

**Textos para
Discussão**

311

Julho
de 2012

**CEQEF
Working
Paper Series**

01

Julho
de 2012

**ANÁLISE DA ESTRUTURA DE DEPENDÊNCIA DA
VOLATILIDADE ENTRE SETORES DURANTE A CRISE DO
SUBPRIME**

**Pedro Luiz Valls Pereira
Bruno Pontes de Arruda**



Os artigos dos *Textos para Discussão da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas* são de inteira responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a opinião da FGV-EESP. É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos, desde que creditada a fonte.

Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas FGV-EESP
www.eesp.fgv.br

Análise da estrutura de dependência da volatilidade entre setores durante a crise do Subprime

Bruno Pontes de Arruda*
CEQEF e EESP-FGV

Pedro Luiz Valls Pereira†
CEQEF e EESP-FGV

2 de Abril de 2012

Resumo

Este estudo testa a hipótese de contágio entre setores da economia dos Estados Unidos durante a crise do Subprime. A metodologia econométrica baseia-se em modelos de correlações condicionais dinâmicas e na aplicação de testes LM robustos para testar a presença de quebras estruturais na estrutura de dependência das séries. Eventos considerados relevantes para o desfecho da crise do Subprime, assim como interações entre momentos das próprias séries foram utilizados para identificar as quebras de interesse. A principal conclusão deste trabalho é que houve contágio relacionado a praticamente todos os indicadores entre os setores dos Estados Unidos. Desta forma, temos que a estrutura de dependência entre os setores da economia supracitada se alterou no decorrer dos eventos de 2007 e 2008. Sendo assim, a prática de diversificação de carteiras e, em geral, toda a análise de risco inerente à gestão de investimentos pode ter sido distorcida, levando gestores e fundos à decisões equivocadas com base em suas limitações e diretrizes de investimento.

*Escola de Economia de São Paulo e Centro de Estudos Quantitativos em Economia e Finanças, FGV, São Paulo. Contato: bruno.arruda@gymail.br.

†Escola de Economia de São Paulo e Centro de Estudos Quantitativos em Economia e Finanças, FGV, São Paulo. Contato: pedro.valls@fgv.br.

1 Introdução

A crescente integração dos mercados financeiros globais, aliada à vasta mobilidade de capitais observada na maioria das economias desenvolvidas, tem criado inúmeros canais de transmissão de choques econômicos, ampliando a intensidade e a área de propagação de crises financeiras. Como visto na recente crise financeira global, que teve seu início na securitização de títulos de hipoteca de alto risco nos Estados Unidos, um número relativamente pequeno de produtos financeiros transacionados em um mercado específico pode gerar efeitos catastróficos em variáveis econômicas reais de diversos países teoricamente não relacionados com o problema em questão.

Sendo assim, um tópico de extrema relevância para a análise de investimentos é o mapeamento da estrutura de dependência entre agrupamentos de ativos financeiros. A maior parte da literatura existente sobre este fenômeno se propõe a mapear a estrutura de dependência entre mercados de países distintos, testando a ocorrência de mudanças (decorrentes de crises financeiras) nesta estrutura. Entretanto, um problema que permanece pouco explorado na literatura de finanças diz respeito à existência de canais de propagação entre agrupamentos menores de ativos financeiros. O presente estudo visa mapear a estrutura de dependência da volatilidade entre setores da economia dos Estados Unidos durante a crise do Subprime. Além disso, será testada aqui a hipótese de *contágio*, que será propriamente definida no que se segue.

A década de 90 e a década que se seguiu foram marcadas por diversas crises financeiras de proporções mundiais. No entanto, apesar da disseminação dos efeitos negativos de tais eventos, as causas, em geral, eram restritas a uma economia ou bloco econômico restrito. Como exemplos podemos citar as crises do México em 1994, da Rússia em 1998, de Hong Kong também em 1998 e o colapso do currency board argentino em 2001. Todas estas crises tiveram suas origens em variáveis reais ou instrumentos financeiros específicos de cada uma das regiões de interesse. Entretanto, os efeitos destes choques se espalharam por mercados de capitais previamente consolidados, gerando abalos em variáveis econômicas de países do mundo todo.

Apesar das diversas crises supracitadas, algumas particularidades da crise do *subprime* a tornam muito diferente das demais. Primeiramente, temos que não tratou-se de uma bolha especulativa como a crise desencadeada no início dos anos 2000 no mercado dos Estados Unidos (a chamada *tech bubble*), mas sim de uma bolha de crédito. A securitização de empréstimos de alto risco gerou inúmeros problemas de *moral hazard* que acabaram por postergar o desfecho observado em 2008. Com isso a confiança na qualidade do crédito disponível no mercado dos Estados Unidos ficou abalado, assim como a confiança dos investidores locais e internacionais na avaliação de ativos por parte das agências de *rating*, que mostraram-se de certa forma extremamente defasadas em relação aos rumos que a crise estava tomando.

A ligação direta entre a oferta de crédito e as opções de financiamento de operações (e projetos) das empresas atuantes no mercado em questão teoricamente deveria agravar os efeitos de uma crise financeira como esta. Sendo assim, espera-se que seja verificada alguma mudança na estrutura de dependência entre todos os setores e o setor financeiro, responsável por prover financiamento para as diversas áreas da economia. Por outro lado os simples movimentos de compra e venda de ativos por parte dos investidores podem ter afetado o referido mercado, sem apresentar nenhuma relação com os fundamentos das empresas em

questão (por exemplo os movimentos de *firesale* observados em setembro de 2008). Desta forma temos que o padrão de comportamento exibido por cada setor do mercado não é trivial, assim como os efeitos gerados em outros mercados internacionais. Este estudo busca entender como se deu a transmissão de volatilidade entre tais setores e os motivos pelos quais determinados padrões mostraram-se dominantes.

2 Contágio Financeiro

A literatura existente sobre transmissão de choques decorrentes de crises financeiras trata a análise de contágio de forma análoga à análise epidemiológica. Um choque específico propaga-se como um vírus, levando à uma epidemia de efeitos negativos diferentes dos que seriam observados em uma situação de propagação “normal” de choques. Desta forma, tais resultantes excedem em magnitude e área de propagação à natural transmissão de choques inerente à integração dos mercados financeiros. Diversas definições de contágio podem ser encontradas na literatura de econometria de finanças. Neste estudo, assim como em Frank *et al.* (2008) e outros, contágio será definido como uma mudança estrutural no mecanismo de propagação de choques decorrentes de um determinado evento, ou grupo de eventos, associados a uma determinada crise financeira. Para testar a hipótese de contágio diretamente, serão aplicados testes de quebras estruturais às séries de correlações condicionais estimadas para as séries de interesse. Quando verificado algum tipo de quebra estrutural decorrente da informação contida nas séries indicadoras (que serão propriamente definidas na seção 3, mas que em linhas gerais correspondem a indicadores de crise financeira) será confirmada a hipótese de contágio.

2.1 Contágio Financeiro Entre Setores

Primeiramente, Anderson et al. (2010) apresentam um modelo de mudança de regimes para modelar a propagação da bolha do setor de tecnologia formada a partir de 1990. Diferentemente da crise do subprime, a crise em questão (que teve seu colapso no ano 2000) é considerada uma bolha especulativa. Os autores identificam bolhas especulativas em mais de 70% dos ativos analisados (montante bem superior ao número de ativos diretamente relacionados com o setor de tecnologia). Desta forma, concluem que a grande maioria dos setores de uma economia passam-se a comportar de maneira semelhante na presença de uma bolha especulativa, mesmo que esta seja restrita a um determinado setor. Os autores ainda atribuem este fenômeno ao fato de apenas alguns setores de mercado utilizarem modelos de dividendos para precificar os ativos de interesse. Diversos artigos e livros texto na área de valuation, e.g. Koller *et al.* (2010) utilizam a crise de 2000 como exemplo de má avaliação de empresas: por se tratar de um setor enfrentando um crescimento sem precedentes, não é razoável projetar crescimentos de vendas e retornos sobre investimento nunca antes vistos em nenhum setor da economia. Além disso, é ainda menos razoável incluir qualquer informação ou série derivada deste setor como driver de crescimento (ou mercado) em modelos de dividendos para avaliação de outros setores. Assim, a conclusão dos autores é que não houve contágio decorrente do crash de 2000. Entretanto, a propagação de efeitos negativos se deu por meio da transmissão da bolha por meio de fundamentos dos demais mercados.

Coudert & Gex (2010) atribuem a transmissão de choques dentro de uma economia ao setor de crédito; em particular à derivativos. Tendo em vista a sequência de eventos ocorridos na crise do subprime, os autores acreditam que determinados choques, como a crise nos prêmios de risco das montadoras General Motors e Ford ocorrida em 2005, iniciam um efeito cascata no mercado de Credit Default Swaps (CDS) que se propagam para fundos de pensão, hedge funds e instituições financeiras em geral, que por sua vez transmitem tais choques para os investidores e, em última instância, diretamente para a economia real. Um anúncio de perdas por parte de uma companhia de grande porte pode levar (e levou no caso da crise do subprime) agências de rating a rebaixar notas nos CDS. A baixa regulação do mercado secundário de tais produtos permite às companhias de seguros se alavancarem diversas vezes nos empréstimos realizados, na medida em que fundos de investimento tratam tais contratos como instrumentos de gambling. Desta forma, como verificado pelos autores, que identificam um aumento de 100% no prêmio de risco do índice do mercado de CDS, um choque bastante específico pode ser transmitido de maneira rápida e intensa a todo o mercado de derivativos de crédito.

Ainda com respeito à transmissão de choques via instrumentos de crédito, Jorion & Zhang (2009) ainda apontam para eventos como o da General Motors como triggers de aumentos em counterparty risks para diversos setores, na medida em que há mudanças nas expectativas dos investidores (do tipo wake up calls, resultantes de possíveis downgrades por parte de agências de rating como os observados nos eventos supracitados). Também é possível que tais wake up calls desencadeiem efeitos manada por parte de investidores. Esta explicação pode até ser considerada plausível no caso de investidores individuais, entretanto o impacto destes sobre os preços de ativos não seria significativo, ainda mais no mercado secundário de CDS.

Phylaktis & Xia (2011) identificam a estrutura de dependência dos setores de diversas economias com índices de mercado dos Estados Unidos. Os autores mostram que os setores das economias asiáticas, em geral, são mais correlacionados com o desempenho da economia dos EUA. Em contrapartida, os mercados da América Latina mostram-se mais dependentes da economia local, i.e. são mais correlacionados com o índice regional de mercado. Os autores ainda identificam setores que são naturalmente mais dependentes da economia doméstica, e.g. setor de bens de consumo; e setores que são mais dependentes da economia mundial, e.g. setor de tecnologia.

