

Avaliação da Metodologia *Value-At-Risk* Aplicada à Análise da Volatilidade de Títulos Públicos Federais Prefixados

Patrícia Mattos Goulart¹

RESUMO

A complexidade do mercado financeiro vem exigindo o desenvolvimento de técnicas que possibilitem avaliar o potencial de perdas. Torna-se, pois, fundamental avaliar a efetividade da metodologia *Value-at-Risk*, tendo em vista sua utilização por instituições e indicação pelos órgãos reguladores. O objetivo deste artigo foi verificar a eficácia dos modelos paramétricos, históricos e EWMA, a partir de uma carteira teórica composta por títulos públicos prefixados. Na validação dos resultados, foi realizado o teste *Kupiec* e, separadamente, analisadas as exceções negativas nas diferentes fases de volatilidade da crise *subprime*, período escolhido para a coleta da amostra. 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 por errar menos. Na análise efetuada em fases distintas da crise imobiliária, o modelo EWMA apresentou uma quantidade menor de erros. Pode-se concluir, no contexto desta pesquisa, que o modelo EWMA apresentou melhor desempenho, mas vale ressaltar que deve-se atentar para os diferentes interesses dos gestores e considerar as limitações de cada metodologia.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Risco; Títulos Públicos Prefixados; *Value-at-risk*.

ABSTRACT

The complexity of the stock market demands the development of techniques able to evaluate the potential of losses. Thus becomes essential to evaluate the effectiveness of the Value-at-Risk methodology, as institutions and regulatory agencies are using it. This study is aimed to verify the efficiency of the parametric, historical and EWMA models, using a theoretical portfolio composed of prefixed public bonds. To validate the results one realized the Kupiec test and also, separately, analyzed the negative exceptions in the various volatility phases of the sub prime crisis, being this period chosen for the collect of data. According to the Kupiec test, the standard model was more indicated than the EWMA one. But the rejections in the tests of the standard model were caused by it mistaking more than theoreticaly expected, and in the EWMA model tests, by mistaking less. In analyze done in various phases of the sub prime crisis, the EWMA model showed less errors. It may be concluded that, in the context of this study, the EWMA model showed better results, however one must pay attention to the differing interests of the managers and consider each methodology limitations.

KEY-WORDS: Risk Management; Prefixed Public Bonds; Value-at –Risk.

¹ Mestre em Administração, Faculdades Pedro Leopoldo – MG. E-mail: patricamattos@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

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.

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. 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.

Com o objetivo de 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, neste artigo foram realizados testes e comparações do cálculo do VaR a partir dessas metodologias 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.

Este artigo se dividiu em seis seções, incluindo-se a introdução. Na segunda seção, é feita uma breve discussão sobre conceitos teóricos relacionados ao risco e às metodologias da técnica VaR. Na terceira seção, é apresentada a metodologia de realização do estudo, seguida da análise de resultados, que se encontra na quarta seção. Por fim, na quinta e última seção, é apresentada a conclusão do estudo.

2 RISCO

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. Dessa 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 em uma medida de probabilidade (MOLLICA, 1999).

Os riscos podem ser classificados de formas distintas, conforme as fontes e a relação com o mercado, porém este artigo foca no 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).

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”.

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).

Percebe-se, pois, que cada vez mais, implantar sistemas e métodos cientificamente testados tornou-se imperativo para as instituições que buscam uma solução eficiente e de fácil assimilação. Dessa forma, nota-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.

3 A TÉCNICA *VALUE-AT-RISK*

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).

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”. 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.

O cálculo do VaR não é trivial, pois, envolve conceitos estatísticos nem sempre facilmente acessíveis, 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.

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.

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. 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. Nesse sentido, Jorion (2003, p. 26) afirma que “as medidas de VaR são úteis unicamente se os usuários entenderem 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 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 (ALEXANDER, 2008b).

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 grandes 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).

Já os modelos paramétricos empregam medidas estatísticas de probabilidade e correlação, sendo desvio-padrão e as covariâncias utilizados como medidas de comportamento entre os retornos dos ativos de uma carteira (SECURATO *et al.*, 2003).

