

ANÁLISE DE RISCO SISTÊMICO E TEORIA E INFORMAÇÃO BASEADAS EM OPÇÕES*

Martín Saldías**

RESUMO

Este artigo descreve a metodologia de cálculo e as propriedades de séries *Distance-to-Default* agregadas e prospetivas. Trata-se de dois indicadores de mercado para monitorizar o risco sistémico no sistema bancário europeu baseados na Análise da Dívida Contingente e construídos usando a informação dos balanços dos bancos e das cotações das ações e opções. Estes indicadores são gerados usando informação de bancos importantes do ponto de vista sistémico e do índice *STOXX Europe 600 Banks* e oferecem vantagens metodológicas na monitorização de vulnerabilidades no sistema bancário ao longo do tempo.

1. INTRODUÇÃO

A crise financeira iniciada em 2007 despoletou uma atenção renovada e uma maior ênfase operacional na investigação do risco sistémico no sistema bancário. A literatura teórica¹ e empírica emergente sobre este tema tem alcançado grandes progressos e produzido um amplo leque de metodologias para detetar e medir o risco sistémico e para atribuir risco sistémico a instituições individuais no sistema financeiro.

Estas novas abordagens estão ou a substituir ou a melhorar as metodologias existentes, que não conseguiram detetar as vulnerabilidades antes da crise. As novas metodologias baseiam-se em fontes de informação variadas e são também concebidas para incorporar novas características dos fenómenos económicos à medida que estes se materializam, tais como: exposições partilhadas a outros setores económicos ou a outros segmentos de mercado; diferentes canais de transmissão de tensões; dependência em eventos extremos; e ainda outros elementos complexos do risco sistémico².

Este artigo destaca uma das contribuições recentes nesta área e descreve uma aplicação da Análise da Dívida Contingente (*Contingent Claim Analysis*, adiante designada por *CCA*) à deteção e monitorização precoce do risco sistémico no sistema bancário europeu. As séries *Portfolio Distance-to-Default (PDD)* e *Average Distance-to-Default (ADD)* são construídas usando informação sobre os balanços de diversos bancos, e informação sobre mercados de ações e de índices, bem como de opções sobre bancos sistemicamente importantes incluídos no índice *STOXX Europe 600 Banks*. Estes indicadores contêm várias

* Este artigo baseia-se numa versão atualizada de Saldías, M. (2010) "Systemic Risk Analysis Using Forward-Looking Distance-to-Default Series", *Working Paper* No. 2010-05, Federal Reserve Bank de Cleveland. As opiniões expressas no artigo são da responsabilidade do autor, não coincidindo necessariamente com as do Banco de Portugal ou do Eurosistema. Eventuais erros e omissões são da exclusiva responsabilidade dos autor.

** Banco de Portugal, Departamento de Estudos Económicos.

- 1 Ver de Bandt *et al.* (2009) para uma discussão exaustiva do conceito de risco sistémico.
- 2 Galati e Moessner (2011) e Rodríguez-Moreno e Peña (2012) fornecem uma revisão detalhada de estudos recentes e amplamente citados sobre risco sistémico e o seu desempenho relativo, incluindo *inter alia* as contribuições de Acharya *et al.* (2010), Adrian e Brunnermeier (2011), Segoviano e Goodhart (2009) e Huang *et al.* (2010). Outras contribuições relevantes incluem Brownlees e Engle (2011), Drehmann, e Tarashev, (2011a, b) e Schwaab *et al.* (2011).



características interessantes de outros indicadores de risco sistémico e também apresentam vantagens metodológicas na monitorização de vulnerabilidades do sistema bancário ao longo do tempo. Primeiro, a utilização da informação adicional dos mercados de opções, para além da contida nos balanços dos bancos e nos mercados acionistas, mune os indicadores de propriedades prospetivas que lhes permitem detetar sinais de tensões globais no setor bancário mais cedo do que as abordagens tradicionais na literatura e do que outros indicadores de mercado.

Devido à introdução da informação contida no índice de ações, para além dos dados individuais dos bancos, estas séries também são capazes de capturar interdependências e risco conjunto entre bancos importantes do ponto de vista sistémico sem recorrerem à modelação explícita da estrutura de dependência entre os bancos individuais. Adicionalmente, este tipo de informação permite também a deteção do risco de eventos extremos através das diferenças entre os preços das ações e das opções sobre índices e seus constituintes. Sendo estimativas pontuais, as séries registam uma reação rápida e clara às tensões do mercado ao mesmo tempo que mantêm indicações informativas sobre as tendências a longo prazo associadas à evolução dos determinantes económicos.

O resto do artigo está estruturado da seguinte forma. A secção 2 analisa as características da *CCA* e as suas aplicações à análise do risco sistémico. A secção 3 introduz a amostra dos bancos e discute a abordagem metodológica seguida neste artigo. Na secção 4, apresentam-se os resultados da calibração do modelo e discutem-se as propriedades das séries *PDD* e *ADD*, bem como as respetivas diferenças enquanto instrumentos de monitorização do risco sistémico. A secção 5 apresenta as conclusões.

2. ANÁLISE DA DÍVIDA CONTINGENTE E RISCO SISTÉMICO

A Análise da Dívida Contingente (*CCA*) é um método de modelação que aplica a teoria do preço das opções ao incumprimento empresarial. Esta análise combina informação baseada no mercado – geralmente os preços das ações – e informação dos balanços para obter um conjunto exaustivo de indicadores de risco financeiro de uma empresa, e.g. a distância ao incumprimento, probabilidades de incumprimento, prémios de risco de crédito com neutralidade face ao risco, etc.

Com base no modelo de Merton (1974) de risco de crédito³, os passivos das empresas são vistos como dívidas contingentes contra ativos com pagamento determinado pela senioridade. Neste contexto, o valor de mercado do capital próprio da empresa torna-se uma opção de compra implícita sobre o valor do mercado dos seus ativos, sendo o preço definido pelo limiar de incumprimento ou rotura (determinado pela dívida com risco). À medida que os ativos da empresa caem e se aproximam de um limiar de incumprimento, o valor de mercado da opção de compra também cai. A distância normalizada entre o valor de mercado de um ativo e o limiar de incumprimento chama-se distância ao incumprimento (*Distance-to-Default*, adiante designada por *DD* e constitui o indicador de risco financeiro usado neste artigo para avaliar e monitorizar o risco sistémico no sistema bancário europeu. A distância ao incumprimento indica quantos desvios-padrão o valor de mercado dos ativos se encontra afastado do limiar de incumprimento, e pode ser transformada em probabilidades de incumprimento se a distribuição dos ativos for conhecida.