2.1.1 Diversificação na Presença de Contágio entre Setores

Tradicionalmente, a formulação de portfólios contendo ativos de diferentes mercados tem sido uma estratégia bem sucedida de diversificação, diminuído o risco de carteiras a níveis abaixo do risco sistêmico de uma economia. Estudos como Lessard (1974), Heston & Rouwenhorst (1995) e Griffin & Karolyi (1998) apontam para country effects como principais drivers para movimentos de preço de ativos em diferentes mercados. Assim, gestores tinham incentivo para formular carteiras multimercados. Entretanto, alguns estudos mais recentes como Flavin (2004), Brooks & Del Negro (2004) e Phylaktis & Xia (2006a, 2006b) apontam para uma recente inversão de papéis nos drivers em questão. Evidências empíricas apresentadas em tais estudos mostram que efeitos em nível de indústria industrial effects, têm sido mais relevantes para prever flutuações em mercados financeiros do que os country effects usual-

mente considerados responsáveis por movimentos nos preços dos ativos. Sendo assim, um pool eficaz de diversificação de portfólios pode ser encontrado dentro de um determinado mercado. Entretanto, assim como notado em diversos estudos, os riscos da diversificação entre países encontram seu par regional.

2.1.2 Canais de Transmissão

Um tópico importante na análise de contágio é a identificação do canal de propagação, ou vetor de transmissão, dos choques de interesse. Existem diversos canais possíveis, mas algumas teorias mostram-se mais bem estruturadas que outras, formando de certa forma um *pool* de possibilidades geralmente aceitos como transmissores de efeitos negativos. Forbes & Rigobon (2002) enumeram diversos canais de transmissão de choques como alterações em fundamentos macroeconômicos, crises de liquidez e fatores comportamentais dos investidores.

Outra vertente da análise de contágio considera que os principais canais de propagação derivam diretamente de problemas de informação, afetando indiretamente a economia. Entre estes modelos, podemos salientar aqueles que tratam da existência de equilíbrios múltiplos, e apontam para os chamados *sunspots* como responsáveis por induzir mudanças de estado por meio da expectativa de investidores ou autoridades monetárias. King & Wadhvani (1990) desenvolvem um modelo em que choques são transmitidos entre mercados na medida em que investidores racionais observam efeitos de choques em mercados internacionais e tentam extrair informações relevantes para o preço dos ativos negociados em seu mercado doméstico. Este estudo está relacionado com alguns outros que postulam que a chegada de informação pode levar ao contágio entre mercados por meio de rebalanceamento de carteiras de investimento. Masson (1998) apresenta um modelo de balanço de pagamentos que pode levar a existência de múltiplos equilíbrios. Em Masson (1999) o autor ainda apresenta uma breve revisão da literatura desta classe de modelos, explorando os meios pelos quais os chamados *sunspots* podem alterar os equilíbrios de uma determinada economia.

Diversos estudos atribuem a transmissão de crises entre mercados financeiros a problemas de liquidez enfrentados por investidores institucionais que possuem ativos em diversos mercados. Desta forma, na medida em que ocorrem perdas em um determinado mercado, principalmente tratando-se de perdas sobre posições alavancadas, investidores precisam levantar capital em outros mercados para liquidar suas obrigações. Se este movimento for intenso, temos que os ativos afetados no mercado provedor de liquidez sofrerão perdas de valor. Se este fenómeno for suficientemente grande, temos que tal crise de liquidez pode ser entendida como um choque sistêmico. Kiyotaki & Moore (2002) apresentam um modelo pelo qual perdas em mercados financeiros são transmitidos ao balanço de empresas que detêm tais ativos. Desta forma, teríamos um canal direto de transmissão, sendo um efeito do tipo *market-to-book*.

Allen & Gale (2000) desenvolvem um modelo microeconômico para explicar o fenómeno de contágio financeiro através da liquidação de posições por parte de bancos.¹ Neste modelo,

¹Os autores assumem que não há assimetria de informação entre os agentes de mercados distintos, enfatizando a importância da suposição de eficiência (informacional, ou fraca) dos mercados de interesse. Sem esta hipótese, temos que choques negativos em um ativo podem fornecer informação relevante para a previsão de preço de outros ativos. Sendo assim, o choque seria transmitido por conta das reformulações resultantes, sendo assim impossível de isolar o efeito do choque de liquidez sobre os mercados de interesse.

sempre que os mercados interbancários são incompletos e a dependência prévia é alta, o equilíbrio do modelo implica em contágio, uma vez que os bancos não podem transferir depósitos entre mercados. Sendo assim, ao enfrentarem perdas em um mercado, precisam liquidar posições em outros para se recapitalizar. Desta forma, temos que tais eventos implicam em choques negativos de liquidez aos mercados afetados posteriormente.² Derviz & Podpiera (2007) identificam o setor bancário como causador da propagação de choques negativos decorrentes de crises em setores específicos de uma economia. A análise dos autores baseia-se na rede de empréstimos e financiamento de operações para empresas de um determinado setor e na complexa rede gerencial de instituições bancárias multinacionais. Em particular, os autores analisam duas fricções: delegação gerencial nas filiais e a sensibilidade com relação ao limite que levaria a problemas de insolvência. Com relação ao primeiro efeito, temos que se uma unidade da instituição sofre um choque de liquidez e um potencial problema de insolvência em algum mercado em crise, é natural que ocorram transferências de recursos entre mercados (para saldar uma eventual corrida bancária). Mesmo que esse mecanismo não ocorra de fato, espera-se uma recentralização na gestão de filiais. Desta forma a instituição abre mão dos gestores regionais e, conseqüentemente, de parte dos retornos de suas carteiras. Além disso, os autores salientam que bancos próximos ao limite de liquidação comportam-se de maneira mais conservadora do que em períodos de calma. Sendo assim, a disponibilidade de crédito para o mercado afetado fica indiretamente reduzida. Kodres & Pritsker (2002) argumentam que investidores que sofrem perdas em um determinado mercado liquidam posições em outros por conta de exigências adicionais de colateral, necessidades de encerrar posições alavancadas e mesmo para rebalancear sua carteira de ativos. Estes resultados também são obtidos por Brunnermeier & Pederson (2009). Outros artigos que atribuem o contágio financeiro a choques de liquidez são, por exemplo, Frank et al. (2008, 2009), Longstaff (2010); entretanto, seus resultados serão comentados na próxima seção, por tratarem especificamente da crise do subprime. Em linhas gerais, estes artigos enfatizam o choque de liquidez observado no mercado secundário de CDOs emitidos sobre hipotecas como principal vetor de contágio para outros setores da economia dos Estados Unidos. Vayanos (2004) apresenta um modelo em que gestores de fundos liquidam suas posições diante de uma determinada performance negativa, e.g. aquela induzida por um colapso de uma determinada classe de ativos ou de um mercado. Diante desta situação, o autor mostra que os investidores se tornam mais aversos ao risco, os ativos com baixa liquidez tornam-se mais correlacionados com o mercado de interesse (podendo amplificar os efeitos negativos) e os “prêmios por liquidez” aumentam. Sendo assim, os prêmios de risco de equilíbrio de um determinado mercado aumentam significativamente. Como consequência deste fato, o rebalanceamento de carteiras multi-mercados pode levar ao contágio de crises financeiras.³

²Note que neste modelo, o canal de transmissão se dá entre instituições financeiras intermediárias, no caso bancos com atividades em varejo.

³O autor ainda mostra que o cenário resultante é bastante condizente com aquele verificado durante a ocorrência de contágio, na medida em que a correlação entre ativos aumenta como consequência do choque descrito.

2.1.3 O Caso do Subprime

Para identificar os meios de propagação da crise mundial deflagrada em 2008, é necessário entender os motivos que causaram a crise regional no mercado dos Estados Unidos. Diferentemente de outras crises originadas do colapso de bolhas especulativas, a bolha de crédito que antecedeu a crise do Subprime não foi caracterizada por altos preços nos ativos atrelados a alta volatilidade e grandes volumes de transações. Sendo assim, caso seja verificada a ocorrência de contágio entre setores nas economias de interesse, não parece razoável atribuir a responsabilidade da propagação de efeitos negativos aos mesmos fatores observados em crises financeiras anteriores sem antes um estudo mais detalhado sobre os motivos fundamentais do colapso ocorrido em 2007. Esta seção apresenta alguns estudos referentes à crise do Subprime.

Hong & Sraer (2011), por exemplo, denominam o evento associado à crise de interesse como uma bolha silenciosa (*Quiet Bubble*). Segundo os autores, a crise do Subprime não se tratou de uma bolha especulativa, que seria marcada pelas características supracitadas, mas sim de uma bolha de crédito formada a partir de expectativas irrealistas e alavancagem excessiva. Segundo os autores, o otimismo extremo com relação à qualidade do crédito no mercado imobiliário dos Estados Unidos no período de interesse aliado à ampla possibilidade e baixo custo de alavancar posições referentes aos *CDOs* associados ao mercado de hipotecas foi responsável pelo aumento no preço dos ativos. Entretanto, o modelo apresentado no artigo mostra que a baixa opção de venda dos títulos de interesse mantém a volatilidade de preço e o volume de transação baixos. Em um segundo momento, um choque negativo nos fundamentos da economia, desencadeado pelo *default* maciço de *CDOs*, faz com que a assimetria na distribuição das crenças sobre os riscos de *default* se torne muito mais relevante na precificação de instrumentos derivativos de crédito. Por conta disso, o padrão silencioso da bolha é rapidamente substituído por períodos de alta volatilidade nos preços. Este período culmina no rompimento da bolha e, conseqüentemente, no desfecho observado. Analisando os *spreads* de *Credit Default Swap* emitidos para instituições financeiras com alta exposição aos *CDOs* atrelados a hipotecas, que eram considerados *toxic assets*, temos que a volatilidade dos *spreads* se manteve baixa até meados 2007, com taxas inferiores a 0.1%. Este fato suporta a teoria de que a bolha que antecedeu a crise do Subprime apresentou um padrão diferente das outras crises da década de 90 e dos anos 2000.

Com base nos estudos apresentados, temos que o meio de propagação mais provável para a crise de interesse no mercado dos Estados Unidos foi uma crise de confiança deflagrada pela onda de *defaults* ocorrida no mercado de *Asset-Backed CDOs*. Por conta deste fato, o mercado de instrumentos derivativos de crédito foi dramaticamente afetado. Como apontado por Hong & Sraer (2010), o baixo custo de alavancagem levou um volume relativamente pequeno de investidores extremamente otimistas com relação ao risco de crédito destes ativos financeiros a alimentar o mercado com um montante significativo de *CDOs*. Quando os agentes envolvidos atualizaram suas crenças por meio de *wake up calls*, como a onda de *downgrades* promovida por diversas agências de *rating*, a crise de confiança se espalhou pelo mercado dos Estados Unidos. A partir deste ponto, foram verificadas evidências consistentes com o rompimento de uma bolha especulativa, i.e. a volatilidade do preço dos ativos saltou para um patamar bastante elevado e o volume de transação nas bolsas subiu substancialmente.

