores de risco, na concepção das estratégias financeiras. Esses aspectos apresentam a subjetividade presente na gestão de risco, assim como as possibilidades de diferentes resultados (DAMODARAN, 2009).

Vale ressaltar que compreender o comportamento do mercado é uma necessidade constante, tendo em vista a presença de mudanças econômicas não-previsíveis.

2.3.4 Gestão de risco

Sabe-se que os riscos podem gerar perdas significativas para as instituições e, por isso, percebe-se a necessidade do monitoramento cuidadoso nos impactos causados pela exposição ao risco.

A gestão de riscos financeiros tornou-se, nos últimos anos, foco de numerosos estudos em instituições financeiras, fundos de investimentos e órgãos reguladores, além do próprio meio acadêmico (DUARTE JÚNIOR, 2005).

Saunders (2000) apresenta alguns motivos para a mensuração do risco, tais como:

- a) informações gerenciais: no intuito de revelar até que ponto os operadores estariam expondo a instituição financeira;
- b) fixação dos limites: por meio da mensuração do risco das carteiras dos operadores podem-se estabelecer limites por área e por operador, de tal maneira que possibilite que a instituição tenha bem presente até que ponto está disposta a assumir riscos e evitar que operadores tomem riscos que a instituição não deseje;
- c) alocação de recursos: a partir das comparações de resultados com riscos de mercado, em diferentes áreas de atuação, há a possibilidade de identificar áreas com mais potencial de retorno por unidade de risco. Dessa forma, pode-se incrementar a rentabilidade da instituição sem, necessariamente, aumentar o risco dessas operações;
- d) avaliação de desempenho: permite levar em consideração o risco e o retorno das operações efetuadas e, assim, instituir um sistema racional de premiação;
- e) regulamentação: possibilita regulamentar o risco de mercado por meio da exigência de capital para fazer frente ao risco assumido.

O gerenciamento do risco surgiu como uma resposta ao aumento da volatilidade nos mercados financeiros globais e tornou-se possível graças às inovações tecnológicas, sendo que sua administração se refere à concepção e à

implantação de procedimentos para o controle de riscos financeiros. A instabilidade das taxas de câmbio, de juros e preços de *commodities* gerou demanda por novos instrumentos financeiros e por ferramentas de análise para a gestão do risco de mercado (JORION, 2003).

Com o processo de desregulamentação do mercado financeiro e a globalização, a procura por meios de proteção contra os riscos financeiros aumentou e se acentuou ainda mais com os desastres financeiros ocorridos em diversas partes do mundo (QUADRO 2).

Tais desastres estão relacionados à falta de monitoramento adequado das operações financeiras, muitas vezes somado à falta de compreensão da utilização de instrumentos derivativos. Como exemplo, o banco japonês Daiwa, que sofreu prejuízo de 1,1 bilhão de dólares em 1995, decorrente de operações em títulos do tesouro americano realizadas por um único operador de sua subsidiária americana, devido à inexistência de controles internos adequados (DOWD, 1998).

QUADRO 2

Desastres financeiros

INSTITUIÇÃO	ANO	PREJUÍZO (US\$)
Metallgesellschaft	1993	1,3 bilhão
Orange County	1994	1,7 bilhão
Barings Bank	1995	1,3 bilhão
Daiwa Bank	1995	1,1 bilhão
Sumitomo Corporation	1996	1,8 bilhão

Fonte: dados retirados de DOWD (1998).

Outro exemplo foi o do banco inglês de investimentos Barings, que faliu em 1995 devido às oscilações desfavoráveis nos preços de negociação de seus títulos e às posições irregulares tomadas por um único operador, que operou em nome do banco no mercado de derivativos asiático. O operador, tentando recuperar perdas anteriores, apostou na subida do Índice *Nikkei* (índice da bolsa do Japão) e, diante dessa expectativa de valorização, fez vultoso investimento, algo em torno de US\$ 8 bilhões, no mercado futuro. Um terremoto na cidade de Kobe derrubou todos os mercados e o banco perdeu mais de 15% do capital aplicado. Como a perda superou os recursos próprios, o Barings tornou-se insolvente (ASSAF NETO, 2005; JORION, 2003).

Um sistema de gestão de risco de mercado deve se assegurar de que as operações, posições, concessões de crédito, assim como os produtos derivativos desenvolvidos pela instituição não ultrapassem determinados níveis que comprometam sua saúde financeira. É de fundamental importância a realização de estudos e simulações periódicas para que, na eventualidade de fortes mudanças nas cotações, atitudes sejam tomadas para a cobertura de posições em risco e para obter-se mensuração do efeito dessas mudanças na carteira instituída. O sistema deve ser capaz, ainda, de correlacionar produtos e mercados para avaliar o risco global da posição, devendo-se ter sempre em mente que os sistemas são falíveis, partem de técnicas baseadas em fatos passados e os modelos matemáticos empregados são simplificações da realidade. Ou seja, os sistemas devem estar sempre sendo testados conforme condições de mercado e técnicas de gestão de posições (SILVA NETO, 1999).

Alexander (2005) ressalta que existem forças que estão por trás da mensuração e do controle do risco financeiro, que são extremamente fortes.

Há forças internas que procuram conferir um retorno ótimo sobre o capital (em que o capital baseia-se no risco) e assegurar a sobrevivência da empresa como um todo. Existem forças externas que são dirigidas pela competição, pelo enorme crescimento na indústria da administração de risco e pela volatilidade crescente dos mercados financeiros, como novos produtos que capacitam os participantes a aumentar a alavancagem para níveis muito elevados. E há forças regulatórias que buscam promover uma competição justa entre as empresas, proteger a solvência das instituições financeiras e controlar os riscos sistêmicos (ALEXANDER, 2005, p. 275).

A gestão de risco de mercado envolve diversos elementos, tais como políticas de utilização de derivativos, procedimentos de controle, modelos de gestão, profissionais qualificados, limites de exposição, tomadas de decisão e tecnologia. Mas, “o que torna uma ferramenta poderosa e eficiente é seu conhecimento e a forma como a utilizamos e não a ferramenta em si” (SILVA NETO, 1999, p. 217). Cada vez mais, implantar sistemas e métodos cientificamente testados tornou-se imperativo para as instituições que buscam uma solução eficiente e de fácil assimilação.

Desta forma, percebe-se que a gestão de risco de mercado tornou-se ferramenta essencial para a sobrevivência da atividade empresarial, o que justifica a relevância de estudos sobre os métodos de controle de riscos, bem

como a sua divulgação. “Estabelecer limites e definir procedimentos fazem parte da atividade, além de ser a principal ferramenta para um profundo controle e conhecimento de diversos tipos de exposições criadas por suas operações” (SILVA NETO, 1999, p. 211).

Nos últimos anos a teoria de controle de risco evoluiu rapidamente, tornando disponível significativa variedade de técnicas com características bastante distintas. A metodologia que emergiu como um *benchmark* foi desenvolvida pelo banco americano J.P. Morgan & Co. e teve como resultado final a medida conhecida como *Value-at-Risk* (VaR). O VaR leva em conta não só o risco de cada ativo, expresso estatisticamente pelo desvio-padrão dos retornos, mas também as relações entre os diversos ativos, expressas por suas correlações (MOLLICA, 1999).

Jorion (2003, p. 473) afirma que “a história do mercado financeiro é repleta de desastres. Essas onerosas lições levaram a indústria a adotar o VaR como referência universal para a gestão do risco financeiro”.

Nesse trabalho são utilizadas algumas abordagens da técnica do tipo *Value-at-Risk*, a qual tem se tornado rapidamente um padrão da indústria no que tange à mensuração dos riscos financeiros, pois:

[...] o VaR está sendo oficialmente reconhecido como prática confiável de gerenciamento de risco. De fato, sua *confiabilidade*, por muito tempo um conceito indefinido, pode agora ser mensurada em termos de probabilidade de inadimplência (JORION, 2003, p. 46, grifo do autor).

2.4 Acordos de Basileia

O termo “Acordo de Basileia” faz referência ao grupo de recomendações originadas do Comitê de Supervisão Bancária da Basileia, um grupo que congrega representantes de órgãos responsáveis pela supervisão dos bancos em diversos países e estudiosos que visam a dotar o sistema financeiro internacional de mais estabilidade e transparência. Sua sede fica no *Bank of International Settlements* (BIS), situado na Basileia, Suíça (ANDREZZO; LIMA, 2002).

Em 1988, o referido Comitê aprovou o que ficou conhecido como primeiro Acordo de Basileia, tendo “como objetivo padronizar, entre os países signatários, as normas para medir a solidez das instituições financeiras, de modo a minimizar os riscos de insucesso bancário e permitir análise comparativa entre os bancos no plano internacional” (ANDREZZO; LIMA, 2002, p. 242).

Assaf Neto (2005, p. 101) ressalta:

O Acordo de Basileia foi originalmente assinado em 1988 pelos 10 maiores bancos centrais do mundo e previa forte adequação do capital dos bancos em todo o mundo ao novo ambiente dos mercados financeiros. Apesar de o documento firmado ser apenas um tratado de intenções, os bancos centrais, signatários desse documento, conseguiram transformar em leis, em seus respectivos países, as recomendações firmadas. [...] A preocupação maior que norteou o Acordo de Basileia, ao propor um ajuste de capital próprio dos bancos na proporção de suas aplicações, era privilegiar a solvência das instituições financeira e a estabilidade do sistema financeiro internacional.

Nesse sentido, Saunders (2000) acentua que esse acordo teve como principal objetivo fortalecer o sistema bancário e, para tanto, está fundamentado no preceito de que a robustez do sistema está relacionada ao tamanho do capital das instituições. Assim, buscou-se estabelecer uma relação entre capital mínimo das instituições e as contas de seus ativos.

Em termos de riscos, a primeira versão do Acordo (Basileia I) centrou seu foco primordialmente no risco de crédito. Foram verificadas diversas limitações na referida versão que motivaram o Comitê de Supervisão Bancária do BIS a divulgar novos documentos, denominados emendas. A emenda de 1996 merece especial destaque por introduzir a exigência de capital para risco de mercado e o reconhecimento de que as instituições financeiras poderiam adotar modelos internos, sob certas condições, para a apuração do capital exigido (JORION, 2003).

Jorion (2003) comenta que o Comitê explicitou, na referida emenda, a utilização do VaR como ferramenta para mensuração do risco de mercado, definindo como parâmetros quantitativos: horizonte de 10 dias úteis ou duas semanas corridas; intervalo de confiança unicaudal de 99%; e período de observação de pelo menos um ano de dados históricos, atualizado, no mínimo, uma vez por trimestre. Tal atitude consolidou, ainda mais, o VaR como

benchmark na análise e mensuração do risco de mercado no âmbito das instituições financeiras.

O mercado financeiro internacional continuou a evoluir rapidamente não só no que tange a novos produtos, mas também no que se refere à interligação tecnológica, estrutura organizacional e novas técnicas de administração de riscos. Entretanto, tornou-se evidente a necessidade de uma reformulação mais geral e profunda, o que deu origem ao novo Acordo de Basileia, mais conhecido como Basileia II (MATIAS PEREIRA, 2004; JORION, 2003; SANTOS, 2002).

O Acordo de Basileia II apoia-se sobre três elementos, denominados pilares (FIG. 1).

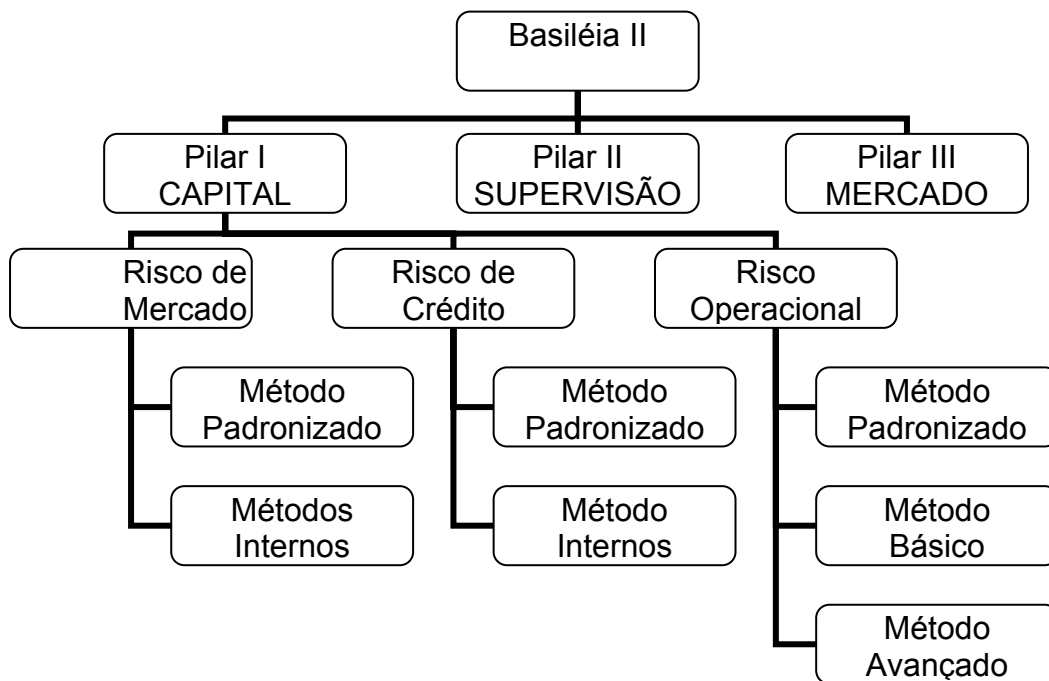


FIGURA 1 – Pilares do Acordo de Basileia II.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados do BCBS (2006).

O primeiro pilar trata das recomendações referentes à exigência de capital mínimo, sugerindo novas abordagens de avaliação para mensuração de risco de crédito e risco de mercado, bem como a inserção do risco operacional no cálculo, medido separadamente dos demais. O segundo pilar abrange a revisão do processo de supervisão efetuada pelos organismos nacionais competentes e tem como objetivos principais a melhoria dos procedimentos e base regulamentar de

forma a assegurar que as instituições fiscalizadas mantenham processos e controles internos sólidos, assim como possibilite a completa avaliação da adequação do capital das instituições financeiras frente à sua real exposição a riscos. O terceiro pilar trata do uso efetivo da disciplina de mercado e está baseado no desenvolvimento de regras que estimulem mais disciplina no mercado por meio do aumento de transparência das instituições financeiras (BCBS, 2006).

Ressalte-se que as recomendações de Basileia II continuam a ter o VaR como parâmetro base de mensuração do risco de mercado (BCBS, 2006). Isto vem ratificar as observações de Jorion (2003, p. 67) quando menciona que:

Todos os setores têm de administrar múltiplas fontes de risco financeiro. Todos os objetivos dos reguladores implicam algum tipo de proteção. A proteção contra múltiplas fontes de risco financeiro é medida com VaR de forma mais eficiente. Isso explica por que as exigências de capital estão rapidamente convergindo ao mesmo tempo em que as linhas de demarcação entre bancos, corretoras, distribuidoras e seguradoras estão se tornando cada vez mais tênues.

Vale lembrar, entretanto, que, se por um lado a regulamentação do sistema financeiro é um importante instrumento para ajustar eventuais desequilíbrios da alocação de capital definida pelo livre mercado, por outro lado a implantação dos Acordos de Basileia depende da adesão por parte do sistema financeiro de cada país. Não obstante, a sua divulgação permite melhor coordenação das práticas de regulamentação e supervisão das atividades bancárias do mundo todo, além de formalizar padrões de atuação e recomendações para melhores práticas do mercado financeiro.

2.4.1 O Banco Central do Brasil e a aplicação das normas do Acordo de Basileia

O Banco Central do Brasil (BCB) é o principal poder executivo das políticas definidas pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) e órgão fiscalizador do Sistema Financeiro Nacional (SFN).

Segundo Assaf Neto (2005, p. 84):

Atendendo a uma conceituação mais abrangente de sua atuação, pode-se tratar o Banco Central como um banco fiscalizador e disciplinador do mercado financeiro, ao definir regras, limites e condutas das instituições; banco de penalidades, ao serem facultadas pela legislação a intervenção e a liquidação extrajudicial em instituições financeiras; e gestor do sistema financeiro nacional, ao expedir normas e autorizações e promover o controle de instituições financeiras e de suas operações.

No Brasil, a implantação do Acordo de Basileia I deu-se por meio da Resolução do Banco Central 2.099 de 17/08/1997, com vigência a partir de 01/01/1995; e em quatro anexos se consolida a mais importante mudança realizada no mercado financeiro nos últimos 30 anos (SANTOS, 2002).

Até a adesão à regulamentação internacional, o sistema vigente no Brasil seguia a forma clássica de regulação bancária, que priorizava a liquidez das instituições bancárias. Essa liquidez era obtida por meio dos próprios ativos mantidos líquidos, depósitos junto ao Banco Central e reservas secundárias, assim como os depósitos à vista recebidos pela instituição (SANTOS, 2002).

Ainda conforme Santos (2002, p. 535), os anexos contêm:

- a) Anexo I - regras para o funcionamento, a transferência e a reorganização das instituições financeiras - revoga toda a legislação que concedia incentivos à constituição de bancos múltiplos, unifica as carteiras de desenvolvimento e investimento e possibilita a criação da carteira de arrendamento mercantil (*leasing*), vedada, neste caso, a emissão de debêntures;
- b) no Anexo II, os limites mínimos de capital e patrimônio líquido para o funcionamento das instituições financeiras autorizadas a funcionar pelo Banco Central (BC);
- c) no Anexo III disciplinam-se a instalação e o funcionamento das dependências das instituições financeiras pelo Banco Central;
- d) no Anexo IV fixam-se as novas regras de determinação do Patrimônio de Referência (PR), que passa a ser calculado proporcionalmente ao grau de risco da estrutura dos ativos de cada instituição. Cria-se, assim, uma obrigatoriedade de manutenção, pelas instituições financeiras e demais instituições autorizadas a funcionar pelo BC, de um valor de patrimônio líquido compatível com o grau de risco da estrutura de seus ativos.

Brito (2005) preleciona que o Banco Central paulatinamente ampliou as exigências para a cobertura dos riscos a que se sujeitam as instituições, além de reforçar a necessidade de uma reestruturação organizacional orientada para a minimização do risco. A partir do momento inicial, alicerçado em Resoluções do Conselho Monetário Nacional, o Banco Central regulamentou não só as principais diretrizes de Basileia I, como também tem atuado na regulamentação e implantação das diretrizes de Basileia II.

Entre as regulamentações efetuadas, vale realçar, para efeito desta pesquisa, o conceito de marcação de mercado – *Market to Market* (MtM) –, que está associado ao princípio de que o preço de um ativo é determinado pelo mercado no qual este ativo é negociado. Pelo princípio de transparência, o registro do valor do ativo deveria sempre seguir o valor de mercado, assim como o cálculo do VaR, como pode ser observado na Carta-Circular 3.309, de 15 de abril de 2008³.

Além disso, o Banco Central do Brasil regulamentou as exigências de capital para cobertura de risco de mercado decorrente da exposição de *commodities*, juros, ações e câmbio, apresentando um cronograma que permite a utilização de modelos internos pelas instituições financeiras, desde que satisfaçam as exigências regulamentares e sejam aprovadas pela referida autoridade monetária (BRITO, 2005).

2.50 impacto da crise imobiliária

O crédito denominado *subprime* no mercado imobiliário surgiu quando o Banco Central dos Estados Unidos (*Federal Reserve* - Fed) começou a baixar as taxas de juros para estimular a venda de imóveis com o intuito de controlar alguns efeitos dos ataques terroristas de 11 de setembro de 2001..

A crise do *subprime* foi financeira, desencadeada em 2006, a partir da quebra de instituições de crédito dos Estados Unidos, que concederam empréstimos hipotecários de alto risco. (SOUSA, 2007).

³ Carta-Circular do Banco Central do Brasil, disponível em <http://www.bcb.gov.br/Htms/Normativ/cartacircular3309.pdf>, acessado em 29 nov. 2009.

A queda nos preços de imóveis aliada ao estouro da crise e à alta alavancagem arrastou vários bancos para situação de insolvência, repercutindo fortemente sobre o sistema financeiro de todo o mundo (BORÇA JÚNIOR; TORRES FILHO, 2008).

Como observado por Gabriel e Bahry (2008), a crise foi potencializada por um nível de demanda efetiva e de lucros, que por determinado período de tempo validou não só as decisões e os passivos assumidos no momento anterior, como também o estado de expectativas em longo prazo.

Com impacto desse acontecimento nos Estados Unidos, houve um descompasso sistêmico global. Esses acontecimentos refletiram-se, instantaneamente, no risco de mercado e, em geral, não sendo previstos pelos métodos tradicionais de gestão de risco, embora tenham sido aventados em publicações acadêmicas e até do Fundo Monetário internacional (FMI) (BORÇA JÚNIOR; TORRES FILHO, 2008).

Verifica-se que desde abril de 2008 as condições financeiras e monetárias internacionais deterioraram-se consideravelmente com a redução do apetite ao risco e o aumento nos riscos macroeconômico, de crédito, mercado e liquidez, mesmo nos países emergentes.

Esses acontecimentos alteraram todo o mercado financeiro, gerando medo nos investidores que, rapidamente, começaram a vender seus ativos com receio da desvalorização de todos os ativos de renda variável. Como a crise americana provocou uma aversão ao risco, os investidores em ações preferiram sair das Bolsas, que apresentavam oscilações constantes, e optaram em aplicar nos investimentos mais seguros. Além disso, os estrangeiros que aplicavam em mercados emergentes, como o Brasil, venderam seus papéis para cobrirem perdas no exterior (BORÇA JÚNIOR; TORRES FILHO, 2008).

É fato que a crise financeira norte-americana impactou, em mais ou em menos grau, todo o mundo. No Brasil foi sintomático o ocorrido no mercado de capitais brasileiro, com reflexos em todos os setores da economia.

O aumento no risco de empréstimos e financiamentos eleva a taxa de juros dos futuros contratos no mercado de crédito, o que também afeta o nível de consumo e de investimentos, sendo a expectativa de crescimento econômico diminuída, influenciando o risco de mercado (BORÇA JÚNIOR; TORRES FILHO, 2008; GABRIEL; BAHRY, 2008).

As consequências geradas pela crise imobiliária foram, de forma mais rápida, registradas na Bolsa de Valores de São Paulo já no segundo semestre de 2007, quando chegou a apresentar queda de quase 10% ao longo de um único dia. A trajetória da queda de juros futuros também apresentou mudança de tendência, como, por exemplo, o contrato negociado com vencimento em janeiro de 2010 passou da mínima de 10,06% ao ano, em julho de 2007, para níveis acima de 13,30% ao longo do mês de março de 2008. Essas informações sobre juros futuros refletem-se também na elevação das expectativas de inflação (ALBERINI; BOGUSZEWSKI, 2008).

Desta forma, pode-se perceber a importância do estudo de métodos que apuram o valor em risco em épocas de crise, que impactam os resultados financeiros.

2.6A técnica do *Value-at-Risk*

Na área de risco de mercado, uma iniciativa, que apresentou-se com grande destaque, advinda do setor privado financeiro tenha sido a do Banco J.P. Morgan, que, em outubro de 1994, apresentou o sistema denominado *Riskmetrics*.

Inicialmente, o sistema disponibilizava medidas de risco para 300 instrumentos financeiros em 14 países e, desde então, sua aplicação foi bastante expandida no mercado. A esse sistema pode ser atribuído o incentivo ao aprofundamento da pesquisa sobre o risco, pois gerou um exército de criadores de sistemas e despertou outras instituições para a elaboração de novos processos na gestão de risco, além de ajudar a impedir a desnecessária regulamentação do mercado financeiro (JORION, 2003).

Alexander (2005, p. 280) constatou que “desde que os reguladores impuseram exigências de capital mínimo para cobrir os riscos de mercado, baseados em modelos internos, o VaR tornou-se uma medida de risco onipresente”. Nota-se, portanto, que a importância do estudo do VaR é evidenciada pela sua crescente utilização pelas instituições financeiras, em

âmbito internacional, notadamente nos cálculos de exigibilidade de capital de instituições financeiras.

Jorion (2003) defende, ainda, que uma das grandes motivações para o uso do conceito da técnica *Value-at-Risk* (VaR) é que esta integra o risco de todo o ativo/passivo em uma única medida numérica, permitindo o rápido acompanhamento e entendimento por sua diretoria (JORION, 2003).

Nesse sentido, Alexander (2008a) acredita que a metodologia sumariza, em um único número, a perda máxima esperada durante um período de tempo, dado um intervalo de confiança. Esse período, também chamado de *holding period*, é considerado o tempo necessário para a liquidação da carteira.

O cálculo do VaR não é trivial, pois envolve conceitos estatísticos nem sempre facilmente acessíveis por todos, mas é, sem dúvida, um dos principais instrumentos para o cálculo do risco associado à variação de preços dos ativos. Na sua abordagem mais usual, os dados representam uma matriz de variância/covariância de retornos, que evolui ao longo do tempo e, para produzir o seu próprio valor em risco, os usuários precisam de um *software* para integrar o sistema às suas próprias posições (JORION, 2003).

Para a mensuração do VaR, é importante, inicialmente, a escolha do horizonte de tempo e o nível de confiança, sendo que a definição desses dois parâmetros envolve certa arbitrariedade. Segundo Duarte *et al.* (2000, p. 107), o VaR “[...] de uma carteira de investimentos é uma medida de quanto ela poderá depreciar durante certo horizonte de tempo, com certa probabilidade”, devendo-se compatibilizar a definição dos referidos parâmetros com os objetivos dos resultados.

Conforme Alexander (2005, p. 277), “a Emenda de 1996 delineou uma abordagem alternativa para medir o MRR⁴, que consiste em usar um modelo interno para determinar a perda total líquida de 10 dias de negociações, com nível de confiança de 99%”. Porém, Jorion (2003, p. 305) referencia que “[...] dado um horizonte mais longo, um intervalo de confiança menor pode ser escolhido, talvez 95% em vez 99% usado para risco de mercado”.

⁴ MRR – Exigência de capital de risco de mercado.

A seguir são demonstradas as fases básicas para cálculo do VaR de uma carteira (FIG. 2), considerando-se uma abordagem paramétrica em um horizonte de 10 dias.

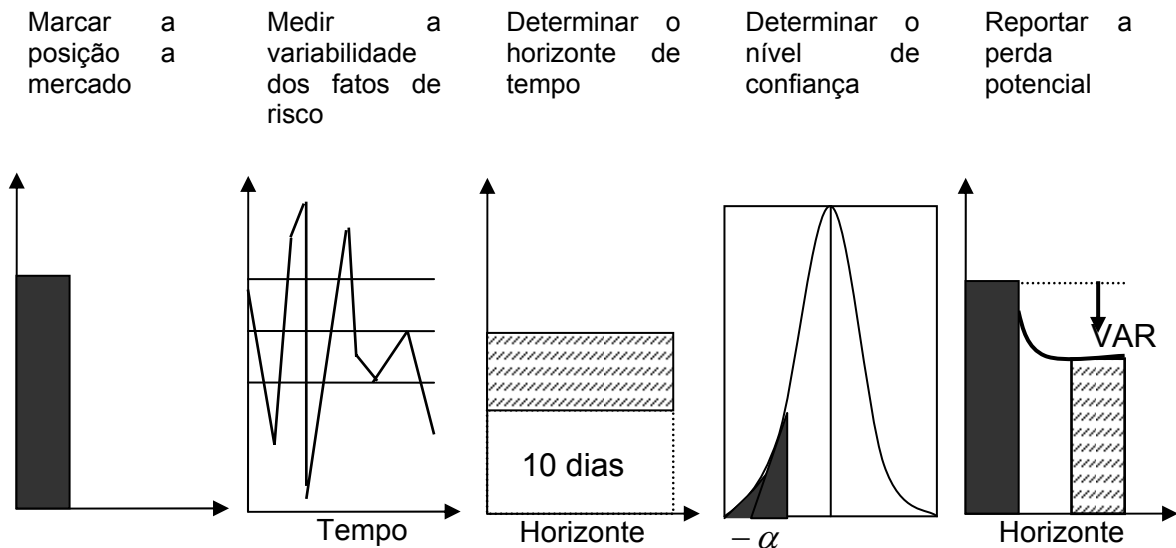


FIGURA 2 – Passos para a construção do VaR.

Fonte: Jorion (2003, p. 96).

O termo marcar a posição no mercado refere-se ao processo de se obterem os valores de negociação no mercado dos ativos que compõem a carteira, de forma que possam representar o valor efetivo em um dado momento no tempo. Já medir a variabilidade dos fatores de risco significa apurar o comportamento dos retornos ou a volatilidade nos preços dos ativos. Determinar o horizonte de tempo significa definir o período de dados que serão utilizados como referência para os cálculos, considerando-se que a carteira será mantida durante o referido período. Por sua vez, determinar o nível de confiança significa escolher um percentual de erro que pode ser aceito no cálculo do valor em risco. E, finalmente, reportar a perda potencial significa apurar o montante do valor investido que pode ser perdido devido ao risco desse investimento, conforme as considerações aceitas para o cálculo (DOWD, 1998; JORION, 2003).

O VaR precisa ser considerado uma medida aproximada. Esse ponto é fundamental: não se pode concluir que, por empregar técnicas sofisticadas, se trate de um modelo 100% preciso (OHANIAN, 1998). É preciso reconhecer que a definição de VaR já sinaliza tratar-se de um modelo voltado para a estimação de

riscos em condições normais de mercado, o que pressupõe a necessidade de ferramentas complementares, tais como as simulações. Neste sentido, Jorion (2003, p. 26) afirma que “as medidas de VaR são úteis unicamente se os usuários entendem suas limitações.”.

Uma desvantagem no uso do VaR é que ele não distingue entre as diferenças de liquidez das posições de mercado, mas somente captura os riscos de curto prazo em circunstâncias normais de mercado. Outra desvantagem é o custo de implementação de um sistema VaR totalmente integrado, que pode ser imenso e gerar a impressão de que os cálculos de VaR possam ser vistos como substituto de uma boa administração de risco. Soma-se a isso o fato de que as medidas de VaR são imprecisas porque dependem de hipóteses acerca dos parâmetros dos modelos que podem ser muito difíceis de serem sustentadas ou contraditas (ALEXANDER, 2008b).

Desta forma, a conceituação das características desses modelos ou técnicas pode contribuir para a percepção de uma visão mais integrada dos instrumentos de gestão de riscos e, assim, favorecer possíveis aperfeiçoamentos que visem a corrigir as deficiências dessas técnicas. Para tanto, serão apresentadas, a seguir, algumas abordagens utilizadas para o cálculo do VaR.

2.6.1 Metodologias para mensuração do VaR

Na apuração do VaR, devido à utilização de parâmetros distintos, existe a divisão entre as metodologias.

Os modelos para o cálculo do tipo VaR podem ser categorizados em dois grande grupos: os paramétricos e os não-paramétricos (*full valuation*), que são vertentes básicas para se determinar a distribuição de probabilidades do retorno de uma carteira e, assim, apurar o valor em risco (ALEXANDER, 2008b; SECURATO *et al.*, 2003).