A abordagem *CCA* foi citada e analisada pelo *Financial Stability Board* (2009) como uma ferramenta para melhorar a análise de risco sistémico, para identificar instituições financeiras importantes do ponto de vista do sistema como um todo e ajudar a estabelecer um enquadramento regulamentar que consiga lidar com o risco que advém das interligações sistémicas. Neste contexto, foram implementadas várias aplicações desta abordagem, baseadas em dados agregados, para analisar diferentes dimensões do risco sistémico na banca, e foram desenvolvidas extensões a um leque mais amplo de questões macrofinan-

³ Ver Gray e Malone (2008) para uma análise técnica exaustiva desta metodologia e respetivas extensões, bem como da literatura relacionada.

ceiras e de risco sistémico, tais como o risco da dívida soberana, a atividade económica, a transmissão de risco entre setores e a quantificação dos contributos para o risco sistémico⁴.

Na generalidade da literatura *CCA* disponível, a agregação das séries *DD* individuais em indicadores para o sistema como um todo foi conduzida através de uma abordagem de baixo para cima com base em médias simples (séries *ADD*) e, ocasionalmente, também através da calibração de dados individuais em carteiras de bancos baseada em informações históricas de rendimentos e respetivas covariâncias, *i.e.* a versão básica das séries *PDD*, e que corresponde a tratar o sistema como um grande banco.

Apesar das séries *ADD* baseadas em séries *DD* individuais conterem muita informação sobre a dinâmica e intensidade dos riscos para o sistema como um todo, podem também ser enganadoras se analisadas isoladamente, uma vez que não levam em linha de conta a heterogeneidade dos bancos, as diferenças de dimensão, as interdependências de risco e os riscos de eventos extremos que afetam todo o setor. Outras medidas de tendência central, como as médias ponderadas ou o quantil *DD*, resolvem parcialmente o problema da dimensão, mas a sua utilidade limita-se a quando as correlações entre disrupções são baixas, dado que não conseguem captar as interdependências entre bancos e não reagem a flutuações em períodos de tensões financeiras (Čihák, 2007).

As séries *PDD* têm um conteúdo informativo superior ao das séries *ADD*, uma vez que consideram adicionalmente a dimensão dos bancos e a interdependência do risco entre bancos, e também emulam a evolução do limiar inferior da probabilidade conjunta de risco. A dinâmica conjunta das séries *PDD* e *ADD* funciona essencialmente da seguinte forma: quando a correlação entre a rentabilidade dos bancos aumenta em momentos de tensão no mercado, revelando interdependências mais acentuadas, as duas séries tendem a cair e o diferencial entre elas tende a estreitar-se. Uma vez que a *PDD* é em geral mais alta que a *ADD*, constituindo por essa razão um limiar inferior de disrupção, o movimento conjunto das séries *DD* contém informação relevante acerca do aumento da correlação, dos efeitos de contágio em termos de volatilidade, e por isso do risco sistémico. As *PDD* podem contudo tornar-se um indicador coincidente quando calculadas usando dados observados, e portanto podem não conseguir detetar os primeiros sinais de tensões no mercado.

Em aplicações recentes da *CCA* tem sido abordada a importância da agregação de modelos *CCA* univariados das instituições numa estrutura multivariada como forma de levar em conta a dependência linear e não-linear e de detetar as interdependências e ligações dentro e entre instituições, visto que as medidas de correlação convencionais baseadas em dados observados não são fiáveis na presença de abas pesadas, especialmente em tempos de crise.

Neste contexto, as séries de distância ao incumprimento prospetivas abordadas neste artigo contribuem com duas inovações para a literatura que lida com os problemas da estrutura de dependência entre bancos e com a deteção dos primeiros sinais de tensões. Em primeiro lugar, a introdução de informação do índice acionista de referência, o índice *STOXX Europe 600 Banks*, evita a utilização de pressupostos de modelação arbitrários ou explícitos ou de estruturas amostrais de dependência entre bancos, que tendem a enfraquecer o seu conteúdo informativo e a limitar a sua capacidade de antecipar acontecimentos de alto risco sistémico. Em alternativa, as séries *PDD* e *ADD* manterão as suas propriedades prospetivas e a sua diferença refletirá, em larga medida, as diferenças de informação incorporadas nas volatilidades implícitas do índice de referência e dos seus constituintes. Como a informação das opções sobre índices acionistas ainda não foi totalmente explorada, esta característica mune estes indicadores com um sinal adicional de tensões no setor bancário.

⁴ Podem-se encontrar aplicações empíricas da *CCA* para avaliar risco sistémico nos bancos em Duggar e Mitra (2007), Gray e Walsh (2008), Harada e Ito (2008) e Harada *et al.* (2010). Gray *et al.* (2007) e Gray e Jobst (2010). Discutem detalhadamente outras extensões da *CCA* para analisar um leque mais amplo de questões macrofinanceiras. Ver Antunes e Silva (2010) para o caso do sistema bancário português e Silva *et al.* (2011) para uma extensão do risco sistémico à análise dos setores macrofinanceiros portugueses.

As volatilidades implícitas em opções sobre o índice bancário e os seus constituintes transmitem também informação importante acerca da dependência do risco de eventos extremos e dos efeitos das garantias públicas na perceção de risco em todo o sistema⁵. A diferença entre o risco de incumprimento de uma carteira e o dos seus constituintes é uma característica crucial em termos de risco sistémico quando os ativos tendem a ter uma correlação elevada. Há um grau mais alto de dependência de riscos extremos que não resulta da combinação de abas pesadas dos constituintes de um grupo.

3. CALIBRAÇÃO DAS SÉRIES PORTFOLIO E AVERAGE DISTANCE-TO-DEFAULT

As amostras usadas para calcular as séries *Portfolio Distance-to-Default* e *Average Distance-to-Default* baseiam-se nos constituintes do índice *STOXX Europe 600 Banks* e do índice *EURO STOXX Banks*, um subgrupo do anterior, para a análise do sistema bancário na área do euro entre o terceiro trimestre de 2002 e o quarto trimestre de 2011.

Este índice setorial inclui as ações dos bancos de maior dimensão e mais transacionados em bolsa, com sede em 17 países da Europa, e constitui provavelmente a melhor referência do setor bancário europeu, refletindo a dimensão pan-europeia da integração financeira. Adicionalmente, a existência de opções sobre este índice negociadas em bolsa com relativa liquidez constitui uma característica chave adicional para o propósito da análise conduzida neste artigo.

A amostra variável usada para calcular a série *PDD* inclui 96 (quase todos) bancos que pertencem ao índice *STOXX Europe 600 Banks* durante o período em análise, levando em consideração alterações na composição trimestral do índice e atualizações no índice mais alargado *STOXX Europe 600* devido a ações de mercado relevantes⁶. A amostra de bancos usada para analisar a série *ADD* é um subconjunto da anterior. Os bancos incluídos neste grupo são considerados o centro do sistema bancário europeu em termos de risco sistémico e para o propósito desta investigação. Esta subamostra consiste em 34 instituições financeiras de grande dimensão e importantes do ponto de vista sistémico, *i.e.*, os 33 maiores bancos na amostra *PDD* mais o *ING Group*. Em condições ideais, as amostras usadas do cálculo das séries *PDD* e *ADD* deveriam ser perfeitamente coincidentes, mas, na prática, a disponibilidade de preços de opções com alguma liquidez atua como uma restrição⁷.