2.2 Abordagem Empírica

A rápida expansão da literatura sobre contágio, vem acompanhada um grande avanço metodológico no tocante à análise de tal tópico. Diversos estudos empregam métodos diferentes para quantificar a estrutura de dependência entre agrupamentos de ativos financeiros e testar a hipótese de interesse. Esta seção apresentará uma breve exposição dos principais métodos empregados nos estudos supracitados e alguns outros que tratam do contágio entre mercados, uma vez que a metodologia econométrica é totalmente análoga.

Uma forma bastante intuitiva de avaliar a presença de contágio é a comparação das correlações entre os retornos dos mercados de interesse antes e depois de um determinado evento, teóricamente responsável por desencadear a crise financeira. Este é o método empregado por King & Wadhwani (1990) para avaliar a crise americana de 1987 (Wall Street Crash). Os autores concluem que houve aumentos significativos na correlação entre os mercados dos EUA, Inglaterra e Japão após este evento. Lee & Kim (1993) incluem outros 9 países na análise do mesmo evento e concluem que houve contágio. Calvo & Reinhart (1996) avaliam o contágio da crise Mexicana de 1994 e concluem que houve contágio para a maioria das economias emergentes. Forbes & Rigobon (2002), por sua vez, criticam a metodologia utilizada por estes estudos e mostram que o coeficiente de correlação entre mercados sofre um viés positivo devido à heterocedasticidade das séries consideradas. Sendo assim, os coeficientes de correlação estimados deveriam ser corrigidos levando-se em conta a heterocedasticidade dos retornos. Aplicando estas modificações, os autores concluem que não existem indícios de contágio durante as crises dos EUA (Wall Street Crash) em 1987, México em 1994 e da Ásia em 1997.⁴ Baig & Goldfajn (2000) conduzem um estudo empírico sobre a propagação dos efeitos da crise da Rússia para o mercado brasileiro. Com base em testes de correlações, corrigidas pelo viés apontado por Forbes & Rigobon (2002), os autores concluem que houve contágio durante a crise de interesse, mas que tal evento não foi motivado pela liquidação de posições no mercado brasileiro por parte de investidores internacionais enfrentando um choque de liquidez. Ao invés disso, os autores apontam para o pânico disseminado entre os gestores e a oportunidade de um ataque especulativo contra a moeda brasileira.

Alguns estudos se propõem a analisar diretamente a média condicional das séries de ativos de interesse. Como exemplo desta metodologia, podemos citar Longstaff (2010), que estima um modelo VAR para medir a dependência entre o nível do mercado de *asset-backed CDOs* e os demais setores da economia dos Estados Unidos.

Os estudos de Frank *et al.* (2008, 2009), Marçal *et al.* (2009, 2011) aplicam variações do modelo DCC de Engle & Sheppard (2001) para identificar os efeitos das crises analisadas sobre as correlações entre os mercados de interesse. Além da estrutura usual, os artigos supracitados controlam as séries de índices pelos fundamentos macroeconômicos de seus respectivos países, tratando o problema de endogeneidade salientado por Pesaran & Pick (2007).

Com relação a outros métodos empregados, Billio & Caporin (2005) estimam um modelo de correlações condicionais dinâmicas com mudanças de regime markovianas (*Markov Switching DCC*), entretanto, como mostrado em Hwang *et al.* (2007), a transição entre regimes se dá de forma muito frequente, gerando problemas de estimação. Entretanto, os autores

⁴Evidentemente, a correção proposta não é satisfatória, uma vez que ignora a relação previamente existente entre os mercados (que podem ser naturalmente correlacionados) induzindo um viés de variável omitida nas correlações corrigidas.

concluem que existem ganhos em utilizar a metodologia proposta (em termos de critérios de informação). Carvalho (2007) propõe um modelo GARCH com mudança suave de regimes (smooth transition) baseado no modelo de correlações condicionais constantes de Bollerslev (1990). O autor explora a não linearidade nas variâncias condicionais para identificação de contágio. Analisando dados de quatro países que sofreram crises no período entre 1994 e 2006, sendo estes Brasil, Rússia, Argentina e México, o autor identifica a presença de contágio em alguns pares de países. Santos & Valls Pereira (2010) utilizam cópulas para testar a hipótese de contágio entre as economias do Brasil, Estados Unidos, Inglaterra e Japão durante a crise do Subprime. Os autores concluíram que existe forte relação de dependência entre os mercados do Brasil e dos Estados Unidos, verificando a hipótese de contágio entre o S&P 500 e o Ibovespa.

3 Metodologia

Seja y um vetor estocástico de dimensão $N \times 1$ e θ um vetor finito de parâmetros. Considere a seguinte representação do processo y

$$y_t = \mu_t(\theta) + \varepsilon_t,$$

em que $\mu_t(\theta)$ é a média condicional de y no instante t e ε_t é uma perturbação que satisfaz

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2}(\theta)z_t,$$

onde $H_t^{1/2}(\theta)$ é uma matriz positiva definida e z um vetor aleatório com primeiros momentos dados por $E(z) = 0$ e $E(z^2) = E_N$, em que E_N é a matriz identidade de ordem N . Denote por \mathfrak{S}_t o conjunto de informação $\{y_0^{(k)}, \dots, y_t^{(k)}\}$. Assuma que $y_0^{(k)} \sim (\mu_y, \sigma_y^2)$, i.e. seja uma extração da distribuição não condicional do vetor y . Por simplicidade de notação, a realização do processo estocástico em questão não será mais indexada. Tome k como uma realização arbitrária. Em particular, seja \mathfrak{S}_{t-1} a σ -álgebra gerada pelo conjunto de informação $\{y_0, \dots, y_{t-1}\}$. Tome $\tilde{y}_t = y_t - \mu_t(\theta)$, a série previamente tratada pela média condicional. A variância condicional do processo de interesse é dada por

$$V(\tilde{y}_t|\mathfrak{S}_{t-1}) = E(\varepsilon_t \varepsilon_t'|\mathfrak{S}_{t-1}) = H_t.$$

Desta forma, temos que H_t é a matriz de variâncias e covariâncias condicionais de y no instante t .

3.1 O Modelo de Correlações Condicionais Dinâmicas

Definição. (*Modelo DCC de Engle, 2002*) O modelo de correlações condicionais dinâmicas de Engle (2002) é dado pela seguinte decomposição da matriz de covariâncias condicionais:

$$H_t \equiv D_t R_t D_t,$$

com $D_t = \text{diag}\{h_{i,t}^{1/2}\}$, em que $h_{i,t}$ é dado por qualquer modelo X-ARCH univariado. Tomando os resíduos padronizados ($\epsilon_t = D_t^{-1}\varepsilon_t$), temos $E(\epsilon_t\epsilon'_t|\mathfrak{S}_{t-1}) = R_t$.

Assim, podemos escrever

$$R_t = \text{diag}\{q_{i,t}^{-1/2}\} \cdot Q_t \cdot \text{diag}\{q_{i,t}^{-1/2}\}$$

onde a matriz $N \times N$ positiva definida $Q_t = (q_{ij,t})$ é dada por

$$Q_t = \left(1 - \sum_{m=1}^M \alpha_m - \sum_{n=1}^N \beta_n\right) \bar{Q} + \sum_{m=1}^M \alpha_m (\epsilon_{t-m}\epsilon'_{t-m}) + \sum_{n=1}^N \beta_n Q_{t-n}$$

com \bar{Q} a matriz de covariâncias incondicionais de ϵ_t e $\alpha_i, \beta_i \geq 0$, $\forall i$, tais que $\sum_m \alpha_m + \sum_n \beta_n \leq 1$.

A função de log-verossimilhança é dada por

$$\begin{aligned} \ell(\phi|\mathfrak{S}_t) &= -\frac{1}{2} \sum_t (n \log(2\pi) + \log |H_t| + \tilde{y}'_t H_t^{-1} \tilde{y}_t) \\ &= -\frac{1}{2} \sum_t (n \log(2\pi) + \log |D_t R_t D_t| + \varepsilon'_t D_t^{-1} R_t^{-1} D_t^{-1} \varepsilon_t) \\ &\quad -\frac{1}{2} \sum_t (n \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + \log |R_t| + \epsilon'_t R_t^{-1} \epsilon_t) \end{aligned}$$

3.1.1 Procedimento em Dois Estágios

De forma a evitar a estimação simultânea dos modelos univariados e das correlações condicionais, será empregado um procedimento de estimação em dois estágios. O primeiro estágio consiste na estimação dos modelos X-ARCH univariados para cada série pré-filtrada. Em seguida, os resíduos do primeiro estágio são padronizados por seus respectivos desvios padrão estimados e utilizados para estimar os parâmetros do modelo DCC. Para realizar a estimação do primeiro estágio, a matriz de correlações condicionais é substituída pela matriz identidade de ordem N , denotada por E_N . Para uma descrição formal da função de quase-máxima verossimilhança, considere o vetor de parâmetros, θ , particionado $\theta = (\{\phi_i\}_{i=1}^N, \psi)$ com ϕ_i representando a coleção de parâmetros de interesse referentes ao primeiro estágio para a série i e ψ representado os parâmetros de interesse do segundo estágio. A função de quase-verossimilhança para o primeiro estágio (condicional em \mathfrak{S}_t), denotada por $\tilde{\ell}_1$ é dada por

$$\begin{aligned}
\tilde{\ell}_1(\phi|\mathfrak{S}_t) &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (N \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + \log |E_N| + \tilde{y}'_t D_t^{-1} E_N D_t^{-1} \tilde{y}_t) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (N \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + \tilde{y}'_t D_t^{-2} \tilde{y}_t) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(N \log(2\pi) + \sum_{i=1}^N \left(\log(h_{it}) + \frac{\tilde{y}_{it}^2}{h_{it}} \right) \right) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left(T \log(2\pi) + \sum_{t=1}^T \left(\log(h_{it}) + \frac{\tilde{y}_{it}^2}{h_{it}} \right) \right)
\end{aligned}$$

que corresponde à soma das funções de log-verossimilhança dos modelos X-ARCH individuais. Corrigindo a especificação da verossimilhança com a matriz de correlações condicionais, temos a seguinte função de quase-verossimilhança condicional nos parâmetros estimados para o segundo estágio, denotada por $\tilde{\ell}_2$:

$$\begin{aligned}
\tilde{\ell}_2(\psi|\hat{\phi}_{ML}, \mathfrak{S}_t) &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (N \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + \log(|R_t|) + y'_t D_t^{-1} R_t^{-1} D_t^{-1} y_t) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (N \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + \log(|R_t|) + \epsilon'_t R_t^{-1} \epsilon_t) \tag{1}
\end{aligned}$$

$$\propto -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (\ln(|R_t|) + \epsilon'_t R_t^{-1} \epsilon_t) \tag{2}$$

A consistência e normalidade assintótica dos estimadores no modelo DCC não dependem da hipótese de normalidade dos retornos. Assim, mesmo sob o fato estilizado de não normalidade dos retornos na literatura de econometria de finanças - que postula que os retornos de ativos seguem distribuições com pico alto e caudas pesadas, os estimadores mantêm as propriedades supracitadas. Neste caso, que foi implicitamente assumido até aqui, temos que os estimadores de interesse podem ser interpretados como estimadores de quase-máxima verossimilhança. Por fim, tendo em vista que os dois conjuntos de parâmetros do sistema foram estimados por LIML, para garantir a eficiência dos estimadores descritos acima, aplica-se uma iteração do algoritmo de Newton-Raphson à verossimilhança do segundo estágio para obter estimativas consistentes dos *scores* em questão.