Nos modelos paramétricos ou analíticos, os fatores de risco são isolados, após o que se calcula o risco a partir de determinada distribuição probabilística e agrega-se o risco da carteira com base nas correlações existentes entre cada um de seus componentes. Já nos não-paramétricos, ou de simulação, os

componentes são tratados em bloco, não se pressupondo, obrigatoriamente, determinada distribuição de probabilidade nem correlações (SILVA NETO, 1999).

Os modelos paramétricos empregam medidas estatísticas de probabilidade e correlação, sendo desvio-padrão (como a medida da dispersão da distribuição da probabilidade de retornos de um ativo) e as covariâncias como medidas de comportamento entre os retornos dos ativos de uma carteira (SECURATO *et al.*, 2003).

Nos modelos não-paramétricos, por sua vez, são consideradas diversas condições de mercado, eventos quase impossíveis de ocorrer, ou descontinuados, com os quais a carteira será reavaliada, pois não se pode atribuir marcante probabilidade a esses eventos ou até reproduzi-los por meio de uma distribuição normal. O modelo não-paramétrico é utilizado quando o retorno dos ativos não tende à normalidade e é comum nos mercados, onde as ocorrências das observações ficam distantes da média, verificando-se distribuição de caudas mais grossas, o que, neste caso, pode-se presumir que o cálculo do valor em risco estará distorcido (MOLLICA, 1999).

Dowd (1998) classifica os modelos de VaR em três categorias: variância-covariância, simulação histórica e simulação de Monte Carlo. Por sua vez, Jorion (2003) classifica em dois grupos: o delta-normal, que equivale aos de variância-covariância, e o de *full-valuation*⁵, que incorpora o de simulação histórica e de Monte Carlo. Já o documento *RiskMetrics*TM (1996) classifica os modelos em dois tipos básicos: os analíticos e os de simulação.

É importante lembrar que o Comitê de Basileia não recomenda, explicitamente, a utilização de algum método específico, seja este paramétrico ou não-paramétrico. Mas a metodologia empregada pela instituição deve ser capaz de capturar os riscos de mercado e os riscos específicos do ativo. Ou seja, deverá ser capaz de explicar as variações nos preços dos ativos, as magnitudes das variações e o impacto de eventuais concentrações.

⁵ O termo *full-valuation* considera que as carteiras são reavaliadas de acordo com o cenário elaborado.

2.6.1.1 Modelos paramétricos

Nos modelos paramétricos é necessária a utilização de procedimentos estatísticos para a identificação do valor em risco.

Conforme Alexander (2005, p. 285):

Na metodologia do VaR paramétrico, o único dado necessário para se computar o VaR de um portfólio linear é a matriz de covariância de todos os ativos do portfólio. Naturalmente, é necessário saber a composição do portfólio, mas os únicos outros dados necessários são as variâncias e as covariâncias dos retornos dos ativos.

Jorion (2003) recomenda os métodos paramétricos pela facilidade de entendimento da técnica pelos gestores de risco. Basicamente, o método consiste em voltar no tempo e computar as variâncias e as covariâncias para todos os fatores de risco, que também são tomados como normalmente distribuídos.

Alexander (2005) afirma, ainda, que o método paramétrico, por ser muito rápido e simples de computar, possibilita apurar o impacto de uma operação proposta no limite do VaR previamente definido, antes que se concretize a operação, o que auxilia a gestão do risco no dia-a-dia das instituições. Ou seja, a facilidade de implantação e rapidez com a qual os resultados são obtidos, mesmo para grandes portfólios, pode se tornar um componente importante no mercado financeiro.

Entretanto, o método paramétrico apresenta deficiências, principalmente quando se depara com distribuições de retornos que apresentam caudas grossas ou pesadas, exatamente onde se concentra o foco do VaR. Nessa situação, um modelo baseado na distribuição normal subestimaria a proporção de *outliers* e, portanto, o verdadeiro valor em risco (ALEXANDER, 2005). Mollica (1999) ainda comenta que o método paramétrico deixa de considerar algumas características importantes das séries financeiras, tais como o excesso de achatamento e os agrupamentos de volatilidade. Percebe-se, assim, uma tendência dos modelos paramétricos, pelos motivos citados, a subestimarem o valor em risco.

O documento técnico do *RiskMetrics*TM (1996) demonstra que o VaR diário de uma carteira contendo um único ativo pode ser calculado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$VaR = X_0 (Z_{1-\alpha} \sigma - \mu) \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

X_0 = valor marcado a mercado do ativo;

$Z_{1-\alpha}$ = constante relativa ao número de desvios-padrão para o nível de confiança desejado;

σ = desvio-padrão ou volatilidade diária do retorno do ativo;

μ = retorno médio esperado para o ativo que, em muitos casos, pode ser considerado igual a zero.

O Acordo de Basileia estabelece que o VaR associado ao risco de mercado das instituições financeiras deve ser calculado para um nível mínimo de confiança $(1 - \alpha)$ de 0,99 ou 99%, ou seja, um α de 0,01 ou 1%, de forma que $Z_{\alpha\%}$ seja aproximadamente -2,33, sendo o intervalo de tempo t de 10 dias úteis. Assim, segundo o Acordo, o VaR para o intervalo de 10 dias em t é obtido por (BCBS, 2006):

$$VaR_t^{10d} = V_{c,t} \cdot Z_{\alpha\%} \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{10} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que:

$V_{c,t}$ = valor financeiro, marcado a mercado, da carteira em “t”;

$Z_{\alpha\%}$ = quantil da distribuição normal padronizada relativo ao percentil α ;

σ = desvio-padrão da carteira em t.

Nota-se que o cálculo de σ_t pode ser complexo no caso de elevado número de ativos, pois envolve o uso de uma matriz de covariância de ordem n (número de ativos que compõem a carteira). Assim, para n ativos será necessário o cálculo de $n(n-1)/2$ covariâncias e n variâncias (ALEXANDER, 2008b).

Como a volatilidade está associada ao desvio-padrão da distribuição dos retornos dos ativos, é importante entender a modelagem de dados financeiros.

Um método muito empregado é a utilização de uma janela (ou média) móvel, que pode apresentar diferentes extensões (JORION, 2003).

Ao se utilizar a média móvel com extensão fixa, os parâmetros são calculados sobre uma quantidade de dados de tamanho fixo, porém variáveis. Dessa forma, a cada procedimento de cálculo é adicionado um novo retorno e descartado o retorno mais antigo. Nestes casos, todos os retornos recebem pesos iguais, ignorando a ordenação dinâmica das observações. Os métodos paramétricos que utilizam a volatilidade e a covariância históricas empregam essa abordagem (ALEXANDER, 2005; JORION, 2003)

O documento técnico do *RiskMetrics*TM (1996) sugere a adoção da média móvel exponencialmente ponderada (EWMA), que atribui pesos que declinam geometricamente conforme se recua no tempo, dando assim mais importância às observações recentes. Quando o EWMA é aplicado aos retornos históricos, a estimativa da volatilidade futura pode reagir mais rapidamente logo após a ocorrência de um retorno excepcional, reduzindo a importância das observações gradativamente ao longo do tempo. O ajuste de sensibilidade às ocorrências mais recentes depende do parâmetro de amortização (lambda – λ), cujos valores sugeridos pelo referido documento são 0,94 e 0,97, para dados diários e mensais, respectivamente. A média móvel ponderada de uma série temporal pode ser definida matematicamente por:

$$h_t = \sqrt{\lambda \cdot h_{t-1}^2 + (1 - \lambda) r_{t-1}^2} \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que:

h_t = volatilidade condicional na data t para o ativo;

r_t = retorno do ativo, para o período t;

r_{t-1} = retorno do ativo, para o período t-1;

λ = fator de decaimento, tal que $0 < \lambda < 1$.

Na previsão da volatilidade pelo modelo EWMA, a variância condicional é composta de dois termos. O primeiro, $\lambda \cdot h_{t-1}^2$, representa um termo

autorregressivo, o qual expressa a dependência temporal da variância dos retornos. O segundo, $(1 - \lambda) r_{t-1}^2$, representa a contribuição da observação mais recente para a variância estimada (BROOKS, 2002).

Essa aproximação tem a vantagem de reproduzir um movimento geralmente percebido nos mercados financeiros, qual seja: a volatilidade reage mais rápida a choques no mercado e, após um choque de preço, a volatilidade declina exponencialmente, na medida em que o peso dessa observação é reduzido com o tempo (BROOKS, 2002).

Alexander (2005) assevera que a principal diferença entre as estimativas desses dois modelos fica evidenciada logo após ocorrer, ao mesmo tempo, fortes movimentos nos mercados: o modelo com pesos iguais produz “efeito fantasma”, pois as ocorrências mais distantes perduram durante o período de cálculo da média, ao passo que, no modelo exponencial, as correlações vão mais além para, logo a seguir, declinarem gradualmente.

2.6.1.2 Métodos não-paramétricos

2.6.1.2.1 Simulação histórica

Este método consiste em definir um período de tempo e estruturar as variações de preços ocorridas nesse período, considerando-se a composição da carteira e o histórico dos retornos.

Monta-se um histograma das variações da carteira e obtém-se a medida do VaR, conforme o nível de confiança desejado (JORION, 2003).

No modelo de simulação história utiliza-se a distribuição histórica de retornos dos ativos de uma carteira para calcular o VaR, assumindo-se a hipótese de que os acontecimentos do passado representam a perspectiva plausível de acontecimentos futuros. Uma diferença deste modelo em relação aos analíticos é o fato de não necessitar de cálculos de volatilidades e correlações, pois tais valores estão implícitos nos cenários usados (DOWD, 1998).

Silva Neto (1999) acrescenta que, além de não haver necessidade de se calcularem parâmetros, também não é necessária qualquer suposição quanto ao tipo de distribuição dos retornos dos ativos.

Nesse tipo de simulação, os procedimentos necessários são relativamente simples e seguem a seguinte ordenação básica: identificam-se os fatores de risco de mercado na carteira; obtêm-se os valores históricos dos fatores de risco de mercado para os últimos n períodos; sujeita-se a carteira às variações nas taxas de juros e aos preços observados em cada um dos n dias passados, calculando-se ganhos e perdas diários que ocorreriam caso a carteira existisse no passado; ordenam-se ganhos e perdas; e seleciona-se a perda que iguala ou excede $(1 - \alpha)\%$, sendo esse o VaR da carteira (JORION, 2003).

Conforme Jorion (2003), a abordagem comumente utilizada para a simulação histórica (por vezes denominada de *bootstrapping*) consiste em recuar no tempo e aplicar a ponderação vigente dos ativos a uma série temporal de seus retornos históricos e, assim, tem-se o retorno da carteira expresso por:

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N \varpi_{i,t} R_{i,k} \quad k=1,\dots,t \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que:

$R_{p,k}$ = retorno da carteira “p” para a simulação “k”; e

$\varpi_{i,t}$ = pesos atribuídos aos dados, mantidos iguais aos seus valores correntes.

Um fato importante, e que pode gerar problemas, é que essa abordagem parte do pressuposto de que os cenários passados são os melhores estimadores dos resultados futuros e, além disso, por vezes apresentam descontinuidade. Outro aspecto é a dificuldade em estimar a janela histórica devido aos impactos de inclusões de panoramas pouco representativos do futuro (ALEXANDER, 2008b).

Em outras palavras, deve-se ter cautela com o uso de eventos excepcionais que aconteceram nos dados históricos, assim como em

circunstâncias de estresse, pois se pode eliminar a parte relevante dos dados. Se o evento é excepcional e se verificou no passado e circunstâncias similares são improváveis de ocorrer no horizonte de previsão, deve-se removê-lo do conjunto de dados históricos. Porém, se os eventos excepcionais se deram mais recentemente, então se deve avaliar com cuidado a possibilidade de excluí-los (ALEXANDER, 2008b).

As vantagens desse modelo são: facilidade de cálculo, baixo custo operacional e computacional e o fato de o modelo incorporar não-linearidades e distribuições não-normais. Trata-se de uma técnica não-paramétrica, ou seja, não é necessária a estimação de nenhum parâmetro, o que pode evitar problemas de modelagem e erros de estimações destes parâmetros (MOLLICA, 1999).

Jorion (2003, p. 204) ainda refere que:

Talvez o mais importante seja que o método incorpora o efeito das caudas pesadas e não depende de modelos de avaliação, não está sujeito ao risco de modelo. O método é robusto e intuitivo e, por isso, é o mais usado para o cálculo do VaR.

Entre as desvantagens, destaca-se que o modelo assume que o passado representa bem o futuro em períodos de acentuada volatilidade e que a possibilidade de o modelo perder eficiência e qualidade depende da escolha do tamanho da amostra. Outro problema a se destacar é a falta de adaptabilidade das estimativas, ou seja, incapacidade de perceber rapidamente mudanças estruturais no ambiente financeiro e incorporá-las no cálculo, como é o caso do aumento de instabilidade decorrente da desregulamentação de determinado mercado (MOLLICA, 1999).

2.6.1.2.2 Simulação de Monte Carlo

A simulação de Monte Carlo (SMC) consiste em uma técnica que determina a possível distribuição dos resultados de um processo a partir de valores selecionados randomicamente das variáveis de entrada que, geralmente,

representam as variáveis de decisão ou opções que os gerentes têm à mão para verificar determinado resultado (NATTER, 1999).

Alexander (2005, p. 297) declara que:

Em vez de usar dados históricos atuais na construção de uma distribuição empírica das perdas, talvez seja mais conveniente simular os movimentos dos ativos subjacentes e dos fatores de risco a partir de hoje até algum ponto futuro do tempo (o “horizonte de risco” do modelo). Tomando-se os valores correntes como ponto de partida, milhares de possíveis valores dos ativos subjacentes e dos fatores de risco ao longo dos h-dias podem ser gerados usando-se os métodos de Monte Carlo.

Para Costa e Azevedo (1996), essa metodologia fornece como resultado aproximações para as distribuições de probabilidade dos parâmetros. São realizadas diversas simulações nas quais, em cada uma delas, são gerados valores aleatórios para o conjunto de variáveis de entrada e parâmetros do modelo que estão sujeitos à incerteza. Tais valores aleatórios gerados seguem distribuições de probabilidade específicas que devem ser identificadas ou estimadas previamente. O conjunto de resultados produzidos ao longo de todas as simulações pode ser analisado estatisticamente e fornecer resultados em termos de probabilidade. Essas informações podem ser úteis na avaliação da dispersão total das predições do modelo causada pelo efeito combinado das incertezas dos dados de entrada e na avaliação das probabilidades de serem violados os padrões das projeções financeiras.

Em outras palavras, a simulação calcula o valor esperado e a dispersão (desvio-padrão) de uma variável considerando a faixa de variação e a distribuição de probabilidades de um conjunto de parâmetros incertos. Ao final de todas as iterações, está criada uma série de resultados, que pode ser representada por qualquer distribuição matemática. A partir dessa distribuição, podem-se aplicar métricas de concentração estatística, tais como a média e a dispersão (COSTA; AZEVEDO, 1996).

Para Alexander (2005), as principais vantagens da simulação de Monte Carlo são: ela é amplamente aplicável, é capaz de capturar o comportamento da trajetória dependente de produtos complexos e, desde que as técnicas de simulação já sejam frequentemente empregadas na mesa de operação, ela também pode ser operacionalmente eficiente no emprego desses modelos no cálculo do VaR. No que tange às desvantagens, a necessidade do uso da matriz

de covariância introduz uma fonte de erro, pois sua precisão é limitada pela exatidão dessa matriz; e, também, há um inerente *trade-off* entre velocidade e precisão. Melhor precisão requer várias iterações, porém, o uso da matriz de covariância demanda muito tempo de computação se as posições são reavaliadas usando-se modelos complexos de precificação.

Segundo Jorion (2003, p. 243), “[...] a principal diferença entre a simulação de Monte Carlo e a histórica é a determinação de cenários a serem empregados para se determinarem as variações dos fatores determinantes dos preços dos ativos da carteira”. O risco da modelagem desse tipo de simulação é que se os cenários ou parâmetros não forem consistentes, o risco calculado será de pouco auxílio.

Muitas simplificações e pressuposições são realizadas para calcular-se o risco, além de serem empregados alguns modelos para precificar instrumentos que não são perfeitos, o que demonstra que se deve assumir que o risco calculado não seja perfeito e exato, mas sim um auxílio para a tomada de decisão (JORION, 2003).

2.6.2 Validação de modelos para o cálculo do VaR

A aplicação de um modelo pressupõe a instituição de algum procedimento para avaliar sua efetividade, segundo os propósitos anteriormente definidos. No caso dos modelos para o cálculo de VaR, geralmente os testes verificam, segundo critérios estatísticos ou gerenciais, se as perdas ocorridas estão dentro da estimativa prevista, mensurando-se a capacidade preditiva do modelo.

Mollica (1999) refere que, em geral, a acurácia dessas previsões é avaliada a partir de alguma medida de distância entre os valores estimados e realizados para determinada variável.

O BIS (1996) ressalta a importância de haver medidas verificáveis do desempenho dos sistemas de gestão de risco das instituições financeiras e recomenda que um teste de validação seja incorporado aos modelos internos de gestão de risco. É de se esperar que a perda efetiva ultrapasse, com certa frequência, o VaR calculado. Por exemplo, para um nível de confiança de 95%, é

natural uma ultrapassagem com taxa em torno de 5%; e percentuais um pouco superiores a isso serão aceitáveis em virtude da variabilidade amostral. No entanto, se observada violação muito além dos 5%, isso pode ser um indicativo da existência de falhas sistemáticas no cálculo.

A maioria dos testes para o cálculo do VaR em bases diárias assume que os retornos (ou perdas e ganhos) são gerados por um processo independente e identicamente distribuído de Bernoulli, assegura Alexander (2008b). O mesmo autor sugere que uma variável Bernoulli pode assumir somente dois valores, os quais poderiam ser rotulados como um e zero ou “sucesso” e “falha”. Pode-se, então, chamar de “sucesso” uma perda superior à esperada pelo VaR, atribuindo-se o valor um. Dessa forma, é possível definir uma função indicadora $I_{\alpha,t}$ na série de perdas e ganhos, tal que:

$$I_{\alpha,t+1} = \begin{cases} 1, & \text{se } Y_{t+1} < -VaR_{\alpha,t} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Em que:

$I_{\alpha,t+1}$ = é o resultado da função indicadora de sucesso em t+1 para o VaR calculado com nível de significância α ;

$VaR_{\alpha,t}$ = é o valor em risco calculado no tempo t, relativo ao tempo t+1, com nível de significância α ;

Y_{t+1} = é o ganho ou perda efetivamente realizada pela carteira no tempo t+1.

Um dos testes de validação de modelo para o cálculo do VaR denomina-se teste de Kupiec. Trata-se de um método estatístico que utiliza exatamente a frequência de vezes em que o VaR é extrapolado. Considerando-se uma amostra de resultados para um dado ativo ou portfólio, o autor gera intervalos de valores aceitáveis para a frequência de extrapolações, dado um nível de confiança estipulado. Com base nesses valores, pode-se definir uma regra de decisão para aceitar ou rejeitar o modelo testado no intervalo da amostra. É importante observar que a escolha do nível de significância para o teste não tem qualquer relação com aquele definido para o cálculo do VaR. Esses intervalos são

definidos por uma razão de log-verossimilhança, que possui distribuição assintótica qui-quadrada com um grau de liberdade, sob a hipótese de que a probabilidade teórica (p) é igual à probabilidade observada, podendo ser calculada por (ALEXANDER, 2008b; JORION, 2003).

$$LR = - 2 \ln \left[(1 - p)^{T-N} p^N \right] + 2 \ln \left\{ \left[1 / (N / T) \right]^{T-N} (N / T)^N \right\} \quad \text{(Equação 5)}$$

Em que:

LR = razão de log-verossimilhança;

N = número de exceções que a metodologia utiliza para o cálculo do VaR subestimou a perda efetiva;

T = tamanho da amostra ou número de observações;

p = probabilidade teórica de erros esperados, dado o nível de confiança estipulado para o teste de validação.

Desta forma, não se rejeita o modelo testado de VaR enquanto N estiver contido no intervalo de confiança. Valores superiores ou iguais ao limite máximo do intervalo de confiança indicam que o VaR é muito baixo e subestima a probabilidade de perdas. Já valores inferiores ou iguais ao limite mínimo significam que o VaR é conservador em demasia. Evidentemente, pode-se chegar às mesmas conclusões por intermédio do cálculo do valor-p associado ao valor de LR obtido em uma distribuição qui-quadrada com um grau de liberdade (JORION, 2003).

Jorion (2003) alerta para o baixo poder desse teste para amostras pequenas. Em outras palavras, esse teste tem alta probabilidade de aceitar a hipótese nula quando ela é falsa, no caso de amostras com limitado número de observações.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são discutidos os procedimentos utilizados para a efetivação da presente pesquisa. Desta forma, faz-se necessária uma explanação quanto à abordagem, ao método e à técnica de realização da pesquisa, seguida da definição da unidade de análise e da unidade de observação, assim como a descrição da amostra e o tratamento dos dados para a realização dos testes.

3.1 Abordagem

A pesquisa é baseada em uma abordagem quantitativa, tendo em vista que se deseja trabalhar com variáveis numéricas, visando analisar a capacidade preditiva do modelo de mensuração de risco de mercado denominado *Value-at-Risk*. Será efetuada uma comparação entre metodologias paramétricas, tomando-se por base o comportamento de títulos prefixados.

De acordo com Gonçalves e Meirelles (2004), na pesquisa quantitativa os dados são representados por métricas quantitativas, tendo como elemento de apoio central a linguagem matemática como sua forma de expressão e tratamento.

3.2 Método e técnica de pesquisa

A partir do modelo de classificação proposta por Vergara (2000), este estudo pode ser considerado uma pesquisa descritiva quanto aos fins, visto que pretende descrever um comportamento, um acontecimento que pode auxiliar no entendimento de uma questão que se pretende responder.

Segundo Gil (1999, p. 39), as pesquisas descritivas “[...] têm como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, ainda, o estabelecimento de relações entre variáveis”.

Cervo e Bervian (1983, p. 56) preconizam, ainda, que a pesquisa descritiva pode assumir caráter exploratório quando “[...] tem por objetivo familiarizar-se com o fenômeno ou obter nova percepção do mesmo e descobrir novas ideias”.

Quanto aos meios da investigação, trata-se de uma pesquisa *ex-post facto*, em que se opera sobre fatos já ocorridos, sobre os quais o pesquisador não exerce qualquer controle. Gil (1999, p. 115) postula que as pesquisas “[...] deste tipo são as que no campo econômico mais se aproximam da experimentação. O estímulo não é manipulado livremente pelo pesquisador, mas é, de certa forma, controlado a partir das informações previamente conhecidas”.

3.3 Unidade de análise e observação

Segundo Gonçalves e Meirelles (2002, p. 54), unidades de análise são “[...] entidades que descrevem o contexto no qual são localizadas as unidades de observação. Nas unidades de análise encerram um limite para as conclusões da pesquisa”.

Neste estudo, a unidade de análise refere-se ao risco de mercado e a unidade de observação a metodologias paramétricas da técnica *Value-at-Risk*.

3.4 Amostra

Foram utilizadas cotações diárias – expressas em preço unitário (PU)⁶ – de quatro títulos prefixados do tesouro nacional brasileiro, que possuem significativa negociação no mercado, pois se observa a presença constante desses

⁶ Embora a moeda corrente no país seja o Real, convencionou-se no mercado financeiro uma “moeda de negociação paralela denominada PU (preço unitário), a qual contém oito casas decimais”. O intuito é puramente facilitar o processo de negociação que, por vezes, envolve vultosos valores.

instrumentos financeiros em carteiras de fundos de investimentos e instituições financeiras. Observa-se que, do total do estoque da dívida pública, 16,73% são LTN e 15,74% são NTN-F, perfazendo um total de 32,47% do estoque. Desse montante, 97,2% encontram-se nas carteiras de Fundos de Investimento e Instituições Financeiras⁷.

Os referidos títulos compuseram uma carteira teórica utilizada para efetuarem-se os testes de metodologias para o cálculo do VaR.

Todos os dados foram cedidos pela tesouraria de uma instituição financeira sediada em Belo Horizonte, coletados a partir do programa *Mintter*TM.

Para a composição da carteira teórica, consideraram-se 1.000 unidades de cada um dos títulos prefixados, conforme QUADRO 3, com seus respectivos prazos de vencimentos. Essa quantidade foi mantida constante durante todo o período de análise, ajustando-se o peso de cada ativo em virtude do preço de mercado a cada momento de apuração do valor em risco.

QUADRO 3

Composição da carteira teórica

TÍTULO	VENCIMENTO	QUANTIDADE
LTN 011009	01/10/2009	1.000
NTNF 010710	01/07/2010	1.000
NTNF 010114	01/01/2014	1.000
NTNF 011009	01/01/2017	1.000

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Os dados coletados, obtidos no mercado secundário, já marcados a mercado, referem-se ao período compreendido entre 20/07/2007 e 30/09/2009. Dessa forma, a amostra é composta de um total de 553 observações diárias para cada um dos quatro títulos (ANEXO A).

A data inicial da coleta dos dados teve como base algumas premissas: a existência de títulos prefixados já negociados no segundo semestre de 2007, período em que se observaram os primeiros reflexos da crise imobiliária no mercado financeiro brasileiro; e que tivessem vencimentos a partir do segundo semestre de 2009, possibilitando a utilização da metodologia em períodos

⁷ Fonte: http://www.tesouro.fazenda.gov.br/hp/downloads/divida_publica/relatorio_nov09.pdf

distintos da crise *subprime*. Já a data final foi escolhida considerando-se a restrição de tempo para a consecução dos testes e análise de resultados a partir de um cronograma efetivo para a conclusão da dissertação.

3.5 Tratamento dos dados

Para apurar o valor em risco e analisar a capacidade preditiva dos modelos escolhidos para teste da metodologia VaR, foram convertidos os PUs dos títulos prefixados selecionados em retornos, utilizando-se a seguinte relação matemática:

$$r_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que:

P_t = preço de fechamento do ativo na data t;

P_{t-1} = preço de fechamento do ativo na data t-1; e

\ln = logaritmo neperiano.

A opção por essa aproximação decorre de melhor ajustamento à distribuição normal da série logarítmica em comparação à série usual. Dessa forma, por ser essa uma presunção básica para a utilização dos modelos paramétricos, a série de retornos substitui a série de PU como dados de entrada para os testes estatísticos e para a análise comparativa das metodologias.

Há que se destacar que uma análise adicional deve ser efetuada para verificar-se a influência dos pagamentos semestrais de cupons dos títulos NTN-F no comportamento dos preços de mercado. Caso a influência seja relevante, deve-se efetuar um tratamento na série de forma a evitar que essa volatilidade espúria seja capturada no cálculo da volatilidade dos retornos da carteira, uma vez que tanto os valores quanto as datas de pagamentos são predefinidos e característicos desses títulos.

Uma vez que as quantidades dos títulos foram mantidas constantes, os seus pesos foram atualizados diariamente, em conformidade com o valor total da carteira. Apesar de esse fato exigir o ajustamento diário dos pesos de cada ativo na carteira teórica, acredita-se que com isso tenha sido possível aproximar-se mais de uma carteira real, pois, em geral, raramente se vende ou se compra, diariamente, pequenas quantidades ou partes de títulos.

As metodologias para o cálculo do valor em risco basearam-se nos modelos paramétricos, sendo escolhidos: o modelo padrão, que considera para o cálculo a volatilidade histórica; e o modelo EWMA, que considera para o cálculo da volatilidade a aplicação de um fator de decaimento para os dados de entrada analisados. Essa escolha justifica-se por ser o modelo padrão de rápida e fácil aplicabilidade, o que deve ser considerado, pois a velocidade nas tomadas de decisões é um componente essencial no mercado financeiro; e o modelo EWMA devido ao reconhecimento de que se deve reconhecer mais peso para observações mais recentes, além de ter alcançado ampla repercussão no mercado financeiro mundial desde sua proposição pelo banco J.P. Morgan.

Segundo sugestão da metodologia *Riskmetrics* para o cálculo do EWMA com dados diários, deve-se utilizar um fator de decaimento (λ) igual a 0,94. Ainda segundo a referida metodologia, neste contexto o número de observações iniciais para os níveis de confiança de 95 e 99% deve ser de, no mínimo, 48 e 74, respectivamente. Dada essa restrição, para possibilitar a comparabilidade, optou-se por utilizar janelas de 48 e 74 observações para os testes do modelo padrão.

No que tange ao horizonte de tempo, visando definir o período de dados que foram utilizados como referência para os cálculos, optou-se por realizar previsões para um, 10 e 21 dias úteis. Esses prazos foram escolhidos porque para o dia seguinte é importante a previsão do valor em risco, para 10 dias é indicado pelo *RiskMetric*, e para 21 refere-se ao período de um mês, sendo considerado um período máximo, nesta pesquisa, para a apuração do VaR a partir de um mesmo conjunto de dados históricos. Para o cálculo da previsão do VaR para diferentes horizontes de tempo (considerando-se que os retornos são independentes e identicamente distribuídos), o VaR de n dias é igual a \sqrt{n} vezes o VaR de um dia.

No que se refere ao grau de confiança, em conformidade com o documento técnico *Riskmetrics*TM, utilizou-se 95 e 99% unicaudal, sendo, então, o $Z_{\alpha\%}$ igual a 1,64 e 2,32, respectivamente.

Assim, resumidamente, para a operacionalização dos cálculos por meio das duas metodologias selecionadas, foram elaborados os seguintes cenários (QUADRO 4):

QUADRO 4
Considerações para a realização dos cálculos

Janela Móvel Base	Grau de confiança	Horizonte de tempo	Quantidade de VaR Apurados
Com 48 observações	95%	1 d	503
		10 d	494
		21 d	483
	99%	1d	503
		10 d	494
		21 d	483
Com 74 observações	95%	1 d	477
		10 d	468
		21 d	457
	99%	1d	477
		10 d	468
		21 d	457

(a) É importante lembrar que o tamanho da janela móvel (48 ou 74 observações) só se mantém constante para o modelo padrão, uma vez que, para o modelo EWMA, somente se efetua o acréscimo dos dados, sendo os referidos valores o tamanho da janela inicial.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

A estimação do VaR para cada uma das situações descritas no QUADRO 4 seguiu uma rotina de iterações, considerando-se a necessidade de se calcular não só as variâncias individuais de cada um dos títulos, como também a matriz de covariância entre estes e os respectivos pesos na carteira teórica.

Para o modelo padrão, com base na volatilidade histórica, para cada nível de confiança, tamanho de janela e horizonte de tempo, os passos que se seguiram foram:

- a) com base nos dados referentes ao tamanho da janela, calculou-se a matriz de covariância entre os ativos;
- b) apuraram-se os pesos relativos dos ativos na carteira teórica no último dia da janela (t), bem como o seu valor total;
- c) com esses dados, calculou-se a previsão da variância diária da carteira para $t+1$;
- d) dado o nível de significância definido, apurou-se o $Z_{\alpha\%}$ correspondente e calculou-se o valor em risco (VaR) para um dia;
- e) caso o período de previsão fosse maior que um dia, multiplicava-se o valor anterior pela raiz quadrada do período de previsão;
- f) obteve-se a perda/ganho real da carteira no período de previsão efetuando-se a diferença entre o valor real ao final do período anterior, mantendo-se a janela com o tamanho constante;
- g) finalizou-se o processo quando não havia mais a possibilidade de se comparar o valor calculado com o valor real.