O Quadro 1 lista os 34 bancos que fazem parte da subamostra⁸.

Estes bancos são vistos como importantes em termos sistémicos visto que cumprem vários dos critérios de dimensão, de atividade em várias jurisdições, de interligações, de substituíbilidade e de complexidade listados inicialmente a pedido dos líderes do G-20 em abril de 2009 e mais recentemente pelo *Financial Stability Board*. Os bancos selecionados constituem o núcleo central que o BCE denomina *Large and Complex Banking Groups*, e são a génese da lista *Global Systemically Financial Institutions (G-SIFI)*.

No que respeita aos modelos usados para calibrar a série *DD*, em cada momento do tempo t , a *Average Distance-to-Default* representada na equação (1) abaixo é calculada através de uma média simples das N séries *DD* individuais dos bancos.

5 Ver Kelly *et al.* (2011) e Langnau e Cangemi (2011) para mais informação.

6 Ver a versão atualizada de Saldías (2010) para uma lista completa dos bancos na amostra.

7 Esta discrepância é reduzida visto que o final da amostra inclui vários bancos que resultaram de fusões e aquisições em períodos anteriores. No final da amostra, a amostra *ADD* inclui 30 dos 49 bancos da amostra *PDD* e mais de 95 por cento da capitalização do mercado. Ver Saldías (2010) para mais informação.

8 Há quatro casos especiais que vale a pena assinalar. *Fortis*, *HBOS* e *Alliance & Leicester* eram bancos grandes que faziam parte da amostra até terem sido comprados por outras grandes instituições financeiras da amostra, o *BNP Paribas*, o *Lloyds Banking Group* e o *Santander*, respetivamente. Como estas aquisições tiveram lugar tardiamente na amostra, os bancos eram constituintes desde o início e tinham preços de opções líquidas, estes três bancos não foram excluídos da amostra *ADD*. O *Dexia* foi apagado do índice de referência em Novembro de 2011 após ter sido desmembrado devido às suas perdas no período até agora mais agudo da crise da dívida grega.

Quadro 1

| BANCOS DA AMOSTRA AVERAGE DISTANCE-TO-DEFAULT | | | | |
|---|----------------------|-------------|--|-------------|
| | Banco | País | Banco | País |
| 1 | RBS | Reino Unido | 18 Natixis | França |
| 2 | Barclays | Reino Unido | 19 Intesa Sanpaolo | Itália |
| 3 | BNP Paribas | França | 20 KBC | Bélgica |
| 4 | HSBC | Reino Unido | 21 Standard Chartered | Reino Unido |
| 5 | Deutsche Bank | Alemanha | 22 SEB | Suécia |
| 6 | UBS | Suíça | 23 DNB ASA | Noruega |
| 7 | ING | Holanda | 24 Svenska Handelsbanken | Suécia |
| 8 | Crédit Agricole | França | 25 Erste Group | Áustria |
| 9 | Société Générale | França | 26 Swedbank | Suécia |
| 10 | UniCredit | Itália | 27 Banca Monte dei Paschi di Siena | Itália |
| 11 | Santander | Espanha | 28 Banco Popular Español | Espanha |
| 12 | Credit Suisse | Suíça | 29 Mediobanca | Itália |
| 13 | Commerzbank | Alemanha | 30 Bankinter | Espanha |
| 14 | BBVA | Espanha | 31 Dexia ^(a) | Bélgica |
| 15 | Lloyds Banking Group | Reino Unido | 32 Fortis ^(a) | Bélgica |
| 16 | Danske Bank | Dinamarca | 33 HBOS ^(a) | Reino Unido |
| 17 | Nordea | Suécia | 34 Alliance & Leicester ^(a) | Reino Unido |

Fonte: Saldías (2010).

Notas: (a) As datas de saída da amostra do Alliance & Leicester, HBOS, Fortis e Dexia, são outubro de 2008, janeiro de 2009, setembro de 2009 e novembro de 2011, respetivamente.

$$ADD_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N DD_{i,t} \quad (1)$$

onde $DD_{i,t}$ é a DD individual do banco i para um horizonte de um ano em t , como é prática comum na literatura. Como apresentado na equação (2) abaixo, para cada banco i , $DD_{i,t}$ é uma função do limiar de incumprimento $D_{i,t}$ obtido a partir dos dados do balanço do banco; da taxa de crescimento dos seus ativos $r_{i,t}$ aproximada pela taxa de juro sem risco no respetivo mercado doméstico, da maturidade da dívida T , e de duas variáveis não observadas, nomeadamente o valor implícito dos ativos $A_{i,t}$ e a volatilidade implícita dos ativos σ_A :

$$DD_{i,t} = \frac{\ln\left(\frac{A_{i,t}}{D_{i,t}}\right) + \left(r_{i,t} - \frac{1}{2}\sigma_{A,t}^2\right)T}{\sigma_{A,t}\sqrt{T}} \quad (2)$$

As duas últimas variáveis são calculadas com técnicas iterativas correntes usando o valor de mercado das ações $E_{i,t}$ e a volatilidade dos rendimentos dos preços das ações $\sigma_{E,t}$ obtidos neste artigo a partir de opções sobre ações individuais transacionadas em bolsa⁹.

Os dados dos balanços dos bancos e dos mercados foram obtidos para o período entre 30 de setembro de 2002 e 31 de janeiro de 2012 (2437 dias de transações). Os dados dos balanços compreendem dados anuais e provisórios sobre o total de ativos, passivos de curto prazo e capitais próprios. Os dados baseados no mercado incluem observações diárias das taxas de juro sem risco, da capitalização do mercado, das taxas de câmbio do euro e das volatilidades implícitas das opções de compra e venda cujo preço de mercado é igual ao preço de exercício (*at-the-money*). As taxas de juro sem risco correspondem às taxas de rendibilidade de obrigações do tesouro a 10 anos no país de origem de cada banco.

As séries DD individuais têm frequência diária. Em termos práticos, a informação dos balanços dos bancos teve que ser modificada a partir das suas frequências originais - trimestrais, semestrais ou, em

9 Para detalhes técnicos sobre estes cálculos, ver Saldías (2010).

alguns casos, anuais - usando filtros cúbicos para as interpolar para dados diários. Num segundo passo, calculam-se os limiares de incumprimento diários (o valor nominal dos passivos a curto prazo mais metade dos de longo prazo) usando estas novas séries de itens de balanços. O último passo antes de calcular a série *DD* média diária é converter as volatilidades implícitas das opções de compra e venda numa volatilidade implícita média e em seguida calibrar a série *DD* individual.