3.2 Testes de Especificação

Diversos testes de especificação podem ser aplicados para testar a hipótese de contágio (ver Dungey *et al.*, 2004). O procedimento que será considerado no que se segue baseia-se em Wooldridge (1990, 1991). Primeiramente será apresentado um teste LM geral para má especificação no modelo estimado e em seguida será apresentada a extensão necessária para testar a hipótese de contágio. Os trabalhos de Cappiello *et al.* (2003), Marçal *et al.* (2009), Marçal *et al.* (2011) e Frank *et al.* (2008) aplicam esta metodologia.

3.2.1 Teste LM Robusto

Assuma a mesma estrutura para a variável de interesse que foi considerada até agora, além da especificação de uma distribuição gaussiana, i.e. $y_t|\mathfrak{S}_{t-1} \sim \mathcal{N}(0, H_t)$. Podemos definir a seguinte série de resíduos generalizados: $u_{it} = y_{it}^2 - h_{it}$. Em seguida, construímos uma estatística que testa se um conjunto de condições $x_{g,t-1}$ é capaz de prever a série de resíduos generalizados. Tal estatística de teste é dada por

$$C = \left[T^{-1} \sum_{t=1}^T u_{ij,t} \lambda_{g,t-1} \right]^2 \left[T^{-1} \sum_{t=1}^T u_{ij,t}^2 \lambda_{g,t-1}^2 \right]^{-1}$$

onde $\lambda_{g,t-1}$ é o resíduo da regressão das condições de teste nos *scores* da função de verossimilhança. Pode-se mostrar que $C \xrightarrow{\ell} \chi_{(1)}^2$.

3.2.2 Teste de Contágio

Para testar a hipótese de contágio, basta uma modificação na série de resíduos generalizados. Ao invés de considerar a série de resíduos entre a variância condicional ajustada e a variância instantânea da série, devemos considerar uma modificação nas correlações ajustadas pelo modelo DCC e calculadas através da interação entre os primeiros momentos das séries de interesse. Para tal, seja $u_{ij,t} = y_{i,t}y_{j,t} - \hat{\rho}_{ij,t}$. Temos que aplicar o procedimento a esta série equivale a testar se eventos específicos levaram à quebras estruturais das correlações condicionais. Sob a hipótese nula, temos que não há indícios de contágio.

4 Teste de Contágio

4.1 Dados

Para testar a hipótese de contágio, serão considerados índices setoriais calculados pela agência Dow Jones. Os índices são Basic Resources (*bas*), Banks (*bks*), Construction & Materials (*ctm*), Financial Services (*fin*), Industrial Goods & Services (*igs*), Insurance (*ins*) e Technology (*tec*). Além dos índices setoriais, ainda será utilizado o índice de volatilidade publicado pela Chicago Board Options Exchange (*VIX*).⁵

A Figura 1 mostra o nível das séries de interesse, com todos os índices normalizados para 100 pontos no primeiro dia da amostra, 03/01/2000.

No início da amostra é possível perceber os efeitos da bolha da internet (*dot com bubble*) sobre o setor de tecnologia, que apresenta forte queda no ano de 2001. Os outros setores da economia dos Estados Unidos parecem não ter sido drasticamente afetados por esta bolha. Em meados de 2003, percebe-se um movimento de valorização nos ativos representados pelos índices em questão (com exceção do índice de tecnologia). Tal movimento aparentemente deu-se em três blocos: (i) Basic Resources e Construction & Materials, que apresentaram a maior valorização pré-crise tendo crescido em torno de 150% no período entre 2003 e 2008; (ii) Banks e Financial Services, que moveram-se juntos e cresceram algo próximo de

⁵Serão considerados os índices Dow Jones Sectorial Titans. As séries históricas estão disponíveis em <http://www.djindexes.com>. A série histórica do VIX foi obtida em <http://finance.yahoo.com>.

50% no período considerado e, por fim, (iii) Industrial Goods & Services e Insurance, que apresentaram crescimento mais modesto, próximo de 20%.

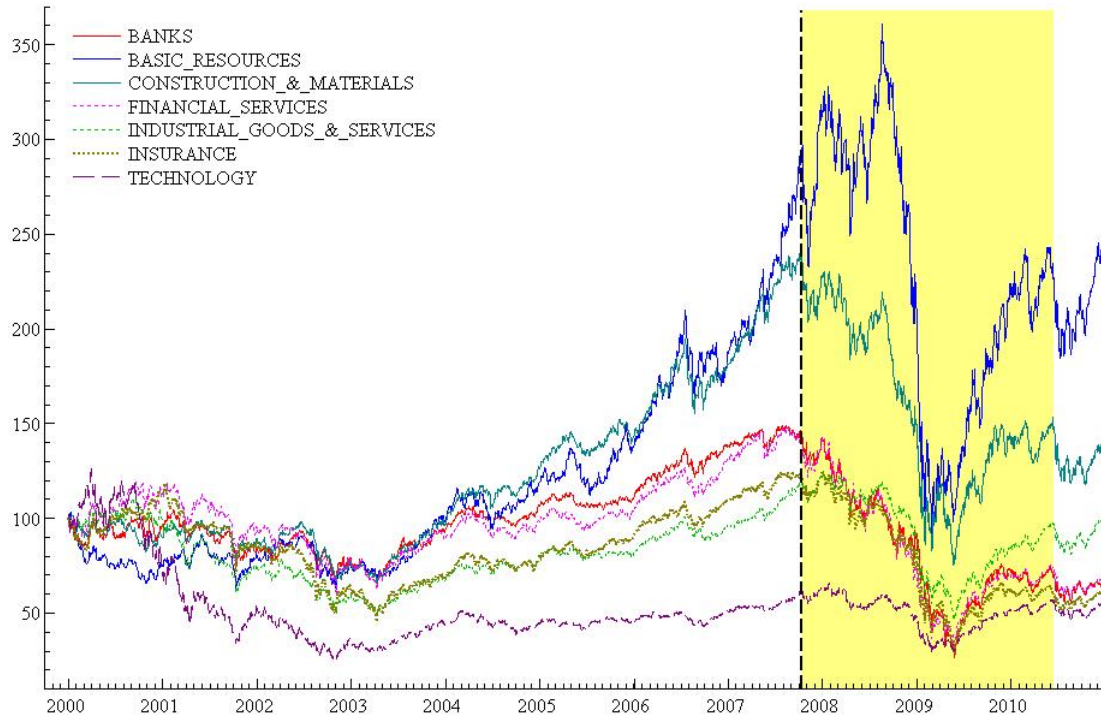


Figura 1: Índices setoriais dos Estados Unidos (normalizados)

A área destacada no gráfico da Figura 1 corresponde ao período entre 14/10/2007 e 14/06/2010. Este período de crise foi arbitrariamente determinado com base na sucessão de eventos ocorridos na semana iniciada em 14 de outubro de 2007. No período destacado é possível perceber uma região de turbulência antecedendo a semana de 7 de setembro de 2008, onde foram observadas diversas manobras do governo dos Estados Unidos no sentido de minimizar os efeitos da crise iminente. Em seguida, o pedido de falência do banco Lehman Brothers, ocorrido em 15 de setembro de 2008, desencadeou a onda de choques negativos vivenciada por todos os mercados financeiros do mundo.

4.2 Estatísticas Descritivas dos Retornos

A Figura 2 mostra os retornos compostos dos índices setoriais dos Estados Unidos. Analisando o início da amostra, temos que a única série que apresenta um comportamento diferente das demais é a série do setor de tecnologia. Como discutido anteriormente, este setor foi o grande afetado durante a bolha tecnológica dos anos 2000. Desconsiderando este evento, é possível perceber que os retornos oscilam em torno de uma média fixa, com variância aparentemente constante até meados de 2007. No período referente à crise de interesse, temos um grande aumento de volatilidade em todas as séries.

A Tabela 1 mostra as correlações calculadas para os índices setoriais dos Estados Unidos nos períodos de calma, crise e considerando a amostra toda. É possível perceber que houveram aumentos em todas as correlações, calculadas durante o período de crise, em relação

àquelas calculadas para a amostra toda. Este fato é um indício da presença de contágio entre setores da economia dos Estados Unidos durante a crise do *subprime*. Entretanto, um teste formal será apresentado apenas na seção 4.4.