De maneira similar, para o modelo EWMA, para cada nível de confiança, tamanho de janela-base e horizonte de tempo, foram efetuados os seguintes passos:

- a) calculou-se a matriz de covariância EWMA entre os ativos. Neste caso, o primeiro cálculo foi efetuado com a quantidade de dados da janela-base, acrescentando-se o dado mais recente ao processo a cada iteração;
- b) apuraram-se os pesos relativos dos ativos na carteira teórica no último dia da janela (t), bem como o seu valor total;
- c) com esses dados, calculou-se a previsão da variância diária da carteira para $t+1$;
- d) dado o nível de significância definido, calculou-se o $Z_{\alpha\%}$ correspondente e apurou-se o VaR para um dia;
- e) sendo o período de previsão superior a um dia, multiplicou-se o valor anterior pela raiz quadrada do período de previsão;

- f) obteve-se perda/ganho reais da carteira no período de previsão efetuando-se a diferença entre o valor real ao final do período estipulado com o valor real inicial;
- g) repetiu-se todo o processo até quando não havia mais a possibilidade de se comparar o valor calculado com o valor real.

Após a apuração do VaR, foi realizada a aplicação do teste de Kupiec para validação dos modelos. Para tanto, calculou-se a razão de log-verossimilhança (equação 5) e testou-se em uma distribuição qui-quadrada com um grau de liberdade e o nível de significância estipulado para esse teste ($\alpha=5\%$).

No teste de Kupiec assume-se como hipótese nula (H_0) que a proporção de exceções observada na amostra pode ser considerada igual à probabilidade teórica de erros, estipulada quando da definição do nível de confiança para o cálculo do VaR. A proporção de exceções é calculada com base no número de vezes em que o VaR é ultrapassado em relação ao número total de cálculos efetuados.

É possível, então, obter um intervalo de ocorrências empíricas para o qual não se rejeita a referida hipótese. Quando a proporção verificada está contida no intervalo especificado ou quando o valor-p da razão de log-verossimilhança – obtido na distribuição qui-quadrada com um grau de liberdade – é superior ao nível de significância definido para o teste, H_0 não é rejeitada. A não-rejeição implica concluir que o modelo passou no teste de Kupiec. Já a rejeição pode ser decorrente de um número de falhas mais baixo que o esperado, o que indicaria que o modelo superestimou o VaR no período; ou ser decorrente de um número de falhas acima do esperado, o que indicaria que o modelo subestimou o VaR no período.

O teste Kupiec foi aplicado em todos os cenários apurados, considerando-se todo o período da amostra. Esse modelo de proporção de falhas foi escolhido principalmente por ser simples, de fácil interpretação e muito utilizado em publicações acadêmicas.

Adicionalmente, efetuou-se análise mais específica para identificar-se o comportamento dos modelos em situações variadas de mercado. Para tanto, definiram-se três períodos distintos da amostra e procurou-se identificar o número de vezes que o cálculo do VaR subestimou as perdas, sendo esses:

- a) de setembro/2007 a julho/2008: período em que o mercado financeiro brasileiro apresentou os primeiros reflexos da crise imobiliária, mas com poucos impactos na volatilidade dos ativos selecionados nesta pesquisa;
- b) de agosto/2008 a janeiro/2009, devido ao aumento da volatilidade advinda da quebra do Banco Lehman Brothers e dos problemas subsequentes, os quais refletiram nos mercados financeiro e de capitais de todo o mundo;
- c) de fevereiro a setembro/2009, quando se nota volta à normalidade de comportamento e redução da alta volatilidade nos preços dos ativos analisados.

Ressalte-se que essa análise por período, com menos rigor estatístico, visa à estimação da capacidade preditiva dos modelos estudados em fases que apresentam volatilidades distintas e em períodos em que a crise *subprime* apresentou impactos distintos sobre o mercado financeiro. Tal análise seria inadequada utilizando-se o teste de Kupiec, pois o mesmo exige quantidade mínima de observações não existentes na amostra desses períodos supracitados.

Para os cálculos e o tratamento matemático estatístico dos dados realizados nesta pesquisa foram utilizadas a planilha eletrônica Microsoft® Excel 2003 e também a elaboração de rotinas de programação *Visual Basic for Applications* (VBA) (ANEXO B).

3.6 Limitações da pesquisa

A coleta de dados foi realizada no período de 20/07/2007 a 30/09/2009 e uma das limitações desta pesquisa pode se encontrar na escolha do referido período de observações, pois outro período poderia identificar resultados diferentes para os cálculos realizados.

Além disso, se por um lado o referido período representa uma oportunidade de pesquisa devido à ocorrência de uma crise internacional, por outro lado a proximidade com esta pode enviesar as análises efetuadas.

Outra limitação desta pesquisa é fundamentada na aplicação da estatística e da probabilidade, pois, conforme Gil (1999, p. 28):

O método estatístico fundamenta-se na aplicação da teoria estatística da probabilidade e constitui importante auxílio para a investigação em ciências sociais. Há que se admitir, porém, que as explicações obtidas mediante a utilização do método estatístico não podem ser consideradas absolutamente verdadeiras, embora dotadas de boa probabilidade de serem. Mediante a utilização de testes estatísticos, torna-se possível determinar, em termos numéricos, a probabilidade de acerto de determinada conclusão, bem como a margem de erro de um valor obtido. Portanto, o método estatístico passa a caracterizar-se por razoável grau de precisão, o que o torna aceito por parte dos pesquisadores com preocupações de ordem quantitativa.

Por fim, há que se destacar que eventuais erros de aproximação podem ter ocorrido, não só considerando-se as limitações do Microsoft® Excel 2003 no que tange a cálculos estatísticos e uso de rotinas de programação VBA.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Característica da série de retornos

Após a conversão dos PUs em retornos, foram percebidas algumas alterações significativas nas volatilidades desses títulos nas datas 02/01/2008, 1º/07/2008, 02/01/2009 e 1º/07/2009, que foram identificadas como pagamentos de cupons semestrais, o que é uma característica dos títulos prefixados NTN-F, conforme representado no GRÁF .1:

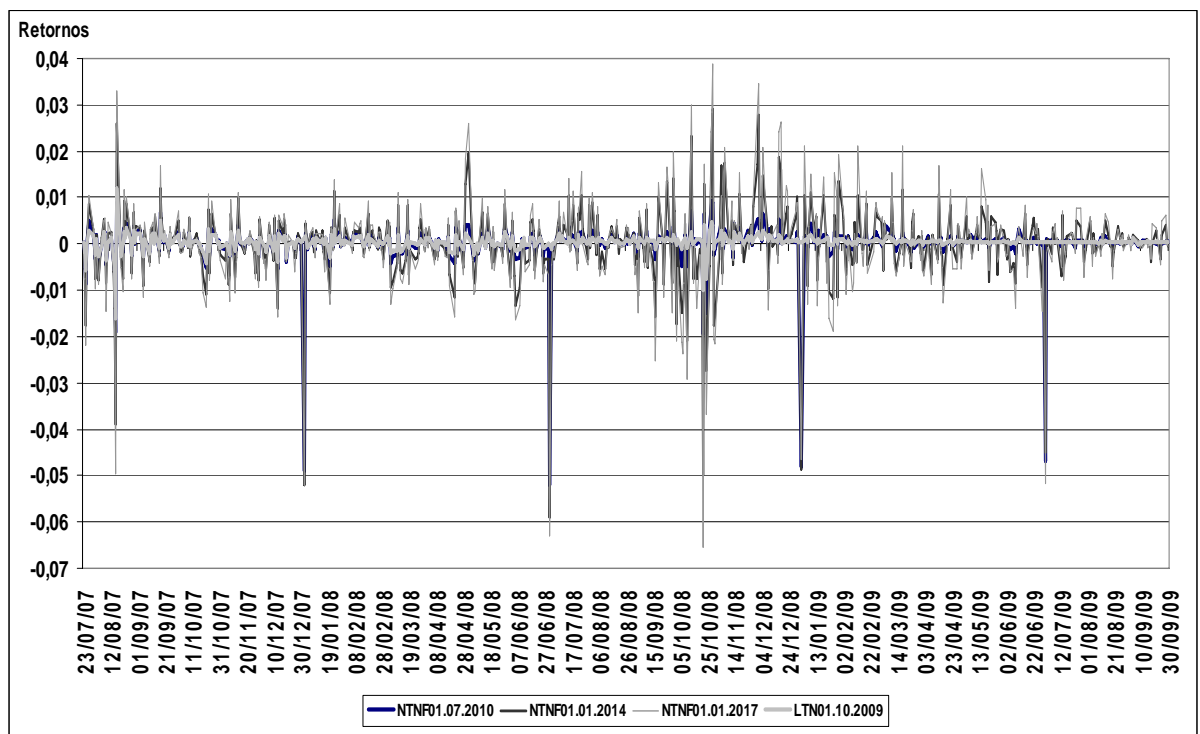


GRÁFICO 1 – Retornos dos quatro títulos prefixados selecionados para a composição da carteira teórica, com a representação das volatilidades referentes aos pagamentos de cupom.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

De forma a não permitir que fosse agregada a volatilidade desses movimentos à apuração da variância da carteira e, conseqüentemente, ao cálculo

do VaR, uma vez que não são representantes de riscos de mercado, esses valores foram ajustados efetuando-se os seguintes procedimentos:

- a) sabendo-se que os pagamentos de cupons referem-se à taxa de 10% ao ano, pagos semestralmente sobre o valor principal, calculou-se o efeito de cada um sobre o retorno;
- b) após apurados os valores devidos em cada data de pagamento, os ajustes foram efetuados sobre os PU, descontando-se os valores originais antecedentes pelos percentuais de cada cupom pago.

Com a apuração dos retornos ajustados dos títulos prefixados selecionados, foi possível observar a nova série de resultados, assim como a correlação entre eles. A seguir, estão representados graficamente os retornos dos títulos que compõem a carteira teórica, quais sejam: NTN 01072010 (GRÁF. 2); NTN 01012014 (GRÁF. 3); NTN 01012017 (GRÁF. 4) 01102009; e LTN 01102009 (GRÁF. 5).

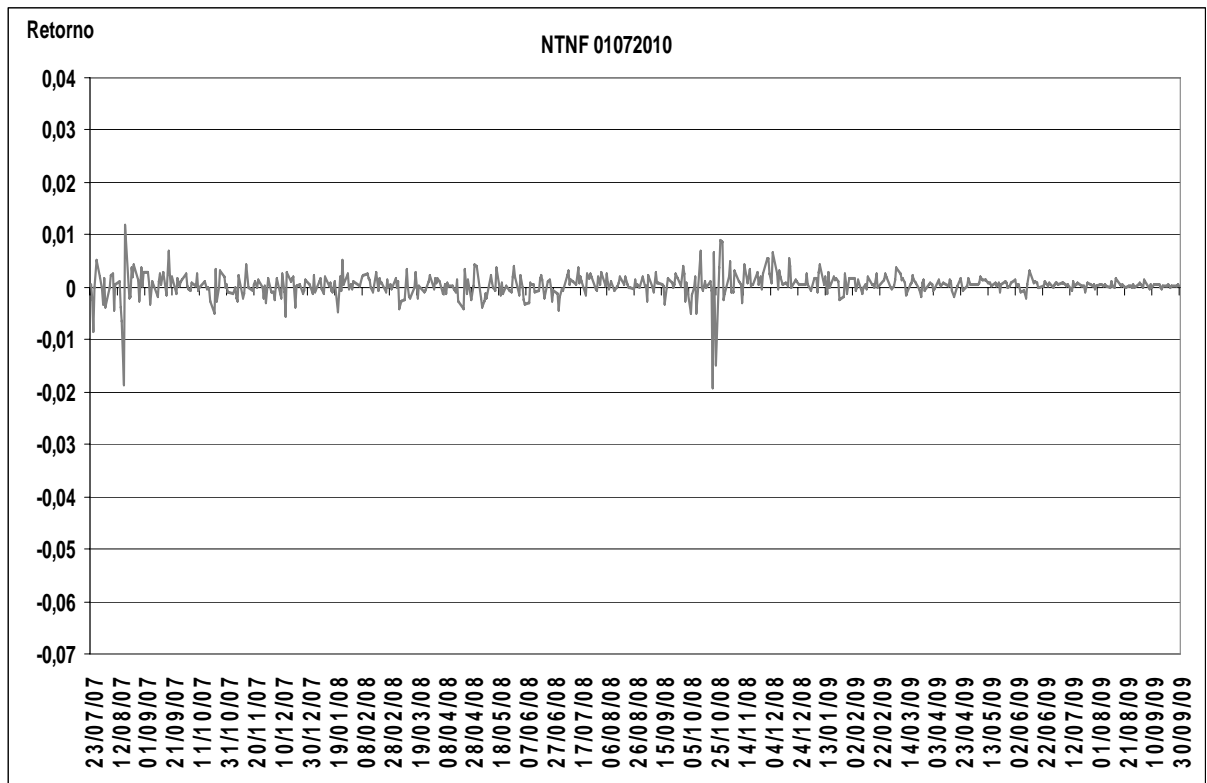


GRÁFICO 2 – Retornos do título NTN 01072010.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

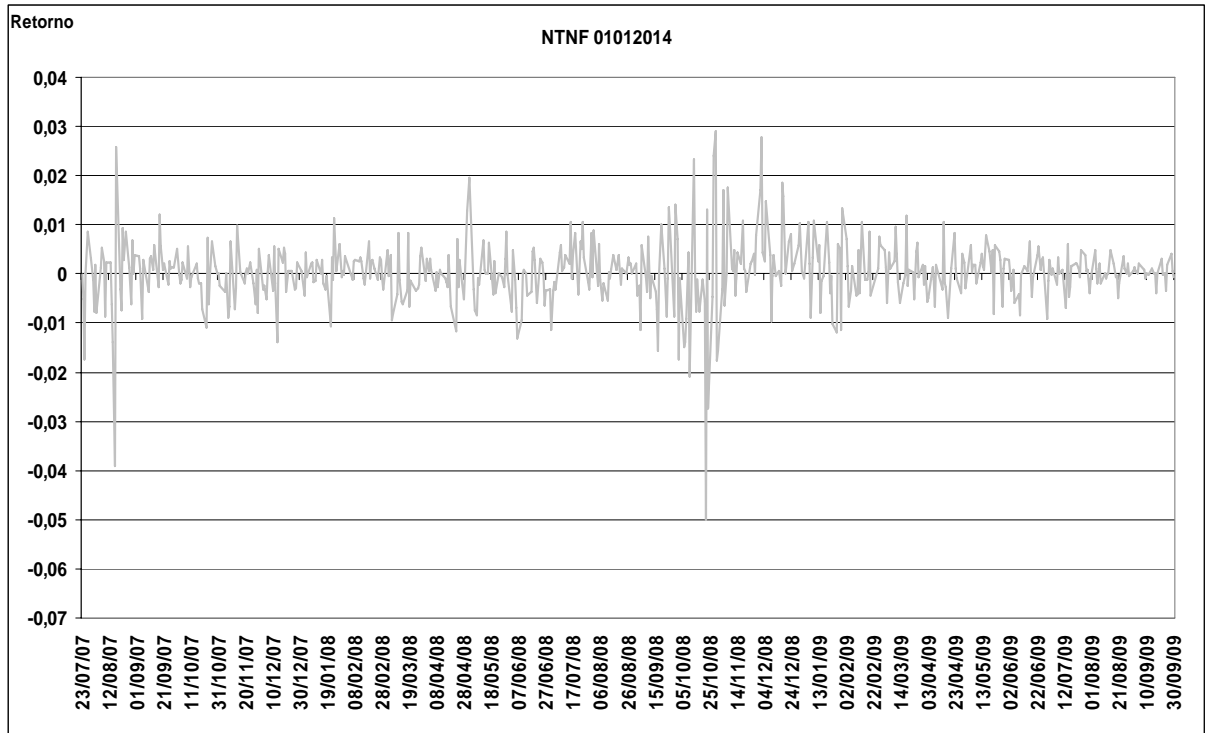


GRÁFICO 3 – Retornos do título NTN F 01012014.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

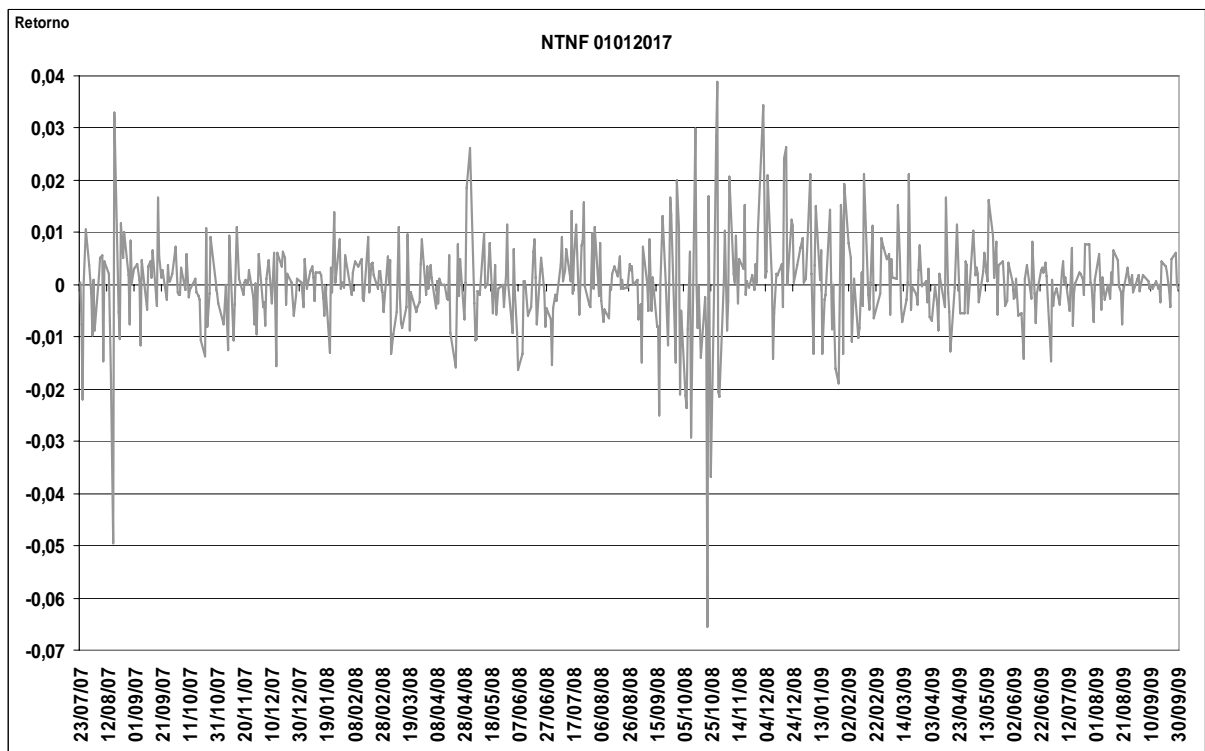


GRÁFICO 4 – Retornos do título NTN F 01012017.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

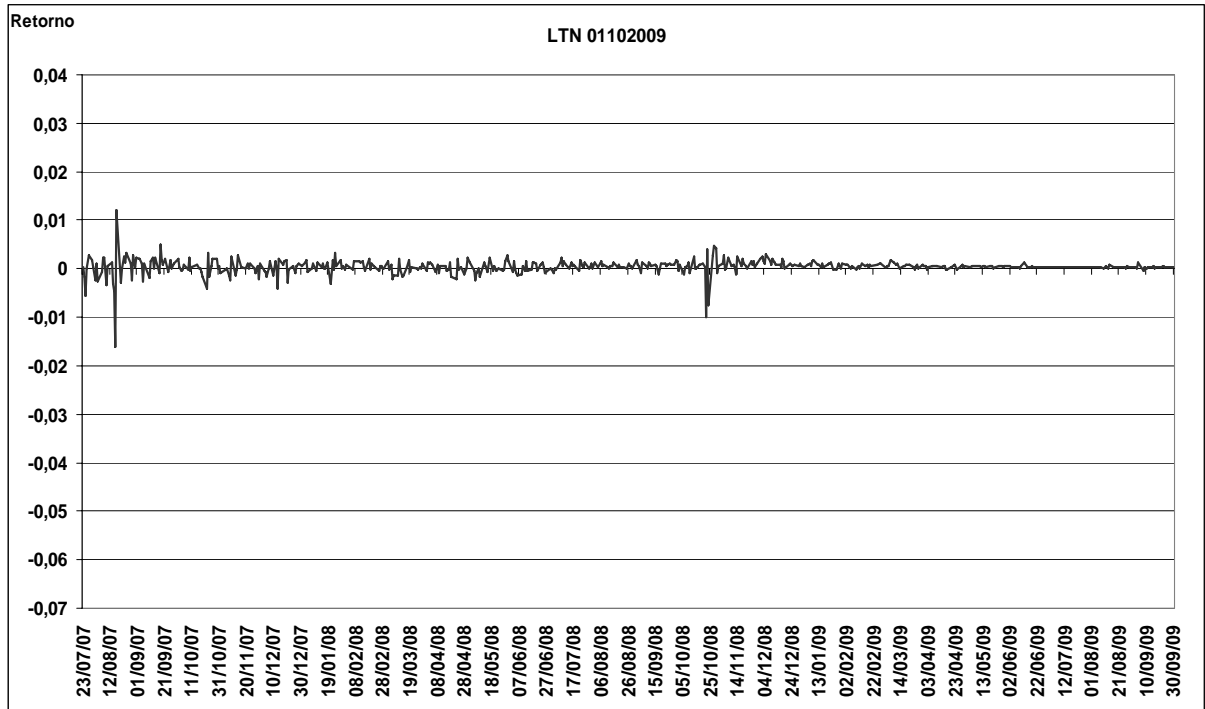


GRÁFICO 5 – Retornos do título LTN 01102009.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

Foram observadas duas fases de mais volatilidade em todos os títulos selecionados no período analisado, notadamente de julho-agosto de 2007 e setembro-dezembro de 2008, ao que tudo indica motivadas por:

- a) reação do mercado financeiro brasileiro aos indícios de problemas macroeconômicos nos mercados externos, advinda principalmente dos impactos iniciais da crise *subprime*. Já no final de julho de 2007 pôde ser percebida significativa queda de praticamente todas as Bolsas de Valores do mundo, que se acentuou em agosto do mesmo ano;
- b) impacto de mais expressão da crise imobiliária devido à quebra do Lehman Brothers, o segundo maior banco de investimentos dos Estados Unidos. Tal fato desencadeou instabilidade nos mercados financeiros e de capitais do mundo inteiro, cujos reflexos nos títulos da carteira teórica podem ser percebidos principalmente no período de setembro a dezembro de 2008.

Essas fases são percebidas em cada uma das representações gráficas dos retornos dos títulos, que foram realizadas visando exemplificar e salientar as suas características distintas. Por exemplo, pode-se observar reflexo mais marcante nos títulos de vencimento superior (2014 e 2017) do que naqueles de vencimento mais curto (2009 e 2010). Também corrobora a importância dos efeitos da crise do *suprime* no mercado de títulos públicos prefixados, pois esta teve reflexo significativo no risco de mercado, o que pode auxiliar nos testes da metodologia do VaR.

A representação gráfica dos retornos dos quatro títulos no período de agosto/2008 a dezembro/2008 (GRÁF. 6) permite perceber comportamentos similares, mas com intensidades distintas dos instrumentos selecionados para a composição da carteira teórica:

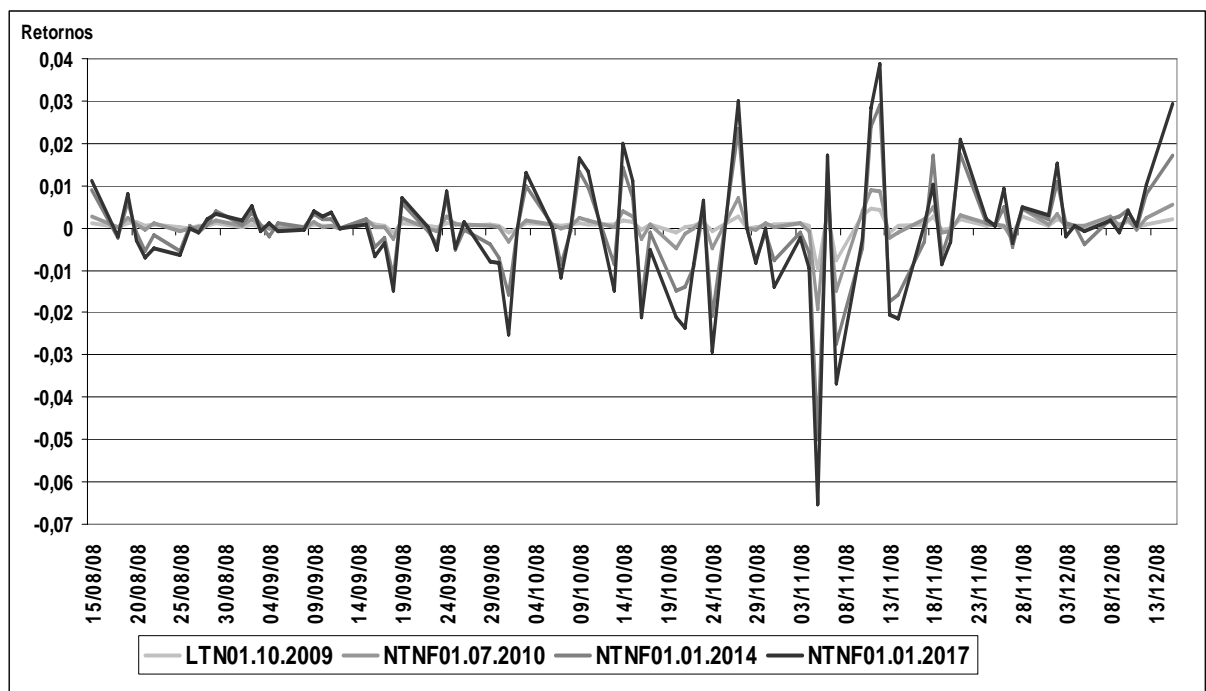


GRÁFICO 6 – Retornos dos títulos no período de alta volatilidade.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

4.2 Teste empírico

Os testes foram separados em duas partes. Na primeira, foram apurados os valores em risco por meio das metodologias de modelos paramétricos selecionados para comparação. Na segunda, foi realizado o teste Kupiec para a validação dos modelos e, assim, foi possível a aferição da capacidade preditiva dos modelos analisados segundo o referido critério. Adicionalmente, foram efetuadas algumas discussões sobre o comportamento dos modelos de cálculo de VaR estudados em diversos momentos da amostra.

4.2.1 Cálculo do VaR: modelo padrão

Os testes do modelo padrão seguiram os passos relacionados anteriormente para a apuração do valor em risco. Foram definidas janelas móveis de extensão fixa de 48 e 74 observações, nas quais, a cada deslocamento (ou iteração de cálculo), descartava-se a observação mais antiga e agregava-se a mais recente, tendo em vista que no cálculo da volatilidade histórica considera-se que os eventos ocorridos há mais tempo têm o mesmo grau de influência dos eventos recentes.

Para um nível de confiança do VaR de 95%, janela de 48 observações e horizonte de tempo de um dia útil, a perda máxima estimada foi calculada 503 vezes para o período compreendido entre 28/09/07 e 30/09/09 (GRÁF. 7).

Nota-se, analisando-se o GRÁF. 7, que os valores em risco apurados não subestimam os valores reais das perdas diárias da carteira teórica na maior parte do período estudado e que ocorreram poucas exceções. Entretanto, no intervalo de mais volatilidade, pode-se perceber demora para o ajuste do valor em risco da carteira e, de outra sorte, uma “memória longa” quando da redução da volatilidade. Esse comportamento já era teoricamente esperado e verificou-se na prática.

Ressalte-se que a “quantidade adequada” de exceções para a validação da capacidade de predição da metodologia dever ser efetuada por meio de testes

com mais rigor. No caso desta pesquisa, utilizou-se o teste Kupiec, cujos resultados serão apresentados posteriormente.

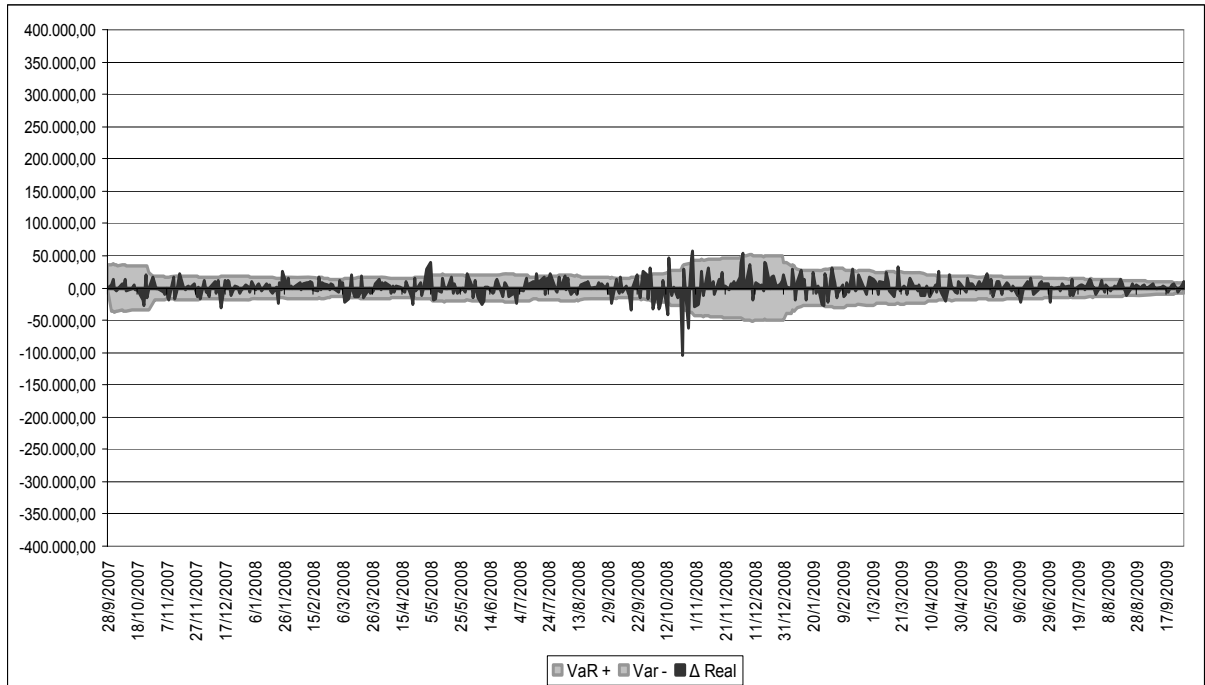


GRÁFICO 7 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Para um nível de confiança do VaR de 95%, janela de 48 observações e horizonte de tempo de 10 dias úteis, a perda máxima estimada foi calculada 494 vezes para o período compreendido entre 15/10/2007 e 30/09/2009, conforme demonstrado no GRÁF. 8.