A expressão para a série *PDD* é a seguinte:

$$PDD_t = \frac{\ln\left(\frac{A_{P,t}}{D_{P,t}}\right) + \left(r_{P,t} - \frac{1}{2}\sigma_{P,A}^2\right)T}{\sigma_{A,t}\sqrt{T}} \quad (3)$$

onde PDD_t é a distância ao incumprimento da carteira (*Portfolio Distance-to-Default*) a T períodos à frente no dia t . A definição dos inputs no caso *PDD* é a mesma que na equação (2). Contudo, como a *PDD* pressupõe que os bancos individuais são considerados como um banco grande, vale a pena assinalar algumas alterações metodológicas relevantes. A calibração da *PDD* na equação (3) requer a agregação dos dados dos balanços dos bancos da amostra da série *PDD* numa única série. Dessa forma, para os bancos que constituem a carteira, os dados individuais anuais e provisórios sobre os ativos totais, passivos de curto prazo e capitais próprios são primeiramente convertidos para euros e depois somados para calcular o limiar de incumprimento trimestral da carteira, DP_t , antes da interpolação diária. A taxa de crescimento dos ativos do portfolio $r_{P,t}$ é representada pela taxa de rendibilidade de obrigações sintéticas da área do euro a 10 anos. Por fim, a estimação das variáveis não observadas, nomeadamente o valor implícito dos ativos da carteira $A_{P,t}$ e a volatilidade implícita dos ativos da carteira $\sigma_{A,t}$, foi levada a cabo usando o valor da carteira no mercado de ações $E_{P,t}$ obtido diretamente como o valor de mercado do índice acionista de referência para a área do euro, e a volatilidade das ações da carteira obtida a partir das opções sobre o respetivo índice $\sigma_E = \sigma_{Indice}$.

Como mencionado acima, a utilização das volatilidades implícitas do índice de referência e dos seus principais constituintes significa que, na prática, este artigo não só mantém a componente prospetiva das séries *ADD* e *PDD*, como também não pressupõe nenhuma estrutura de covariância na calibração dos dados agregados, o que constitui uma diferença importante relativamente às aplicações existentes da *PDD*. A volatilidade das ações é obtida diretamente de dados do mercado de opções, introduzindo as perceções do mercado relativamente ao risco de tensões conjuntas e as suas características em eventos extremos.

4. RESULTADOS

Esta secção apresenta os resultados da calibração das séries *PDD* e *ADD* descritas anteriormente, focando-se nas suas propriedades e nas suas diferenças enquanto instrumentos para monitorizar o risco sistémico no sistema bancário europeu.

4.1 Dinâmica da Série *DD* e Vigilância do Risco Sistémico

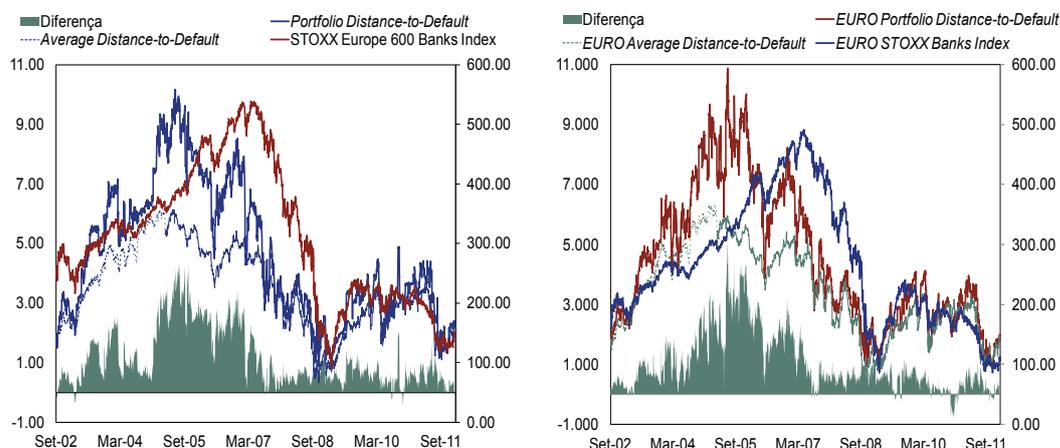
O Gráfico 1 mostra, no painel do lado esquerdo, as séries prospetivas *Average Distance-to-Default* e *Portfolio Distance-to-Default*, a sua diferença, e também o índice *STOXX Europe 600 Banks* como referência. O painel do lado direito mostra as séries *PDD* e *ADD* calculadas para os bancos da área do euro com o índice *EURO STOXX banks* como referência.

Estes gráficos mostram que a dinâmica destas três séries – *PDD*, *ADD* e diferencial *PDD - ADD* – fornece indicações úteis quanto à avaliação do mercado e as perspetivas de risco no sistema bancário europeu. Como esperado, a *PDD* evolui em linha com a *ADD*, situando-se acima desta em toda a

Gráfico 1

SÉRIES PROSPETIVAS *DISTANCE-TO-DEFAULT* PARA A EUROPA E A ÁREA DO EURO |

30-SET-2002 - 31-JAN-2012



Fontes: Cálculos do autor e Bloomberg.

amostra, com exceção de alguns períodos em que a *ADD* excede a *PDD*. A série *PDD* exibe um desvio-padrão mais elevado e uma assimetria positiva elevada (ver o Quadro 2) comparativamente à série *ADD*. A primeira característica ilustra a reação rápida da série *PDD* a novas informações e o seu efeito no co-movimento dos rendimentos em toda a amostra, enquanto as diferenças em termos de assimetria sugerem que as séries *ADD* e *PDD* podem ser interpretadas como limiares inferiores e superiores de indicadores de tensões conjuntas, respetivamente.

Para uma dada tendência específica da série, a diferença entre as séries *PDD* e *ADD* estreita-se subitamente em resposta a eventos específicos de elevada volatilidade do mercado. Estes eventos ocorrem durante períodos facilmente identificáveis e de curta duração e são bem ilustrados pelos índices acionistas de referência. As diferenças tendem a permanecer estreitas durante períodos longos de elevada volatilidade dos mercados e quando existe um elevado grau de tensões conjuntas no setor. Simetricamente, estas séries sinalizam também as notícias positivas visíveis no alargamento temporário do diferencial entre as séries *DD* durante episódios desfavoráveis, com níveis baixos nas séries *PDD* e *ADD* e um diferencial persistentemente estreito. Um exemplo deste último caso encontra-se em finais de 2008, quando se deram recapitalizações generalizadas em grandes bancos, como o *RBS*.