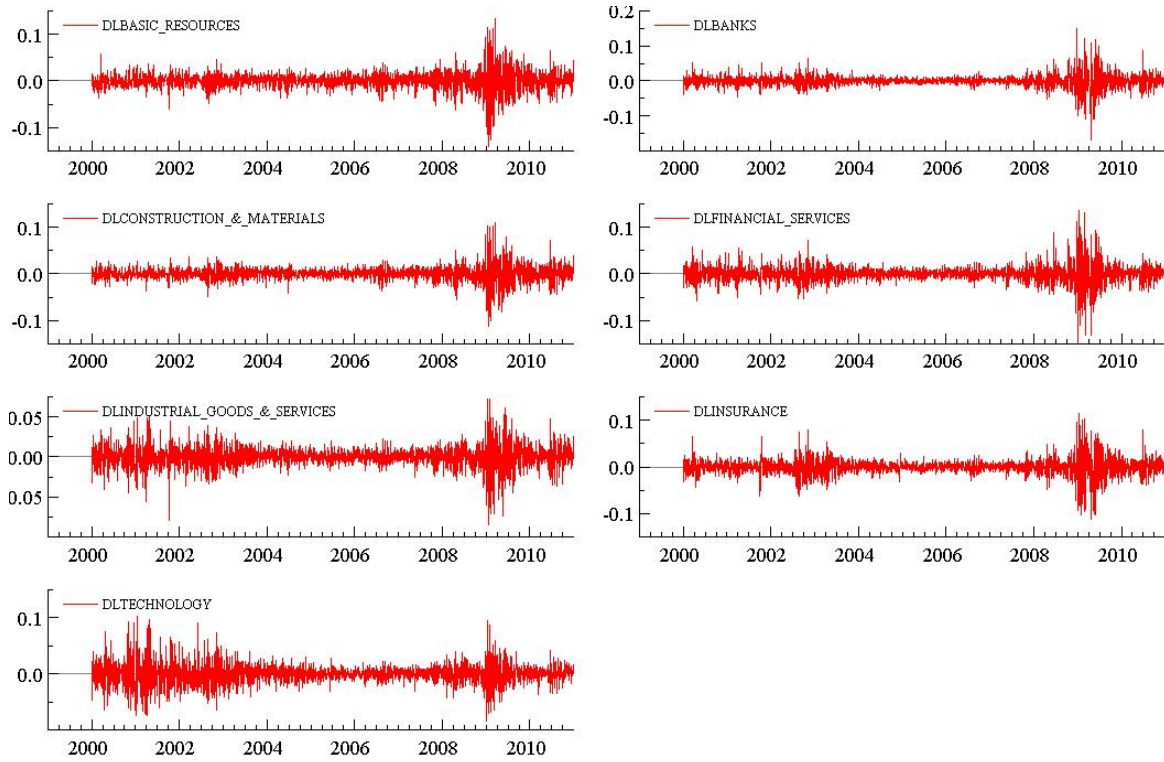


Figura 2: Retornos compostos para os índices setoriais dos Estados Unidos

Vale lembrar que a simples comparação (ou formulação de testes de hipóteses para a diferença) das correlações apresentadas em momentos de crise e considerando a amostra toda não consiste em um procedimento válido em termos estatísticos, uma vez que o aumento de volatilidade observado no período de turbulência introduz um viés positivo na correlação calculada para este período. Sendo assim, rejeita-se a hipótese nula com uma frequência muito maior do que aquela que considera as correlações ajustadas para este problema. Uma exposição mais detalhada deste problema pode ser encontrada em Forbes & Rigobon (2002).

<i>Amostra Completa</i>								<i>Períodos de Calmaria e Turbulência</i>						
	<i>bas</i>	<i>bks</i>	<i>ctm</i>	<i>fin</i>	<i>igs</i>	<i>ins</i>	<i>tec</i>	<i>bas</i>	<i>bks</i>	<i>ctm</i>	<i>fin</i>	<i>igs</i>	<i>ins</i>	<i>tec</i>
<i>bas</i>	1							1						
<i>bks</i>	.659	1						.616 .675	1					
<i>ctm</i>	.821	.786	1					.723 .858	.679 .826	1				
<i>fin</i>	.575	.825	.665	1				.518 .602	.773 .851	.536 .724	1			
<i>igs</i>	.685	.730	.733	.793	1			.542 .795	.644 .810	.540 .874	.768 .824	1		
<i>ins</i>	.689	.883	.804	.771	.733	1		.575 .747	.824 .916	.658 .876	.696 .811	.579 .852	1	
<i>tec</i>	.459	.552	.506	.658	.761	.550	1	.386 .653	.539 .714	.402 .742	.642 .810	.756 .842	.478 .739	1

As entradas da tabela da esquerda representam as correlações calculadas com base na amostra completa. As entradas superiores da tabela da direita representam as correlações para o período de calmaria. As entradas inferiores da tabela da direita representam as correlações para o período de turbulência. A partição inicial da amostra (*período de calmaria*) vai de 03/01/2000 até 13/10/2007. A partição final (*período de turbulência*) vai de 14/10/2007 até 30/12/2010.

Tabela 1: Resumo das correlações não condicionais para os índices dos Estados Unidos

4.3 Filtragem e Ajuste de Modelos GARCH Univariados

Seguindo a metodologia empregada por Frank *et al.* (2009), foram estimados modelos VAR para as séries de interesse com o intuito de remover as estruturas das médias condicionais antes do ajuste dos modelos DCC. Uma vez que diversos setores aparentemente pouco correlacionados em termos de fundamentos de mercado foram incluídos na estimação, podemos entender o conjunto de informação como uma aproximação do comportamento geral de mercado, incluindo eventuais choques sistêmicos enfrentados pela economia como um todo.

Com base no critério de informação de Akaike, foi estimado um modelo VAR(4) para a série dos Estados Unidos. Em seguida, foi ajustado um modelo GARCH(2,1) para os resíduos da primeira estimação. A Tabela 2 apresenta as estimativas dos parâmetros. O modelo foi estimado por quase-máxima verossimilhança.

	<i>bas</i>	<i>bks</i>	<i>ctm</i>	<i>fin</i>	<i>igs</i>	<i>ins</i>	<i>tec</i>
$\hat{\omega}$.0225[†] .0081	.0054[†] .0026	.0138[†] .0046	.0127[†] .0054	.0075[†] .0031	.0166[†] .0053	.0127[†] .0057
$\hat{\alpha}_1$.1407[†] .0306	.1233[†] .0392	.0915[†] .0268	.0729[†] .0287	.0414 .0279	.0859[†] .0272	.0419 .0235
$\hat{\alpha}_2$	-.0728[†] .0315	-.0527 .0433	-.0102 .0298	.0099 .0309	.0341 .0303	.0255 .0333	.0398 .0297
$\hat{\beta}$.9233[†] .0134	.9201[†] .0151	.9112[†] .0145	.9139[†] .0159	.9211[†] .0128	.0883[†] .0167	.9147[†] .0172
<i>Log-likelihood (ℓ)</i>	7878.6	8440.5	8506.1	8096.7	8680.8	8324.4	7889.0
<i>Kurtosis</i>	12.1415	17.2409	12.6808	13.9807	8.1359	11.7601	7.0965
<i>Skewness</i>	-.4152	-.1464	-.1384	-.1766	-.3742	-.3001	.2304
<i>Observations</i>	2761						

Valores em negrito são significantes a 10%. † indica significância a 5%. Os modelos foram estimados por quase-máxima verossimilhança (Gaussiana).

Tabela 2: Modelos GARCH univariados ajustados para os índices dos Estados Unidos

A Figura 3 apresenta as variâncias condicionais estimadas para as séries dos Estados Unidos. Primeiramente, observando a variância do índice de tecnologia, é possível perceber o grande aumento de volatilidade resultante da bolha tecnológica (*dot com bubble*) ocorrida no ano 2000. Entretanto, observando as demais séries (com exceção da série de variância dos retornos do índice industrial) temos que tal aumento de volatilidade foi aparentemente restrito (dadas as devidas proporções) ao setor de tecnologia. O mesmo não ocorreu na crise do subprime. Durante esta crise é possível perceber, com base na análise do gráfico da Figura 3, que os picos de volatilidade foram bem mais elevados, e o nível da volatilidade durante os períodos críticos (basicamente o fim da amostra) perduraram por um tempo razoavelmente grande. Além disso aparentemente todos os setores foram atingidos pelos choques. Dada a coerência aparente entre os movimentos de volatilidade, tendo em vista a dependência de cada setor em seus fatores específicos durante períodos de calmaria, espera-se que seja verificado um aumento nas correlações condicionais das séries durante o período de turbulência, como apontado pela tabela de correlações apresentada anteriormente.

Nota Sobre a Estimação de Modelos GARCH na Presença de Contágio. Os modelos GARCH estimados nesta seção apresentaram alta persistência. De fato, alguns estudos mostram que a existência de mudanças estruturais, tanto na média condicional quanto nos parâmetros relacionados com a persistência da volatilidade, podem levar o modelo a subestimar a persistência da variância condicional em grandes amostras. Para o caso de quebras no nível das séries podemos citar Diebold (1986) e Chu (1995). Já para o caso de mudanças nos parâmetros dos modelos X-ARCH, podemos citar Hwang & Valls Pereira (2008). Sendo assim, as quebras estruturais observadas durante a crise do Subprime (grande aumento de volatilidade a partir de outubro de 2007 aliado ao forte período de queda do preço dos ativos) podem ter induzido a alta persistência nos modelos estimados.

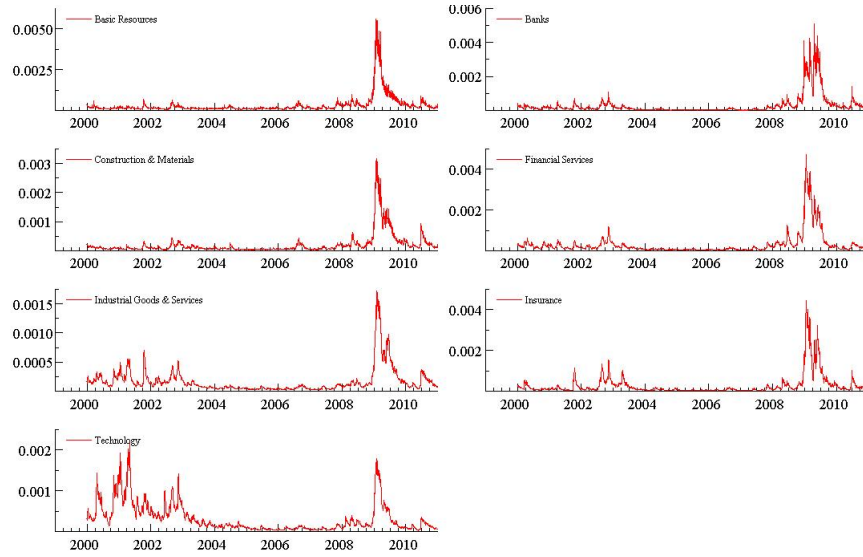


Figura 3: Variâncias condicionais estimadas para os índices dos Estados Unidos

A Tabela 3 mostra as estimativas do modelo DCC(1,1) estimado para os índices setoriais dos Estados Unidos.

<i>Parâmetros do modelo DCC estimados</i>			
$\hat{\alpha}_{DCC}$	$\hat{\beta}_{DCC}$	ℓ_{DCC}	n
.015694[†]	.979863[†]	66751	2761
.001537	.002364		
<i>Teste de Correlações Condicionais Constantes</i>			
<i>5 Lags</i>		<i>10 Lags</i>	
<i>E-S Stat</i>	<i>Prob</i>	<i>E-S Stat</i>	<i>Prob</i>
208.080	0.0000	298.050	0.0000
Valores em negrito são significantes a 10%. † indica significância a 5%.			

Tabela 3: Estimativas do modelo DCC(1,1) ajustado para os índices dos Estados Unidos

É possível perceber, com base na análise da tabela acima, que a persistência em termos dos parâmetros estimados do modelo DCC é próxima de unitária, assim como a persistência dos parâmetros estimados para os modelos GARCH univariados. Além disso, o teste de correlações constantes de Engle & Sheppard rejeita a hipótese nula, corroborando com o modelo de correlações condicionais dinâmicas.

Correlações Ajustadas para as Séries de Índices Setoriais dos Estados Unidos.