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.

Tendo em vista que, neste estudo, foram testados os métodos paramétricos, serão discutidos conceitos sobre essas metodologias.

3.1 Modelos paramétricos da técnica VaR

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

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:

$$\boxed{VaR = X_0 (Z_{1-\alpha} \sigma - \mu)}$$

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):

$$\boxed{VaR_t^{10d} = V_{c,t} \cdot Z_{\alpha\%} \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{10}}$$

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

$Z_{\alpha\%}$ = quantil da distribuição normal 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. 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. Nesses casos, todos os retornos recebem pesos iguais, ignorando a ordenação dinâmica das observações. (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 ($\lambda - \alpha$), 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:

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

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 autoregressivo, 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. 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.

3.2 Validação de modelos

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.

O *Bank for International Settlements* (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.

Um dos testes de validação de modelo para o cálculo do VaR denomina-se teste de *Kupiec* (1995). 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. 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.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi baseada em uma abordagem quantitativa e descritiva quanto aos fins e, quanto aos meios, 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. A unidade de análise referiu-se ao risco de mercado e a unidade de observação a metodologias paramétricas da técnica *Value-at-Risk*.

No que tange às amostras, compostas de cotações diárias – expressas em preço unitário (PU)² – de quatro títulos prefixados do tesouro nacional brasileiro, que possuem significativa negociação no mercado, pois se observa a presença constante desses 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 Financeiras³. Os referidos títulos compuseram uma carteira teórica utilizada para efetuarem-se os testes de metodologias para o cálculo do VaR.

Para a composição da carteira teórica, consideraram-se 1.000 unidades de cada um dos títulos prefixados, conforme QUADRO 1, 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 1
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: Dados da pesquisa.

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. 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.

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.

² 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.

³ Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/hp/downloads/divida_publica/relatorio_nov09.pdf>. Acesso em: 19 out. 2009.

As metodologias para o cálculo do valor em risco basearam-se nos modelos: padrão, que considera para 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 dedicar 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*TM (1996), 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, nesse 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, dez e 21 dias úteis. Esses prazos foram escolhidos porque, para o dia seguinte, é importante a previsão do valor em risco; para dez 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 (1996), utilizou-se 95 e 99% unicaudal, sendo, então, o $Z_{\alpha\%}$ igual a 1,64 e 2,32, respectivamente.

O teste *Kupiec* (1995) foi aplicado em todos os cenários apurados, considerando-se todo o período da amostra.

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, nessa 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 financeiros e de capitais de todo o mundo; c) de fevereiro a setembro/2009: quando se nota a 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* (1995), pois o mesmo exige quantidade mínima de observações não existentes na amostra desses períodos supracitados.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a conversão dos PUs em retornos, foram percebidas algumas alterações significativas nas volatilidades desses títulos nas datas 02/01/2008, 01/07/2008, 02/01/2009 e 01/07/2009, que foram

identificadas como pagamentos de cupons semestrais, o que é uma característica dos títulos prefixados NTN-F, 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.

Foram observadas, também, 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) relação 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, pode 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.

A representação gráfica dos retornos dos quatro títulos no período de agosto/2008 a dezembro/2008 (GRÁF. 1), permite perceber comportamentos similares, mas com intensidades distintas dos instrumentos selecionados para a composição da carteira teórica