As séries *ADD* e *PDD* apresentam níveis muito baixos e um diferencial relativamente estreito no início do período amostral, marcado pelo rescaldo dos escândalos contabilísticos *WorldCom/Enron* e pela

Quadro 2

| ESTATÍSTICAS RESUMO | | | | | | |
|---------------------|-----------------|------------|----------------|------------------------|------------|----------------|
| | Bancos europeus | | | Bancos da área do euro | | |
| | <i>PDD</i> | <i>ADD</i> | <i>PDD-ADD</i> | <i>PDD</i> | <i>ADD</i> | <i>PDD-ADD</i> |
| Média | 4.655 | 3.504 | 1.151 | 4.486 | 3.466 | 1.020 |
| Mediana | 3.948 | 3.338 | 0.767 | 3.789 | 3.257 | 0.667 |
| Máximo | 10.168 | 6.163 | 4.334 | 10.887 | 6.343 | 5.047 |
| Mínimo | 0.893 | 0.339 | -0.472 | 0.958 | 0.410 | -0.826 |
| Desvio-padrão | 2.215 | 1.425 | 0.976 | 2.267 | 1.451 | 0.991 |
| Assimetria | 0.470 | -0.008 | 1.028 | 0.557 | 0.045 | 1.271 |
| Curtose | -0.872 | -0.996 | 0.119 | -0.783 | -1.052 | 1.151 |
| Observações | 2437 | 2437 | 2437 | 2437 | 2437 | 2437 |

Fonte: Cálculos do autor.



manutenção de uma volatilidade elevada nos mercados. Posteriormente, as séries apresentam uma tendência de subida e um diferencial $PDD - ADD$ crescente até ao final de 2005, alcançando um diferencial $PDD-ADD$ máximo em agosto, quando os mercados financeiros se tornam menos voláteis e o setor se torna mais lucrativo mas crescentemente alavancado. Durante este período de baixa volatilidade do mercado e de aumento dos lucros dos bancos, há alguns eventos específicos e de curta duração em que o diferencial $PDD - ADD$ se estreita significativamente¹⁰.

Outra característica digna de nota nos gráficos é o facto das séries DD alcançarem o seu pico em 2005, muito antes dos mercados acionistas de referência alcançarem os seus. Estas iniciam uma tendência descendente por volta desta data, que apenas se inverteu após o primeiro trimestre de 2009. Desde agosto de 2007, a crise do subprime conduziu as séries DD e especialmente o diferencial para níveis muito baixos, definindo um novo período de alta volatilidade, de rendimentos decrescentes das ações e correlação elevada entre as rendibilidades dos bancos. Nesta nova fase, a volatilidade esperada dos rendimentos das ações, aproximada pelas volatilidades implícitas das opções, torna-se dominante na calibração das DD , dado que as elasticidades das DD relativamente a alterações no limiar de incumprimento e no valor implícito dos ativos dependem negativamente das alterações na volatilidade implícita dos ativos. As séries DD continuaram a cair até ao colapso da *Lehman Brothers* e à divulgação dos resultados da primeira ronda de testes de esforço nos EUA em maio de 2009. As injeções de capital de reforço à escala global produziram uma inversão da evolução das séries DD enquanto o diferencial permaneceu próximo de zero.

O período pós-*Lehman* caracteriza-se por uma tendência ascendente fraca das séries, refletindo a desalavancagem e, discutivelmente, uma melhor capitalização dos balanços dos bancos, mas o diferencial entre elas permaneceu em níveis muito baixos, demonstrando que a transmissão de choques de volatilidade permanece elevada. Esta característica ilustra, por um lado, as injeções de capital em toda a Europa num regime de elevada volatilidade nos mercados financeiros, tornando mais provável a ocorrência de efeitos de contágio relativamente rápidos. Adicionalmente, registaram-se interrupções significativas no processo de recuperação económica visto que a crise europeia da dívida soberana penalizou significativamente a evolução da atividade entre outubro e novembro de 2010 e no verão de 2011, atingindo mais severamente as séries DD dos bancos da área do euro. O final da amostra mostra uma viragem marginal para cima como consequência da injeção de crédito *LTRO*.

4.2 Propriedades Prospetivas

O gráfico 2 compara as séries DD prospetivas e o seu diferencial com as calculadas com base em volatilidades históricas publicadas pelo BCE. Em particular, as séries DD prospetivas são comparadas com a mediana das séries *Distance-to-Default* de uma amostra de grandes bancos da UE no painel do lado esquerdo e, no painel do lado direito, com a média ponderada das séries *Distance-to-Default* do conjunto de bancos designado por *Global Large and Complex Banking Groups*. Uma simples inspeção gráfica destes números sugere que os pontos de viragem das séries DD prospetivas precedem os das séries DD baseados em volatilidades históricas ao longo de todo o período em análise.

Para testar econometricamente as propriedades prospetivas das séries ADD e PDD derivadas das volatilidades implícitas das opções e da diferença entre elas implementaram-se vários pares de testes de causalidade de Granger face às séries DD retrospectivas¹¹.

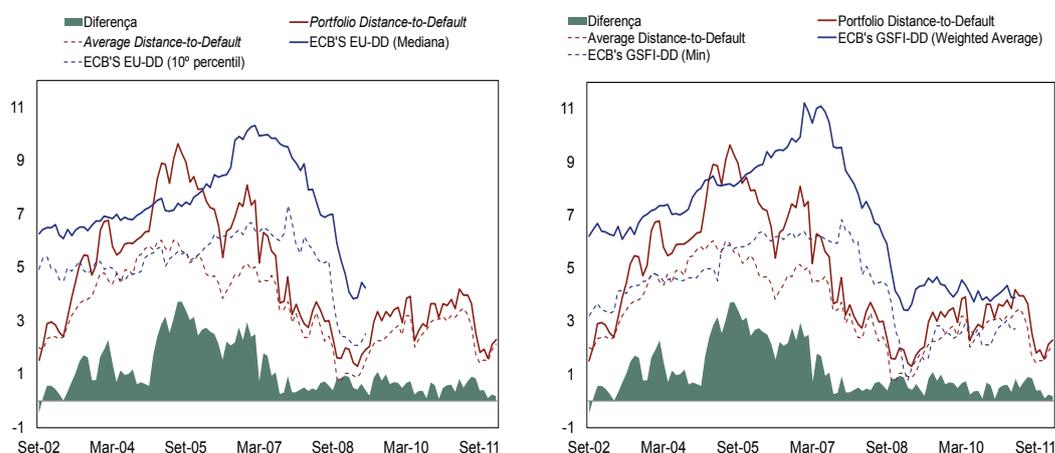
¹⁰ Estes episódios incluem eventos de aperto significativo das políticas monetárias (abril e maio de 2004, maio de 2005) ou de fortes correções do mercado (meados de 2006, fevereiro de 2007).