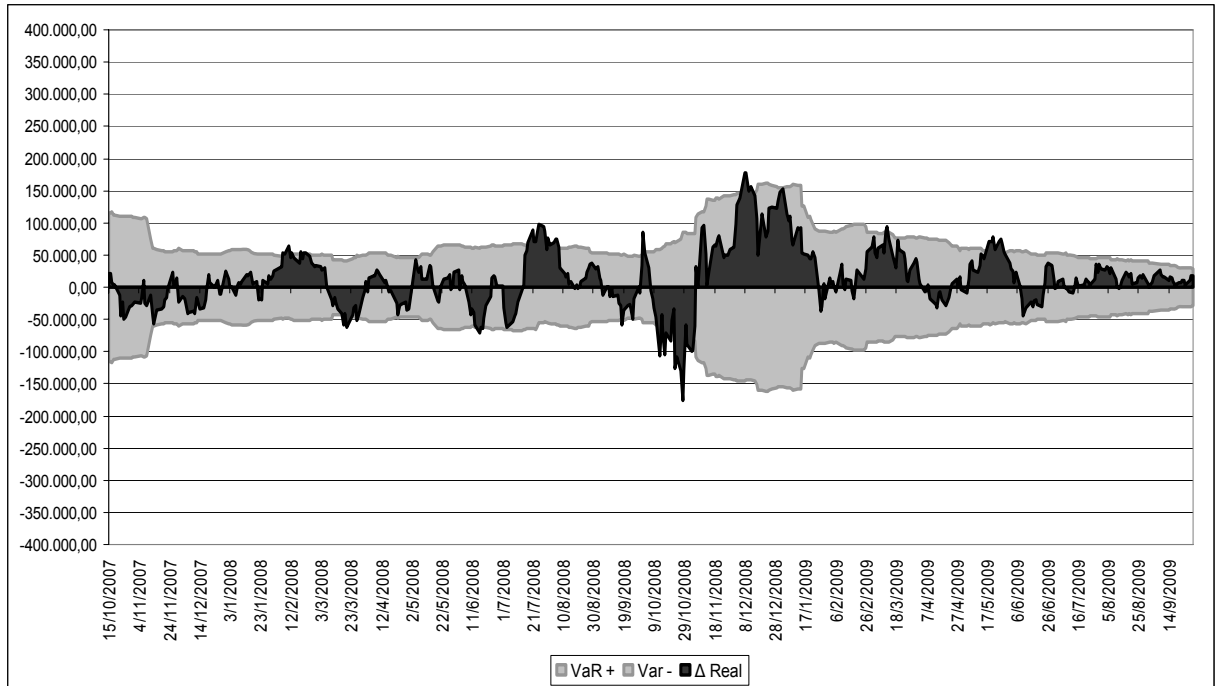


GRÁFICO 8 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Já nos cálculos do VaR para um nível de confiança de 95% e horizonte de tempo de 21 dias úteis, a perda máxima estimada foi calculada 483 vezes para o período compreendido entre 30/10/2007 e 30/09/2009 (GRÁF. 9).

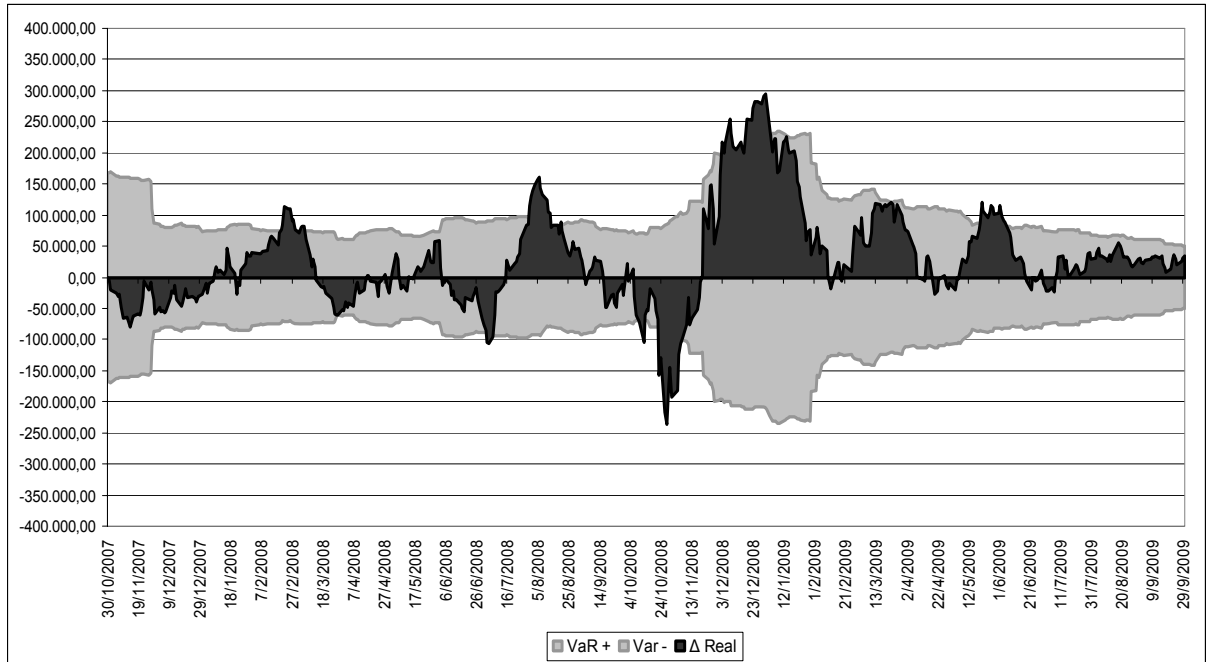


GRÁFICO 9 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Para o horizonte de tempo de 10 dias úteis e 21 dias úteis, como era de se esperar, os valores estimados foram superiores, o que não necessariamente implicou baixo número de exceções. Esse aumento nos valores estimados deve-se à inserção da raiz quadrada do horizonte de tempo na fórmula de apuração do VaR.

Observa-se, também, que o efeito da “memória longa” mostrou-se acentuado. Ou seja, também neste caso, como era de se esperar, pôde-se verificar demora na reação aos períodos de aumento de volatilidade, conforme os GRÁF. 8 e 9.

Para um nível de confiança do VaR de 99%, janela de 48 observações e horizonte de tempo de um dia útil, a perda máxima estimada foi calculada 503 vezes para o período compreendido entre 28/09/2007 e 30/09/2009 (GRÁF. 10).

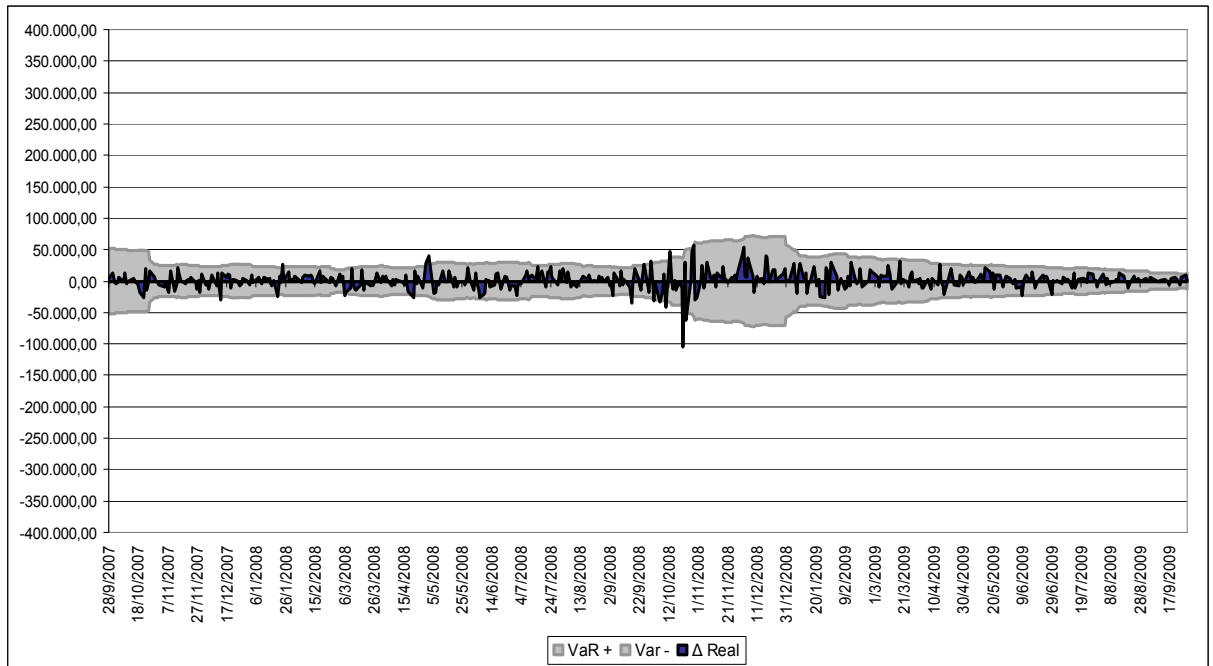


GRÁFICO 10 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

O GRÁF. 10 permite perceber que, com o aumento do grau de confiança, a faixa envoltória de valores em risco apresentou correspondente aumento. Tal comportamento é devido a ter-se no cálculo um Z superior ao do grau de confiança de 95%, o que pode favorecer a ocorrência de um número mais baixo de exceções. Entretanto, a redução no número de exceções pode representar significativo custo financeiro e de oportunidade.

Na apuração para um nível de confiança do VaR de 99%, janela de 48 observações e horizonte de tempo de 10 dias úteis, a perda máxima estimada foi calculada 494 vezes para o período compreendido entre 15/10/2007 e 30/09/2009, (GRÁF. 11).

Ainda para o nível de confiança do VaR de 99%, janela de 48 observações, mas sendo o horizonte de tempo igual a 21 dias úteis, a perda máxima estimada foi calculada 483 vezes para o período compreendido entre 30/10/2007 e 30/09/2009, conforme demonstrado no GRÁF. 12.

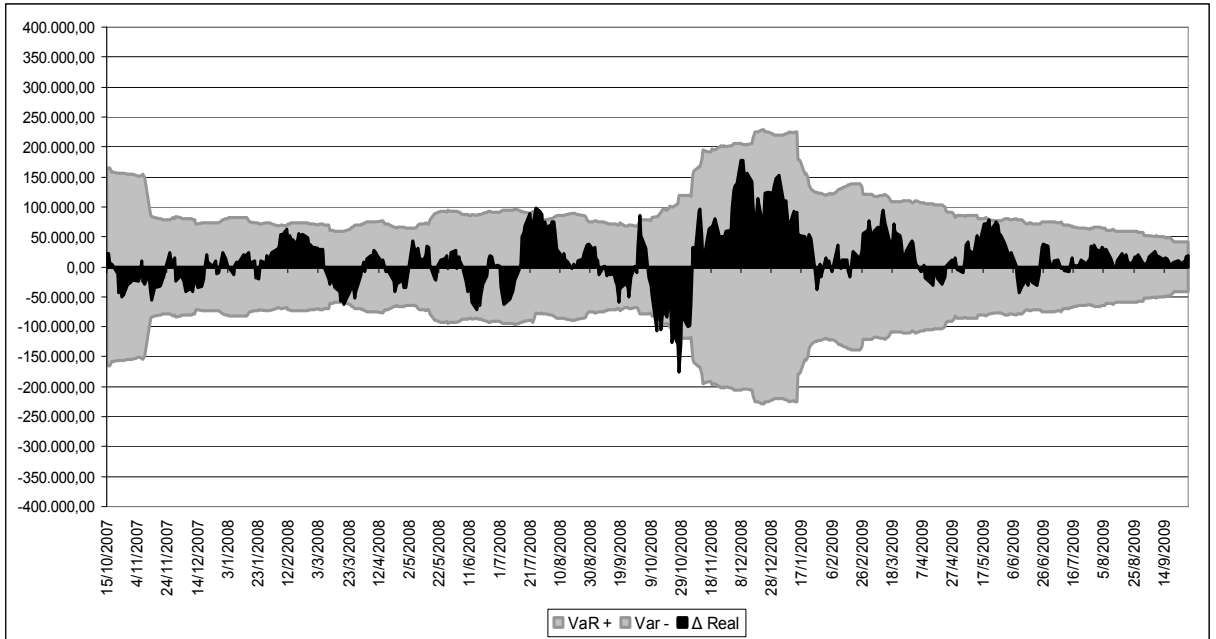


GRÁFICO 11 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

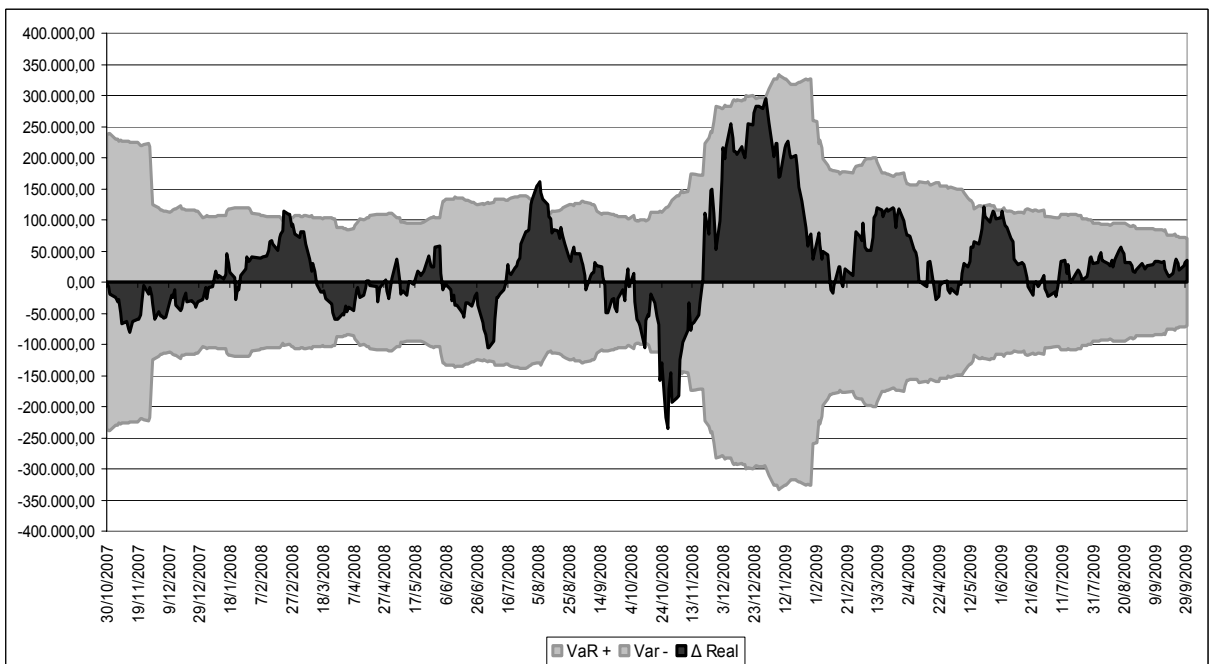


GRÁFICO 12 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Como se pode perceber nos GRÁF. 11 e 12, o VaR para o período estimado apresenta faixa maior de valores, tendo em vista o alto grau de confiança e o aumento do horizonte de tempo projetado. Vale destacar que os efeitos de memória longa se tornam cada vez mais evidentes e, se por um lado há tendência à redução do número de vezes em que o valor calculado subestima a perda real, por outro acentuam-se as diferenças quando ele as superestima, o que, conforme já discutido, pode representar alto custo de oportunidade.

Já nos resultados da apuração dos valores em risco para janelas de 74 observações, podem ser aferidos grau de confiança de 95% e horizontes de um dia útil, 10 dias úteis e 21 dias úteis nos GRÁF. 13 (477 observações referentes ao período de 07/11/2007 a 30/09/2009); 14 (468 vezes para o período compreendido entre 22/11/2007 e 30/09/2009); e 15 (457 vezes para o período entre 07/12/2007 e 30/09/2009).

A partir da análise visual dos referidos gráficos, não se podem aferir alterações significativas de comportamento comparando-se os resultados da janela de 48 e 74 observações, mantendo-se os outros parâmetros iguais.

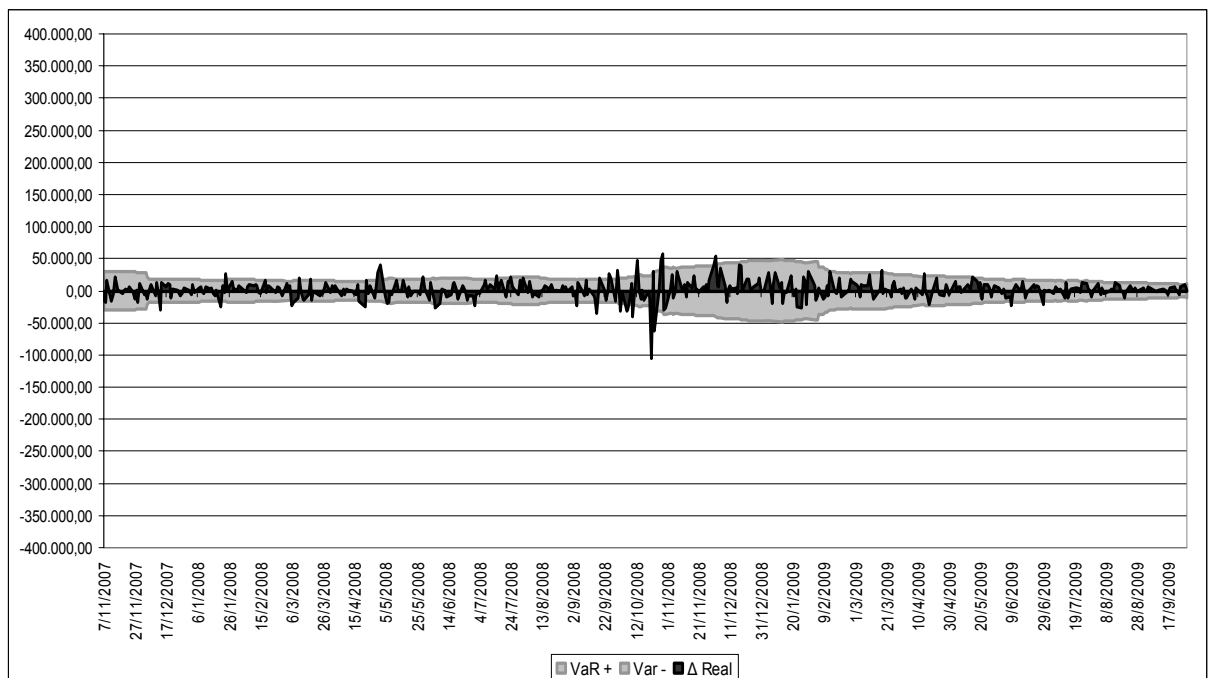


GRÁFICO 13 – Variação real e o VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

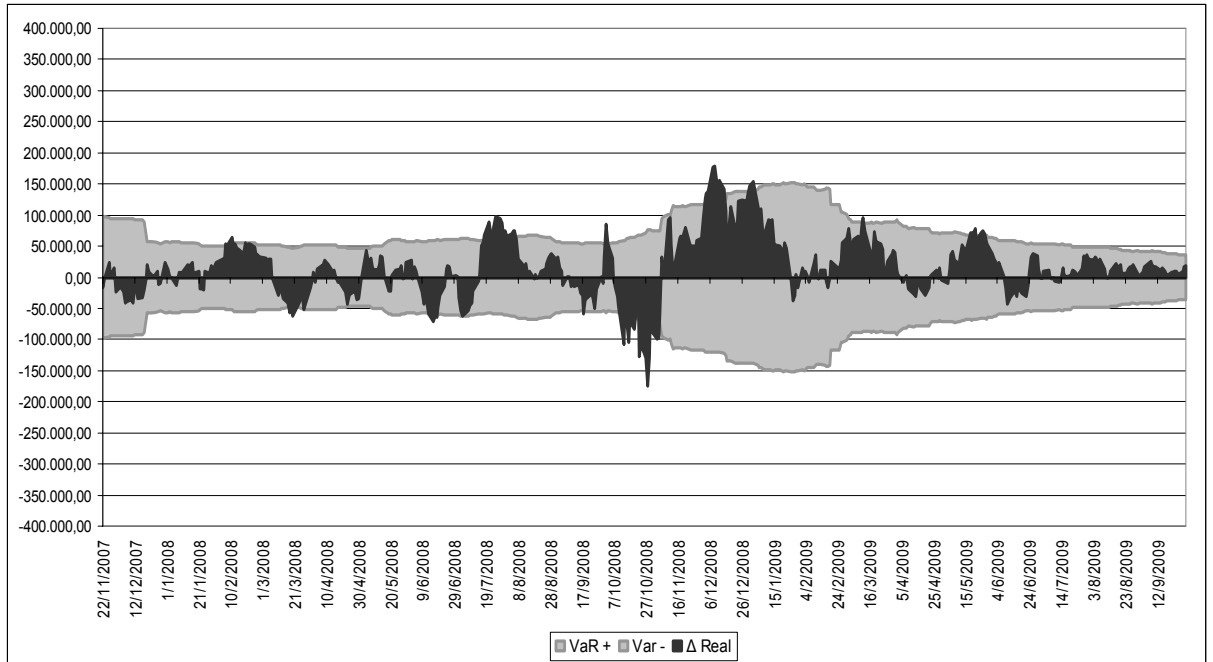


GRÁFICO 14 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

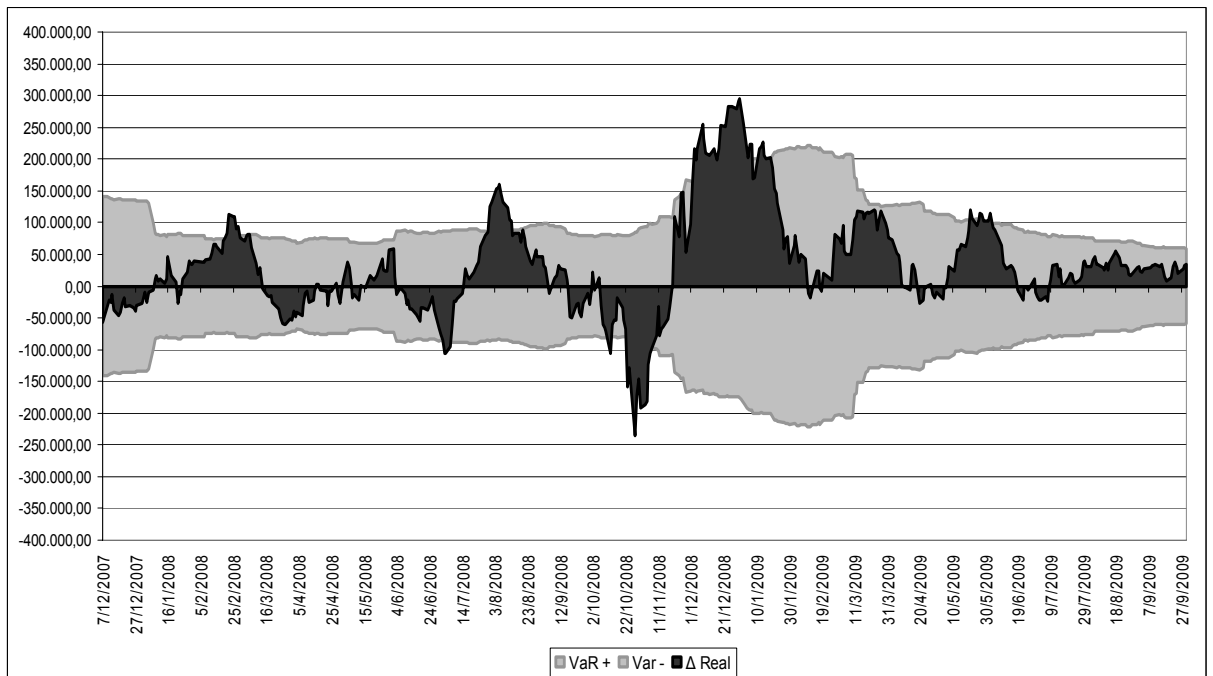


GRÁFICO 15 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

O mesmo pode ser dito para janelas de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizontes de tempo de um dia útil, 10 dias úteis e 21 dias úteis, o que pode ser observado nos GRÁF. 16 (477 observações referentes ao período de 07/11/2007 a 30/09/2009); 17 (468 vezes para o período compreendido entre 22/11/2007 e 30/09/2009); e 18 (457 vezes para o período entre 07/12/2007 e 30/09/2009).

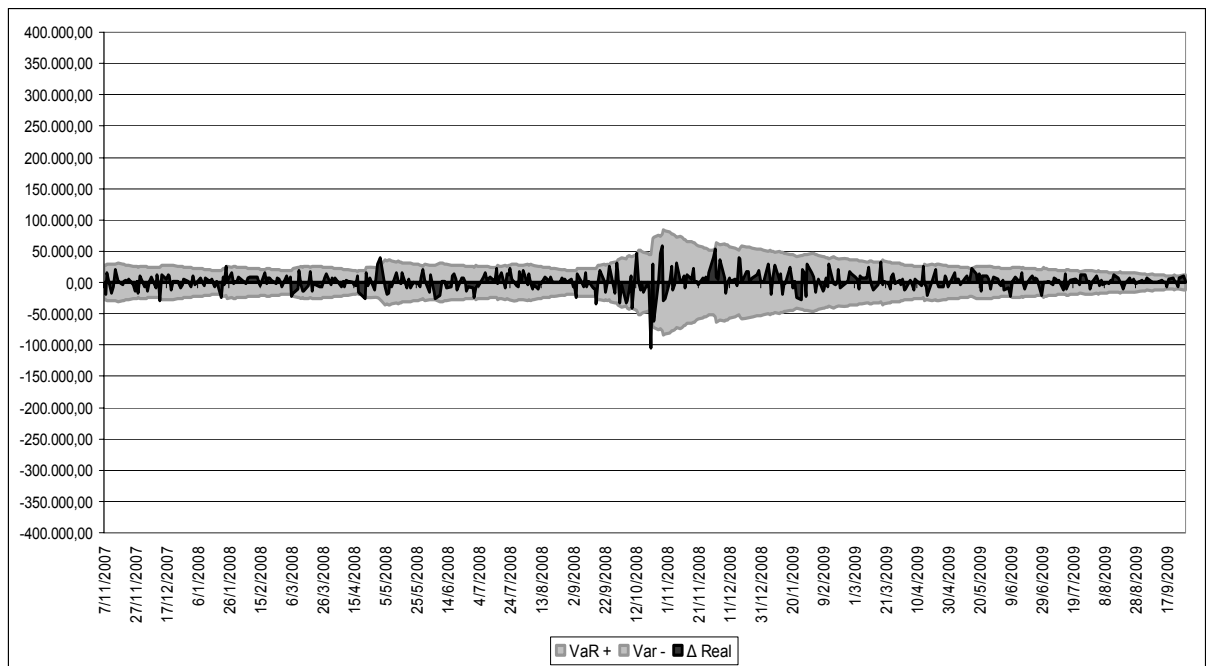


GRÁFICO 16 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

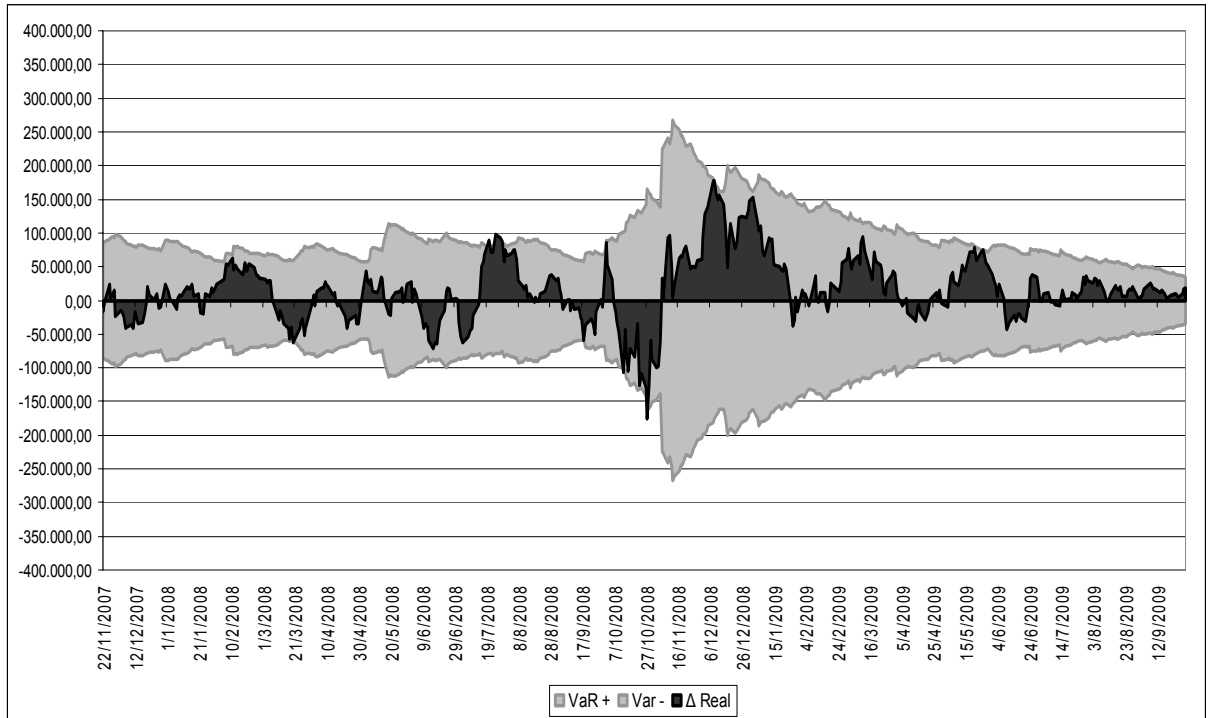


GRÁFICO 17 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

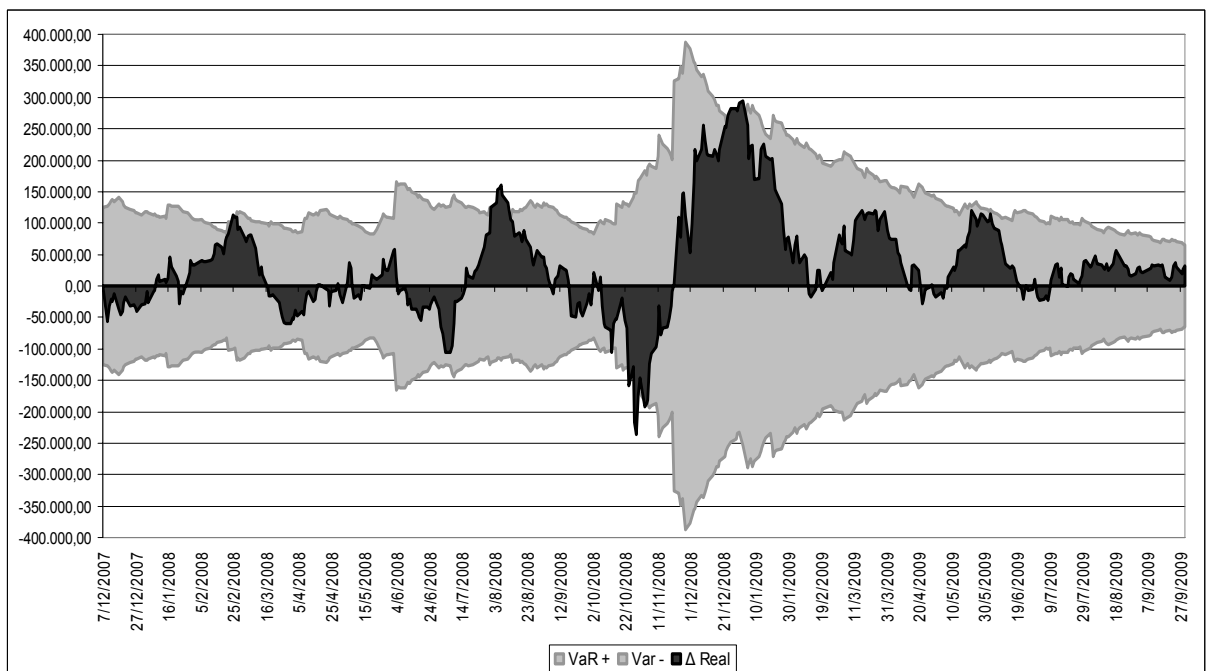


GRÁFICO 18 – Variação real e VaR apurado pela metodologia padrão, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Assim, a análise gráfica do modelo padrão não permite concluir que a mudança do tamanho da janela móvel tenha impactado significativamente o comportamento do modelo de apuração do VaR no que tange ao número de exceções observadas.