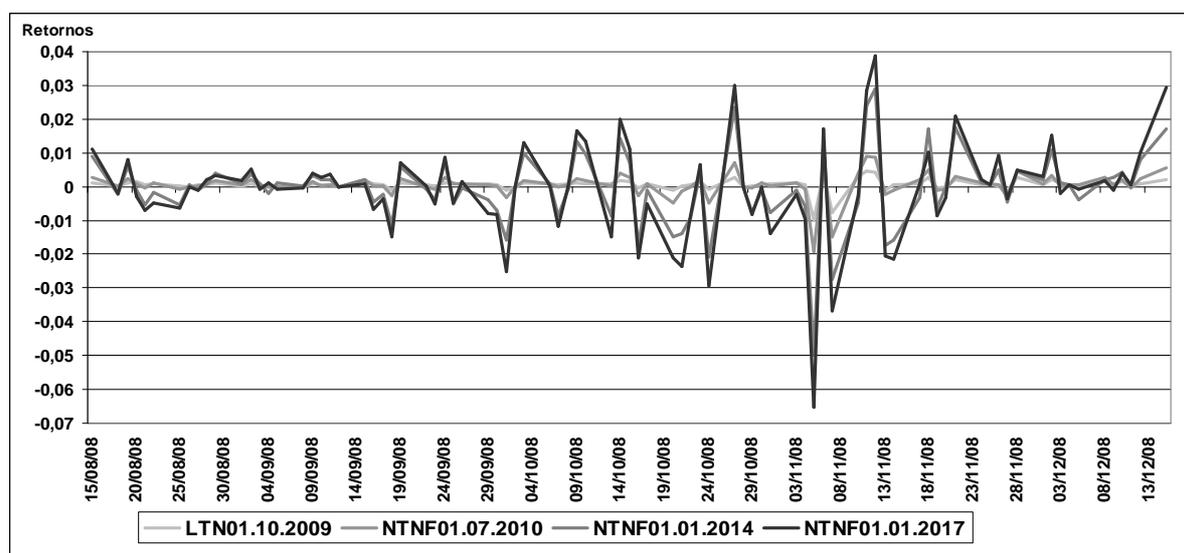


GRÁFICO 1 – Retornos dos títulos no período de alta volatilidade

Fonte: Dados da pesquisa.

Os testes empíricos 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* (1995) 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.

6 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, com a validação dos resultados a partir do teste *Kupiec* (1995).

A partir da indicação de aceitação ou rejeição da metodologia, resultante da aplicação do teste de *Kupiec* (1995), 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* (1995) que, se por um lado apresenta-se estatisticamente bem fundamentado, pode levar à 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 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.

Nesse sentido, justifica-se um segundo momento de análise, quando foi obtido o número de erros por fases da crise imobiliária, no contexto deste trabalho. Pode-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-se 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

- ALEXANDER, C. *Modelos de mercado: um guia para a análise de informações financeiras*. São Paulo: BM&F, 2005.
- ALEXANDER, C. *Value-at-risk models*. West Sussex: John Wiley & Sons, 2008b.
- ASSAF NETO, A. *Mercado financeiro*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS (BIS). Supervisory Framework for the use of “Backtesting” in conjunction with the internal models approach to market risk capital requirements. *Basel Committee on Naking Supervision*, janeiro de 1996. Disponível em: <http://www.bis.org>. Acesso em: 23 out. 2009.
- BREALEY, R. A.; MYRES, S. C.; ALLEN, F. *Princípios de finanças corporativas*. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.
- BROOKS, C. *Introductory econometrics for finance*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2002.
- DUARTE JÚNIOR, A. M. *et al. Gerenciamento de riscos corporativos: classificação, definições e exemplos*. 24 jan. 2000. Disponível em: <http://www.risktech.com.br/>. Acesso em: 10 out. 2009.
- JORION, P. *Value at risk: a nova fonte de referência para a gestão de risco financeiro*. 2 ed. São Paulo: BM&F, 2003.
- KUPIEC, P. Techniques for verifying the accuracy of risk management models. *Journal of Derivatives*, v. 3, p. 73-84, 1995.
- MOLLICA, M.A. *Uma avaliação de modelos de Value-at-Risk: comparação entre métodos tradicionais e modelos de variância condicional*. 1999. 92f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Departamento de Economia da Faculdade de Economia Administração e Contabilidade, Faculdade de São Paulo, 1999.
- MORGAN GUARANTY TRUST COMPANY & REUTERS LTD. *RiskMetrics: technical Document*. 4 ed. New York, NY, 1996.
- RISKMETRICSTM. *Manual*. 1996. Disponível em: <http://www.jpmorgan/riskmanagement>. Acesso em: jan. 2009.
- SECURATO, J. R. *Decisões financeiras em condições de risco*. São Paulo: Atlas, 1996.
- SILVA NETO, L. A. *Derivativos: definições, emprego e risco*. 3. ed. São Paulo: 1999.