

# RELAÇÕES INTER-SETORIAIS NA ECONOMIA PORTUGUESA: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE DÍVIDA CONTINGENTE\*

Nuno Silva\*\*

## 1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de crises financeiras é um fenómeno relativamente pouco frequente. Contudo, quando se manifestam têm custos elevados quer em termos de atividade económica quer em termos de crescimento de longo prazo. Em particular, a crise financeira que teve início em 2007 tem tido fortes consequências ao nível da atividade económica global, as quais têm justificado a definição de políticas com vista à implementação de uma nova arquitetura financeira internacional mais transparente e onde a visão micro-prudencial dominante seja complementada por uma análise mais abrangente. É neste contexto que surge a necessidade de entender os mecanismos subjacentes à formação do risco sistémico, nomeadamente, as interconexões existentes entre os diversos tipos de agentes económicos, visto que essas ligações constituem os canais de transmissão e propagação dos choques.

Tradicionalmente, as abordagens ao risco sistémico e de contágio numa economia focam-se sobretudo nas instituições financeiras *per se* ou nas relações entre elas. Mais recentemente, assistiu-se ao alargamento deste tipo de análise ao setor privado não financeiro e ao setor público. São exemplos os trabalhos de Gray (1999), Setser, Allen, Keller, Rosenberg e Roubini (2002), Gapen, Gray, Lim e Xiao (2004, 2008) e Gray (2008). Estes estudos têm em comum o facto de se basearem na identificação de posições instáveis ao nível do balanço setorial. No entanto, ao focarem a sua análise nos mercados emergentes e, sobretudo, na crise do sudeste asiático (1997) e do Brasil (2002), estes estudos perdem alguma generalidade, na medida em que estas tiveram origem ou foram largamente ampliadas pela existência de risco cambial. Assim, estas crises não servem de exemplo para a realidade existente em países que têm a maior parte da sua atividade concentrada na sua própria moeda, como é o caso dos países da área do euro e dos EUA. Os últimos três artigos destacam-se dos dois primeiros por incorporarem o modelo de dívida contingente desenvolvido por Merton (1974) na sequência do trabalho de Black e Scholes (1973). Ao contrário das restantes abordagens, que se baseiam em análises de teor macroeconómico e/ou contabilístico, o modelo de Merton (como também é conhecido) permite incorporar dois aspetos muito importantes da realidade económica: a incerteza dos mercados e as não linearidades inerentes ao carácter contingente da dívida. O modelo destaca-se ainda por conduzir a um conjunto de métricas objetivas, fáceis de calcular e interpretar. No entanto, nenhum destes artigos tem uma visão global sobre a economia e os mecanismos de transmissão inter-setoriais.

\* O autor agradece os comentários de Ana Cristina Leal, Nuno Alves, Mário Centeno, Nuno Ribeiro e António Antunes. Agradece-se também ao Departamento de Estatística pelo fornecimento de informação relativa às contas financeiras nacionais. 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 do autor.

\*\* Banco de Portugal, Departamento de Estudos Económicos.

Alargando o âmbito da análise, Gray, Merton e Bodie (2007) propuseram a aplicação do modelo de Merton a uma economia composta por cinco setores, os quais são vistos como um conjunto de balanços interligados quer por via de participações de capital quer por garantias do pagamento de dívidas. No entanto, faltam ainda aplicações empíricas do modelo. Recentemente, Castrén e Kavonius (2009) desenvolveram uma rede de relações bilaterais para os principais setores da área do euro. Uma vez construída essa rede, introduzem as não linearidades inerentes aos mecanismos de transmissão de risco através da utilização do modelo de análise de dívida contingente. Em termos gerais, este estudo tende a seguir este último trabalho para o caso português. No entanto, são introduzidas duas alterações importantes, como sejam a inclusão das perdas (ou ganhos) resultantes da evolução do risco de crédito e a contabilização dos ativos reais no cálculo dos balanços dos particulares.

O estudo tem 7 secções. A Secção 2 apresenta os dados. Na Secção 3 constrói-se uma rede de relações bilaterais em torno da economia portuguesa e explica-se o sistema de transmissão de choques na economia. A Secção 4 apresenta o modelo de Merton e aplica-o à economia portuguesa. Na Secção 5 procede-se à simulação de dois choques, nomeadamente uma desvalorização no capital próprio das sociedades não financeiras e um aumento das imparidades de crédito, tendo por base o modelo de transmissão apresentado na Secção 3. A Secção 6 apresenta algumas limitações da análise. A Secção 7 conclui.