¹¹ As séries ADD e PDD foram previamente transformadas para coincidir com a frequência mensal dos dados do BCE e foram conduzidos testes de raiz unitária e cointegração antes dos testes de causalidade de *Granger*. Saldaías (2010) também inclui testes de causalidade de *Granger* para as séries DD da área do euro. Infelizmente, as publicações do BCE não revelam a composição da sua carteira, o que pode afetar marginalmente os resultados dos testes.

Gráfico 2

SÉRIES DISTANCE-TO-DEFAULT PROSPETIVAS PARA A EUROPA E A ÁREA DO EURO |

SETEMBRO DE 2002 – JANEIRO DE 2012



Fonte: Cálculos do autor.

Os resultados são apresentados no Quadro 3 e confirmam do ponto de vista econométrico a natureza prospectiva da nossa série, na medida em que mostram que os indicadores *DD* prospectivos e o respetivo diferencial causam no sentido de Granger as séries *DD* do BCE até dois anos, tal como sugerido na análise gráfica. Os resultados dos testes para as séries *DD* para desfasamentos mais longos são ainda mais robustos usando dadas as semelhanças nos métodos utilizados no cálculo destas séries e também devido ao facto de o efeito dos choques de volatilidade transitórios no indicador *PDD* ser parcialmente compensado nas séries da média e mediana da *DD*. Estes resultados sugerem fortemente que existe ainda uma componente retrospectiva subjacente que não está presente nas séries *DD* que incorporam a informação do preço das opções. As séries *DD* construídas neste artigo apresentam por esta razão uma vantagem importante enquanto instrumentos de deteção precoce do risco sistémico.

Quadro 3

| TESTES DE CAUSALIDADE DE GRANGER | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| X | PDD | DD _{LCBG} | ADD | DD _{LCBG} | PDD-ADD | DD _{LCBG} | Desfasamento |
| Y | DD _{LCBG} | PDD | DD _{LCBG} | ADD | DD _{LCBG} | PDD-ADD | |
| | 9.2960** | 0.3409 | 9.9358** | 1.448 | 4.3131** | 0.5886 | 1 |
| | 4.6203** | 2.157 | 4.1809** | 3.1928** | 3.6260** | 0.6386 | 2 |
| | 3.3685** | 2.3546* | 2.8266** | 2.8647** | 2.9027** | 1.5599 | 3 |
| | 0.8942 | 2.7027** | 1.4522 | 1.1849 | 1.1 | 2.4833** | 6 |
| | 0.7975 | 1.4975 | 1.569 | 1.0343 | 0.9672 | 1.4936 | 12 |
| | 1.5336 | 1.0367 | 2.161** | 1.124 | 1.0934 | 1.7115* | 24 |
| X | PDD | DD _{EUmediana} | ADD | DD _{EUmediana} | PDD-ADD | DD _{EUmediana} | Desfasamento |
| Y | DD _{EUmediana} | PDD | DD _{EUmediana} | ADD | DD _{EUmediana} | PDD-ADD | |
| | 9.8082** | 1.9012 | 11.5817** | 3.4081* | 4.4287** | 0.0868 | 1 |
| | 4.1214** | 1.496 | 4.5748** | 1.461 | 2.5346* | 0.9063 | 2 |
| | 1.9776 | 0.8844 | 2.2155* | 1.4751 | 1.4611 | 0.6109 | 3 |
| | 0.5576 | 1.3161 | 1.2194 | 1.3442 | 0.9657 | 0.7811 | 6 |
| | 1.1634 | 1.3623 | 1.8172* | 1.3476 | 1.1521 | 1.356 | 12 |
| | 1.0517 | 2.036 | 1.9579 | 2.1533 | 0.9604 | 0.6808 | 24 |

Fonte: Cálculos do autor.

Notas: O quadro reporta as estatísticas *F* dos testes de causalidade de Granger em que a hipótese nula é "X não causa Y no sentido de Granger". **, * indicam a rejeição da hipótese nula a níveis de 5% e 10%, respetivamente. As séries *ADD* e *PDD* correspondem a médias mensais. As séries *DD_{EUmediana}* e *DD_{LCBG}* obtidas das Análises de Estabilidade Financeira do Banco Central Europeu. As amostras do teste estão sujeitas à disponibilidade dos dados: Set-2002 a Maio-2009 para a *DD_{EUmediana}*; Set-2002 a Abr-2011 para a *DD_{GSFI}*.



4.3 Co-movimento e Dependência do Risco

Esta subsecção observa mais de perto a relação entre as séries *PDD* e *ADD* e as suas propriedades em termos das alterações esperadas de correlação entre os rendimentos dos bancos e a dependência do risco de eventos extremos.

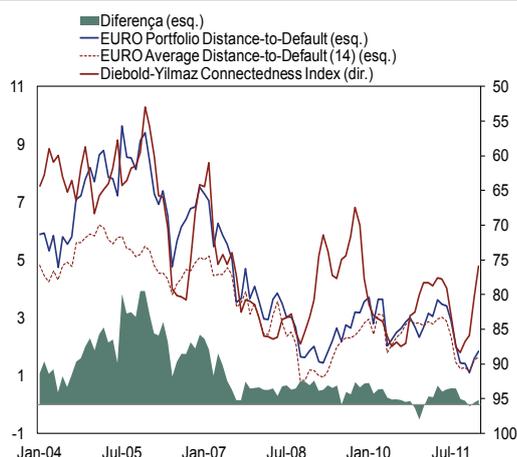
A diferença entre as séries *PDD* e *ADD* reflete a estrutura de co-movimento e a correlação dos rendimentos dos bancos. No caso das séries em que a calibração se baseia em covariâncias entre pares de variáveis observadas, verifica-se uma simetria total. Contudo, quando as séries *DD* são calculadas com base em volatilidades implícitas individuais e no índice de opções, o papel da correlação esperada com o diferencial *DD* permanece importante mas também inclui elementos adicionais de risco de eventos extremos em todo o setor em momentos drásticos. Adicionalmente, o diferencial *PDD - ADD* depende do regime de volatilidade nos mercados acionistas, o que significa que existe uma estrutura de dependência não-linear determinada pelas opções e pelos contributos de outros *inputs*. Em particular, há um efeito mais forte da componente de co-movimento durante tempos de crise, enquanto sob regimes de baixa volatilidade os outros *inputs DD*, *i.e.*, a diferença relativa em termos de alavancagem e de crescimento dos rendimentos, desempenham um papel mais relevante.

Para ilustrar estes pontos, o Gráfico 3 compara as séries *DD* prospetivas para os bancos da área do euro com o índice *Diebold-Yilmaz Connectedness Index (DYCI)*, apresentado em Diebold and Yilmaz (2009). Este indicador é construído usando informações sobre os preços das ações e baseia-se na decomposição de variância do erro de previsão a partir de um modelo autoregressivo vetorial. Por construção, este indicador situa-se entre 0 e 100 e mede a fração da variância do erro de previsão dos bancos incluídos na amostra que é explicada por choques nas ações de outros bancos. O *DYCI* fornece indicações relevantes sobre os efeitos cruzados e variáveis no tempo da volatilidade dos rendimentos das ações, *i.e.*, co-movimento e contágio, apesar de não conter sinais de risco crescente devido a uma alavancagem mais alta nos balanços dos bancos.