As séries de correlações condicionais estimadas para os índices dos Estados Unidos são apresentadas na Figura 4. O período destacado em amarelo corresponde ao mesmo período destacado na Figura 1, i.e. de 14/10/2007 até 14/06/2010. Com relação aos quatro períodos destacados em cinza, temos as seguintes datas (em ordem cronológica): 26/02/2007, 21/05/2007, 14/10/2007 e 07/09/2008. O período destacado para cada data corresponde a dois meses.

Aparentemente, o maior salto nas correlações estimadas ocorreu em 21/05/2007. Além disso, podemos perceber uma quebra semelhante no período iniciado em 07/09/2008. Neste último, temos que a quebra esperada nas correlações não se daria de forma tão abrupta como nos demais, uma vez que apesar do *takeover* promovido pelo governo dos EUA sobre as agências (*government sponsored enterprises*) FNMA e FHLMC traduzir-se em impactos negativos nos mercados financeiros do mundo todo; o pedido de concordata do banco Lehman Brothers (em 15/09/2008) consolidou a crise do Subprime como uma crise de efeitos globais. Sendo assim, é natural esperar um padrão menos acentuado no último período demarcado, apesar de sua severidade e importância relativa para a crise de interesse.

Redefinindo Indicadores de Contágio no Teste LM. Para testar a hipótese de contágio serão construídas diversas séries indicadoras para os vários índices de interesse. O primeiro grupo de indicadores testa se valores extremos no retorno do VIX estão relacionados com mudanças estruturais nas correlações condicionais. Como foi discutido anteriormente, a volatilidade implícita no mercado de derivativos pode refletir a chegada de informações ou mudanças nas expectativas dos agentes que investem neste mercado. O elemento típico deste grupo será denotado por $x_t \subset X$. A série será construída da seguinte forma: $x_t \equiv I(|r_t(VIX)| > 1.96\sigma_t(vix))$. O segundo grupo de séries consiste em *dummies* para períodos arbitrariamente fixados com base em eventos teoricamente relevantes para o desenrolar da crise do Subprime. Considerando um período $\tau \subset T$, serão construídas séries do tipo $w_t^{(\tau)} \equiv I(t \in \tau)$. Com o intuito de isolar os efeitos de eventos distintos, cada período τ não excederá dois meses. Os dias iniciais para cada um dos períodos, τ , são 26/02/2007, 21/05/2007, 14/10/2007 e 07/09/2008. O terceiro e último grupo consiste em interações dos próprios índices setoriais: $z_{1,t}^{(k,s)} \equiv I(|r_t(k)| > 1.96\bar{\sigma}(k))I(|r_t(s)| > 1.96\bar{\sigma}(s))$, $z_{2,t}^{(k,s)} \equiv I(|r_t(k)| > 1.96\sigma_t(k))I(|r_t(s)| > 1.96\sigma_t(s))$, $z_{3,t}^{(k,s)} \equiv I(r_t(k) < 0)I(r_t(s) < 0)$, $k \neq s$.

4.4 Teste de Contágio para o Mercado dos Estados Unidos

A Tabela 4 apresenta os resultados dos testes de contágio aplicados aos índices setoriais dos Estados Unidos.

Primeiramente nota-se o grande número de rejeições da hipótese de *não-contágio*. A coluna x_{t-1} representa uma defasagem de valores extremos do índice VIX, i.e. valores que excede as bandas de $\pm 1.96\hat{\sigma}_t(VIX)$. Note que considerando esta série de indicadores, foram verificadas mudanças estruturais em todas as séries de correlações condicionais, sob o nível de significância de 1%.⁶ Sendo assim é possível afirmar que valores extremos no índice VIX, que teoricamente quantifica o nível de incerteza (ou nervosismo) do mercado dos Estados Unidos, estão associados a mudanças estruturais nas correlações condicionais entre setores da economia de interesse.

Com relação às *dummies* de crise, temos que houve grandes índices de rejeição, i.e. muitos indícios de contágio nos dias considerados. Tendo em vista o dia 26/02/2007 - representado pela série $w_{t-1}^{(1)}$ - em que o então ex-presidente do Fed, Alan Greenspan alertou publicamente

⁶Aproximadamente 37% destes valores extremos ocorreram no período compreendido entre 14/10/2007 e 14/06/2010. O período entre 26/02/2007 e 14/06/2010 foi responsável por aproximadamente 46% dos valores extremos.

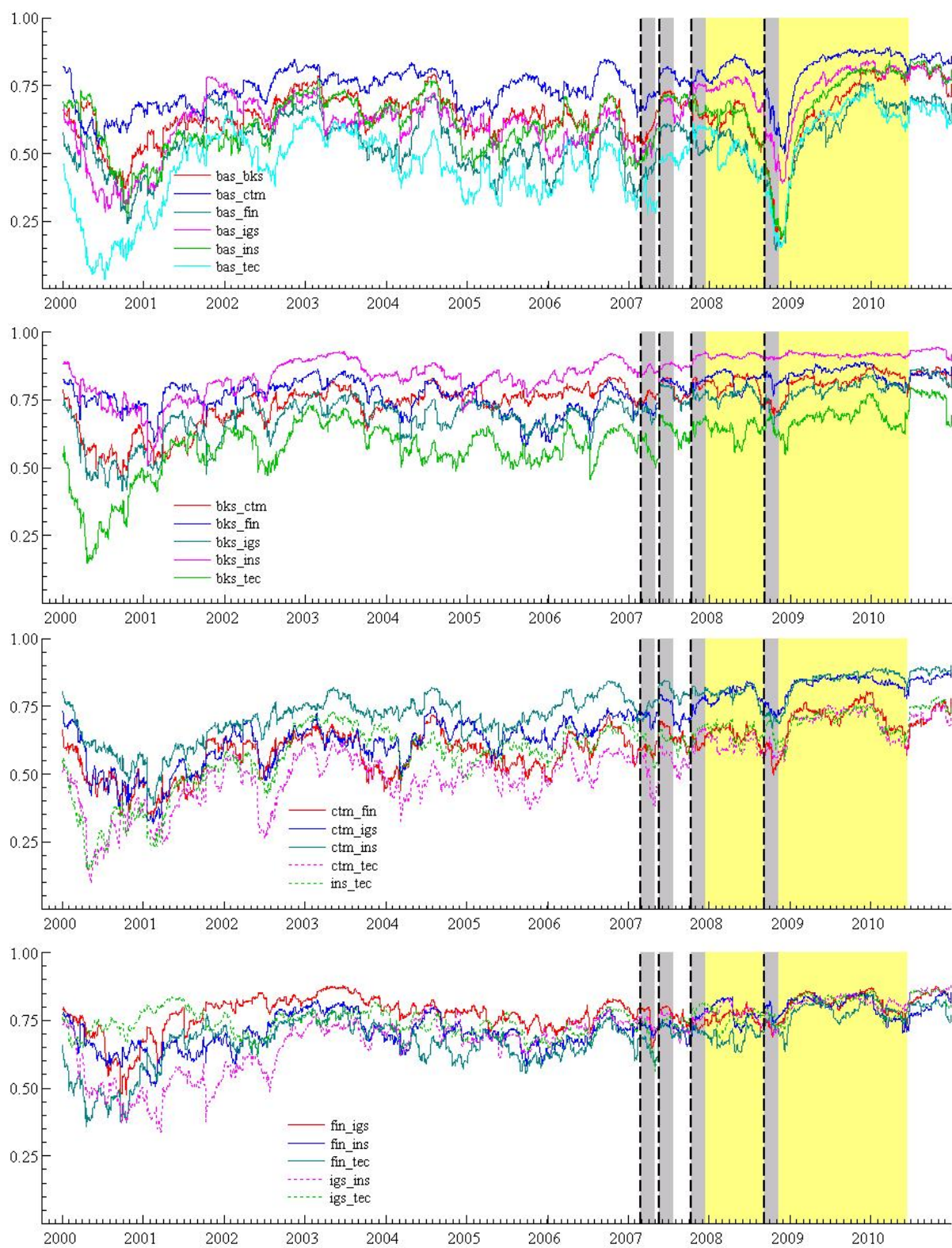


Figura 4: Correlações dinâmicas estimadas para o mercado dos Estados Unidos

os mercados sobre uma recessão iminente (decorrente do fim de um ciclo econômico de expansão), temos que foi verificado contágio em 16 das 21 correlações consideradas. Só não sofreram mudanças com esta notícia as correlações entre os setores de materiais básicos e bancos, materiais básicos e financeiro, materiais básicos e seguros, industrial e financeiro e industrial e construção. Com relação às correlações que envolvem o setor de materiais básicos, pode-se argumentar que a baixa dependência do valor dos ativos com informações regionais possam de certa forma imunizar este setor choques que não afetem os preços internacionais como um todo.

A série $w_{t-1}^{(2)}$ corresponde ao dia 21/05/2007. Este dia foi escolhido por representar um momento particularmente difícil para a economia dos Estados Unidos. Algumas semanas antes, no dia 03/05/2007, a montadora *General Motors* anunciara uma perda superior a US\$300mi, realizada por sua divisão financeira. No mesmo foi anunciado o fechamento da *Dillon Read Capital Management*, divisão do grupo *UBS* responsável pelos empréstimos de risco nos EUA. Apesar destes acontecimentos, o dia escolhido para representar a sucessão de notícias ruins foi marcado pela revisão da previsão de crescimento do PIB dos EUA, divulgada pela *National Association of Business Economists (NABE)*, em *500bp*. Esta revisão estava diretamente ligada ao movimento crescente da taxa de juros nos EUA que, na visão da associação supracitada, aumentaria ainda mais a probabilidade de um *default* simultâneo das hipotécas de alto risco (*subprime mortgages*) e, portanto, diretamente relacionada com os eventos que desencadearam o *crash* de 2008. Com base na tabela temos que apenas as correlações entre financial services e industrial goods & services e entre basic resources e industrial goods & services não sofreram impacto algum decorrente deste evento (considerando um nível de significância de 10%).