## 2. DESCRIÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados para este estudo correspondem às contas nacionais financeiras não consolidadas compiladas pelo Banco de Portugal e divulgadas trimestralmente. Estas contas são uma representação sintética da estrutura de financiamento da economia, sendo que estão organizadas de forma matricial, de modo a distinguir facilmente os setores económicos em análise: sociedades não financeiras, banco central, outras instituições financeiras monetárias, outros intermediários financeiros e auxiliares financeiros, sociedades de seguros e fundos de pensões, administrações públicas, particulares e resto do mundo<sup>1</sup>. Os instrumentos financeiros considerados nos dados são numerário e depósitos, títulos exceto ações, empréstimos, ações e outras participações, reservas técnicas de seguros e outros débitos e créditos. Embora se encontre nas contas nacionais financeiras, o instrumento ouro monetário e direitos de saque especiais foi excluído por ser o único que não tem contrapartida<sup>2</sup>. A categoria de ações e outras participações foi fundida com a categoria de reservas técnicas de seguros<sup>3</sup>. Todas as operações são registadas segundo o princípio da dupla entrada, pelo que qualquer ativo tem um passivo correspondente que lhe serve de contrapartida. Esta característica faz com que o sistema seja fechado no seu conjunto, tornando-o especialmente útil para o estudo dos canais de propagação dos choques na economia. Por outro lado, a organização matricial permite, entre outras coisas, medir o nível de intermediação do setor financeiro, bem como o grau de

(1) A nomenclatura OIFM, OIFAF e SSFP será doravante utilizada para designar as outras instituições financeiras monetárias, os outros intermediários financeiros e auxiliares financeiros e as sociedades de seguros e fundos de pensões, respetivamente. Nos gráficos apresentados, e sempre que facilite a exposição do conteúdo, os setores sociedades não financeiras, administrações públicas e resto do mundo são denominados como SNF, AP e RM, respetivamente.

(2) Este instrumento é no entanto considerado para o cálculo do capital próprio do banco central no âmbito do modelo de análise de dívida contingente.

(3) De forma a facilitar a exposição, os instrumentos em análise serão doravante referidos apenas como "depósitos", "títulos de dívida", "empréstimos", "ações" e "outros".

alavancagem dos vários setores e conseqüentemente a sua resistência a choques adversos. Estas contas permitem ainda averiguar a posição financeira líquida e a exposição dos agentes nacionais face ao exterior revelando o seu grau de imunidade a choques externos. Pela negativa é de referir a ausência de informação relativa aos ativos reais da economia de onde se destaca o imobiliário, no caso dos particulares, e os meios de produção no caso das sociedades não financeiras.

O Gráfico 1 decompõe os balanços por setor e instrumento para o quarto trimestre de 2009<sup>4</sup>. A partir da análise gráfica podemos distinguir três tipos de setores consoante a sua posição financeira líquida. Assim, as sociedades não financeiras e as administrações públicas apresentam uma posição financeira líquida negativa. Relativamente às sociedades não financeiras, este resultado dever-se-á em larga medida à contrapartida do *stock* de capital acumulado, enquanto no caso das administrações públicas deverá refletir os consecutivos déficits orçamentais. Na situação oposta estão os particulares e o resto do mundo que apresentam um saldo financeiro largamente positivo, o que no segundo caso é em grande medida resultado do acumular dos sucessivos déficits da balança de pagamentos. Por fim, o conjunto do setor financeiro (banco central, outras instituições financeiras monetárias, outros intermediários financeiros e auxiliares financeiros e sociedades de seguros e fundos de pensões) apresenta uma posição financeira relativamente equilibrada. Dentro do sistema financeiro é de destacar o elevado valor de ativos e passivos de OIFM, exemplificativo do papel de intermediário que este setor desempenha na economia.

Por instrumento, o ativo dos vários setores, à exceção do conjunto do sistema financeiro, é constituído sobretudo por “depósitos” e “ações”. Nas sociedades não financeiras existe ainda uma parte importante alocada a “outros” e a “empréstimos”, os quais deverão corresponder sobretudo a crédito comercial. No caso do resto do mundo, é de destacar também os “títulos de dívida”<sup>5</sup>. Em contraste, os ativos do conjunto do sistema financeiro correspondem sobretudo a “empréstimos” concedidos, no caso de OIFM e OIFAF, e “títulos de dívida” no caso de SSFP<sup>6</sup>. O ativo do banco central encontra-se distribuído entre “títulos de dívida” e “depósitos”. Relativamente à composição do passivo, este varia bastante de setor para setor. No caso das sociedades não financeiras, ele é composto sobretudo por “ações” correspondentes ao seu próprio capital social e por “empréstimos” junto do sistema financeiro. Dentro do sistema financeiro existem situações muito díspares. Enquanto o passivo do banco central e de OIFM é constituído maioritariamente por “depósitos” e, em menor escala, “títulos de dívida”; o passivo de OIFAF e de SSFP é composto largamente por “ações” próprias correspondentes a unidades de participação nos respetivos fundos. Note-se que no caso do banco central, o valor atribuído a “depósitos” corresponde em larga medida aos passivos no âmbito do TARGET. O passivo das administrações públicas corresponde na sua maioria a “títulos de dívida”. No que se refere aos particulares, a quase totalidade do passivo encontra-se sobre a forma de “empréstimos”, os quais correspondem em larga medida às hipotecas dos imóveis adquiridos. Por fim, o passivo

(4) De forma a facilitar a análise a desenvolver na secção 4, os valores relativos a “ações” de empresas não cotadas foram ajustados de forma a refletir a evolução dos preços nos mercados financeiros.