Tal como sugerido pelo gráfico 3, as séries *DD* prospetivas, especialmente as séries *PDD*, têm um alto nível de correlação com a *DYCI*¹², o que ilustra a capacidade das séries *DD* para detetar o co-movimento

Gráfico 3

SÉRIES DISTANCE-TO-DEFAULT PROSPETIVAS E O ÍNDICE DIEBOLD-YILMAZ INTERCONNECTEDNESS INDEX | JANEIRO DE 2004 – JANEIRO DE 2012



Fontes: Cálculos do autor e www.financialconnectedness.org.

Notas: Observações mensais. *EURO Average Distance-to-Default (14)* é uma subamostra de bancos que coincide com a amostra usada no *DYCI*.

12 Os coeficientes de correlação de Pearson, Kendall e Spearman entre as séries *PDD* e *DYCI* são -0.795, -0.516 e -0.722, respetivamente. Estes coeficientes relativamente às séries *ADD* são -0.760, -0.505 e -0.712, respetivamente. Saldías (2010) também testa a causalidade de Granger entre as séries e fornece mais evidência empírica sobre sinais precoces de tensões sistémicas nas séries *DD*, especialmente no caso das séries *PDD*.

e o contágio. Adicionalmente, os picos detetados no indicador *DYCI* (apresentados numa escala invertida para facilitar a comparação) também ilustram os episódios de curta duração em que o diferencial entre a *PDD* e a *ADD* se estreita significativamente.

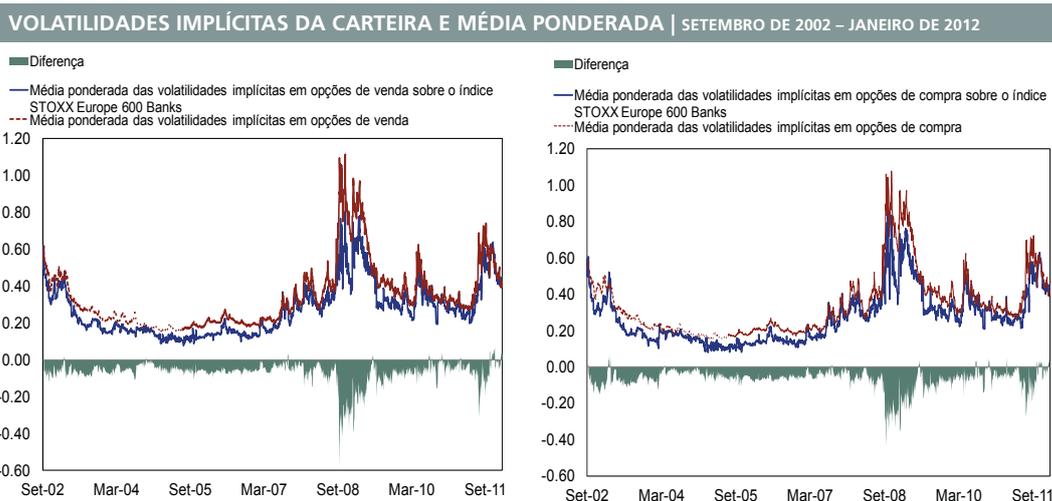
Os gráficos 4 e 5 ilustram uma característica adicional das séries *PDD* e *ADD*. O diferencial *PDD - ADD* integra a presença de uma dependência assimétrica e não-linear entre as séries, a qual é por sua vez determinada pelo regime de volatilidade, a importância relativa dos dados usados na calibração, e a presença de elementos de dependência de eventos extremos.

O gráfico 4 apresenta as volatilidades implícitas das opções de compra e venda do índice *STOXX Europe 600 Banks* e a média ponderada (com base na capitalização de mercado) das volatilidades implícitas em toda a amostra *ADD*. O diferencial negativo entre estas duas séries tem variado ao longo do tempo, oscilando entre os 20 e 30 pontos percentuais na maior parte do tempo até à falência do *Lehman Brothers*. Nesta altura, este diferencial aumentou significativamente, só tendo começado a diminuir a partir de maio de 2009. As volatilidades implícitas regressaram a níveis semelhantes aos dos primeiros dias da crise financeira, *i.e.*, agosto de 2007 – setembro de 2008, e o diferencial situou-se abaixo dos 20 pontos percentuais até ao final de 2011. Estes números mostram que o diferencial das volatilidades implícitas apresenta em geral um comportamento regular quando comparado com os movimentos mais amplos descritos na diferença entre as séries *DD* prospetivas.

O gráfico 5 apresenta esta diferença versus o diferencial *PDD - ADD* de forma a ilustrar a existência de relações não-lineares entre essas variáveis¹³. Apesar da relação se tornar mais forte quando o diferencial *DD* é menor, a relevância do componente de volatilidade quando as séries *DD* convergem sugere que as diferenças das volatilidades implícitas têm um papel diferente consoante os níveis de volatilidade.

Esta evidência vem reforçar descobertas recentes na literatura e demonstra que os preços das opções dotam as séries *DD* de informação mais rica do que especificações alternativas, e são grandemente relevantes para o risco sistémico, não estando apenas relacionadas com a correlação ou o co-movimento, mas também com eventos extremos. A abordagem de modelação também permite a incorporação da informação dos determinantes económicos para detetar tendências a mais longo prazo e a acumulação de risco sistémico.

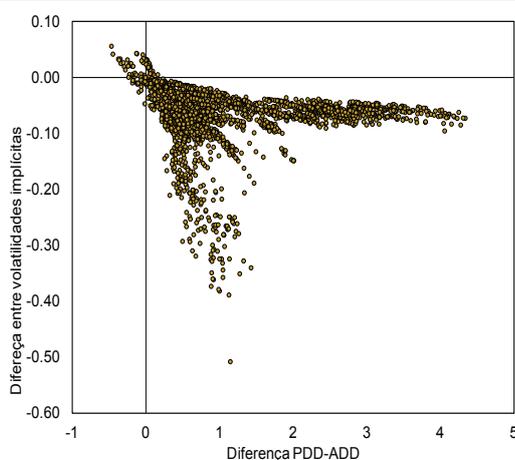
Gráfico 4



Fontes: Bloomberg e cálculos do autor.

¹³ Saldías (2010) fornece perspectivas adicionais sobre a presença de dependência assimétrica e não-linear entre as séries *DD* usando correlações de excedência empíricas e o indicador Correlação Implícita Média (*Average Implied Correlation - AIC*).