A série $w_{t-1}^{(3)}$ representa o dia 14/10/2007. Esta foi a data inicial de uma sucessão de eventos relacionados com a crise do subprime. Antes de relacionar os eventos de interesse, vale lembrar que em 05/10/2007, o banco Merrill Lynch subscreveu uma perda de US\$5.5bi no mercado de ABS de hipotécas *subprime*, que resultou em perda de US\$0.50 por ação em mercado. Desta forma, depois de acumular queda de quase 12% nos dois dias anteriores, o retorno do índice VIX subiu 3%, indicando uma reversão na calma aparente do mercado financeiro dos EUA. No dia 14 de outubro de 2007 os três então maiores bancos dos Estados Unidos anunciaram publicamente um plano para comprar *CDOs* relacionados a ativos do *subprime*. O fundo montado por Citigroup, Bank of America e JP Morgan seria “patrocinado” pelo *U.S. Treasury* e, apesar de não ter divulgado isso publicamente, tinha capital estimado em US\$80bi. A idéia básica era evitar o *firesale* dos referidos ativos, fato que derrubaria mais ainda os preços e agravaria a crise de confiança que atingia o mercado em questão. No dia seguinte, o banco japonês Nomura anuncia o encerramento de suas atividades relacionadas a *ABS* nos EUA, anunciando uma perda superior a US\$600mi. No mesmo dia o Citigroup subscreveu uma perda adicional de aproximadamente US\$6bi relacionada ao mercado de *subprime*. Em 16/10/2007 foi divulgado o índice de confiança da construção civil nos EUA. Era o oitavo mês consecutivo de queda, motivada pela baixa nos preços dos imóveis e a onda sem precedentes de *defaults* em hipotécas (até daqueles indivíduos que nunca haviam apresentado problemas de crédito anteriormente). Além disso, no mesmo dia o então presidente do Fed, Ben Bernanke, alertou os mercados sobre os efeitos da crise do *subprime*: “*The further contraction in housing is likely to be a significant drag on growth in the current quarter and through early next year. (...) A full recovery of market functioning is likely to take time and we may well see some*

setbacks.”⁷ Sendo assim, os mercados reagiram com quedas: o índice S&P500 caiu 3 p.p. nos dois dias que seguiram. No dia 17/10/2007 o Fundo Monetário Internacional alertou os mercados para uma possível redução drástica no mercado de crédito, salientando que tal fato podia ainda impactar o crescimento (econômico) mundial esperado. No mesmo dia foi divulgada a diminuição de 10.2% no número de casas construídas nos Estados Unidos (em setembro). Além disso, o número de projetos protocolados (para construção de novas casas), utilizado como um indicador de atividade imobiliária futura caiu 7.2% em relação ao mês anterior. Por fim, neste mesmo grupo indicador, temos o anúncio adicional de mais US\$8bi em prejuízos para a Merrill Lynch ocorrido em 30/10/2007. O CEO do grupo Stan O’Neal entregou o cargo no mesmo dia. Com base nesta série de datas, temos que a única correlação condicional não impactada em termos estruturais foi a correlação entre Industrial Goods & Services e Insurance. Todas as demais sofreram quebras estruturais.

A série $w_{t-1}^{(4)}$ corresponde ao início definitivo da queda acentuada dos mercados financeiros globais. O primeiro dia considerado, 07/09/2008, corresponde ao dia em que o governo dos EUA interferiu formalmente nas Government Sponsored Enterprises (*GSEs*) Fannie Mae e Freddie Mac, caracterizando um dos maiores *bailouts* da história dos Estados Unidos. De acordo com o então secretário do tesouro Henry Paulson, ambas as companhias, que eram responsáveis por mais da metade dos empréstimos de hipoteca do mercado em questão, apresentavam níveis de débito exorbitantes, representando um “risco sistêmico” para a estabilidade econômica. Com esta operação, o tesouro dos EUA assumiu uma dívida de aproximadamente US\$5tri. Em 11/09/2008 o banco Lehman Brothers (que mantinha grandes carteiras de *CDOs* atrelados a títulos de hipotecas) anunciou publicamente o interesse em sua venda, após divulgar mais US\$4bi em prejuízos. Apesar dos esforços do Departamento do Tesouro em encontrar um comprador para o banco Lehman Brothers, este protocolou um pedido de falência em 15/09/2008. Este foi o maior pedido desta natureza na história dos Estados Unidos: US\$639bi. No mesmo dia o Bank of America assinou um acordo de resgate no valor de US\$50bi para o grupo Merrill Lynch. Estes fatos desencadearam os efeitos observados em todos os mercados de capitais ao redor do mundo. Observando o teste de contágio com base nesta série, temos que todas as correlações, com exceção da correlação entre Basic Resources e Technology, foram afetadas; evidenciando a ocorrência de contágio.

As séries z_1 e z_2 testam se o fato do retorno de ambas as séries romperem uma determinada banda simultaneamente (valores extremos) exerce algum impacto sobre a correlação entre elas. A primeira série monta os limiares de interesse com base nas variâncias não condicionais das séries de interesse. Para este caso apenas a correlação entre basic resources e technology não apresentou mudança estrutural. A segunda série constroi os limites com base nas variâncias condicionais ajustadas para cada série. Neste caso todas as séries sofreram influência. Uma vez que a maior parte destes valores extremos ocorreu no período da crise do *subprime*, pode-se argumentar que houve contágio, decorrente da referida crise, entre as séries dos Estados Unidos consideradas neste estudo. A terceira série z_3 testa o efeito da assimetria dos retornos sobre as correlações, i.e. se o fato de termos ambos os retornos negativos gera algum tipo de padrão particular nas correlações. Aparentemente sim, uma vez que a hipótese nula do teste foi rejeitada em todas as correlações, considerando um nível de significância de 5%, como apontado pelos níveis descritivos em questão.

⁷Ben Bernanke, então presidente do Fed, durante discurso em Nova Iorque.

k, s	x_{t-1}		$w_{t-1}^{(1)}$		$w_{t-1}^{(2)}$		$w_{t-1}^{(3)}$		$w_{t-1}^{(4)}$		$z_{1,t-1}^{(k,s)}$		$z_{2,t-1}^{(k,s)}$		$z_{3,t-1}^{(k,s)}$	
	LM	Prob	LM	Prob	LM	Prob	LM	Prob	LM	Prob	LM	Prob	LM	Prob	LM	Prob
<i>Basic, Banks</i>	48.71[†]	0.00	1.07	0.30	34.75[†]	0.00	36.67[†]	0.00	128.49[†]	0.00	22.54[†]	0.00	10.83[†]	0.00	342.3[†]	0.00
<i>Basic, Construction</i>	22.34[†]	0.00	5.96[†]	0.01	7.52[†]	0.00	7.51[†]	0.00	29.32[†]	0.00	4.77[†]	0.03	10.27[†]	0.00	188.4[†]	0.00
<i>Basic, Financial</i>	23.13[†]	0.00	1.38	0.23	2.73	0.09	12.73[†]	0.00	95.23[†]	0.00	6.60[†]	0.01	8.57[†]	0.00	174.2[†]	0.00
<i>Basic, Industrial</i>	25.21[†]	0.00	22.72[†]	0.00	2.19	0.14	13.99[†]	0.00	4.21[†]	0.04	5.86[†]	0.01	12.09[†]	0.00	254.0[†]	0.00
<i>Basic, Insurance</i>	14.53[†]	0.00	2.02	0.15	6.22[†]	0.01	8.77[†]	0.00	5.64[†]	0.02	3.73	0.06	8.11[†]	0.00	135.5[†]	0.00
<i>Basic, Technology</i>	41.30[†]	0.00	30.01[†]	0.00	14.85[†]	0.00	13.02[†]	0.00	84.33[†]	0.00	1.66	0.19	13.91[†]	0.00	336.2[†]	0.00
<i>Banks, Construction</i>	19.17[†]	0.00	29.72[†]	0.00	8.29[†]	0.00	29.99[†]	0.00	57.05[†]	0.00	13.46[†]	0.00	12.33[†]	0.00	255.1[†]	0.00
<i>Banks, Financial</i>	11.23[†]	0.00	11.91[†]	0.00	6.64[†]	0.01	2.85	0.09	34.59[†]	0.00	5.78[†]	0.01	12.51[†]	0.00	90.3[†]	0.00
<i>Banks, Industrial</i>	47.19[†]	0.00	4.19[†]	0.04	86.29[†]	0.00	32.53[†]	0.00	24.83[†]	0.00	11.45[†]	0.00	20.97[†]	0.00	365.5[†]	0.00
<i>Banks, Insurance</i>	32.25[†]	0.00	53.53[†]	0.00	7.35[†]	0.00	5.00[†]	0.02	1.05	0.30	23.96[†]	0.00	14.69[†]	0.00	266.7[†]	0.00
<i>Banks, Technology</i>	85.22[†]	0.00	77.30[†]	0.00	93.73[†]	0.00	46.51[†]	0.00	41.00[†]	0.00	15.17[†]	0.00	21.53[†]	0.00	474.1[†]	0.00
<i>Construction, Financial</i>	12.95[†]	0.00	5.91[†]	0.01	16.95[†]	0.00	15.42[†]	0.00	53.07[†]	0.00	4.26[†]	0.04	3.12	0.08	100.9[†]	0.00
<i>Construction, Industrial</i>	20.76[†]	0.00	1.27	0.26	22.51[†]	0.00	4.52[†]	0.03	27.21[†]	0.00	9.76[†]	0.00	7.88[†]	0.00	229.2[†]	0.00
<i>Construction, Insurance</i>	17.48[†]	0.00	20.95[†]	0.00	14.30[†]	0.00	7.74[†]	0.00	27.83[†]	0.00	15.19[†]	0.00	12.75[†]	0.00	203.8[†]	0.00
<i>Construction, Technology</i>	31.43[†]	0.00	7.64[†]	0.00	28.97[†]	0.00	10.83[†]	0.00	26.09[†]	0.00	3.63	0.06	8.77[†]	0.00	242.7[†]	0.00
<i>Financial, Industrial</i>	27.49[†]	0.00	1.01	0.31	2.54	0.11	6.18[†]	0.01	29.41[†]	0.00	9.40[†]	0.00	11.58[†]	0.00	144.5[†]	0.00
<i>Financial, Insurance</i>	14.85[†]	0.00	23.95[†]	0.00	12.32[†]	0.00	3.40	0.06	20.39[†]	0.00	10.84[†]	0.00	7.33[†]	0.00	87.7[†]	0.00
<i>Financial, Technology</i>	46.33[†]	0.00	21.14[†]	0.00	7.59[†]	0.00	12.11[†]	0.00	55.67[†]	0.00	11.14[†]	0.00	12.96[†]	0.00	270.5[†]	0.00
<i>Industrial, Insurance</i>	37.39[†]	0.00	8.35[†]	0.00	11.77[†]	0.00	1.84	0.17	48.18[†]	0.00	21.30[†]	0.00	11.59[†]	0.00	289.9[†]	0.00
<i>Industrial, Technology</i>	21.43[†]	0.00	3.80	0.06	5.53[†]	0.02	16.05[†]	0.00	28.71[†]	0.00	6.29[†]	0.02	9.87[†]	0.00	213.3[†]	0.00
<i>Insurance, Technology</i>	77.74[†]	0.00	43.08[†]	0.00	29.95[†]	0.00	7.89[†]	0.00	53.00[†]	0.00	19.02[†]	0.00	19.51[†]	0.00	481.1[†]	0.00

Valores em negrito são significantes a 10%. † indica significância a 5%.