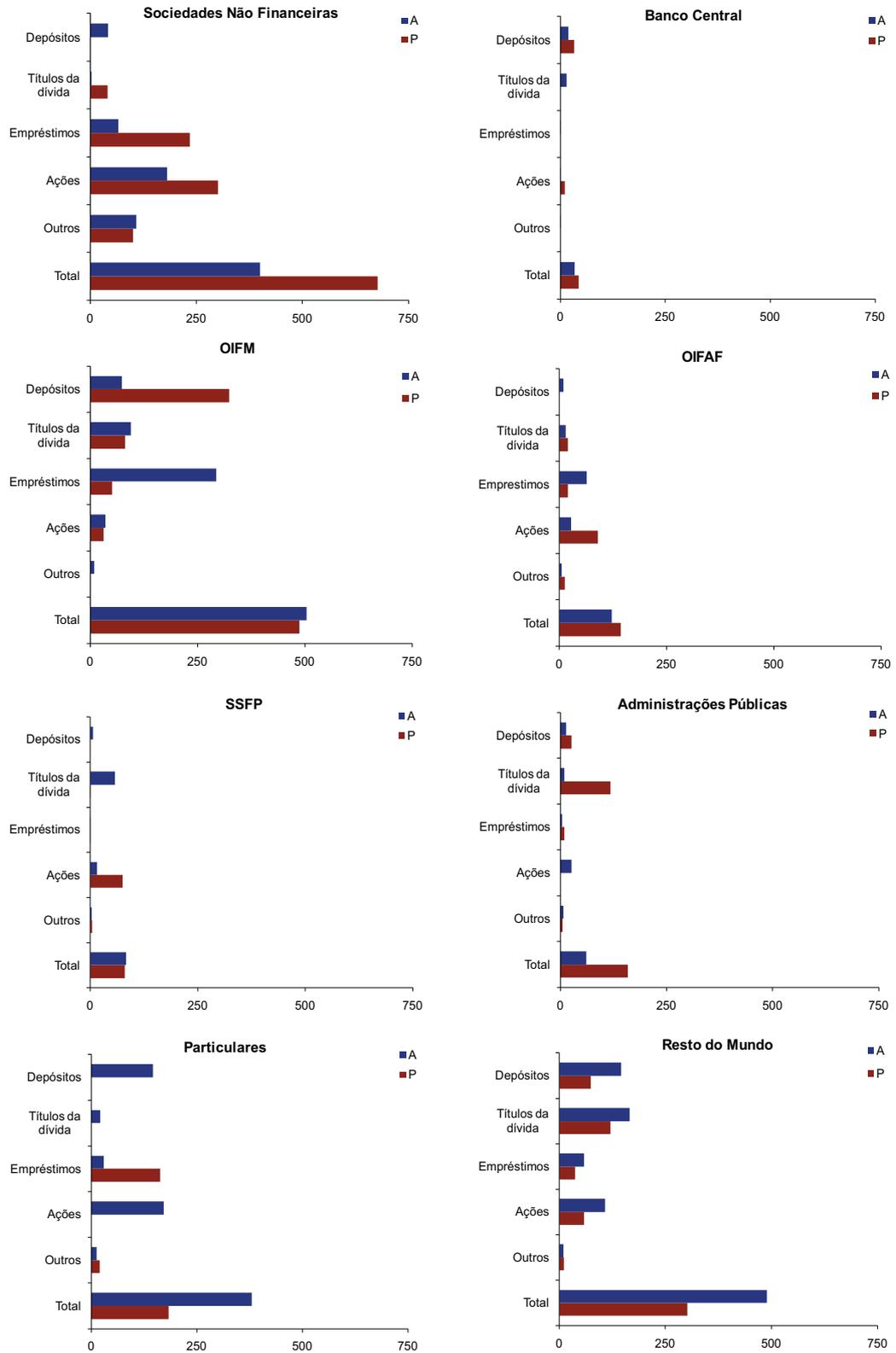
(5) Relativamente a particulares, note-se que cerca de 40% dos ativos atribuídos a “ações” correspondem a direitos relacionados com seguros e pensões.