4.2.2 Cálculo do VaR: modelo EWMA

Os testes realizados com o modelo EWMA seguiram procedimentos similares aos descritos no item anterior. Entretanto, vale ressaltar que, diferentemente do modelo histórico, no modelo EWMA as observações mais recentes recebem peso maior na previsão da volatilidade que os dados mais antigos que, por sua vez, não são descartados, mas recebem menos importância no cálculo. Assim, os pesos das observações declinam a uma taxa exponencial à medida que se afastam para o passado.

Em relação ao fator de decaimento (λ), foi atribuído o valor de 0,94 para o cálculo da matriz de covariância, seguindo a parametrização indicada pelo *Riskmetrics*TM.

Para um nível de confiança do VaR de 95%, janela de 48 observações e horizonte de tempo de um dia útil, a perda máxima estimada foi calculada 503 vezes para o período compreendido entre 28/09/2007 e 30/09/2009, conforme demonstrado no GRÁF. 19.

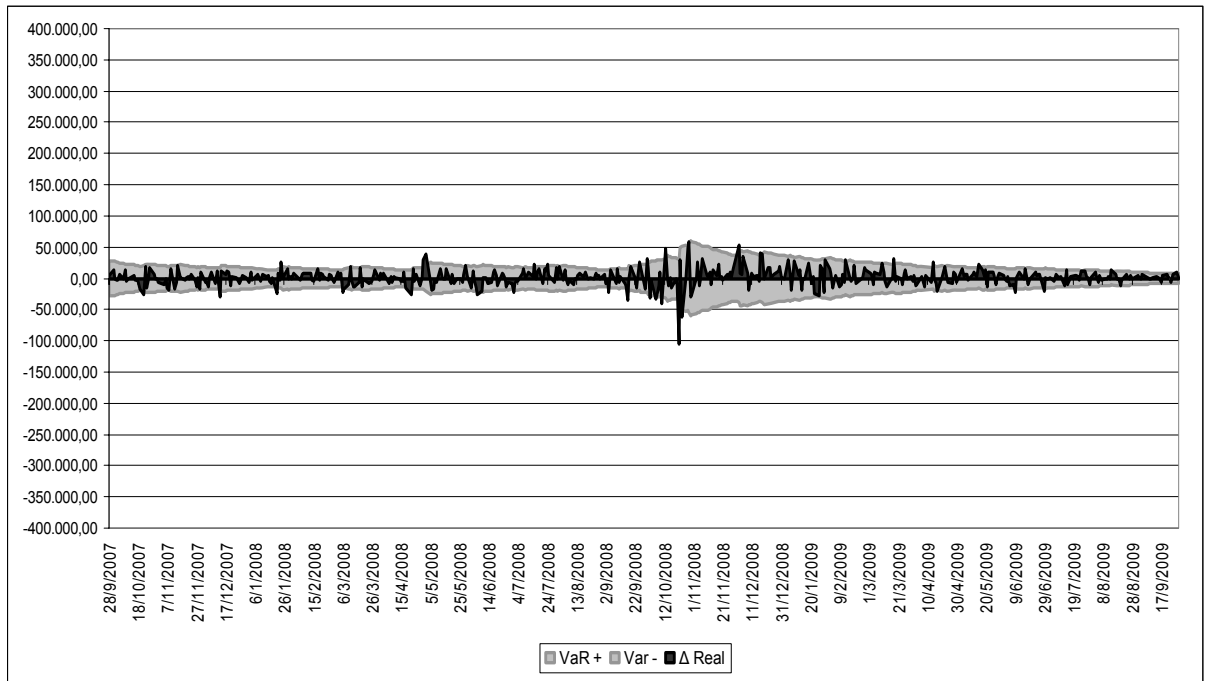


GRÁFICO 19 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia-útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Com a apuração do VaR por meio da metodologia EWMA no panorama representado no GRÁF. 19, pode-se perceber reação mais rápida às alterações na volatilidade no mercado, refletindo-se nos valores em risco estimados. Tal comportamento condiz com o teoricamente esperado. Comparando-se com o modelo padrão, pode-se perceber uma “memória” mais curta e a propensão a um número mais baixo de exceções.

Na apuração para um nível de confiança do VaR de 95%, janela inicial de 48 observações e horizonte de tempo de 10 dias úteis, a perda máxima estimada foi calculada 494 vezes para o período compreendido entre 15/10/2007 e 30/09/2009 (GRÁF. 20). Já para o horizonte de tempo igual a 21 dias úteis, a perda máxima estimada foi calculada 483 vezes para 30/10/2007 a 30/09/2009, conforme mostra o GRÁF. 21.

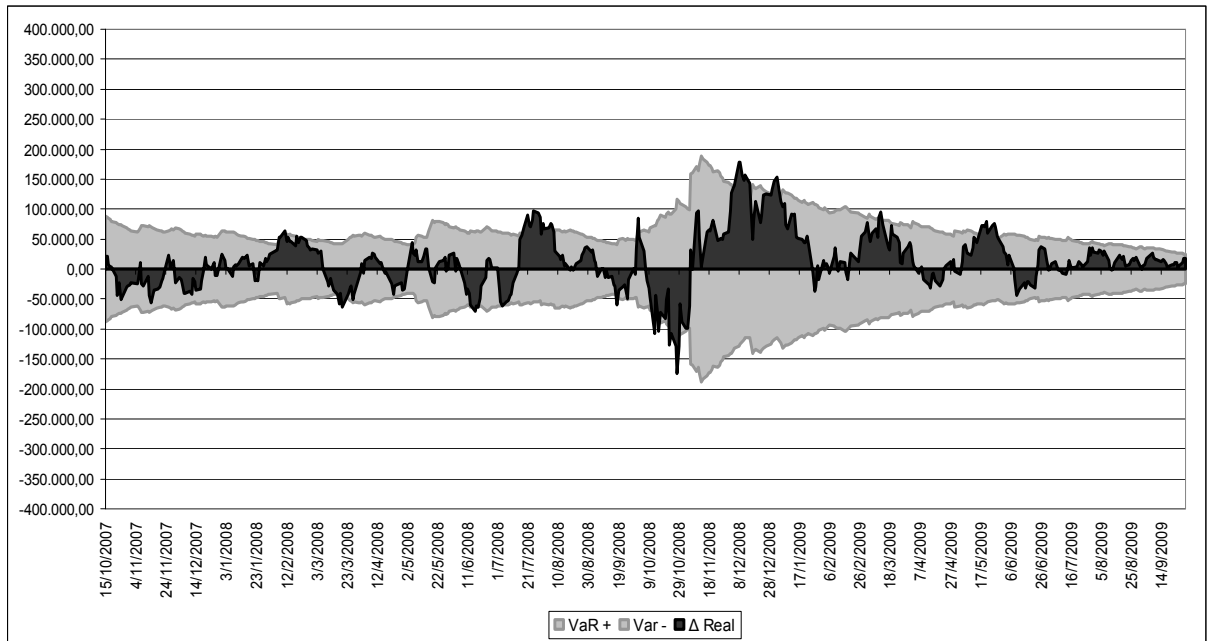


GRÁFICO 20 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

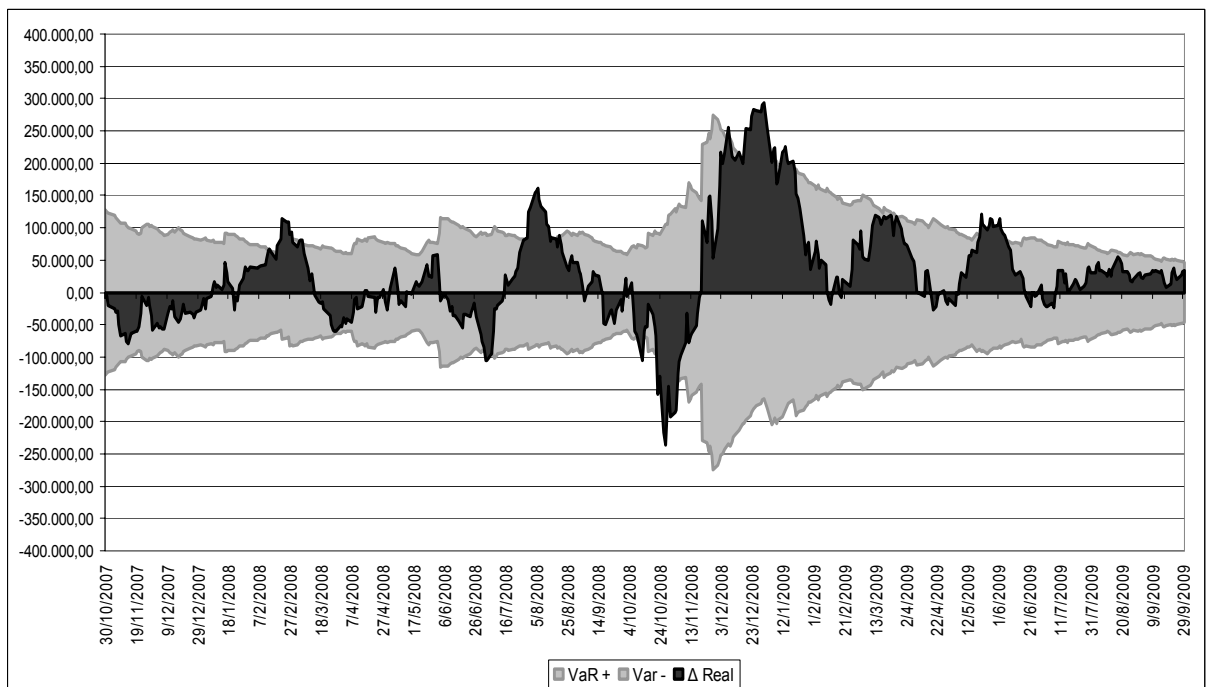


GRÁFICO 21 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Para o horizonte de tempo de 10 e 21 dias úteis, os valores estimados foram superiores (GRÁF. 20 e 21). Como era de se esperar, o comportamento foi similar ao do modelo padrão. Isto ocorreu porque o modelo EWMA é uma abordagem de um “passo à frente”, ou seja, quando se faz uma previsão para um horizonte superior a um dia, o tratamento do cálculo da volatilidade futura é o mesmo aplicado ao modelo padrão: a raiz quadrada do tempo considerando-se a volatilidade constante no período a ser estimado.

As apurações do VaR para um nível de confiança de 99%, janela inicial de 48 observações e horizontes de tempo de um dia útil, 10 dias úteis e 21 dias úteis podem ser observadas nos GRÁF. 22, 23 e 24, respectivamente.

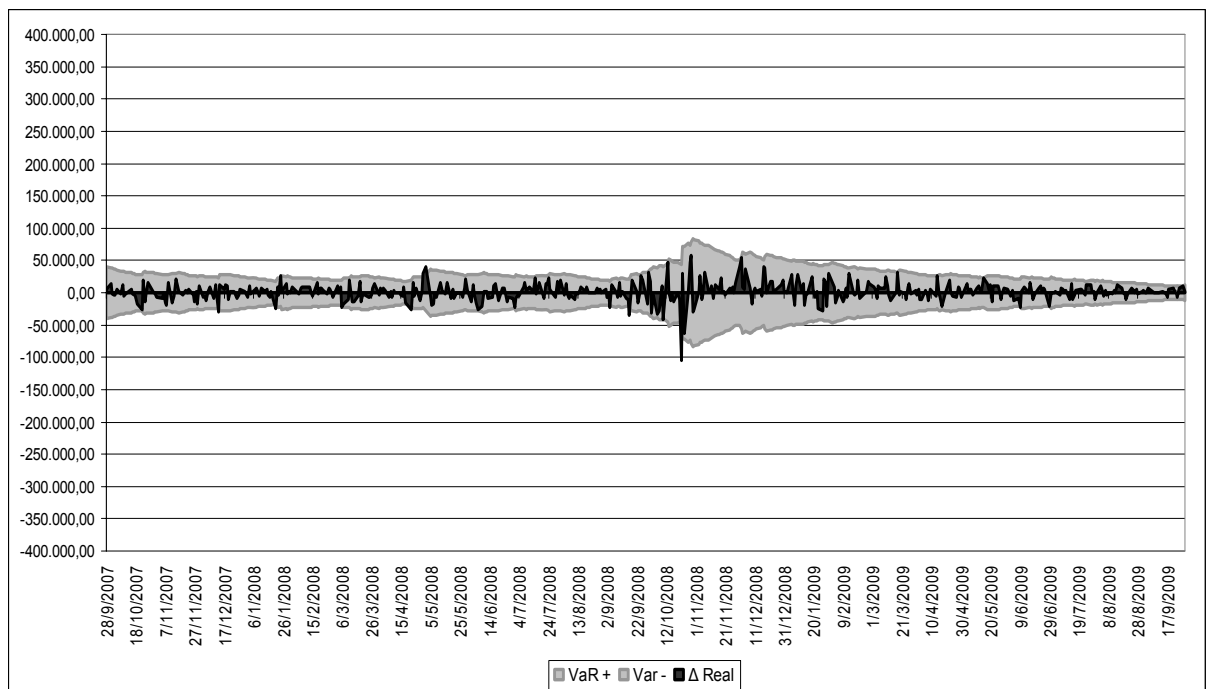


GRÁFICO 22 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

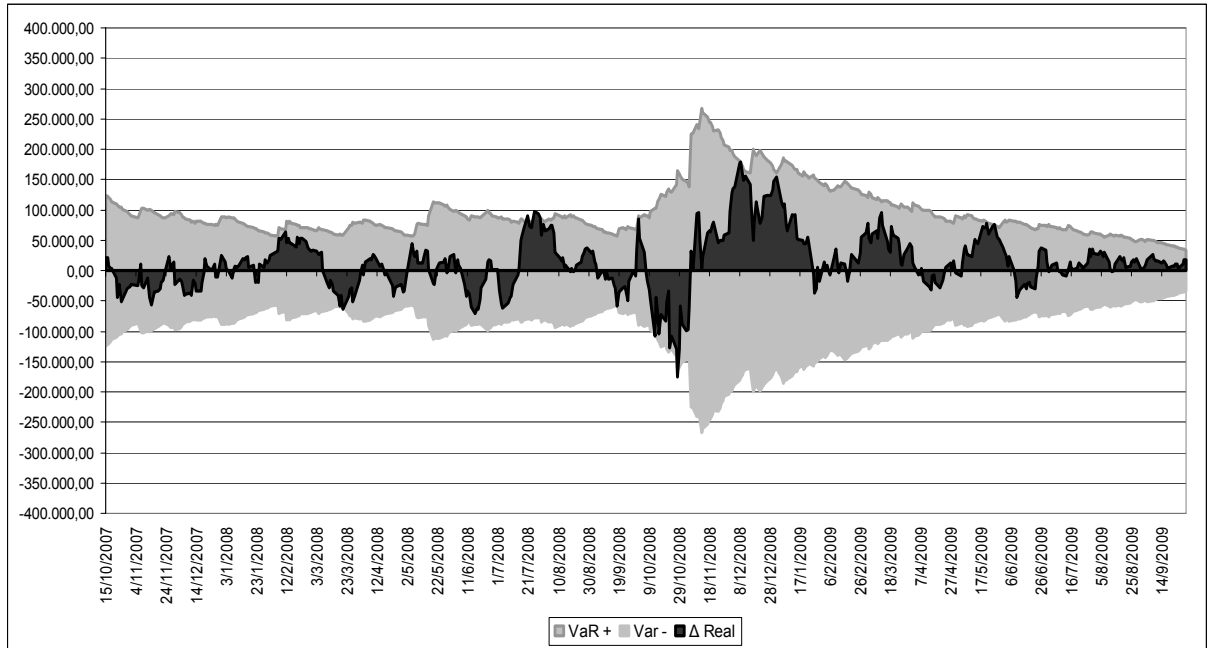


GRÁFICO 23 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

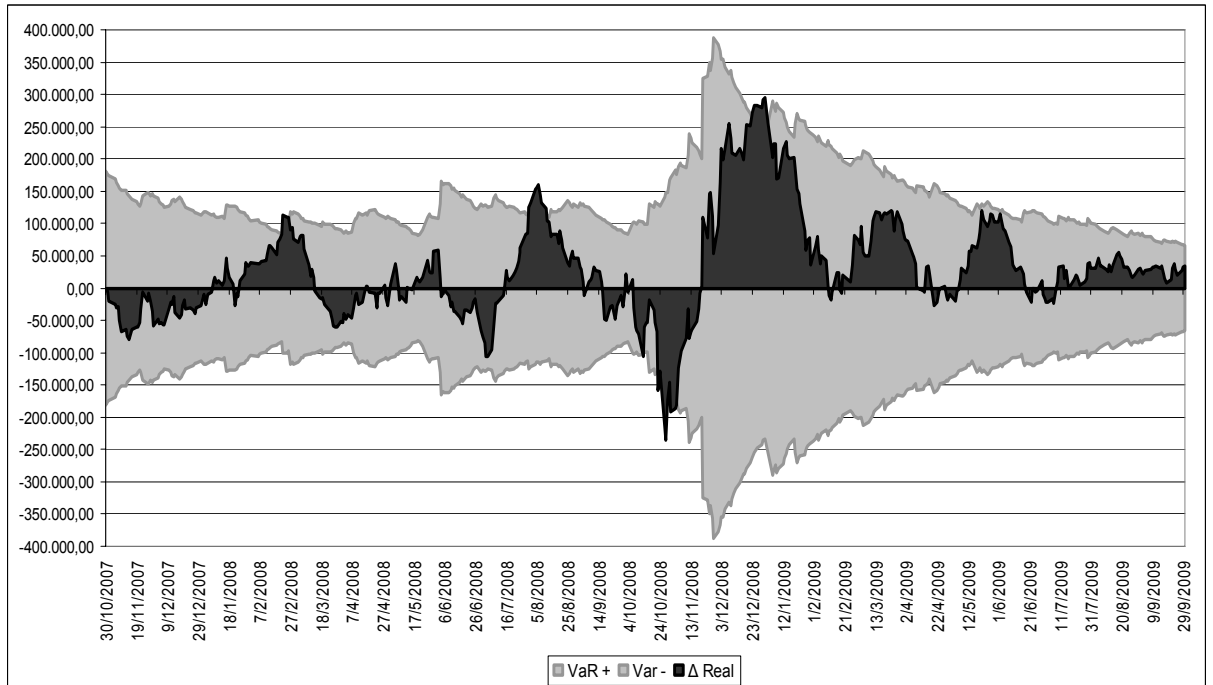


GRÁFICO 24 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 48 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Nos casos em que se aumentou o nível de confiança para 99% e só se fez a alteração do horizonte de tempo, verificou-se que o efeito nos valores calculados pela abordagem EWMA responde de maneira similar ao verificado no modelo padrão. Isto era esperado, uma vez que a vantagem advinda do alisamento exponencial acaba não sendo representativa nesses cenários.

Passou-se, então, a apurar se o aumento da janela inicial para 74 observações poderia influenciar significativamente o comportamento do modelo. Os resultados obtidos para um nível de confiança do VaR de 95% e horizontes de tempo de um dia útil (477 observações), 10 dias úteis (468 observações) e 21 dias úteis (457 observações) podem ser verificados nos GRÁF. 25, 26 e 27, respectivamente.

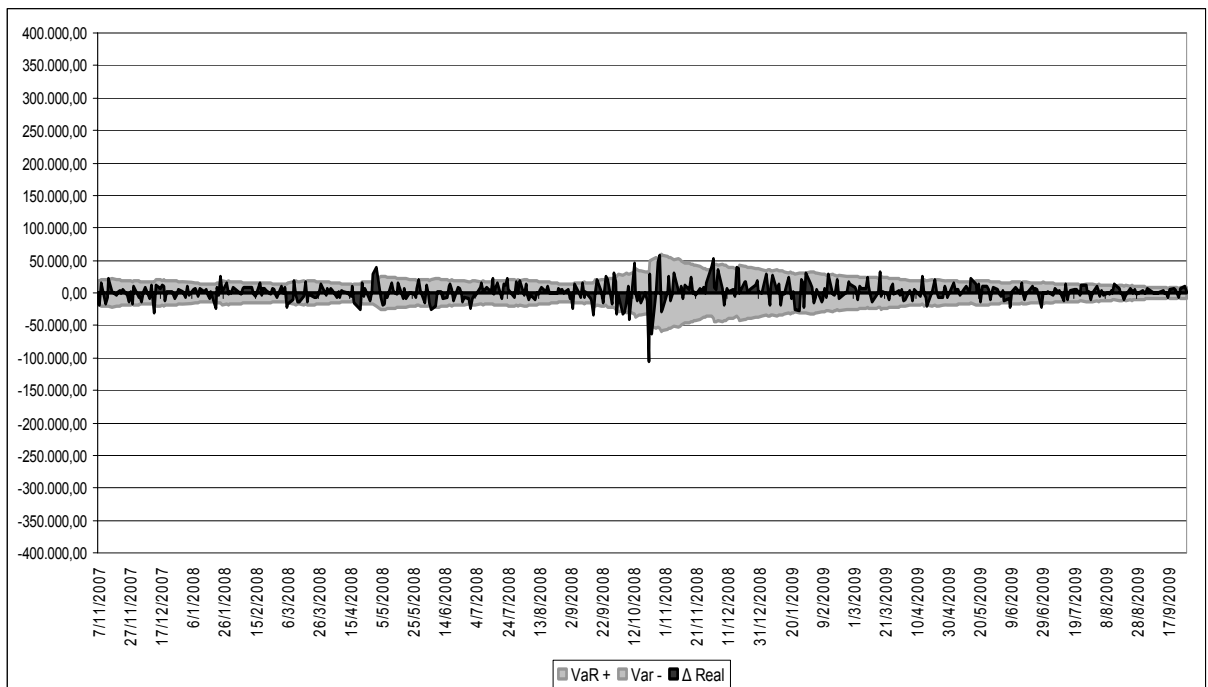


GRÁFICO 25 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

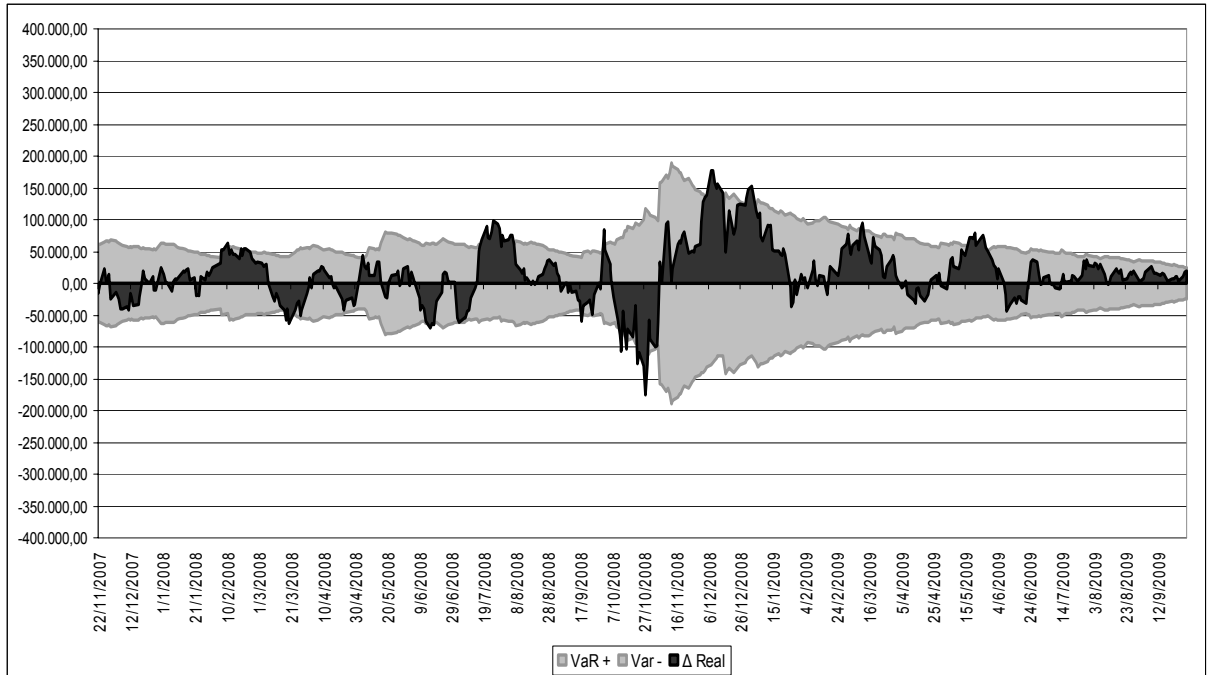


GRÁFICO 26 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

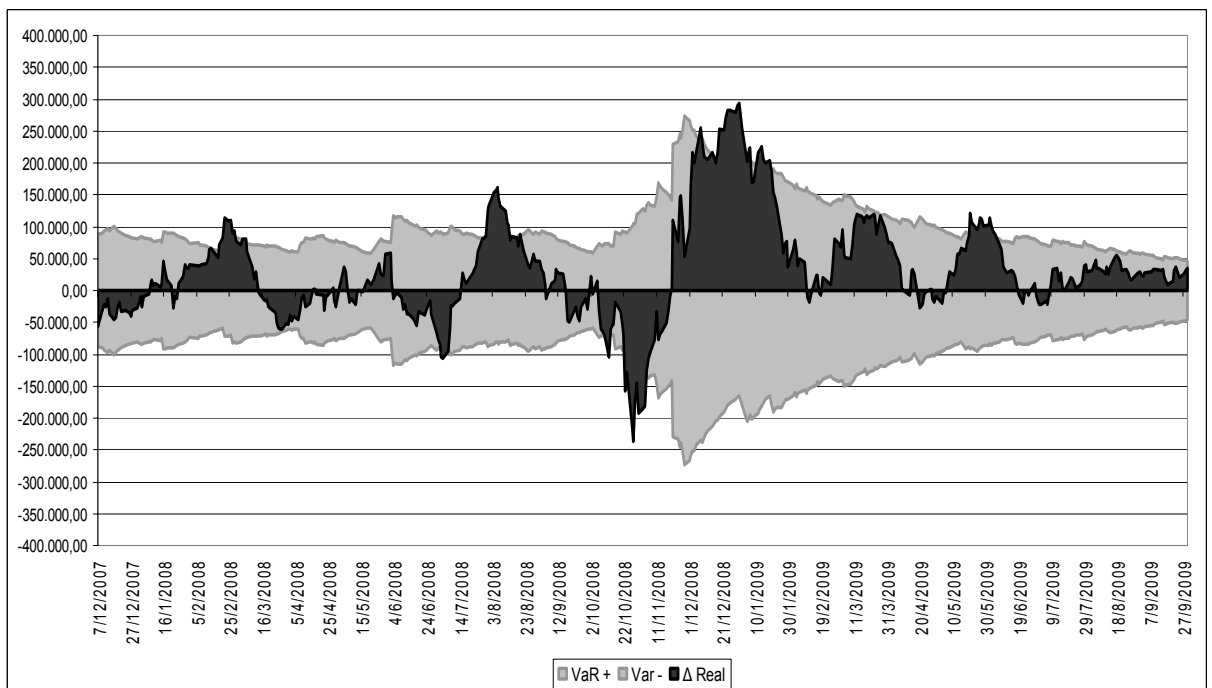


GRÁFICO 27 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 95% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Como também observado no modelo paramétrico padrão, o aumento da janela inicial do modelo EWMA para grau de confiança de 95% e horizontes de um, 10 e 21 dias úteis não demonstrou melhoria significativa no comportamento do modelo no período estudado, principalmente no que tange à resposta às alterações de volatilidade e número de subestimações.

Fato semelhante também pôde ser constatado quando se alterou o grau de confiança de 95 para 99% no cálculo do VaR, conforme demonstram os GRÁF. 28, 29 e 30, para horizontes de um, 10 e 21 dias úteis, respectivamente.