Tabela 4: Testes de contágio para o mercado dos Estados Unidos

5 Conclusão

Com base nos testes de contágio apresentados na seção 4, concluimos que houveram mudanças na estrutura de dependência setorial no mercado dos Estados Unidos decorrentes de fatos específicos, como a chegada de informações sobre os fundamentos do mercado de interesse, previsões subjetivas sobre os rumos da economia local etc. Como discutido anteriormente, estas mudanças podem ter distorcido as alocações eficientes de carteiras de investimentos e invalidado a análise de diversificação frente à crise do Subprime, amplificando significativamente as perdas decorrentes dos choques negativos oriundos dos eventos ocorridos em 2007 e 2008. Sendo assim, a crise de crédito causada pelo extremo otimismo de poucos investidores capazes de atingir níveis bastante elevados de alavancagem em suas posições acabou por se refletir em mudanças nos padrões estruturais do mercado em que atuavam, assim como nos mercados internacionais (mesmo que em menor medida).

Evidentemente choques no mercado de crédito dos Estados Unidos devem afetar a economia real dos Estados Unidos de forma mais severa do que as demais. Isto ocorre pois a formação de crises financeiras deste tipo depende da má avaliação ou negligência em termos de fundamentos, sejam estes em escala macroeconômica ou em escala empresarial, por parte de agentes com poder de influenciar o comportamento de todo um mercado. Assim ocorreu durante a referida crise. Algumas das maiores instituições financeiras se viram expostas a grandes carteiras de ativos podres. Entretanto, tais ativos receberam *AAA ratings* por agências que não acreditavam que uma onda de *defaults* generalizada fosse possível, o que de fato ocorreu. Estes fatos aumentaram a incerteza do mercado de capitais dos Estados Unidos. Desta forma, todos os setores tornaram-se mais vulneráveis a choques negativos e à chegada de novas informações.

Quanto aos canais de transmissão de choques negativos decorrentes da crise do *Subprime*, temos que a securitização dos títulos de hipotecas do mercado imobiliário dos Estados Unidos expôs diversas instituições financeiras, que até então eram peças chave no fornecimento de crédito para financiamento de operações de empresas (e mesmo para pessoas físicas) e manutenção da estabilidade econômica local, a riscos maiores do que os percebidos. Vale resaltar que a própria complexidade inerente ao mercado de derivativos de crédito acabou por ocultar os riscos morais (*moral hazards*) associados à prática supracitada. Desta forma, com a quebra de tal mercado, as perdas financeiras e - talvez mais importantes - de credibilidade por parte de tais instituições, levaram a, até então, sólida economia dos EUA à maior crise de confiança ocorrida desde o *crash* de 1929. Este fato pode ser observado através da análise de volatilidade do VIX. Não sendo o foco principal deste estudo, temos que aqui apenas foi mostrado o impacto de valores extremos de tal índice nas estruturas de dependência dos setores da economia em questão, evidenciando a relevância do *stress* do mercado financeiro nos movimentos de preço dos ativos em questão.

Referências

- [1] Allen, F., Gale, D., 2000, "Financial Contagion," *The Journal of Political Economy*, **108**(1): 1-33.
- [2] Anderson, K., Brooks, C., Katsaris, A., 2010, "Speculative bubbles in the S&P 500: Was the tech bubble confined to the tech sector?," *Journal of Empirical Finance*, **17**(3):345-361.
- [3] Baig, T., Goldfajn, I., 2000, "The Russian default and the contagion to Brazil," Discussion Paper 420, Department of Economics, PUC-Rio (Brazil).
- [4] Billio, M., Caporin, M., 2005, "Multivariate Markov Switching Dynamic Conditional Correlation GARCH Representations for Contagion Analysis," *Statistical Methods & Applications*, **14**: 145-161
- [5] Bollerslev, T., 1990, " Modeling the Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rates: a Multivariate Generalized ARCH Model," *Review of Economics and Statistics*, **72**: 498-505.
- [6] Brooks, R., Del Negro, M., 2004, "The rise in comovement across national stock markets: market integration or IT bubble?," *Journal of Empirical Finance*, **11**(5): 659-680.
- [7] Brunnermeier, M. K., Pedersen, L. H., 2009, "Market Liquidity and Funding Liquidity," *Review of Financial Studies*, **22**(6):2201-2238.
- [8] Calvo, S., Reinhart, C., 1996, "Is There Evidence of Contagion Effects?," in Calvo, G., Goldstein, M., Hochreiter, E., (ed), "Private Capital Flows to Emerging Markets After the Mexican Crisis," Peterson Institute for International Economics.
- [9] Cappiello, L., Engle, R., Sheppard, K., 2003, "Asymmetric Dynamics in the Correlations of Global Equity and Bond Returns," *Working Paper No. 204*, European Central Bank.
- [10] Carvalho, M., 2007, "A Smooth Transition Multivariate GARCH Approach to Contagion," *Working Paper*, SSRN:1080229.
- [11] Chu, C. J., 1995, "Detecting parameter shift in GARCH models," *Econometric Reviews*, **14**(2): 241-266.
- [12] Coudert, V., Gex, M., 2010, "The Credit Default Swap Market and the Settlement of Large Defaults," *Working Papers 2010-17*, CEPII Research Center.
- [13] Derviz, A., Podpiera, J., 2007, "Cross-border lending contagion in multinational banks," *Working Paper Series 807*, European Central Bank.
- [14] Diebold, F. X., 1986, "Modeling the persistence of conditional variances: comment," *Econometric Reviews* **5**: 51-56.
- [15] Dungey, M., Fry, R., Gonzalez-Hermosillo, B., Martin, V., 2004, "Empirical Modeling of Contagion: a Review of Methodologies," *Quantitative Finance*, **5**(1): 9-24.
- [16] Engle, R., 2002, "Dynamic Conditional Correlation: a Simple Class of Multivariate GARCH Models," *Journal of Business and Economic Statistics*, **20**: 239-350.

- [17] Engle, R., Sheppard, K., 2001, "Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH," *Mimeo*, UCSD.
- [18] Flavin, T., 2004, "The effect of the Euro on country versus industry portfolio diversification," *Journal of International Money and Finance*, 23(7-8): 1137-1158.
- [19] Forbes, K., Rigobon, R., 2002, "No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Co-Movements," *Journal of Finance*, 57(5): 2223-2261.
- [20] Frank, N., Gonzalez-Hermosillo, B., Hesse H., 2008, "Transmission of Liquidity Shocks: Evidence from the 2007 Subprime Crisis," International Monetary Fund, Washington, DC.
- [21] Frank, N., Hesse, H., 2009, "Financial Spillovers to Emerging Markets during the Global Financial Crisis," *Czech Journal of Economics and Finance*, 59(6): 507-521.
- [22] Griffin, J. M., Karolyi, G. A., 1998, "Another look at the role of the industrial structure of markets for international diversification strategies," *Journal of Financial Economics*, 50(3): 351-373.
- [23] Heston, S.L., Rouwenhorst, K.G., 1995, "Industry and country effects in international stock returns," *Journal of Portfolio Management*, Spring, 53-58.
- [24] Hong, H., Sraer, D., 2011, "Quiet Bubbles," *Working Paper*, SSRN: 1767453.
- [25] Hwang, S., Stachell, S., Valls Pereira, P. L., 2007, "How Persistent is Volatility? An Answer with Stochastic Volatility Models with Markov Regime Switching State Equations," *Journal of Business Finance & Accounting*, 34:1002-1024.
- [26] Hwang, S., Valls Pereira, P. L., 2008, "The Effects of Structural Breaks in ARCH and GARCH Parameters on Persistence of GARCH Models," *Cass Business School Research Paper*. SSRN: 623162.
- [27] Jorion, P., Zhang, G., 2009, "Credit Contagion from Counterparty Risk," *Journal of Finance*, 64(5): 2053-2087.
- [28] King, M. A., Wadhwani, S., 1990, "Transmission of Volatility Between Stock Markets," *The Review of Financial Studies*, 3(1): 5-33.
- [29] Kiyotaki, N., Moore, J., 2002, "Balance-Sheet Contagion," *American Economic Review*, 92(2): 46-50.
- [30] Kodres, L. E., Pritsker, M., 2002, "A Rational Expectations Model of Financial Contagion," *Journal of Finance*, 57(2): 769-799.
- [31] Koller, T., Goedhart, M., Wessels, D., 2010, "*Valuation*: Measuring and Managing the Value of Companies," Wiley Finance Series.
- [32] Lee, S.B., Kim, K.J., 1993 "Does the October 1987 Crash Strengthen the Co-movements Among National Stock Markets?," *Review of Financial Economics*, 3: 89-102.
- [33] Lessard, D., 1974, "World, National, and Industry Factors in Equity Returns," *Journal of Finance*, 29(2): 379-391.

- [34] Longstaff, F., 2010, "The subprime credit crisis and contagion in financial markets," *Journal of Financial Economics*, **97**(3): 436-450.
- [35] Marçal, E., Valls Pereira, P. L., 2009, "Testing the Contagion Hypothesis with Multivariate Volatility Models," *Revista de Econometria*, **28**: 193-218.
- [36] Marçal, E., Valls Pereira, P. L., Martin, D., Nakamura, W., 2011, "Evaluation of Contagion or Interdependence in the Financial Crisis of Asia and Latin America, Considering the Macroeconomic Fundamentals," *Applied Economics*, **43**: 2365-2379.
- [37] Masson, P., 1998, "Contagion: Monsoonal Effects, Spillover and Jumps Between Multiple Equilibria," *IMF Working Paper 98/142*, Washington.
- [38] Masson, P., 1999, "Multiple Equilibria, Contagion and the Emerging Market Crises," *IMF Working Paper 99/164*, Washington.
- [39] Pesaran, M., Pick, A., 2007, "Econometric issues in the analysis of contagion," *Journal of Economic Dynamics and Control*, **31**(4):1245-1277.
- [40] Phylaktis, K., Xia, L., 2006a, "The Changing Role of Industry and Country Effects in the Global Equity Markets," *European Journal of Finance*, **12**: 627-648.
- [41] Phylaktis, K., Xia, L., 2006b, "Sources of Firms' Industry and Country Effects in Emerging Markets," *Journal of International Money and Finance*, **25**: 459-475.
- [42] Phylaktis, K., Xia, L., 2011, "Equity Market Contagion and Comovement: Industry Level Evidence," in Kolb, R., (ed), "*Financial Contagion: The Viral Threat to the Wealth of Nations*," John Wiley & Sons.
- [43] Santos, R., Valls Pereira, P. L., 2011, "Modelando Contágio Financeiro Através de Cópulas," *Revista Brasileira de Finanças*, **9**: 230-260.
- [44] Wooldridge, J., 1990, "A Unified Approach to Robust, Regression Based Specification Tests," *Econometric Theory*, **6**: 17-43.
- [45] Wooldridge, J., 1991, "On the Application of Robust, Regression Based Diagnostics to Models of Conditional Means and Conditional Variances," *Journal of Econometrics*, **47**: 5-46.
- [46] Vayanos, D., 2004, "Flight to Quality, Flight to Liquidity, and the Pricing of Risk," *NBER Working Papers 10327*, National Bureau of Economic Research.