(6) Note-se a elevada proporção de ativos de OIFAF sobre a forma de “empréstimos”, maioritariamente de longo prazo, correspondentes à contrapartida das operações de titularização de créditos de OIFM.

Gráfico 1

DECOMPOSIÇÃO DAS CONTAS NACIONAIS FINANCEIRAS POR SETOR E INSTRUMENTO NO 4º TRIMESTRE 2009.

Unidades em milhares de milhões de euros



Fonte: Banco de Portugal (Contas Nacionais Financeiras).

do resto do mundo para com os agentes económicos residentes em Portugal, à imagem do que acontece no sentido oposto, encontra-se distribuído de forma equilibrada entre “títulos de dívida”, “depósitos” e “ações”.

O Quadro 1 apresenta a posição financeira líquida, ou seja, a diferença entre ativos financeiros e passivos financeiros, de cada setor em percentagem dos ativos financeiros totais da economia para o quarto trimestre de 2009<sup>7</sup>. À exceção das sociedades não financeiras, que apresentam uma posição mais negativa por comparação com o observado na área do euro, e o resto do mundo, que apresenta uma posição mais positiva, os restantes setores apresentam valores bastante semelhantes. Note-se, no entanto, que relativamente ao resto do mundo, os dados não são comparáveis, na medida em que, no que refere à área do euro, não correspondem a uma média dos países da área, mas sim à posição do exterior face ao total da área do euro.

**Quadro 1**

POSIÇÃO FINANCEIRA LÍQUIDA EM PERCENTAGEM DOS ATIVOS FINANCEIROS TOTAIS NO 4º TRIMESTRE 2009		
	Portugal	Área do euro
SNF	-13.8%	-8.4%
Banco Central	-0.5%	-0.3%
OIFM	0.8	0.7%
OIFAF	-1%	0%
SSFP	0.1%	0.1%
AP	-4.5%	-4.6%
Particulares	9.9%	11.1%
RM	9%	1.6%

Fontes: BCE e Banco de Portugal (Contas Nacionais Financeiras).

### 3. O MECANISMO DE TRANSMISSÃO DE CHOQUES

De forma a estudar os mecanismos de propagação de risco na economia, é essencial entender o modo como cada setor está exposto a cada um dos outros. Para tal, é necessário conhecer o balanço bilateral de cada setor. No caso português essa informação encontra-se disponível apenas para dois instrumentos: “depósitos” e “empréstimos”. Para os restantes casos, e apesar da informação não estar disponível, ela é passível de ser estimada por máxima entropia, tal como é feito em diversos estudos relativos ao mercado interbancário. São exemplos Sheldon e Maurer (1998), Upper e Worms (2004) e Wells (2004)<sup>8</sup>. Esta técnica é também utilizada por Castrén e Kavonius (2009).

Considere-se que o balanço bilateral entre dois setores num determinado instrumento  $k$  pode ser representado por uma matriz  $N \times N$  com entradas  $x_{ij}^k$ , onde  $N$  representa o número de setores e  $x_{ij}^k$  a exposição do setor  $i$  ao setor  $j$  no instrumento  $k$ .

(7) Ao contrário das restantes secções deste estudo, por facilidade de comparação com as suas equivalentes europeias, os dados correspondentes a “ações” de empresas não cotadas são contabilizados tal como aparecem nas contas nacionais financeiras. Incluiu-se no cálculo dos ativos financeiros totais da economia os ativos detidos pelo resto do mundo junto de agentes económicos residentes em Portugal.

(8) Este tipo de estimação é também muito utilizada em análise *input-output* (ver Lahr e De Mesnard (2004)).

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{iN} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1} & \cdots & x_{Nj} & \cdots & x_{NN} \end{bmatrix}^k \quad \text{com} \quad \sum_{j=1}^N x_{ij}^k = a_i^k \quad e \quad \sum_{i=1}^N x_{ij}^k = l_j^k \quad (1)$$

Neste caso,  $a_i^k$  e  $l_j^k$  correspondem ao total dos ativos e dos passivos do setor  $i$  e  $j$  no instrumento  $k$ .

Considere-se que  $a_i^k$  e  $l_j^k$  correspondem a realizações da distribuição marginal de  $f^k(a)$  e  $f^k(l)$ , respetivamente, e que cada valor  $x_{ij}^k$  é uma realização da distribuição conjunta  $f^k(a, l)$ . Assumindo independência, ou máxima entropia, vem que  $x_{ij}^k$  pode ser estimado como o produto das distribuições marginais.

De forma a melhorar os resultados obtidos impuseram-se duas restrições a posteriori: os ativos detidos pelo resto do mundo junto dele próprio foram anulados; e imputou-se a totalidade do capital do banco central às administrações públicas<sup>9</sup>. De forma a manter constante a igualdade entre ativos e passivos para cada instrumento aplicou-se o algoritmo RAS tal como descrito por Schneider e Zenios (1990).