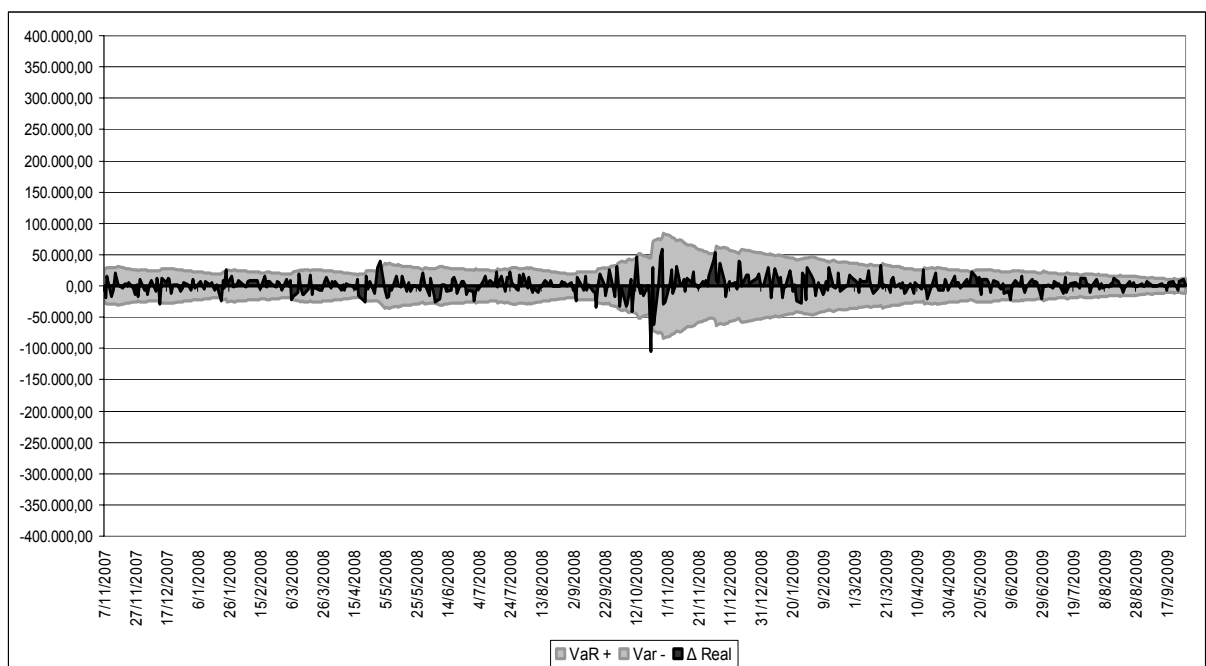


GRÁFICO 28 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de um dia útil.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

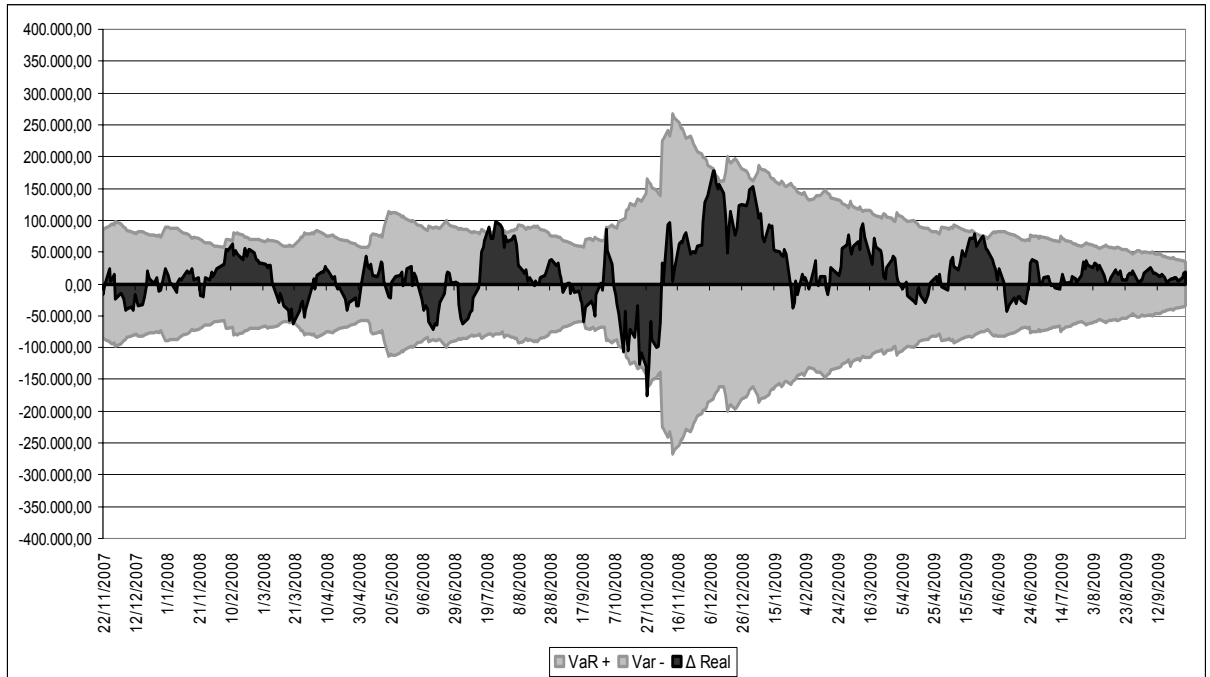


GRÁFICO 29 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 10 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

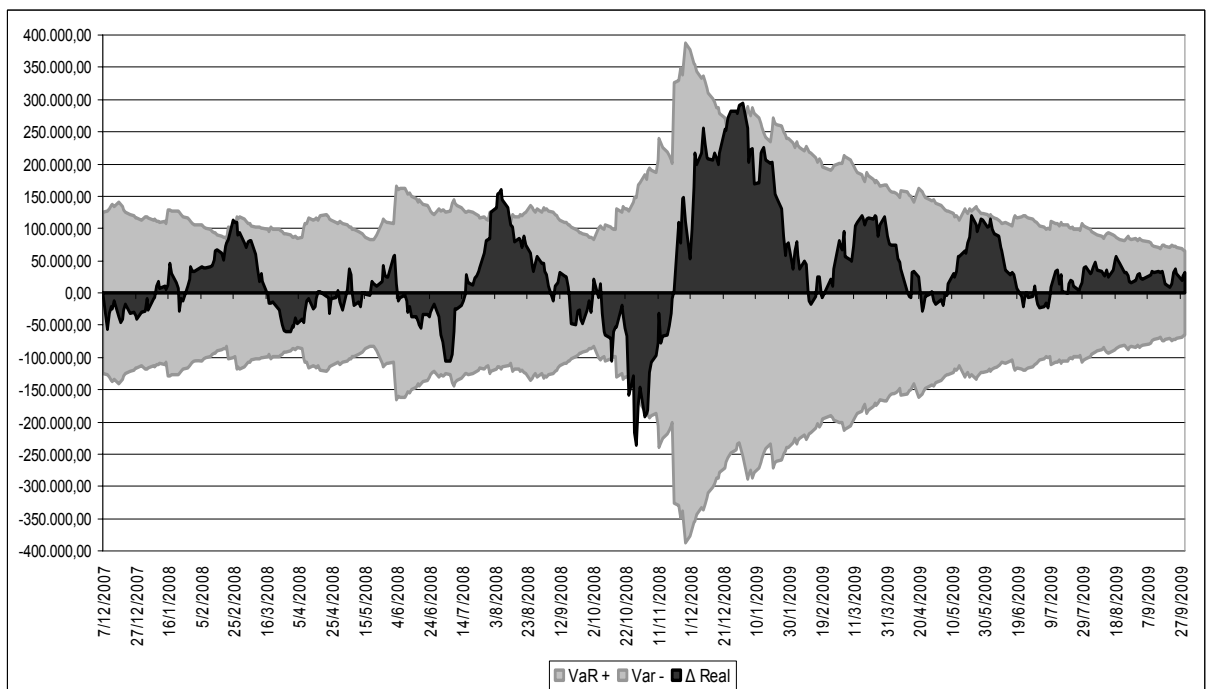


GRÁFICO 30 – Variação real e VaR apurado pela metodologia EWMA, com janela de 74 observações, grau de confiança de 99% e horizonte de 21 dias úteis.

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

Os gráficos apresentam os valores apurados para o VaR e as variações reais da carteira teórica, em conformidade com o grau de confiança e horizonte estipulados para os testes e segundo os modelos selecionados. Apesar de pequenas diferenças entre os valores estimados, não se pode avaliar a eficiência preditiva das metodologias. Fez-se então necessária a validação por meio de testes, visando analisar as exceções negativas, pois são as que podem representar perdas para o investimento acima das previstas pelo VaR.

4.3 Validação dos modelos

O método do VaR tem como finalidade informar o valor monetário de perda máxima esperado para o período. Para que seja possível a verificação da metodologia aplicada na apuração do valor em risco, é necessário que sejam realizados testes de validação.

Nesta pesquisa foi utilizado o teste de Kupiec para a validação da capacidade preditiva dos modelos paramétricos padrão e EWMA para o cálculo VaR. O referido teste verifica se as exceções observadas na amostra podem ser consideradas, sob o ponto de vista estatístico, dentro do esperado para um respectivo modelo. Neste sentido, o número de exceções para um modelo ser considerado adequado não pode ser muito mais baixo ou muito mais alto do que o esperado quando da definição do seu nível de significância.

Primeiramente, foram apuradas as exceções (ou erros) dos modelos para cada um dos cenários testados. Foram computadas as exceções negativas, que se referem ao número de vezes que o valor em risco estimado foi inferior à perda efetiva da carteira. As TAB. 1 (modelo padrão) e 2 (modelo EWMA) exibem de forma consolidada as exceções negativas para cada um dos cenários estudados.

TABELA 1

Exceções referentes aos cenários testados do modelo paramétrico padrão

Janela Móvel-Base	Grau de confiança do VaR	Horizonte de tempo	Número de observações	Quantidade de exceções negativas	Percentual total de erros
Com 48 observações	95%	1 d	503	21	4,17%
		10 d	494	21	4,25%
		21 d	483	15	3,11%
	99%	1d	503	11	2,19%
		10 d	494	8	1,62%
		21 d	483	10	2,07%
Com 74 observações	95%	1 d	477	20	4,19%
		10 d	468	21	4,49%
		21 d	457	15	3,28%
	99%	1d	477	10	2,10%
		10 d	468	7	1,50%
		21 d	457	9	1,97%

(a) percentual de erros é calculado tomando-se a quantidade de exceções negativas dividida pelo número de observações.

Fonte: elaborada pela autora da dissertação.

TABELA 2

Exceções referentes aos cenários testados do modelo paramétrico EWMA

Janela Móvel-Base	Grau de confiança do VaR	Horizonte de tempo	Número de observações	Quantidade de exceções negativas	Percentual total de erros
Com 48 observações	95%	1 d	503	20	3,98%
		10 d	494	13	2,63%
		21 d	483	13	2,69%
	99%	1d	503	10	1,99%
		10 d	494	4	0,81%
		21 d	483	9	1,86%
Com 74 observações	95%	1 d	477	19	3,98%
		10 d	468	13	2,78%
		21 d	457	13	2,84%
	99%	1d	477	10	2,10%
		10 d	468	4	0,85%
		21 d	457	9	1,97%

(a) percentual total de erros é calculado tomando-se a quantidade de exceções negativas dividida pelo número de observações.

Fonte: elaborada pela autora da dissertação.

Em termos absolutos, analisando-se os percentuais de erros apresentados pelos dois modelos testados, pode-se perceber que o modelo EWMA apresentou menos exceções na previsão do valor em risco em todos os cenários, excetuando-se aquele com 74 observações e nível de confiança de 99%, no qual foi verificado empate.

Dessa forma, considerando-se esse critério empírico, pode-se concluir que o modelo EWMA apresentou, nesta pesquisa, desempenho mais satisfatório sob a ótica conservadora, na qual as exceções exporiam o investidor a um risco acima do esperado. Entretanto, essa visão pode ser excessivamente conservadora, uma vez que, definido um percentual aceitável de erros, pressupõe-se que um investidor estaria disposto a cometer esses erros de forma a não impedir eventuais possibilidades de alavancar seus ganhos financeiros.

Neste sentido, a realização do teste de Kupiec permite testar a semelhança entre o resultado teórico definido e o resultado empírico obtido da quantidade de exceções, para certo número de observações, por meio da razão de log-verossimilhança (LR) calculada pela equação 7. Além disso, conforme explicado no referencial teórico, são utilizados alguns parâmetros empregados para os cálculos do valor em risco em cada situação analisada, quais sejam: número de observações e nível de confiança do VaR.

Depois, aplicaram-se os resultados encontrados em uma distribuição qui-quadrada com grau de liberdade igual a um, para um dado nível de significância igual a 5% (valores escolhidos para a realização do teste nesta pesquisa).

Com essas informações foi possível obter um intervalo de proporção empírica para a não-rejeição da hipótese nula (H_0), com base no número de vezes em que o VaR foi ultrapassado, assim como o valor-p correspondente para cada LR calculado. Após esses passos, pôde-se aferir a validação dos modelos, a partir das informações de cada panorama analisado, conforme descrito nas TAB. 3 e 4.

Na validação de ambos os modelos a não-rejeição (resposta Ok) implica concluir que o modelo passou no teste de Kupiec, ou seja, esse teste indica a utilização da metodologia validada para o cálculo do VaR e o número de exceções pode ser considerado igual ao teoricamente definido. Já a indicação de se rejeitar o modelo (resposta não) significa que a metodologia testada para

estimar o VaR precisa ser revista, uma vez que o número de exceções foi mais alto ou mais baixo que o teoricamente definido.

TABELA 3
Teste de validação do modelo padrão

Janela Móvel-Base	Grau de confiança do VaR	Horizonte de tempo	Quantidade de exceções negativas	LR	Valor-p (gl=1)	Decisão: aceitar o modelo?
Com 48 observações	95%	1 d	21	0,7618485	0,382751	OK
		10 d	21	0,6133009	0,433548	OK
		21 d	15	4,1942353	0,040562	NÃO
	99%	1d	11	5,3463165	0,020766	NÃO
		10 d	8	1,6124055	0,204154	OK
		21 d	10	4,2708734	0,038771	NÃO
Com 74 observações	95%	1 d	20	0,6905399	0,405981	OK
		10 d	21	0,2679617	0,604702	OK
		21 d	15	3,214063	0,073008	OK
	99%	1d	10	4,4029136	0,035878	NÃO
		10 d	7	1,008205	0,315334	OK
		21 d	9	3,3823236	0,065899	OK

Fonte: elaborada pela autora da dissertação.

No modelo padrão, nos 12 cenários elaborados para o cálculo do VaR pela volatilidade histórica, pode se notar que:

- a) nas 48 observações com grau de confiança de 95% e horizonte de tempo de 21 dias úteis, sugere-se a decisão de não aceitar o modelo padrão, pois ele errou menos do que o teoricamente esperado. Desta forma, o referido modelo superestimou as perdas da carteira teórica. A superestimação do VaR pode reduzir a ocorrência de outros erros, mas, em contrapartida, na visão de um gestor financeiro, pode levar ao aumento de investimento em exigência de capital ou perda de oportunidades de negócio;
- b) nos outros casos em que o modelo padrão foi rejeitado, o VaR subestimou o valor em risco, não alcançando o valor da perda máxima ocorrida na carteira teórica, ou seja, o modelo apresentou um número de falhas mais alto que o esperado. Essa metodologia, nos cenários em que foi rejeitada a sua utilização por

subestimação do VaR, indicou que o investidor correu mais risco que o definido teoricamente.

TABELA 4
Teste de validação do modelo EWMA

Janela Móvel-Base	Grau de confiança do VaR	Horizonte de tempo	Quantidade de exceções negativas	LR	Valor-p (gl=1)	Decisão: aceitar o modelo?
Com 48 observações	95%	1 d	20	1,1902806	0,275273	OK
		10 d	13	7,0010945	0,008146	NÃO
		21 d	13	6,4660647	0,010995	NÃO
	99%	1d	10	3,8530712	0,049655	NÃO
		10 d	4	0,1932378	0,660235	OK
		21 d	9	2,8992777	0,088619	OK
Com 74 observações	95%	1 d	19	1,1126056	0,291516	OK
		10 d	13	5,7589466	0,016405	NÃO
		21 d	13	5,25776	0,021849	NÃO
	99%	1d	10	4,4029136	0,035878	NÃO
		10 d	4	0,1049675	0,745948	OK
		21 d	9	3,3823236	0,065899	OK

Fonte: elaborada pela autora da dissertação.

Já nos resultados de validação para o modelo EWMA, as rejeições ocorreram tendo em vista que o modelo superestimou o valor em risco, registrando-se menos exceções do que o teoricamente esperado. Dessa forma, pode-se considerar um modelo conservador na apuração do valor em risco para instrumentos prefixados, conforme os cenários analisados e os respectivos parâmetros considerados.

Pode-se notar na situação com grau de confiança de 95% que quando aumentados os horizontes de tempo o modelo EWMA foi rejeitado. Já nos casos com grau de confiança de 99%, as rejeições para esse modelo manifestaram-se quando o horizonte de tempo foi igual a um dia útil. Como o modelo EWMA errou menos que o esperado em todos os momentos em que foi rejeitado pelo teste de Kupiec, neste último pode-se inferir que a resposta mais rápida do modelo às alterações da volatilidade, aliada ao aumento do valor de Z_{α} , permitiu expressiva redução no número de vezes em que a perda real ficou acima da prevista.

No modelo paramétrico EWMA, das 12 situações estudadas, seis indicaram a rejeição dessa metodologia para a identificação da perda máxima contra quatro resultados de rejeição para o modelo padrão, conforme apresentado resumidamente na TAB. 5.

TABELA 5
Aprovação do modelo conforme cenários analisados

Janela Móvel Base	Grau de confiança do VaR	Horizonte de tempo	Modelo Aprovado	
Com 48 observações	95%	1 d	Padrão	EWMA
		10 d	Padrão	-
		21 d	-	-
	99%	1d	-	-
		10 d	Padrão	EWMA
		21 d	-	EWMA
Com 74 observações	95%	1 d	Padrão	EWMA
		10 d	Padrão	-
		21 d	Padrão	-
	99%	1d	-	-
		10 d	Padrão	EWMA
		21 d	Padrão	EWMA

Fonte: elaborada pela autora da dissertação.

Os resultados apresentados pelo teste Kupiec implicam que os modelos não-rejeitados estão estatisticamente adequados ao que foi proposto teoricamente, conforme os parâmetros considerados nesta pesquisa para o cálculo do VaR.

Vale enfatizar que se o modelo está subestimando o risco real, a metodologia necessita de ajustes, pois, de acordo com seus resultados estimados, o montante de capital exigido é insuficiente para cobrir os riscos, o que poderia levar um órgão regulador a impor penalidades à instituição financeira. Mas, se o modelo está superestimando sistematicamente o risco, pode significar que a gestão de risco da instituição financeira não está sendo eficiente ou que detém uma política muito conservadora, pois riscos potenciais mais elevados exigem alocação de capital correspondente.

4.4 Exceções apresentadas em períodos distintos da crise *subprime*

Na seleção do período amostral para a realização desta pesquisa foi considerado o horizonte que envolveu a crise *subprime* desde os primeiros impactos percebidos no mercado financeiro brasileiro. Porém, o referido período apresentou efeitos distintos na volatilidade dos títulos prefixados selecionados para a composição da carteira teórica utilizada para os testes. Desta forma, foi realizada, adicionalmente, uma análise das exceções apresentadas na metodologia padrão e EWMA por período, sendo estes:

- a) de setembro/2007 a julho/2008, pois nessa época pode-se perceber um pequeno movimento na volatilidade resultante dos primeiros impactos no mercado brasileiro devido à crise *subprime*. A análise foi efetuada com 209 observações para o horizonte de um dia útil, 199 observações para o horizonte de 10 dias úteis e 188 observações para o horizonte de 21 dias úteis para janela de 48 observações; e com 183 observações para o horizonte de um dia útil, 173 observações para o horizonte de 10 dias úteis e 161 observações para o horizonte de 21 dias úteis para janela de 74 observações;
- b) de agosto/2008 a janeiro/ 2009, em que se pode observar aumento significativo da volatilidade devido à quebra do Banco Lehman Brothers e seus reflexos nos mercados mundiais. A análise foi efetuada com 129 observações para todos os horizontes de tempo e janelas;
- c) de fevereiro a setembro/2009, em que se pode notar possível absorção dos impactos e provável retorno à normalidade dos riscos de mercado, tendo em vista os reflexos da referida crise. A análise foi efetuada com 166 observações para todos os horizontes de tempo e janelas.

Faz-se necessário salientar que nesses períodos não foi possível aplicar o teste Kupiec, pois é indicada uma quantidade mínima de observações para a aplicação desse teste, que não foi encontrada nos referidos subperíodos.

As TAB. 6 (modelo padrão) e 7 (modelo EWMA) demonstram o percentual de erros em cada subperíodo definido, para cada um dos cenários estudados.

TABELA 6

Percentuais das exceções para cada cenário analisado pelo modelo padrão em relação ao número de observações, por período

Janela Móvel-Base	Grau de confiança	Horizonte de tempo	De setembro/07 a julho/08	De agosto/08 a janeiro/09	De fevereiro/09 a setembro/09
Com 48 observações	95%	1d	4,78%	6,20%	1,81%
		10d	3,02%	11,63%	-
		21d	1,60%	9,30%	-
	99%	1d	1,91%	5,43%	-
		10d	0,50%	5,43%	-
		21d	-	7,75%	-
Com 74 observações	95%	1d	5,46%	6,20%	1,20%
		10d	4,05%	10,85%	-
		21d	1,86%	9,30%	-
	99%	1d	2,19%	4,65%	-
		10d	-	5,43%	-
		21d	-	6,98%	-

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

No subperíodo agosto/08 a janeiro/09, no qual se registrou a maior volatilidade em toda a amostra, detectou-se alto percentual de erros de estimação pelo método paramétrico padrão em quase todos os cenários. Essa maior quantidade de erros em um subperíodo de maior volatilidade vem ao encontro ao fato de que essa metodologia apresenta demora na absorção dos impactos mais recentes do risco de mercado, como teoricamente previsto.

Com o aumento do tamanho das observações não foi possível observar alterações significativas do percentual de erros das estimativas. Já com o aumento dos horizontes de tempo houve aumentos das exceções em alguns casos. Por sua vez, com a elevação do grau de confiança, reduziram-se os percentuais de erros nos cenários analisados, quando mantidos os demais parâmetros iguais (horizonte e margem de erro). A explicação plausível é de que

esse parâmetro insere valor de Z_α mais alto a ser multiplicado na fórmula do cálculo do VaR.

No subperíodo pós- crise os resultados apresentaram menos exceções, tendo em vista que o cálculo da volatilidade do modelo padrão nessa fase ainda estava, em grande parte, sob impacto da volatilidade do período da crise.

TABELA 7

Percentuais das exceções para cada cenário analisado pelo modelo EWMA em relação ao número de observações, por período

Janela-Móvel	Grau de confiança do VaR	Horizonte de tempo	De setembro/07 a julho/08	De agosto/08 a janeiro/09	De fevereiro/09 a setembro/09
Com 48 observações	95%	1d	4,31%	5,43%	2,41%
		10d	2,51%	6,20%	-
		21d	1,60%	7,75%	-
	99%	1d	1,91%	3,10%	1,20%
		10d	0,50%	2,33%	-
		21d	-	6,98%	-
Com 74 observações	95%	1d	4,37%	5,43%	2,41%
		10d	2,89%	6,20%	-
		21d	1,86%	7,75%	-
	99%	1d	2,19%	3,10%	1,20%
		10d	0,58%	2,33%	-
		21d	-	6,98%	-

Fonte: elaborado pela autora da dissertação.

No modelo EWMA, também com o aumento do horizonte de tempo, houve elevação dos percentuais de erros, assim como redução das exceções com o aumento do grau de confiança. Em relação ao aumento das janelas, na época de crise os percentuais de erros apresentaram-se semelhantes tendo em vista que o modelo EWMA insere os dados mais recentes sem descartar os antigos.

Pode-se observar, ainda, que no subperíodo de alta volatilidade da amostra, ocorreu mais alto percentual de erros dos valores em risco estimados pelo modelo EWMA, porém esses percentuais foram mais baixos do que os percentuais de erros do modelo padrão.

Em todos os cenários com horizonte de um dia no subperíodo pós- crise verificaram-se erros na apuração do VaR pelo método EWMA. Tendo em vista que essa metodologia aplica um fator de decaimento valorizando as informações

mais recentes, uma explicação plausível para estes erros advém do fato de que uma redução mais abrupta da volatilidade induz a uma queda mais acentuada no valor estimado no curto prazo.

5 CONCLUSÕES

A proposta desta pesquisa foi analisar os modelos paramétricos padrão e EWMA quando utilizados para a estimação do valor em risco para instrumentos prefixados em períodos de baixa e alta volatilidade.

Para tanto, foi elaborada uma carteira teórica com quatro títulos públicos dos tipos NTN-F e LTN, com prazos distintos de vencimento. Após o devido tratamento nos dados, foram realizados cálculos dos valores em risco para horizontes de um, 10 e 21 dias úteis, com grau de confiança de 95 e 99%, em janelas de 48 e 74 observações, para as duas metodologias do VaR analisadas, perfazendo um total de 24 cenários.

Posteriormente, foram submetidos os resultados ao teste de Kupiec e analisado o comportamento dos modelos em três fases distintas da crise imobiliária no mercado de títulos prefixados. Com a análise dos resultados desses testes, foi possível inferir algumas conclusões sobre a capacidade preditiva dos métodos padrão e EWMA para instrumentos prefixados do mercado brasileiro, conforme os parâmetros considerados nesta pesquisa.

A partir da indicação de aceitação ou rejeição da metodologia, resultante da aplicação do teste de Kupiec, o modelo EWMA foi descrito como menos adequado para a apuração do valor em risco nos aspectos analisados, quando comparado ao modelo padrão. Porém, na maioria dos casos de rejeição do modelo padrão, a metodologia cometeu mais erros que o teoricamente esperado, enquanto pelo modelo EWMA todas as rejeições foram ocasionadas tendo em vista que a metodologia cometeu menos erros que o teoricamente esperado.

Assim, há que se considerar com cuidado os resultados obtidos pelo teste de Kupiec que, se por um lado apresenta-se estatisticamente bem fundamentado, pode levar a conclusões equivocadas considerando-se os diversos pontos de vista que se encontram no mercado financeiro.

Por exemplo, na visão de uma autoridade monetária, justifica-se a tendência em apoiar modelos que superestimem as perdas, inclusive com a utilização do multiplicador para o cálculo do valor em risco, como o indicado pelo *Bank of International Settlements* (BIS) e regulamentado pelo Banco Central do

Brasil (BACEN). Tal postura é justificável, uma vez que o montante de capital exigido pode ser insuficiente para cobrir as perdas, ocasionando problemas de graves proporções e até mesmo sistêmicos.

Por outro lado, métodos que superestimam o valor em risco, apesar de aparentar conforto porque a perda estimada não superou a perda realizada, podem ocasionar alto custo de oportunidade devido ao alto nível de exigência de capital, o que, na visão dos gestores de instituições financeiras, significa alocação ineficiente de recursos.

Além disso, é importante observar que a alocação de capital deve ser condizente com as alterações da volatilidade no mercado. Em momentos de normalidade, a situação de liquidez do mercado permite que eventuais erros possam ser administrados com aumento de custos, dificilmente levando à quebra de instituições.

Neste sentido, justifica-se um segundo momento de análise, quando foi obtido o número de erros por fases da crise imobiliária no contexto deste trabalho. Pôde-se aferir que o modelo padrão apresentou alto percentual de exceções comparado ao modelo EWMA nas três fases definidas, quais sejam: setembro de 2007 a julho de 2008; agosto de 2008 a janeiro de 2009; e fevereiro de 2009 a setembro de 2009. Porém, ambos os modelos apresentaram elevado número de erros no período de alta volatilidade.

Deve-se, pois, atentar para os interesses dos gestores de risco e os reflexos da escolha do método para apuração do valor em risco, considerando-se as limitações de cada metodologia.

Em termos gerais, comparando-se a capacidade preditiva dos modelos testados nesta pesquisa tanto sob a ótica da autoridade monetária quanto do gestor financeiro, pode-se concluir que o modelo EWMA foi o que apresentou melhor desempenho, pois em todos os âmbitos analisados o modelo padrão apresentou percentuais mais elevados de exceções do que o modelo EWMA. Além disso, conforme discutido anteriormente, no momento de mais volatilidade o referido modelo respondeu mais rapidamente, o que é muito importante sob o ponto de vista prático.

Pode-se concluir, também, que, devido às características da fórmula de apuração do VaR paramétrico, alguns cenários podem reduzir os benefícios dos

métodos mais apurados de identificação da volatilidade, tais como: o uso de multiplicadores e a extensão do horizonte de tempo.

A importância da previsão da volatilidade para o mercado financeiro; a permanência do conceito do VaR nos documentos de Basileia II; a crescente participação de títulos públicos prefixados nas carteiras dos investidores, fundos e instituições financeiras; e a recente crise financeira internacional enfatizam ser necessária a continuidade de pesquisas sobre o tema.

Assim, sugere-se que seja efetuada uma pesquisa similar, considerando-se uma carteira real de investidores no mesmo período da amostra desta pesquisa, comparando-se os resultados obtidos com o modelo de apuração do VaR sugerido pelo BACEN. Isto se justifica, principalmente, pelo fato de que, com o avanço da tecnologia e a baixa complexidade de se aplicar a abordagem EWMA, os benefícios obtidos por um modelo de resposta mais rápida às mudanças na volatilidade fiquem mais explícitos e indiquem mudança na postura da autoridade monetária e dos gestores financeiros em geral.

REFERÊNCIAS

ALBERINI, D.V.; BOGUSZEWSKI, L.D. Por dentro da subprime: a crise imobiliária americana e seus impactos na economia brasileira. Curitiba: **Revista Vitrine Conjuntura**, v. 1, n. 2, abril de 2008. Disponível em <http://www2.fae.edu/galeria/getImage/45/28699852240042104.pdf>. Acessado em: 24 novembro 2009.

ALEXANDER, C. **Modelos de mercado**: um guia para a análise de informações financeiras. Tradução de: José Carlos de Souza Santos. São Paulo: BM&F, 2005.

_____. **Practical financial econometrics**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2008a.

_____. **Value-at-risk models**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2008b.

ANDIMA. Associação Nacional das Instituições do Mercado Financeiro. **IMA – Índice de Mercado ANDIMA e títulos públicos federais**. Rio de Janeiro: ANDIMA, 2009. Disponível em: www.andima.com.br. Acessado em: janeiro de 2010.

ANDREZZO, A.F.; LIMA, I.S. **Mercado financeiro**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

BCBS. BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **International convergence of capital measurement and capital standards**: a revised framework comprehensive version. Basileia, Suíça. Junho, 2006. Disponível em: <http://www.bis.org/publ/bcbs128.htm>. Acessado em: 24 novembro 2009.

BIS. BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. Supervisory Framework for the use of “Backtesting” in conjunction with the internal models approach to market

risk capital requirements. **Basel Commuttee on Naking Supervision**, janeiro de 1996. Disponível em: <http://www.bis.org>. Acessado em: 23 de outubro de 2009.

BODIE, Z. *et al.* **Investments**. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2006.

BORÇA JÚNIOR, G.R.; TORRES FILHO, E.T. Analisando a crise do subprime. Rio de Janeiro, **Revista do BNDES**. v. 15, n. 30, p. 129-159, dez/2008. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev3005.pdf. Acessado em 26 nov. 2009.

BREALEY, R.A.; MYRES, S.C.; ALLEN, F. **Princípios de finanças corporativas**. Tradução de: Maria do Carmo Figueira e Nuno de Carvalho. Revisão Técnica Fábio Gallo Garcia e Luiz Alberto Bertucci. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

BRITO, O.S. **Mercado financeiro**: estruturas, produtos, serviços, riscos e controle gerencial. São Paulo: Saraiva, 2005.

BROOKS, C. **Introductory econometrics for finance**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2002.

Carta-Circular do Banco Central do Brasil, disponível em <http://www.bcb.gov.br/Htms/Normativ/cartacircular3309.pdf>, acessado em 29 nov. 2009.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**: para uso dos estudantes universitários. São Paulo: MacGraw-Hill, 1983.