Gráfico 5

DIFERENÇAS NAS SÉRIES *DD* E DE VOLATILIDADE IMPLÍCITA | SETEMBRO DE 2002 – JANEIRO DE 2012

Fontes: Bloomberg e cálculos do autor.

Nota: A diferença de volatilidade implícita utiliza a média das volatilidades implícitas do índice de opções de compra e venda.

5. CONCLUSÕES

Este artigo analisa um método para monitorizar o risco sistémico no sistema bancário europeu. A abordagem baseia-se na Análise da Dívida Contingente para gerar séries *Distance-to-Default* agregadas usando informação sobre os preços das opções de bancos importantes em termos sistémicos e do índice *STOXX Europe 600 Banks*. A análise cobre o período de 30 de setembro de 2002 a 31 de janeiro de 2012, que inclui períodos calmos e a crise financeira.

As três séries permitem a monitorização do sistema bancário como um todo e examinar as interdependências entre os bancos ao longo do tempo. Os indicadores propostos são capazes de identificar tendências a longo prazo de acumulação de risco no setor com base nos determinantes económicos e, simultaneamente, exibir uma reação rápida e breve a eventos de mercado específicos resultantes de flutuações do sentimento e nos próprios mercados. As séries apresentam um comportamento alisado apesar de serem estimativas pontuais no tempo e por isso evitam rácios baixos de sinal-ruído e sinais difusos. Esta característica permite detetar o risco sistémico ao longo do tempo, em períodos normais e em episódios de crise.

A introdução das volatilidades implícitas das opções permite uma sinalização prospetiva das tensões comparativamente a especificações do indicador que incluem apenas informação passada e a outros indicadores de mercado alternativos baseados apenas nos preços das ações. Por fim, contém uma informação mais rica sobre o risco de eventos extremos no sistema com um todo e sobre outras ações de política económica que afetam todo o mercado através da relação entre o índice de referência e os seus constituintes.

REFERÊNCIAS

- Acharya, V. V., L. Pedersen, Philippon, Thomas e M. Richardson (2010), "Measuring Systemic Risk", FRB of Cleveland *Working Paper* No. 2010-02.
- Adrian, T. e M. Brunnermeier (2011), "CoVaR", *NBER Working Papers* 17454, National Bureau of Economic Research.
- Antunes, A. e N. Silva (2010), "An Application of Contingent Claim Analysis to the Portuguese Banking System", Banco de Portugal, *Financial Stability Report* - Maio.
- Brownlees, C. T. e R. Engle (2011), "Volatility, Correlation and Tails for Systemic Risk Measurement", Working paper, NYU Stern School of Business.
- Čihák, M. (2007), "Systemic Loss: A Measure of Financial Stability", *Czech Journal of Economics and Finance*, vol. 57 no 1-2: pp. 5 – 26.
- de Bandt, O., P. Hartmann e J. Pedró, J. (2009), "Systemic Risk in Banking: an Update", in Berger, A., P. Molyneux e J. Wilson (Ed.) *Oxford Handbook of Banking*, Oxford University Press.
- Diebold, F. X. e K. Yilmaz, K. (2009), "Measuring Financial Asset Return and Volatility Spillovers, with Application to Global Equity Markets", *The Economic Journal*, vol. 119 no 534: pp. 158 – 171.
- Drehmann, M. e N. Tarashev, N. (2011a), "Measuring the Systemic Importance of Interconnected Banks", *BIS Working Papers* 342, Bank for International Settlements.
- Drehmann, M. e N. Tarashev (2011b), "Systemic Importance: Some Simple Indicators", *BIS Quarterly Review*.
- Duggar, E. e S. Mitra (2007), "External Linkages and Contagion Risk in Irish Banks", *IMF Working Papers* 07/44, International Monetary Fund.
- Financial Stability Board (2009), "Guidance to Assess the Systemic Importance of Financial Institutions, Markets and Instruments: Initial Considerations", *Report to G20 Finance Ministers and Governors*, October 2009.
- Galati, G. e R. Moessner (2011), "Macroprudential policy - a literature review", *BIS Working Papers* 337, Bank for International Settlements.
- Gray, D., A. Jobst e S. Malone (2010), "Quantifying Systemic Risk and Reconceptualizing the Role of Finance for Economic Growth", *Journal of Investment Management*, vol. 8 no 2: pp. 90 – 110.
- Gray, D. e A. Jobst (2010), "Systemic CCA: A Model Approach to Systemic Risk", in *Deutsche Bundesbank / Technische Universität Dresden Conference: Beyond the Financial Crisis: Systemic Risk, Spillovers and Regulation*, Dresden.
- Gray, D. e S. Malone (2008), *Macrofinancial Risk Analysis*, Wiley & Sons Inc., Chichester, West Sussex, UK.
- Gray, D. e J. Walsh (2008) "Factor Model for Stress-testing with a Contingent Claims Model of the Chilean Banking System", *IMF Working Papers* 08/89, International Monetary Fund.
- Harada, K. e T. Ito, T. (2008) "Did Mergers Help Japanese Mega-Banks Avoid Failure? Analysis of the Distance to Default of Banks", *Working Paper* 14518, National Bureau of Economic Research.
- Harada, K., T. Ito e S. Takahashi (2010), "Is the Distance to Default a Good Measure in Predicting Bank Failures? Case Studies", *Working Paper* 16182, National Bureau of Economic Research.
- Huang, X, H. Zhou e H. Zhu (2010) "Assessing the systemic risk of a heterogeneous portfolio of banks during the recent financial crisis", *BIS Working Papers* 296, Bank for International Settlements.

- Kelly, B., H. Lustig e S. Van Nieuwerburgh (2011) "Too-Systemic-To-Fail: What Option Markets Imply About Sector-wide Government Guarantees", *Working Paper* 17149, National Bureau of Economic Research.
- Langnau, A. e D. Cangiemi (2011) "Marking Systemic Portfolio Risk with the Merton Model", *Risk Magazine*.
- Merton, R. (1974) "On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates", *Journal of Finance*, vol. 24 no 2: pp 449 – 470.
- Rodríguez-Moreno, M. e J. I. Peña (2012), "Systemic Risk Measures: The Simpler the Better?", Universidad Carlos III de Madrid *working paper*.
- Saldías, M. (2010), "Systemic Risk Analysis using Forward-looking Distance-to-Default Series", Federal Reserve Bank of Cleveland, *Working Paper* 1005, .
- Schwaab, Bernd, S. J. Koopman e A. Lucas (2011), "Systemic Risk Diagnostics: Coincident Indicators and Early Warning Signals", *ECB Working Paper* No. 1327.
- Segoviano, M e C. Goodhart (2009), "Banking Stability Measures", *IMF Working Paper*, January.
- Silva, N., N. Ribeiro e A. Antunes (2011) "Towards a CCA-based Systemic Risk Indicator", Banco de Portugal, *Financial Stability Report* - Novembro.