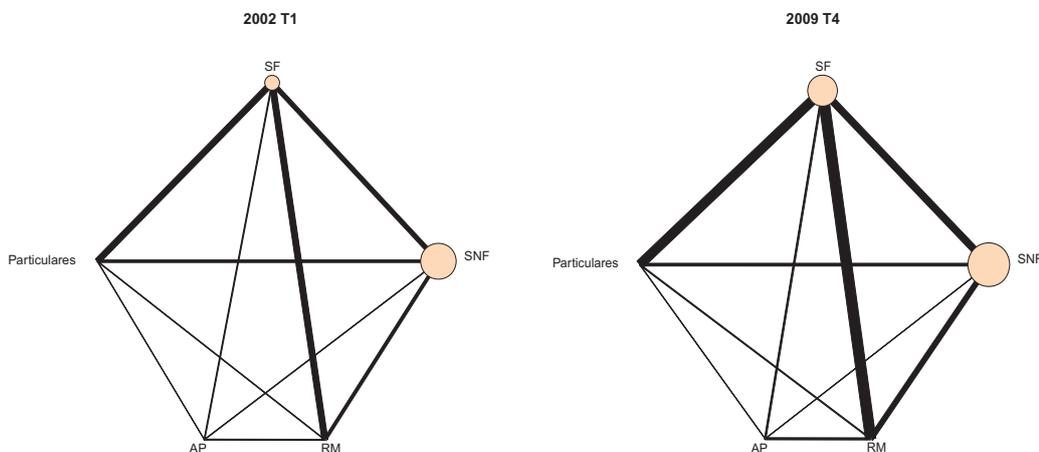
Defina-se a exposição bruta entre dois setores como sendo a soma dos ativos de um setor face a outro e vice-versa. Apesar de ser bastante simples, esta medida permite exemplificar as principais relações inter-setoriais e intra-setoriais. O Gráfico 2 mostra a exposição bruta bilateral entre os vários setores da economia no primeiro trimestre de 2002 e no quarto trimestre de 2009<sup>10</sup>. Da análise gráfica tiram-se três conclusões. Em primeiro lugar, é de destacar o papel essencial desempenhado pelo setor financeiro simultaneamente como canalizador de recursos e como detentor de “ações” e “títulos de dívida” de outros setores. Acresce que esse papel tem crescido fortemente ao longo da última década. Em segundo lugar, é de salientar a progressiva interligação do resto do mundo com todos os outros setores como consequência do crescente processo de integração económica e financeira à escala europeia e mundial. Por último, a elevada exposição intra-setorial tanto das sociedades não financeiras como do agregado do setor financeiro. No caso das sociedades não financeiras, este facto já se observava em 2002 devido ao cruzamento de “ações”, “outros” e mesmo “empréstimos”. Relativamente ao setor financeiro, apesar do forte crescimento apresentado no gráfico, este pode ser no entanto espúrio, visto que está, em larga medida, associado à introdução das NIC (normas internacionais de contabilidade) em 2005, as quais tornaram o processo de desreconhecimento dos ativos titularizados dos setores originadores substancialmente mais exigente. Esta questão tem implicações no crescimento dos ativos das OIFAF, onde se incluem os veículos de titularização face a OIFM, sem que seja observável o correspondente decréscimo dos ativos das OIFM.

O tipo de representação em rede apresentada no Gráfico 2 corresponde a uma simplificação da

(9) Considerou-se ainda que a totalidade dos títulos de longo prazo, emitidos pelo banco central até ao quarto trimestre de 2004, eram integralmente detidos por OIFM.  
 (10) De forma a simplificar a exposição da análise optou-se por fundir o conjunto setor financeiro num único agregado, o qual aparece designado por SF.

Gráfico 2

EXPOSIÇÃO BRUTA INTER-SETORIAL NA ECONOMIA PORTUGUESA NO PRIMEIRO TRIMESTRE DE 2002 E NO QUARTO TRIMESTRE DE 2009



Fonte: Banco de Portugal (Contas Nacionais Financeiras).