COSTA, L.G.T.A.; AZEVEDO, M.C.L. **Análise fundamentalista**. Rio de Janeiro: FGV/EPGE, 1996.

DAMODARAN, A. **Gestão estratégica do risco**: uma referência para a tomada de riscos empresariais. Porto Alegre: Bookman, 2009.

DIEBOLD, F.X.; MARIANO, R.S. **Comparing predictive accuracy**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1994. Technical Working Paper n. 169, 35 p. Disponível em : < <http://ideas.repec.org/p/nbr/nberte/0169.html>>. Acessado em: 23 out 2009.

DUARTE JÚNIOR, A.M. *et al.* **Gerenciamento de riscos corporativos: classificação, definições e exemplos**. 24 jan. 2000. Disponível em: <<http://www.risktech.com.br/>>. Acessado em: 10 de outubro de 2009.

DUARTE JÚNIOR, A.M. **Gestão de riscos para fundos de investimentos**. São Paulo: Pearson-Prentice-Hall, 2005.

FMI. FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. **Global financial stability report**. Washington, DC: International Monetary Fund, Abr. 2008. Disponível em <http://www.imf.org>. Acessado em: janeiro de 2010.

FORTUNA, E. **Mercado financeiro**. 15. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GABRIEL, L.F.; BAHRY, T. A hipótese de instabilidade financeira e suas implicações para a ocorrência dos ciclos econômicos. *In*: XIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 2008, João Pessoa. **Encontro...** Celso Furtado: diálogos desenvolvimentistas, 2008.

GFRS. GLOBAL FINANCIAL STABILITY REPORT - OCTOBER 2008. **Assessing risks to global financial stability** Disponível em: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/gfsr/2008/02/pdf/text.pdf>. Acessado em 08/09/2009.

GIL, C.A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 206 p.

GITMAN, L.J. **Princípios da administração financeira**. 7. ed. Tradução de: Arthur Ridolfo Neto *et al.* São Paulo: Harbra, 1997.

GONÇALVES, C.A.; MEIRELLES, A.M. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

JORION, P. **Value at risk**: a nova fonte de referência para a gestão de risco financeiro. Tradução de: Thierry Barbe. 2 ed. São Paulo: BM&F, 2003.

KNIGHT, F.H. **Risco, incerteza e lucro**. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1972.

KUPIEC, P. Techniques for verifying the accuracy of risk management models. **Journal of Derivatives**, v. 3, p. 73-84. 1995.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LEVINE, D.M. *et al.* **Estatística**: teoria e aplicações usando o Microsoft Excel em português. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MARTINS, R.Z.; MENDES, V.C.F.C. A importância da função do administrador financeiro considerando as variáveis: risco e retorno. **Revista de Administração da FATEA**. São Paulo: Faculdade Integrada Tereza D'Avila, 2008. Disponível em: <http://www.fatea.br/seer/index.php/raf/article/viewFile/137/119>. Acessado em: 19 de novembro de 2009.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **Journal of Finance**, v. 7, n. 1, , p. 77-91, 1952.

MATIAS PEREIRA, José. **Economia brasileira**. São Paulo: Atlas, 2003.

MOLLICA, M.A. **Uma avaliação de modelos de Value-at-Risk**: comparação entre métodos tradicionais e modelos de variância condicional. Departamento de Economia da Faculdade de Economia Administração e Contabilidade. Faculdade de São Paulo, 1999.

MORGAN GUARANTY TRUST COMPANY & REUTERS LTD. **RiskMetrics – Technical Document**. New York, NY. 4 ed. 1996.

NATENBERG, S. **Option Volatilu & Pricing: Advanced Trading Strategies and Techniques**. Chicago, IL: Probus, 1994.

NATTER, M. Conditional market segmentation by neural networks: a Monte-Carlo study. Vienna University of Economics & BA, Pappenhimgasse. Viena, Áustria. **Journal of Retailing and Consumer Services**, p. 237-248,1999.

OHANIAN, G. A metodologia riskmetrics de avaliação de risco de mercado e a hipótese de distribuição normal de retornos para algumas variáveis do mercado financeiro brasileiro. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FEA/USP, 1998.

PINHEIRO, J.L. **Mercado de capitais: fundamentos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

POON, S.; GRANGER, C.W.J. Forecasting volatility in financial markets: a review. **Journal of Economic Literature**, v. 41, n. 2, p. 478-539, 2003.

RISKMETRICS™. **Manual, 1996.** Disponível em: <http://www.jpmorgan/riskmanagement>>. Acessado em: janeiro de 2010.

SANTOS, L. C. F. **Avaliação de modelos GARCH multivariados no cálculo do valor-em-risco de uma carteira de renda variável**. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto de Pós-Graduação em Administração: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SAUNDERS, A. **Administração de instituições financeiras**. São Paulo: Atlas, 2000.

SECURATO, J.R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

STEVENSON, William. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.

_____ *et al.* **Cálculo financeiro das tesourarias**. São Paulo: Saint-Paul Institute of Finance, 2003.

SILVA NETO, L.A. **Derivativos**: definições, emprego e risco. 3. ed. São Paulo: 1999.

SILVA, R.C.A. *et al.* Validação de modelos internos no Brasil: análise de metodologias de Backtest de VaR. *In: Relatório de Estabilidade Financeira do Banco Central*, v. 4, n. 1, 2005.

SOUSA, Paula Carvina. Crise na banca mundial. **Diário Econômico de 13/08/07**, Caderno de Análise Econômica. 2007. Disponível em: http://diarioeconomico.sapo.pt/edicion/iarioeconomico/edicion_impresa/economia/pt/desarrollo/1025625.html. Acessado em 08/09/2009.

TALEB, N. **Dynamic hedging**: Managing vanilla and exotic options. New York, NY. John Wiley & Sons, 1997.

VERGARA, S.C. Projetos e relatórios de pesquisa em Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

WESTON, J.F.; BRIGHAM, E.F. **Fundamentos de administração financeira**. 10. ed. Tradução de: Sidney Stancatti. São Paulo: Makron Books, 2000.

WILMOTT, P. *Paul wilmott on quantitative finance*. 2 ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2006.

ANEXOS

ANEXO A – PU DOS TÍTULOS PREFIXADOS

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
23/07/07	0,000519309	-4,86615E-05	0,00036147	0,000281114
24/07/07	-0,002391075	-0,005253492	-0,007463881	-0,001761322
25/07/07	-0,008612578	-0,017439439	-0,021956259	-0,005635734
26/07/07	0	0	0	0
27/07/07	0,005066377	0,008666673	0,010504939	0,002844512
30/07/07	0,002050947	0,003044876	0,003632833	0,001773024
31/07/07	-0,00024894	-0,001079244	-0,001701203	0,000342528
01/08/07	-0,003272512	-0,007672813	-0,009667387	-0,002497956
02/08/07	0,001782662	0,00181783	0,00085778	0,001130675
03/08/07	-0,003749936	-0,007955207	-0,008871219	-0,002687329
06/08/07	-0,000148936	0,001421611	0,001517348	-0,000550604
07/08/07	0,00231351	0,005233173	0,005108848	0,002383384
08/08/07	0,002584229	0,002536994	0,005549716	0,002325904
09/08/07	-0,004429263	-0,008564508	-0,014600411	-0,003483721
10/08/07	0,000449594	0,002228962	0,004509246	0,000468718
13/08/07	0,001218686	0,002381611	0,002140555	0,001184121
14/08/07	-0,003917137	-0,006144756	-0,006827143	-0,003166503
15/08/07	-0,00636054	-0,013860597	-0,01826715	-0,004641828
16/08/07	-0,019	-0,039060976	-0,049625227	-0,015999402
17/08/07	0,011840885	0,025905771	0,032985906	0,011969601
20/08/07	-0,002050175	-0,003199425	-0,005151986	-0,002801906
21/08/07	-0,001814069	-0,00750204	-0,010318236	7,373E-05
22/08/07	0,003583514	0,009232468	0,011692206	0,002528421
23/08/07	0,002027437	0,002852978	0,005151394	0,001277152
24/08/07	0,004397488	0,008621932	0,010040305	0,00330008
27/08/07	0,001265535	0,001256016	0,001947716	0,001096635
28/08/07	-0,002738347	-0,006165706	-0,007528356	-0,002376183
29/08/07	0,003784538	0,00680553	0,008479881	0,002831296
30/08/07	0,000206027	0,000121027	0,000338793	0,000375569
31/08/07	0,002877177	0,003841064	0,003103987	0,002269342
03/09/07	0,002916534	0,003537819	0,004012495	0,002108288
04/09/07	0,000934973	0,00120658	0,000931283	0,000977982
05/09/07	-0,003327963	-0,009189604	-0,011557587	-0,00251956
06/09/07	0,000992874	0,002946831	0,00464976	0,000933933
10/09/07	-0,001855442	-0,003754284	-0,004694145	-0,001942048
11/09/07	0,001162162	0,003200606	0,003388575	0,001475833
12/09/07	0,002536681	0,003540926	0,004510487	0,002310697
13/09/07	0,000410874	0,000763631	0,001433806	0,00010803
14/09/07	0,002725318	0,00588476	0,006598492	0,002199704
17/09/07	-0,00147182	-0,002602872	-0,004043093	-0,000947799
18/09/07	0,006827214	0,012115391	0,016715727	0,004921562
19/09/07	0,002285557	0,005560392	0,005317712	0,001882304
20/09/07	0,000246869	0,000798473	0,001280536	0,00074475
21/09/07	0,001954225	0,002010238	0,002868262	0,001956027
24/09/07	-0,001339274	-0,002097501	-0,002971618	-0,000752165
25/09/07	0,001576664	0,002491822	0,003773513	0,001792504

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
26/09/07	0,000381018	0,0011132	0,000562294	8,7998E-05
27/09/07	0,001083338	0,001270655	0,000734076	0,000495834
28/09/07	0,001312326	0,001440374	0,00201233	0,0010988
01/10/07	0,002532432	0,00496991	0,007220236	0,002025165
02/10/07	0,000203096	-0,000272791	-0,001558347	0,000306522
03/10/07	-0,000202323	-0,0018192	-0,001999554	-0,000444815
04/10/07	-0,00061391	-0,001040839	-0,001864911	-0,000250376
05/10/07	0,000864782	0,002374008	0,003176115	0,000840449
08/10/07	0,000209303	-0,000823366	-0,000957648	-0,000112229
09/10/07	0,002562613	0,005495584	0,005795834	0,002360765
10/10/07	-0,000639703	-0,002621463	-0,002316517	-0,000389061
11/10/07	1,31727E-05	-0,000684641	-0,001058136	0,000321892
15/10/07	0,001252945	0,002208376	0,001237467	0,000832957
16/10/07	-0,000202509	-0,000873693	-0,001428958	-1,21935E-05
17/10/07	-0,000187491	-0,001897908	-0,002250863	7,5585E-05
18/10/07	-0,000468206	-0,002015074	-0,002908454	-0,000732703
19/10/07	-0,002749631	-0,007072735	-0,010627987	-0,001766445
22/10/07	-0,005073169	-0,010866139	-0,013592949	-0,004172193
23/10/07	0,003562457	0,007412111	0,010776539	0,003209245
24/10/07	-0,002604311	-0,006243938	-0,00798649	-0,001563901
25/10/07	4,32869E-05	-0,000387856	-0,00170668	0,000510695
26/10/07	0,003177817	0,006606734	0,009157179	0,001967781
29/10/07	0,002041725	0,001572113	0,001753452	0,002016051
30/10/07	0	0	0	0
31/10/07	0,000649509	0,000132275	-0,001709277	0,000508625
01/11/07	-0,000933188	-0,002475475	-0,003579635	-0,000960825
05/11/07	-0,001090553	-0,003550267	-0,007490936	-0,0001563
06/11/07	0	0	0	0
07/11/07	-0,002093821	-0,008859287	-0,007381488	-0,001300294
08/11/07	-0,002715443	-0,006635127	-0,012479238	-0,002357382
09/11/07	0,002243462	0,006611242	0,009484785	0,002491854
12/11/07	-0,001996533	-0,00710992	-0,010661967	-0,001520266
13/11/07	-0,001102438	-0,002921038	-0,003782807	-0,000157453
14/11/07	0,004165336	0,009736372	0,010980271	0,002705937
16/11/07	7,25602E-05	0,000257963	0,001189943	0,000291191
19/11/07	-0,000722188	-0,001909991	-0,001946557	0,000118219
20/11/07	0,000454964	0,000463832	0,000467975	0,000447853
21/11/07	0,001086805	0,001072383	0,000994651	0,000925048
22/11/07	0	0	0	0
23/11/07	0,001330267	0,002352608	0,002728598	0,001055949
26/11/07	-4,90302E-05	-0,001970223	-0,002330887	0,000175511
27/11/07	-0,002114299	-0,00622553	-0,007675448	-0,000988332
28/11/07	0,000380597	0,000718801	0,000159478	0,000456732
29/11/07	-0,002849671	-0,007980418	-0,009439021	-0,002157679
30/11/07	0,001705244	0,005121521	0,005945708	0,001168515
03/12/07	-0,000901168	-0,003131074	-0,004328893	-0,000336877
04/12/07	-0,000928934	-0,002335901	-0,003300743	-0,000607971
05/12/07	-0,002233061	-0,005254733	-0,00783164	-0,001599881
06/12/07	-0,00018543	0,000445278	0,001133484	2,12444E-05
07/12/07	0,001626868	0,003952387	0,004647125	0,001503094
10/12/07	-0,002019344	-0,003520586	-0,003550126	-0,001438409
11/12/07	0,002595416	0,005510855	0,006091138	0,001577062
12/12/07	-0,000866808	-0,001794908	-0,00301525	2,07509E-05
13/12/07	-0,005517629	-0,013908415	-0,015623567	-0,004030385

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
14/12/07	0,002824173	0,005028665	0,006057534	0,002126982
17/12/07	0,001173169	0,00233263	0,003605481	0,000756553
18/12/07	0,001802482	0,005349151	0,006377443	0,001458335
19/12/07	0,00198062	0,004155067	0,005023014	0,001674758
20/12/07	-0,00384267	-0,003663447	-0,00384323	-0,002925249
21/12/07	0,000176424	0,00046628	0,00202126	-0,000113252
24/12/07	0,000482869	0,000485577	0,000486918	0,000473755
26/12/07	-0,001118691	-0,003060149	-0,006035023	-0,000845293
27/12/07	-0,000687369	-0,002844622	-0,002132672	0,000493906
28/12/07	0,001491098	0,002284788	0,001040245	0,001016162
31/12/07	0,000486114	0,00049022	0,000493017	0,000475462
02/01/08	-0,048970425	-0,051987653	-0,051930798	0,001371424
03/01/08	0,002182171	0,004339312	0,004977061	0,001710504
04/01/08	-0,001058324	-0,000633334	-0,000848342	-0,000746635
07/01/08	0,001176519	0,002072577	0,00255845	0,00017723
08/01/08	0,001713079	0,002442179	0,003450174	0,001105114
09/01/08	-0,000418405	-0,001770238	0,001345821	-5,10361E-05
10/01/08	-0,001180729	-0,001506831	-0,003012731	-0,000454261
11/01/08	0,00192749	0,002855667	0,00236601	0,00136523
14/01/08	0,000291103	-1,74126E-05	0,002365087	0,000252823
15/01/08	0,000801906	0,002883823	0,00178069	0,000924729
16/01/08	-0,000716784	-0,001892869	-0,002559854	-5,02488E-05
17/01/08	-0,001007754	-0,003147589	-0,005988056	-1,43609E-05
18/01/08	0,001222869	-0,00030708	-0,000379731	0,001176538
21/01/08	-0,004836803	-0,010661587	-0,01291056	-0,003050487
22/01/08	0,001857242	0,003341323	0,00330981	0,001764255
23/01/08	-0,000602546	-0,001211577	-0,001567035	-0,000215661
24/01/08	0,005313332	0,011357703	0,013866559	0,003221691
25/01/08	0,000486139	0,000488546	0,000489704	0,000474512
28/01/08	0,002665356	0,006187892	0,008628295	0,001732027
29/01/08	-0,00046363	-0,000552064	-0,0006995	-3,5445E-05
30/01/08	0,000669213	0,000528202	0,000490141	0,00063143
31/01/08	-0,000265839	-0,000103867	-0,000474658	-0,000224395
01/02/08	0,001198355	0,003476731	0,005620604	0,000745534
06/02/08	0,00024175	-0,001197351	-0,002025827	-9,62715E-05
07/02/08	0,002009866	0,002558785	0,002422576	0,001593868
08/02/08	0,002225801	0,002882352	0,004527846	0,001420601
11/02/08	0,002416239	0,002594629	0,003413304	0,001647883
12/02/08	0,001808681	0,003454221	0,00449445	0,001401912
13/02/08	0,001296733	0,002670177	0,004931642	0,00162111
14/02/08	5,89022E-05	-0,000950525	-0,002637683	0,000220317
15/02/08	-0,000810183	-0,002154424	-0,003010752	-0,000495272
18/02/08	0,002861764	0,006529673	0,009118228	0,001914041
19/02/08	-0,000635819	-0,000902189	-0,001457786	-0,000250928
20/02/08	0,00180707	0,002561518	0,003908774	0,000974545
21/02/08	0,000784319	0,002860379	0,004178784	0,000651529
22/02/08	0,000903922	0,001200472	0,001921467	0,00041825
25/02/08	-0,000825711	-0,001250447	-0,000646098	-0,000435436
26/02/08	0,001328291	0,003328127	0,002581522	0,000677575
27/02/08	-4,55871E-05	0,002828535	0,002647978	0,000534225
28/02/08	0,000416773	-0,000951652	-0,001412438	0,000170483
29/02/08	-0,000406515	-0,003235841	-0,005129553	-2,90042E-05
03/03/08	0,001645223	0,004920633	0,005301538	0,001495827
04/03/08	5,37368E-05	-0,000356806	0,000522372	-7,73697E-05

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
05/03/08	0,001195755	0,003853064	0,004755434	0,000858539
06/03/08	-0,004074844	-0,009360237	-0,01312571	-0,00205761
07/03/08	-0,002625882	-0,00817991	-0,009542335	-0,001419034
10/03/08	-0,002243308	-0,004240689	-0,0052489	-0,001503105
11/03/08	0,003405102	0,008444781	0,011022539	0,001965034
12/03/08	-8,20936E-05	-0,001157849	-0,00230119	-0,000213898
13/03/08	-0,001932439	-0,00572195	-0,007450133	-0,001615887
14/03/08	-0,001947237	-0,006262472	-0,008332581	-0,001294992
17/03/08	-0,000164821	-0,003497053	-0,004178297	0,000200519
18/03/08	0,002860876	0,008348098	0,009679765	0,001723396
19/03/08	-0,002216616	-0,006521902	-0,008669901	-0,000740526
20/03/08	0,000135443	-0,001366573	-0,00141393	0,000409911
24/03/08	-0,00091633	-0,003415902	-0,005320563	1,88879E-05
25/03/08	-0,00074458	-0,002943672	-0,004270088	-0,000228331
26/03/08	-0,00014974	-0,002108652	-0,003402881	0,000253623
27/03/08	0,000988028	0,003542696	0,003872889	0,000152854
28/03/08	0,00225939	0,005224938	0,008578285	0,000974251
31/03/08	-0,000327845	-0,001513465	-0,001831279	-0,000331906
01/04/08	0,001795929	0,003120871	0,003550441	0,001280282
02/04/08	0,000769999	0,000583818	-0,000854019	0,001085091
03/04/08	0,001666467	0,003028978	0,003746757	0,001226785
04/04/08	0,001010702	0,000870739	0,001260753	0,00077191
07/04/08	-0,00118417	-0,00328898	-0,004467237	-0,000696782
08/04/08	0,000601643	0,000371688	0,000571326	0,000762098
09/04/08	-0,00131173	-0,002530058	-0,003633664	-0,000983604
10/04/08	0,000951809	0,000779754	0,001088211	0,000604136
11/04/08	0,000358324	0,000174546	2,733E-07	0,000514885
14/04/08	0,000309981	-0,000941929	-0,000156846	0,000470554
15/04/08	-0,000480473	-0,001657782	-0,002530856	-0,000369407
16/04/08	-0,000986853	-0,002752858	-0,002959274	-0,000165293
17/04/08	0,001527298	0,003939714	0,00554809	0,00118633
18/04/08	-0,002632555	-0,006696822	-0,009139759	-0,001618262
22/04/08	-0,004049366	-0,011532295	-0,015799722	-0,002194171
23/04/08	0,003354081	0,007124741	0,007692345	0,001914369
24/04/08	-0,001314879	-0,002566962	-0,002244837	-0,000267716
25/04/08	0,001288869	0,002807875	0,004936192	0,000383372
28/04/08	-0,002322463	-0,005174184	-0,006712745	-0,001274882
29/04/08	0,000264431	0,000472751	0,000518596	0,000103674
30/04/08	0,004179802	0,012800831	0,018515225	0,002262604
02/05/08	0,003900511	0,019574847	0,026126463	0,001319103
05/05/08	-0,002095422	-0,003253908	-0,003618755	-0,000504565
06/05/08	-0,003718525	-0,007457799	-0,010751483	-0,002311612
07/05/08	-0,002722463	-0,008474172	-0,010360947	-0,000991099
08/05/08	-0,001240563	-0,000865001	-0,001198756	-1,30693E-05
09/05/08	-0,002139798	-0,002101682	-0,001994482	-0,001527013
12/05/08	0,002360985	0,00684583	0,009832615	0,001343609
13/05/08	0,000700021	0,000815312	-0,000430748	0,000507208
14/05/08	0	0	0	0
15/05/08	-0,000755918	5,11368E-05	-9,00703E-05	-0,000733577
16/05/08	0,003631396	0,006349085	0,007985817	0,002173341
19/05/08	-0,001396172	-0,004049925	-0,00544235	-0,000331275
20/05/08	0,000699228	0,002638151	0,003677396	0,000667086
21/05/08	-0,001172211	-0,00381016	-0,005665041	-0,000383899
23/05/08	0,00019713	0,000180283	-0,000735544	0,00016307

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
26/05/08	-0,000596869	-0,000620814	-0,000120882	-0,000360957
27/05/08	-0,001001587	-0,002744265	-0,004179537	-0,000224406
28/05/08	0,001987482	0,003040597	0,001825797	0,001574288
29/05/08	0,004098549	0,008503051	0,011588446	0,002647919
30/05/08	0,001887452	-0,000175712	-0,000107202	0,001555478
02/06/08	-0,001587778	-0,007555024	-0,009211716	-0,0007646
03/06/08	0,002369254	0,004867245	0,006739303	0,001634612
04/06/08	-4,14594E-05	-0,001103397	-0,001503687	-6,66919E-05
05/06/08	-0,002427641	-0,00698203	-0,009225849	-0,000830663
06/06/08	-0,003159531	-0,013196172	-0,01623717	-0,001469328
09/06/08	-0,003085555	-0,009377973	-0,013179179	-0,001263635
10/06/08	0,000858094	4,39977E-05	0,000576802	0,000673419
11/06/08	0,000401797	0,000872718	0,000735935	-0,000469456
12/06/08	0,000543239	0,000130691	-0,000574131	0,001454128
13/06/08	-0,000934901	-0,004292194	-0,005915837	-0,000343131
16/06/08	-0,00050094	-0,003605953	-0,004343749	-0,000248452
17/06/08	0,001664758	0,004505884	0,006247033	0,001335358
18/06/08	0,002339625	0,00530416	0,008738373	0,001380833
19/06/08	0,001409757	0,002751694	0,001373308	0,00096303
20/06/08	-0,002206475	-0,005810168	-0,007629849	-0,000496444
23/06/08	0,001082202	0,003033501	0,005249732	0,000760314
24/06/08	0,001499598	0,002303045	0,002935415	0,001397516
25/06/08	-6,56778E-05	-0,000133491	-0,001288767	0,000289767
26/06/08	-0,002745588	-0,006463526	-0,007997433	-0,000868123
27/06/08	-0,000771202	-0,003336176	-0,00446682	-0,000748344
30/06/08	-0,001233282	-0,003188389	-0,006610246	2,86607E-05
01/07/08	-0,052123669	-0,059084176	-0,062951475	-0,000210431
02/07/08	-0,001813429	-0,003364781	-0,004416396	-0,001015132
03/07/08	-0,000371079	-0,001566683	-0,00184021	0,00016566
04/07/08	-0,000499	-0,003184334	-0,003074787	-6,50083E-05
07/07/08	0,002197095	0,004300801	0,004073908	0,001272779
08/07/08	0,003223888	0,005891731	0,009143033	0,002311665
09/07/08	0,000570365	0,00055876	0,000551487	0,000554186
10/07/08	0,001359066	0,001454783	0,00278858	0,001514062
11/07/08	0,00106606	0,003895716	0,006760546	0,000747045
14/07/08	0,000493278	0,001997909	0,000598833	1,69002E-05
15/07/08	0,003662218	0,010481683	0,014110663	0,001370261
16/07/08	0,000683989	-0,000883759	-0,001666929	0,000477413
17/07/08	0,002023133	0,003932925	0,004810163	0,000761229
18/07/08	0,001030584	0,008224752	0,011429537	0,000604941
21/07/08	-0,001487469	-0,004144378	-0,005656277	-0,000403538
22/07/08	0,002653647	0,006514417	0,007609533	0,001825967
23/07/08	0,001632631	0,005112553	0,008412637	0,000530082
24/07/08	0,002482182	0,010443599	0,015632878	0,000285732
25/07/08	0,002117287	0,003215279	-0,000289656	0,00124979
28/07/08	-0,000419437	-0,001779958	-0,003808582	-4,27422E-05
29/07/08	-0,000684295	-0,003232379	-0,004362988	0,000237399
30/07/08	0,001907993	0,008443383	0,009928532	0,001064691
31/07/08	0,000523398	-0,000704567	-0,000670318	0,000116
01/08/08	0,002779306	0,008913001	0,011035809	0,001244557
04/08/08	0,000261455	-0,002335645	-0,002075314	0,000265268
05/08/08	0,002544598	0,006114135	0,00807203	0,001128231
06/08/08	0,00075869	-0,001116153	-0,003062324	0,001433765
07/08/08	-0,000348914	-0,005377724	-0,007011926	0,00055885

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
08/08/08	0,001020234	-0,001790513	-0,004715506	0,000806685
11/08/08	-0,000773123	-0,005499885	-0,006504674	0,000223665
12/08/08	-0,000184707	0,000364481	-0,000248169	-5,5011E-05
13/08/08	0,0001445	-0,000951482	-0,000951979	0,000445676
14/08/08	0,000867129	0,001204126	0,002165879	0,000653123
15/08/08	0,00189759	0,00381452	0,003385749	0,001202664
18/08/08	0,000402916	0,000788663	0,001648024	0,000308689
19/08/08	0,002000868	0,003758691	0,005327312	0,000755958
20/08/08	0,000460386	0,000705115	-0,000735511	0,00031139
21/08/08	-1,5442E-06	-0,002111621	0,000983155	0,000243085
22/08/08	2,35202E-05	0,001095203	-0,000839577	0,000192045
25/08/08	-0,000219412	5,35981E-05	-0,000463266	2,10677E-05
26/08/08	0,001308855	0,003362785	0,003933236	0,000971571
27/08/08	0,000117327	0,001939424	0,002699748	0,000542354
28/08/08	0,000666113	0,001999129	0,003505532	0,000571015
29/08/08	0	0	0	0
01/09/08	0,002072127	0,002070514	0,000916104	0,001710169
02/09/08	0,000275083	-0,004388287	-0,006615376	0,000739402
03/09/08	0,000187051	-0,002379226	-0,00370061	0,000537491
04/09/08	-0,002733821	-0,011317057	-0,014809492	-0,000937594
05/09/08	0,002319467	0,005711788	0,00715927	0,001203849
08/09/08	-6,11957E-05	-0,000758851	0,000267268	0,0004569
09/09/08	-0,000820924	-0,003771443	-0,005042175	9,62666E-05
10/09/08	0,002841987	0,007503855	0,008736001	0,001249778
11/09/08	0,000725351	-0,00499622	-0,004899899	0,001104147
12/09/08	0,000695716	-0,000317206	0,001434448	0,000621428
15/09/08	0,000504025	-0,003719533	-0,00795623	0,000721353
16/09/08	0,000101793	-0,007146256	-0,008145429	0,000626262
17/09/08	-0,003203918	-0,015744743	-0,025119314	-0,001062696
18/09/08	0	0	0	0
19/09/08	0,001749969	0,010001306	0,013051782	0,000993304
22/09/08	0,000881228	0,000980703	0,000217758	0,000972161
23/09/08	-0,000152356	-0,008725338	-0,011568918	0,000543514
24/09/08	0,000605879	-0,000832667	0,000118052	0,000681267
25/09/08	0,002549368	0,013471993	0,016587078	0,001165487
26/09/08	0,001657468	0,009510167	0,013331114	0,000916528
29/09/08	0,000141307	-0,008563617	-0,014979697	0,000795908
30/09/08	0,003887454	0,014146326	0,020023059	0,001869506
01/10/08	0,002595649	0,007182628	0,011069973	0,001424375
02/10/08	-0,002572282	-0,017297857	-0,021018864	-0,000353215
03/10/08	0,000819046	-0,000966882	-0,005074805	0,000904839
06/10/08	-0,004926416	-0,014762856	-0,021181423	-0,001207695
07/10/08	-0,001499542	-0,013885122	-0,023689757	0,000315367
08/10/08	-4,65207E-05	-0,009069034	-0,008469173	0,000556573
09/10/08	0,001972589	0,004421279	0,00642029	0,00131109
10/10/08	-0,004928	-0,020904829	-0,029217974	-0,000809452
13/10/08	0,00699214	0,023253241	0,029975207	0,002582985
14/10/08	0	0	0	0
15/10/08	-0,000505089	-0,00764033	-0,008302378	6,43615E-05
16/10/08	0,001014308	-0,001068354	-0,000220247	0,000369161
17/10/08	9,16839E-05	-0,007642504	-0,013935798	0,000863349
20/10/08	0,001099375	-0,001141577	-0,002367391	0,000988287
21/10/08	-0,000710163	-0,00573879	-0,009595258	0,000375289
22/10/08	-0,01932033	-0,049945902	-0,065428154	-0,009944345

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
23/10/08	0,006527173	0,012969264	0,017001767	0,004041944
24/10/08	-0,014901173	-0,02732664	-0,03675459	-0,007504502
27/10/08	0,003822717	-0,004750463	-0,0027122	0,002868814
28/10/08	0,009083863	0,02410253	0,028432048	0,004677263
29/10/08	0,008778317	0,028902941	0,038867563	0,004183691
30/10/08	-0,00227578	-0,017503605	-0,020534264	-0,001018969
31/10/08	-0,001194157	-0,015704388	-0,021567335	0,000508699
03/11/08	0,002076434	-0,00323987	0,000797222	0,00097322
04/11/08	0,004930804	0,016972868	0,010378988	0,002717947
05/11/08	-0,001047344	-0,006306008	-0,008717766	-0,000287362
06/11/08	-0,000843634	5,22454E-06	-0,00319775	-5,03619E-05
07/11/08	0,003121508	0,017465596	0,020762828	0,002155593
10/11/08	0,001102114	0,001115004	0,002146731	0,000522394
11/11/08	0,000765275	0,000604529	0,000367827	0,000717332
12/11/08	0,000391398	0,004891693	0,009343334	9,48224E-05
13/11/08	-0,002990335	-0,004478944	-0,00363847	-0,001187907
14/11/08	0,004443022	0,004434826	0,004924844	0,002624636
17/11/08	0,000952646	0,002126529	0,002957828	0,000541299
18/11/08	0,003481539	0,010745025	0,015359544	0,002107049
19/11/08	0,000245378	0,001047363	-0,001952804	0,001046697
20/11/08	0,000572123	0,000624665	0,000629592	0,000546307
21/11/08	0,000519371	-0,003772869	-0,000620881	-8,12319E-06
24/11/08	0,002838747	0,002116256	0,00188433	0,001548548
25/11/08	0,00047096	0,002670304	-0,001027774	0,000754999
26/11/08	0,002018184	0,004165625	0,0040426	0,00158711
27/11/08	-0,000372827	-0,000176372	0,000359833	0,000255417
28/11/08	0,002513954	0,007878303	0,010187527	0,000969632
01/12/08	0,005393467	0,017097965	0,029403197	0,002134733
02/12/08	0,005389614	0,027818854	0,034432254	0,002537246
03/12/08	0,002563705	0,004255492	0,001482094	0,001555574
04/12/08	0,000838302	0,002661722	0,002435983	0,000999316
05/12/08	0,006611009	0,014831441	0,020840301	0,002954249
08/12/08	0,002610822	0,003895837	0,0008305	0,001474127
09/12/08	-0,000447663	-0,009622869	-0,014289357	0,000844667
10/12/08	0,003183598	-0,000318895	-0,00556189	0,001939487
11/12/08	0,001903271	0,003861456	0,001979495	0,001194555
12/12/08	0,000490429	-0,000482124	0,001766859	0,000696783
15/12/08	0,000879579	0,000590338	0,00406698	0,000775846
16/12/08	0,000124595	-0,002338269	-0,004285887	0,000351909
17/12/08	0,005365457	0,018555285	0,024171933	0,001976789
18/12/08	0,004102489	0,015846824	0,026329481	0,001435676
19/12/08	0	0	0	0
22/12/08	0,001541238	0,006571036	0,012494149	0,00074412
23/12/08	0,001000287	0,008128207	0,01122777	0,001012858
24/12/08	0,000466391	0,000508475	0,000513498	0,000467704
26/12/08	0,000651324	0,002179021	0,003763923	0,000737219
29/12/08	0,000482724	0,005828333	0,007032539	0,000588311
30/12/08	0,002610415	0,010234446	0,008980419	0,001010087
31/12/08	0,000459505	0,00049096	0,00049952	0,00046277
02/01/09	-0,048193879	-0,04865492	-0,046608821	0,000365699
05/01/09	0,001745462	0,010568388	0,021193602	0,000723413
06/01/09	0,001741928	0,002003488	0,002063354	0,00096523
07/01/09	-0,000849211	-0,008922143	-0,013119614	0,000435105
08/01/09	0,002978049	0,003336353	0,00374453	0,001535112

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
09/01/09	0,004259107	0,010911264	0,014975615	0,001774677
12/01/09	0,000458227	0,002642534	0,000933534	0,000780655
13/01/09	0,002098787	0,00594921	0,00647733	0,000748364
14/01/09	-0,001267964	-0,007804971	-0,013344814	0,000192342
15/01/09	0,002707568	-0,001521026	-0,002869149	0,001011404
16/01/09	-1,97623E-05	-0,000496252	-0,001996763	0,000416952
19/01/09	0,00188275	0,010591606	0,014374104	0,000708504
20/01/09	0,001381981	0,002360703	0,000463628	0,000946277
21/01/09	0,001566662	-0,003836459	-0,008404851	0,001163726
22/01/09	0,001124149	-0,000396391	-4,32773E-05	0,00131207
23/01/09	-0,00250762	-0,010244214	-0,016082653	-0,000287549
26/01/09	-0,001709679	-0,011937423	-0,018777355	-0,00012951
27/01/09	0,002596113	0,006199129	0,01518028	0,000995427
28/01/09	0,000916585	0,005007304	0,011501798	0,000624553
29/01/09	-0,001199522	-0,01139925	-0,013252988	5,59422E-05
30/01/09	0,001590992	0,013386025	0,019216361	0,001074038
02/02/09	0,001616162	0,006959227	0,007995895	0,000853347
03/02/09	0,001718556	0,001467689	0,005119807	0,000754942
04/02/09	-0,000658514	-0,006712796	-0,010775738	0,000368565
05/02/09	-3,98675E-05	-0,00344327	-0,005263163	0,000182721
06/02/09	0,001460788	0,00147088	0,001233748	0,000658688
09/02/09	-0,001075806	-0,004418922	-0,010235471	-0,000112599
10/02/09	8,22395E-05	-0,00416583	-0,008312802	0,000419861
11/02/09	0,000636658	0,004729543	0,002319362	0,000517399
12/02/09	-0,000350434	-0,003823008	-0,004119357	9,6949E-05
13/02/09	0,001913801	0,010580394	0,021248375	0,001080012
16/02/09	0,000665662	-0,001263495	-0,002014486	0,000664461
17/02/09	0,000522216	-0,001207324	-0,004692709	0,000711259
18/02/09	-8,88341E-06	0,000328634	0,000361092	0,00029662
19/02/09	0,002452312	0,008584493	0,011283171	0,000716957
20/02/09	-0,000159402	-0,004474515	-0,006418555	0,00051138
25/02/09	0,001422983	0,001073389	-0,001761493	0,000745289
26/02/09	0,002440071	0,007627342	0,008793017	0,001067144
27/02/09	0,00186264	0,005883143	0,007056772	0,000933344
02/03/09	-4,03818E-05	0,004924234	0,004970907	0,000324951
03/03/09	-0,000387712	0,001245491	0,005907736	0,000196235
04/03/09	9,51866E-05	-0,005795998	-0,005792346	0,00047335
05/03/09	0,001460326	0,004441778	0,004946564	0,000653066
06/03/09	0,003661261	0,001094011	0,001369548	0,00170404
09/03/09	0,002574587	0,002494539	0,001092847	0,001324634
10/03/09	0,001500137	0,009685719	0,015378238	0,000760102
11/03/09	0,001568828	0,004075686	0,00474912	0,000986524
12/03/09	0,000945471	-0,001743733	-0,004237591	0,00058849
13/03/09	-0,001467869	-0,005967679	-0,006994498	4,73394E-05
16/03/09	0,000601851	-0,00196016	-0,00276862	0,000572179
17/03/09	0,000676472	-6,75131E-05	0,000324738	0,00045369
18/03/09	0,002411672	0,011775765	0,02108718	0,000849927
19/03/09	0,001315583	-0,002435194	-0,004663749	0,000776835
20/03/09	0,000695476	0,000942148	-0,000215927	0,000795471
23/03/09	-0,000298175	0,000235976	-0,001912135	0,000364289
24/03/09	-0,00170077	-0,005074096	-0,003874066	-0,000161949
25/03/09	0,000828295	0,004549853	0,002735746	0,000646381
26/03/09	0,001282369	0,006372645	0,007387427	0,000713773
27/03/09	-0,00072813	-0,000589679	-0,000390983	7,62555E-05

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
30/03/09	0,000488348	0,001756961	0,000587669	0,000794341
31/03/09	0,000685957	-0,002072081	-0,00343852	0,000611157
01/04/09	0,000552195	0,001562719	0,002965261	0,000511081
02/04/09	-0,000637961	-0,005682968	-0,006067288	-0,000123336
03/04/09	-0,000458334	-0,00498492	-0,006930792	0,000318409
06/04/09	0,001472305	0,001388064	-0,000359639	0,000522182
07/04/09	0,000434506	-0,001188868	-0,003701583	0,000511952
08/04/09	0,000221175	-0,006716325	-0,008670236	0,000546913
09/04/09	0,000693634	0,001878823	0,002022107	0,000610037
13/04/09	0,000196884	-0,003169994	-0,004171401	0,000334447
14/04/09	0,001334166	0,010682622	0,016748115	0,000546129
15/04/09	0,001192225	-0,001885663	-0,001530948	0,000672704
16/04/09	-0,000527008	-0,002533922	-0,005184235	-0,000102716
17/04/09	-0,001722592	-0,00884015	-0,012794086	-0,0001352
20/04/09	0,000123046	0,001089482	-0,000407483	0,000315325
22/04/09	0,001643369	0,008400709	0,011578608	0,000780572
23/04/09	0,000409388	0,001035165	0,000100193	0,000382496
24/04/09	-0,000547806	-0,000957716	-0,005344308	-7,00077E-05
27/04/09	0,000302077	-0,0039939	-0,005443633	0,000573619
28/04/09	0,001688027	0,003960467	0,004350364	0,0007036
29/04/09	0,000494699	0,002389152	0,003794275	0,000370412
30/04/09	0,000649964	-0,002967954	-0,005517096	0,000638386
04/05/09	0,000387581	0,005735479	0,010234628	0,000299435
05/05/09	0,000511894	0,000312329	0,00173749	0,000467752
06/05/09	0,000678172	0,001856486	0,003219411	0,000520461
07/05/09	0,001931664	0,001743145	0,002011311	0,000611902
08/05/09	0,001453571	-0,002004795	-0,003313671	0,000458914
11/05/09	0,001353015	0,002393384	0,002546784	0,000520012
12/05/09	0,000847359	0,004195246	0,00598739	0,000409467
13/05/09	0,000862446	0,001696152	0,002209031	0,000503578
14/05/09	0,000881219	0,000800888	0,000651705	0,000540573
15/05/09	0,000239838	0,00786129	0,016160738	0,00034682
18/05/09	0,000937507	0,004679843	0,009478328	0,000446948
19/05/09	0,000350885	0,000226896	0,00141501	0,000452745
20/05/09	0,000745476	0,004739161	0,008268355	0,000521033
21/05/09	-0,000849918	-0,008020444	-0,005743304	0,000157444
22/05/09	0,000487403	0,005937545	0,003790208	0,000318529
25/05/09	0,000993987	0,00450462	0,004413689	0,000502495
26/05/09	0,000813056	0,002931746	0,000631653	0,000514756
27/05/09	-0,000184107	-0,006755255	-0,003940324	0,000457085
28/05/09	0,000331306	0,001207053	-0,003106136	0,000327114
29/05/09	0,000799885	0,003040271	0,004087247	0,000475184
01/06/09	0,001365353	0,002807363	0,000532096	0,00059958
02/06/09	0,000295663	0,000257545	-0,002595306	0,000451034
03/06/09	0,000435626	-0,003394561	-0,002397422	0,000410561
04/06/09	0,000662663	0,000898264	0,001097751	0,000378064
05/06/09	-0,001015492	-0,006007133	-0,005890888	0,000231972
08/06/09	-0,000532126	-0,004107224	-0,005523839	0,000259285
09/06/09	-0,002165253	-0,008468167	-0,01408558	2,40572E-05
10/06/09	0,000534609	-0,000232268	0,001058156	0,000473819
12/06/09	0,003233844	0,00163267	0,003740951	0,00123163
15/06/09	0,000785409	0,000559645	-0,002686108	0,000376601
16/06/09	0,00112861	0,006541174	0,008315477	0,000389843
17/06/09	0,000738686	-0,000419825	-0,001659209	0,000417826

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
18/06/09	-0,000151151	-0,004570349	-0,007344555	0,000450056
19/06/09	3,66108E-05	-0,000709317	-0,001709934	0,000336763
22/06/09	0,000337205	0,00391064	0,002825915	0,000358082
23/06/09	0,001226873	0,005671941	0,003361142	0,000386539
24/06/09	0,000679009	0,000718295	0,002233694	0,000370418
25/06/09	0,000160668	0,002881003	0,004216578	0,00029986
26/06/09	0,000707626	0,003235878	0,00160883	0,000421399
29/06/09	-0,000149298	-0,009261998	-0,01463385	0,00027686
30/06/09	0,000448517	-0,001522186	0,000791868	0,000345533
01/07/09	-0,046927417	-0,04491549	-0,051808186	0,00036545
02/07/09	0,000868402	-0,000205211	-0,001923094	0,000348052
03/07/09	0,000629345	0,001018394	-0,000731182	0,000347273
06/07/09	0,00079444	-0,002073598	-0,003749822	0,000411155
07/07/09	0,000850646	0,003355335	0,002529498	0,000326503
08/07/09	0,000620351	-1,88863E-06	0,004459207	0,000377794
09/07/09	0,000345679	0,000456348	0,000478443	0,000335759
10/07/09	0,000618748	0,000896676	0,001426657	0,000421004
13/07/09	-0,000675417	-0,006991602	-0,004995699	0,000265271
14/07/09	0,001082533	0,006064364	0,007015587	0,000386354
15/07/09	0,000177142	-0,004741336	-0,007878635	0,000354453
16/07/09	0,000668573	-0,00253019	-0,001732391	0,00036772
17/07/09	0,000862076	0,001687863	0,000135503	0,000397817
20/07/09	0,000250693	0,002174147	0,002408251	0,000346443
21/07/09	0,000344932	0,002168354	0,002071522	0,000398217
22/07/09	0,000101877	0,000998169	0,001231981	0,000357669
23/07/09	-0,000877159	-0,000772907	-0,002019736	0,000312585
24/07/09	0,00076615	0,00485744	0,007842061	0,000348535
27/07/09	0,000598198	0,003731042	0,007821303	0,000347277
28/07/09	0,000342576	0,000564464	0,000510044	0,000312456
29/07/09	0,000594979	0,000755557	2,04645E-05	0,000346736
30/07/09	-0,000380203	-0,003825217	-0,007102832	0,000281904
31/07/09	0,000357769	-0,000972297	0,000887083	0,000321612
03/08/09	0,00041667	0,004953075	0,005807673	0,000337689
04/08/09	0,000421697	0,001042399	0,000924919	0,000317777
05/08/09	0,000233662	-0,002014399	-0,004787891	0,000326165
06/08/09	0,000587034	0,00217912	0,001334283	0,000346359
07/08/09	0,000220628	-0,001811404	-0,00275359	0,000322989
10/08/09	0	0	0	0
11/08/09	0,001243762	-0,001004612	-0,002524368	0,000669611
12/08/09	0,000355047	-6,82478E-05	0,002300895	0,000337203
13/08/09	0	0	0	0
14/08/09	0,001706634	0,004930675	0,006495978	0,000697478
17/08/09	0,000503996	0,002056776	0,004639627	0,000345379
18/08/09	0,000189239	-0,000669507	-0,000236169	0,000329698
19/08/09	0,000479426	-0,000494426	-0,001422431	0,000321686
20/08/09	0,000118316	-0,004920189	-0,007548036	0,000320193
21/08/09	3,17777E-05	-0,001874588	-0,001289412	0,000313796
24/08/09	0,000372107	0,003601272	0,003246207	0,000334577
25/08/09	0,000231399	0,001183574	0,001272502	0,000330392
26/08/09	0	0	0	0
27/08/09	0,000463847	0,002201692	0,001778876	0,000665362
28/08/09	5,34954E-05	-0,000494408	-0,0013505	0,000325605
31/08/09	0,000494981	0,00052026	0,00107406	0,000343205
01/09/09	0,000755803	0,001383478	0,001925813	0,000331163

DATA	NTNF01.07.2010	NTNF01.01.2014	NTNF01.01.2017	LTN01.10.2009
02/09/09	0,000410619	0,000528492	-0,001301075	0,000321406
03/09/09	0	0	0	0
04/09/09	0,001422776	0,002049749	0,001733748	0,001308234
08/09/09	-0,000439165	0,000815335	0,000758997	-0,00032987
09/09/09	0,000439165	-0,000815335	-0,000758997	0,00032987
10/09/09	0	0	0	0
11/09/09	0,000566199	-0,000142089	-0,000769995	0,000332261
14/09/09	0,00056751	0,001131851	0,000704125	0,000330779
15/09/09	0,000394741	0,000144007	-0,000798858	0,000662368
16/09/09	0	0	0	0
17/09/09	-0,000265795	-0,003916722	-0,003251941	0,000331312
18/09/09	0,000339702	5,15836E-05	0,004340569	0,00033283
21/09/09	0,000209594	0,002976163	0,003523945	0,000335424
22/09/09	0,000400384	-5,74159E-05	0,002264891	0,000662898
23/09/09	-0,000143455	0,000197376	-0,001150818	0,000334413
24/09/09	0,000205388	-0,003370578	-0,004359679	0,000326601
25/09/09	0,000138692	0,001777947	0,004823062	0,000329033
28/09/09	0,000379354	0,00402904	0,006152738	0,000328541
29/09/09	0,000561168	0,000517969	0,000130718	0,000331447
30/09/09	0,000240095	-0,000589663	-0,000641629	0,000330538

ANEXO B – PROGRAMAÇÃO VBA PARA CÁLCULO DO VAR PARAMÉTRICO PADRÃO

Sub Principal()

' área de definição de variáveis

Dim janela As Integer ' tamanho da janela para início do cálculo da volatilidade

Dim qt1 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 1

Dim qt2 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 2

Dim qt3 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 3

Dim qt4 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 4

Dim alfa As Single ' nível de significância = 1-nível de confiança

Dim du As Integer ' dias úteis futuros para a previsão do V@r

Dim z As Single ' número de desvios da normal padrão

Dim tamCOV As Integer ' tamanho da matriz quadrada de covariâncias

Dim tames As Integer ' tamanho da matriz de pesos relativos dos ativos

Dim i As Integer ' variável auxiliar para loops

Dim j As Integer ' variável auxiliar para loops

Dim vlrcart As Double ' valor total da carteira

Dim MatCov(1 To 4, 1 To 4) As Double ' define a matriz de covariância

Dim MatWt(1, 1 To 4) As Double ' define a matriz de peso transposta

Dim MatW(1 To 4, 1) As Double ' define a matriz de peso

Dim Max As Integer ' define o número máximo de iterações

Dim itera As Integer ' variável para controlar as iterações

Dim ValorInicial As Double ' guarda o valor inicial da carteira

Dim ValorFinal As Double ' guarda o valor final da carteira

tames = 4 ' ajustando o tamanho da matriz de peso para quatro

' Ativar a planilha de dados simulados para executar a simulação
Worksheets("Principal").Activate

' limpar a área de impressão a cada simulação

Rows("570:40909").Select

Range("A570").Activate

Selection.ClearContents

' capturar dados da planilha

janela = Range("B2").Value

qt1 = Range("B3").Value

qt2 = Range("B4").Value

```

qt3 = Range("B5").Value
qt4 = Range("B6").Value
alfa = Range("B7").Value
du = Range("B8").Value
z = Range("B9").Value

' Range("C2").Activate teste para escrever um valor em uma célula.
' Range("C2").Value = janela Idem

' posicionar na primeira linha e coluna dos pesos

Dim posicaoN As String
Dim posicaoM As String
Dim posicaoO As String
Dim posicaoP As String
Dim posicaoQ As String
Dim posicaoR As String
Dim posicaoR_VF As String

For itera = 1 To (552 - du - janela) ' loop principal

    ' posicaoInicial = "N" & 12 + itera ' inicia com a posição 13 e vai deslocando a
    ' cada iteração acho que é dispensável
    ' Range(posicaoInicial).Activate

    posicaoN = "N" & janela + 12 + itera 'janela + o deslocamento da primeira
    célula que tem os pesos
    posicaoO = "O" & janela + 12 + itera 'janela + o deslocamento da primeira
    célula que tem os pesos
    posicaoP = "P" & janela + 12 + itera 'janela + o deslocamento da primeira
    célula que tem os pesos
    posicaoQ = "Q" & janela + 12 + itera 'janela + o deslocamento da primeira
    célula que tem os pesos
    posicaoR = "R" & janela + 12 + itera 'janela + o deslocamento dos peso e vai
    retornar o valor inicial
    posicaoR_VF = "R" & janela + 12 + itera + du ' janela + desloca + dias úteis
    futuros para localizar o valor final

    Range(posicaoN).Activate ' posiciona para coletar os dados começa no 43 e
    vai andando a cada iteração

' montar a matriz de pesos em coluna e transposta

MatWt(1, 1) = Range(posicaoN).Value
MatWt(1, 2) = Range(posicaoO).Value
MatWt(1, 3) = Range(posicaoP).Value
MatWt(1, 4) = Range(posicaoQ).Value

```

```

MatW(1, 1) = MatWt(1, 1)
MatW(2, 1) = MatWt(1, 2)
MatW(3, 1) = MatWt(1, 3)
MatW(4, 1) = MatWt(1, 4)

'MsgBox MatWt(1, 1)
'MsgBox MatWt(1, 2)
'MsgBox MatWt(1, 3)
'MsgBox MatWt(1, 4)

ValorInicial = Range(posicaoR).Value
ValorFinal = Range(posicaoR_VF).Value

' preparando para calcular a matriz de covariâncias

Dim inicio As Integer
Dim fim As Integer

inicio = 13 + itera          ' começa na posição 14 e vai incrementando em
cada loop
fim = inicio + janela - 1   ' ajusta o fim ao tamanho da janela

Dim rangeh As String
rangeh = "H" & inicio & ":" & "H" & fim
Dim rangei As String
rangei = "I" & inicio & ":" & "I" & fim
Dim rangej As String
rangej = "J" & inicio & ":" & "J" & fim
Dim rangek As String
rangek = "K" & inicio & ":" & "K" & fim

' montar a matriz de covariância

Dim MyRange1 As Range
Set MyRange1 = Worksheets("Principal").Range(rangeh)
MatCov(1, 1) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange1, MyRange1)
' MsgBox MatCov(1, 1)

Dim MyRange2 As Range
Set MyRange2 = Worksheets("Principal").Range(rangei)
MatCov(2, 2) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange2, MyRange2)
' MsgBox MatCov(2, 2)

Dim MyRange3 As Range
Set MyRange3 = Worksheets("Principal").Range(rangej)
MatCov(3, 3) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange3, MyRange3)
' MsgBox MatCov(3, 3)

```

```

Dim MyRange4 As Range
Set MyRange4 = Worksheets("Principal").Range(range4)
MatCov(4, 4) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange4, MyRange4)
' MsgBox MatCov(4, 4)

```

```

MatCov(1, 2) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange1, MyRange2)
MatCov(2, 1) = MatCov(1, 2)
' MsgBox MatCov(2, 1)

```

```

MatCov(1, 3) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange1, MyRange3)
MatCov(3, 1) = MatCov(1, 3)
' MsgBox MatCov(3, 1)

```

```

MatCov(1, 4) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange1, MyRange4)
MatCov(4, 1) = MatCov(1, 4)
' MsgBox MatCov(4, 1)

```

```

MatCov(2, 3) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange2, MyRange3)
MatCov(3, 2) = MatCov(2, 3)
' MsgBox MatCov(3, 2)

```

```

MatCov(2, 4) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange2, MyRange4)
MatCov(4, 2) = MatCov(2, 4)
' MsgBox MatCov(4, 2)

```

```

MatCov(3, 4) = Application.WorksheetFunction.Covar(MyRange3, MyRange4)
MatCov(4, 3) = MatCov(3, 4)
' MsgBox MatCov(4, 3)

```

```

' obtendo a variância da carteira

```

```

' multiplicando matriz transposta pela matriz de covariância

```

```

Dim MatInterm(1, 1 To 4) As Double

```

```

Dim soma As Double

```

```

For i = 1 To 4

```

```

    soma = 0

```

```

    For j = 1 To 4

```

```

        soma = MatWt(1, j) * MatCov(j, i) + soma

```

```

    'MsgBox soma

```

```

    Next

```

```

    MatInterm(1, i) = soma

```

```

Next

```

```

' MsgBox MatInterm(1, 1)

```

```

' MsgBox MatInterm(1, 2)

```

```

' MsgBox MatInterm(1, 3)

```

```

' MsgBox MatInterm(1, 4)

```



```

' multiplicando a matriz intermediária pela matriz peso

Dim variancia As Double

variancia = 0

For i = 1 To 4
variancia = MatInterm(1, i) * MatW(i, 1) + variancia
Next

Dim VAR As Double
VAR = ValorInicial * z * Sqr(variancia) * Sqr(du)      ' cálculo do Valor em
risco

Dim Dif As Double
Dif = VAR - Abs(ValorFinal - ValorInicial)           ' cálculo da diferença entre
o VAR e o absoluto do real

' MsgBox variancia

' imprime os resultados

Application.Worksheets("Principal").Range("A570").Select      ' posiciona na
primeira célula da área de impressão
Cells(569 + itera, 1) = itera                               ' indexa a célula para que vá
colocando os dados linha a linha, do resultado da iteração
Cells(569 + itera, 2) = ValorInicial                       ' valor inicial
Cells(569 + itera, 3) = ValorFinal                         ' valor final
Cells(569 + itera, 4) = ValorFinal - ValorInicial         ' diferença entre valor
final e valor inicial
Cells(569 + itera, 5) = variancia                          ' variância
Cells(569 + itera, 6) = Sqr(variancia)                    ' desvio padrão
Cells(569 + itera, 7) = VAR                                ' valor em risco calculado
Cells(569 + itera, 8) = Dif                                ' diferença entre o valor em
risco calculado e diferença calculada

Next

End Sub

```

ANEXO C – PROGRAMAÇÃO VBA PARA CÁLCULO DO VAR PARAMÉTRICO EWMA

Sub Principal()

' área de definição de variáveis

Dim deslocalInicial As Integer ' tamanho da deslocalInicial para início do cálculo da volatilidade

Dim qt1 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 1

Dim qt2 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 2

Dim qt3 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 3

Dim qt4 As Integer ' quantidade de títulos do tipo 4

Dim alfa As Single ' nível de significância = 1-nível de confiança

Dim du As Integer ' dias úteis futuros para a previsão do V@r

Dim z As Single ' número de desvios da normal padrão

Dim tamCOV As Integer ' tamanho da matriz quadrada de covariâncias

Dim tamps As Integer ' tamanho da matriz de pesos relativos dos ativos

Dim i As Integer ' variável auxiliar para loops

Dim j As Integer ' variável auxiliar para loops

Dim t As Integer ' variável auxiliar para loops

Dim vlrcart As Double ' valor total da carteira

Dim lambda As Single ' fator de alizamento exponencial

Dim MatCov(1 To 4, 1 To 4) As Double ' define a matriz de covariância

Dim MatWt(1, 1 To 4) As Double ' define a matriz de peso transposta

Dim MatW(1 To 4, 1) As Double ' define a matriz de peso

Dim Max As Integer ' define o número máximo de iterações

Dim itera As Integer ' variável para controlar as iterações

Dim ValorInicial As Double ' guarda o valor inicial da carteira

Dim ValorFinal As Double ' guarda o valor final da carteira

tamps = 4 ' ajustando o tamanho da matriz de peso para quatro

' Ativar a planilha de dados simulados para executar a simulação
Worksheets("Principal").Activate

' limpar a área de impressão a cada simulação

Rows("573:40909").Select

Range("A573").Activate

Selection.ClearContents

' capturar dados da planilha

```

deslocalInicial = Range("B4").Value
qt1 = Range("B5").Value
qt2 = Range("B6").Value
qt3 = Range("B7").Value
qt4 = Range("B8").Value
alfa = Range("B9").Value
du = Range("B10").Value
z = Range("B11").Value
lambda = Range("B12").Value

```

' define variáveis para posicionar na primeira linha e coluna dos pesos

```

Dim posicaoN As String
Dim posicaoM As String
Dim posicaoO As String
Dim posicaoP As String
Dim posicaoInicial As String

```

For itera = 1 To (552 - du - deslocalInicial) ' loop principal

```

    posicaoN = "N" & 15 + deslocalInicial + itera           'deslocalInicial + o
    deslocamento da primeira célula que tem os pesos
    posicaoO = "O" & 15 + deslocalInicial + itera           'deslocalInicial + o
    deslocamento da primeira célula que tem os pesos
    posicaoP = "P" & 15 + deslocalInicial + itera           'deslocalInicial + o
    deslocamento da primeira célula que tem os pesos
    posicaoQ = "Q" & 15 + deslocalInicial + itera           'deslocalInicial + o
    deslocamento da primeira célula que tem os pesos
    posicaoR = "R" & 15 + deslocalInicial + itera           'deslocalInicial + o
    deslocamento dos peso e vai retornar o valor inicial
    posicaoR_VF = "R" & 15 + deslocalInicial + du + itera   ' deslocalInicial + desloca
    + dias úteis futuros para localizar o valor final

```

```

    Range(posicaoN).Activate      ' posiciona para coletar os dados começa no 46 e
    vai andando a cada iteração

```

' montar a matriz de pesos em coluna e transposta

```

MatWt(1, 1) = Range(posicaoN).Value
MatWt(1, 2) = Range(posicaoO).Value
MatWt(1, 3) = Range(posicaoP).Value
MatWt(1, 4) = Range(posicaoQ).Value

```

```

MatW(1, 1) = MatWt(1, 1)
MatW(2, 1) = MatWt(1, 2)

```

```
MatW(3, 1) = MatWt(1, 3)
MatW(4, 1) = MatWt(1, 4)
```

```
'MsgBox MatWt(1, 1)
'MsgBox MatWt(1, 2)
'MsgBox MatWt(1, 3)
'MsgBox MatWt(1, 4)
```

```
ValorInicial = Range(posicaoR).Value
ValorFinal = Range(posicaoR_VF).Value
```

```
' preparando para calcular a matriz de covariâncias pelo modelo EWMA
```

```
Dim tamanho As Integer
Dim cov As Double ' variável auxiliar para cálculo da covariância
tamanho = deslocaInicial + itera - 1 ' apura o tamanho de informações para
efetuar as multiplicações sucessivas
```

```
For i = 1 To 4 ' loop principal para o cálculo no número de covariância - no
caso matriz 4x4 por serem 4 ativos
```

```
For j = i To 4 ' loop secundário - como trata-se de uma matriz simétrica, não
há necessidade de efetuar o triângulo superior
cov = 0
```

```
For t = 1 To tamanho ' efetua os cálculos a cada janela - para EWMA os
dados só são incrementados e não excluídos
```

```
cov = (1 - lambda) * Worksheets("Principal").Cells(16 + t, 7 + i).Value _
* Worksheets("Principal").Cells(16 + t, 7 + j).Value _
+ lambda * cov
'MsgBox Worksheets("Principal").Cells(16 + t, 7 + i).Value
'MsgBox Worksheets("Principal").Cells(16 + t, 7 + j).Value
'MsgBox lambda
'MsgBox cov
```

```
Next t
```

```
MatCov(i, j) = cov
MatCov(j, i) = cov
'MsgBox MatCov(i, j)
'MsgBox MatCov(j, i)
Next j
```

```
Next i
```

```
' obtendo a variância da carteira
```

```
' multiplicando matriz transposta pela matriz de covariância
```



```
Cells(572 + itera, 8) = Dif  
risco calculado e diferença calculada
```

' diferença entre o valor em

```
Next
```

```
End Sub
```