Nota: Diâmetro do círculo proporcional à exposição intra-setorial; Largura dos traços proporcional às relações inter-setoriais.

realidade na medida em que não distingue ativos de passivos, nem dívida de capital próprio, o que limita a sua utilização para análise de choques. No entanto, tendo em conta as diferenças que lhes são inerentes, é possível ter uma caracterização mais rica do processo de intermediação financeira de forma a melhor se entender o mecanismo de transmissão de choques entre setores. A este respeito podem referir-se os contributos de Kiyotaki e Moore (1997, 2002), Boissay (2006), Battiston, Delli Gatti, Gallegati, Greenwald e Stiglitz (2007) e Gray *et al* (2007) na racionalização destes canais. De forma resumida a cadeia de transmissão apresentada por estes autores funciona do seguinte modo. Considere-se que os ativos financeiros detidos pelos vários setores podem ser classificados em dois tipos: participações no capital próprio (“ações”) e dívida (“depósitos”, “títulos de dívida”, “empréstimos” e “outros”). Adicionalmente, assuma-se que qualquer um destes instrumentos é constantemente avaliado a preços de mercado. Num modelo como este, qualquer choque é passível de ser transmitido por duas vias. Por um lado, os detentores de capital próprio do setor que sofre o choque registam uma perda (ou ganho) proporcional à sua participação. Por outro, dado o caráter contingente da dívida, quaisquer choques que gerem alterações na qualidade da dívida geram também perdas (ganhos) imediatas para os setores que detêm esses ativos. Estes, por sua vez, têm que distribuir qualquer uma destas perdas (ganhos) pelos setores que detêm o seu capital próprio e assim sucessivamente até à total dissipação do choque. Note-se no entanto que, em termos teóricos, nada garante que essa dissipação ocorra sem o desaparecimento de algum setor. Quando tal acontece diz-se que o choque é não convergente.

De forma a melhor se entender o mecanismo de transmissão, considere-se um sistema iterativo em que no final de cada iteração, as perdas relativas a qualquer uma destas vias são calculadas e distribuídas. Assim, cada setor assume perdas correspondentes não só à soma dos produtos entre a sua exposição ao capital próprio de cada setor e respetivas perdas mas também à soma dos produtos entre a sua exposição à dívida de cada setor e as perdas originadas pela deterioração da sua

qualidade<sup>11</sup>. Denominemos cada uma destas vias de efeito 1 e efeito 2, respetivamente. Em termos económicos, estes dois efeitos têm interpretações bastante distintas. Assim, enquanto o efeito 1 equivale às perdas efetivamente assumidas pelos setores, o efeito 2 corresponde ao valor esperado das perdas dos credores dada a probabilidade de incumprimento e perda dado o incumprimento dos devedores. Na ausência de risco de crédito, ou seja, assumindo que todos os agentes económicos cumprem as suas responsabilidades contratuais, o efeito 2 desaparece. No contexto do mecanismo de transmissão de choques aqui apresentado, e ao contrário das perdas relacionadas com participações no capital próprio (efeito 1), as quais podem ser facilmente deduzidas com base na iteração anterior, as perdas relacionadas com a deterioração da qualidade da dívida detida (efeito 2) exigem a adoção de um modelo capaz de valorizar este tipo de ativos. Na secção 4 apresenta-se o modelo de análise de dívida contingente como forma de quantificar essas perdas.

## 4. O MODELO DE DÍVIDA CONTINGENTE

### 4.1. Descrição do modelo

O modelo de análise de dívida contingente faz apelo ao modelo de Merton (1974) para avaliar os passivos de um determinado emissor de dívida, que designaremos por “empresa”, mas que poderá ser um setor económico, como veremos mais adiante. Considere-se uma empresa que emite dívida num determinado momento com uma determinada maturidade. A questão que se coloca é se, no momento da maturidade da dívida, a empresa tem ativos suficientes para honrar esse compromisso. A empresa honrará o compromisso se o valor dos seus ativos suplantarem, na maturidade, o valor da dívida a pagar; se isso não acontecer, a empresa declarar-se-á insolvente, sendo os ativos liquidados a favor dos credores. A diferença entre a dívida e os ativos será então o montante da perda que os credores terão de suportar. O processo de decisão de efetuar ou não o re-embolso da dívida na maturidade é análogo ao de exercer ou não uma opção de compra sobre um ativo. Naturalmente, o detentor da opção comprará o ativo subjacente unicamente se o seu preço de mercado, nessa altura, for superior ao preço previamente acordado. Neste caso hipotético, o ativo subjacente é a totalidade dos ativos da empresa e o preço de exercício é o valor nominal da dívida. Por sua vez, e seguindo a mesma lógica, o valor de mercado da dívida deverá ser igual ao seu valor nominal descontado por uma taxa de juro sem risco deduzido do valor de uma opção de venda sobre o ativo da empresa. Ou seja, na ausência de oportunidades de arbitragem, um investidor deverá estar indiferente entre tomar um montante de dívida sem risco, ou tomar o mesmo montante com risco mas garantindo que, em caso de não re-embolso, ele pode reaver a diferença entre aquilo que recebe (o valor do ativo da empresa) e aquilo que deveria receber (o re-embolso da dívida). Tal é conseguido através da opção de venda. Em termos práticos, conhecido o valor corrente da empresa, a volatilidade da rentabilidade da empresa em bolsa, o valor da dívida e a taxa de juro sem risco, a análise de dívida contingente permite calcular uma série de medidas de risco, de onde se destacam a distância ao incumprimento, a probabilidade de incumprimento e a perda esperada.

(11) Note-se que dado o caráter não consolidado da análise, nada impede que perdas no capital próprio ou na qualidade dos passivos contraídos se repercutam no próprio setor. Hipoteticamente, no caso limite, se a totalidade do capital próprio de um determinado setor fosse detida pelo próprio setor, isso iria gerar um ciclo que invariavelmente terminaria na sua própria destruição.

Designemos por  $A$  o valor de mercado dos ativos de uma empresa ou setor e por  $B$  e  $E$  o valor da sua dívida contingente e o seu capital próprio a preços de mercado, respetivamente. Deste modo, na ausência de fricções financeiras e assumindo liquidez na maturidade de todos os ativos da empresa, verifica-se a identidade

$$A = E + B \quad (2)$$

ou seja, o valor da empresa é igual à diferença entre os seus ativos e o valor da sua dívida com risco (ou contingente). Suponha-se que  $A$  segue um processo estocástico de difusão em torno de uma tendência determinística equivalente à taxa de retorno sem risco. Assuma-se também que em  $t = 0$  a empresa emite obrigações de cupão zero de valor nominal  $B_T$  correspondente à totalidade da sua dívida. Uma empresa é considerada insolvente se, na maturidade, o valor dos seus ativos,  $A$ , for inferior a  $B_T$ . Assim, seguindo a teoria de apreçamento de opções já enunciada, o valor corrente da empresa,  $E$ , é igual ao de uma opção europeia sobre o ativo subjacente  $A$ , com maturidade em  $t = T$  e preço de exercício igual à dívida a liquidar nesse momento, ou seja,  $B_T$ . Aplicando o Lema de Itô, impondo condições de não arbitragem e de fronteira correspondentes a uma opção de compra, e definindo  $\tau = T - t$ , obtém-se a seguinte equação para o valor de  $E$ ,

$$E = A\Phi(d_1) - B_T e^{-r\tau} \Phi(d_2) \quad (3)$$

em que definimos

$$d_1 = \frac{\ln \frac{A}{B_T} + (r + \frac{1}{2})\tau}{\sigma_A \sqrt{\tau}} \quad (4)$$

$$d_2 = \frac{\ln \frac{A}{B_T} + (r - \frac{1}{2})\tau}{\sigma_A \sqrt{\tau}} \quad (5)$$

Nas equações anteriores,  $\sigma_A$  é a volatilidade do retorno do ativo,  $r$  é a taxa de juro de um ativo sem risco, que supusemos constante,  $\tau$  é o intervalo de tempo até à maturidade e  $\Phi$  é a função cumulativa normal estandardizada. A equação 3 tem uma interpretação simples. O primeiro termo avalia o valor dos ativos ponderados por um valor relacionado com a probabilidade de a opção de compra ser exercida; o segundo termo desconta o montante de dívida a re-embolsar, ponderado por um montante menor do que o anterior (devido ao sinal negativo no argumento de  $\Phi(\cdot)$ ) por haver limitação superior nos prejuízos.

Por sua vez, o prémio de risco da dívida,  $P$ , pode ser calculado como

$$P = e^{-r\tau} B_T + E - A \quad (6)$$

Note-se que, no caso sem risco,  $P = 0$  e o valor do ativo resume-se à dívida nominal descontada pela taxa de juro mais o valor do capital próprio.

Tal como apresentada, a equação 3 apresenta duas incógnitas,  $A$  e  $\sigma_A$ . De forma a obter o valor destas variáveis é necessário impor uma segunda condição. Uma possibilidade é dizer que o valor da empresa,  $E$ , também segue um movimento Browniano geométrico mas com parâmetros diferentes dos de  $A$ .

Aplicando o Lema de Itô e igualando os termos correspondentes à volatilidade vem que

$$E\sigma_E = A\sigma_A\Phi(d_1) \quad (7)$$

onde  $\sigma_E$  é a volatilidade do retorno da empresa.

Resolvendo o sistema composto pelas equações 3 e 7 para cada momento é possível obter uma série temporal para  $A$  e  $\sigma_A$ <sup>12</sup>. Substituindo  $A$  e  $E$  na equação 2, pode-se então recuperar  $B$  e calcular a distância ao incumprimento,  $d_2$ , a probabilidade de incumprimento  $\Phi(-d_2)$ , e a perda esperada, ou seja,  $P$ .

#### 4.2. Aplicação do modelo a toda a economia

O modelo aqui apresentado está formatado para ser aplicado a empresas cotadas em bolsa, para as quais a informação relativa ao valor da empresa e volatilidade da rentabilidade do capital próprio está amplamente disponível. A aplicação do modelo de dívida contingente a setores, apesar de possível, obriga à adoção de algumas hipóteses no que concerne à definição de capital próprio e da volatilidade da sua rentabilidade. Com base nas hipóteses assumidas distinguem-se dois tipos de setores. De um lado, os setores que apesar de não terem o seu capital próprio avaliado em bolsa emitem “ações”, sendo que algumas delas encontram-se mesmo cotadas. É o caso das sociedades não financeiras, de OIFM, OIFAF e SSFP<sup>13</sup>. Para estes casos, e tal como sugerido por Gray *et al* (2007), faz sentido pensar que as “ações” não cotadas, caso o fossem, seguiriam uma evolução semelhante às cotadas. A forma de replicar o comportamento das “ações” cotadas não é no entanto consensual. No presente estudo, o valor das “ações” não cotadas foi calculado com base no exponencial da soma do logaritmo das “ações” não cotadas com a distância logarítmica do valor das “ações” cotadas à sua tendência, sendo que esta varia conforme o setor. Tal como referido anteriormente, os dados apresentados atrás já incorporam este ajustamento no valor das “ações” não cotadas. Assim, o valor do capital próprio das sociedades não financeiras, OIFM, OIFAF e SSFP foi calculado considerando que o valor das suas “ações” equivale aos de uma opção de compra sobre os seus ativos com um preço de exercício igual ao dos seus passivos financeiros. Para a volatilidade da rentabilidade do capital próprio, utilizou-se a volatilidade do PSI-20 e do PSI-Serviços Financeiros no caso das sociedades não financeiras e OIFM e a volatilidade da rentabilidade das obrigações alemãs a

(12) Note-se que, ao contrário do assumido no modelo original de Black e Scholes (1973), a hipótese de estacionariedade de  $\sigma_A$  não é tida em conta na resolução deste sistema.

(13) No caso de SSFP, o instrumento “ações” refere-se em larga medida a reservas técnicas de seguros.

dez anos para OIFAF e SSFP. No caso do banco central, e apesar de emitir “ações”, as quais são integralmente detidas pelas administrações públicas, não é possível compará-las com nenhum outro índice. Assim, optou-se por definir o valor do seu capital próprio como a situação líquida do banco, incluindo o ouro monetário e direitos de saque especiais, o qual foi retirado das matrizes de balanços bilaterais por se tratar de um ativo real e que portanto não tem contrapartida em nenhum outro setor. A volatilidade das obrigações portuguesas a 10 anos foi utilizada como *proxy* da volatilidade da rendibilidade do capital próprio do banco central.

Os restantes setores distinguem-se dos já referidos por não emitirem “ações”. É o caso das administrações públicas, particulares e resto do mundo. Entre estes, o caso mais difícil de analisar é provavelmente o das administrações públicas, visto que para além de não emitir “ações”, tem uma posição financeira geralmente negativa. Em face destas dificuldades, alguns autores como Sims (1999), Keller, Kunzel e Souto (2007), Gray *et al.* (2007), Gray (2008) e Gapen *et al.* (2008) sugeriram que os ativos das administrações públicas fossem estimados com base nos diferentes níveis de prioridade dos seus passivos. Dentro desta ideia existem, no entanto, diversas alternativas possíveis, sendo que nenhuma é consensual. Uma primeira hipótese é considerar que as administrações públicas incluem também o banco central. Neste caso, o seu ativo seria largamente constituído pelas reservas de moeda internacional, pelo somatório das receitas fiscais futuras e por um conjunto de bens, como sejam edifícios públicos e todo o tipo de instrumentos financeiros. Do mesmo modo, o passivo seria formado pela base monetária, pelo somatório das despesas futuras e por todo o tipo de dívidas contraídas, quer em moeda nacional quer em moeda estrangeira. No entanto, enquanto o pagamento dos passivos em relação ao resto do mundo pode obrigar à aquisição de moeda estrangeira cujos fluxos são difíceis de controlar, os passivos em moeda nacional são mais facilmente controláveis quer pela emissão de moeda, quer normativamente, impondo a re-estruturação dos créditos. Estes factos levam os referidos autores a comparar os passivos em moeda nacional ao capital emitido pelas empresas. Assim, tal como as ações evoluem no mercado consoante a performance da empresa, a dívida em moeda nacional evolui de acordo com a taxa de câmbio que por sua vez reflete a performance da economia nacional. As ações desvalorizam quando existe algum aumento de capital ou *stock split* e valorizam quando as empresas compram ações próprias. De forma semelhante, a moeda nacional desvaloriza ou valoriza consoante os Estados emitem ou retiram moeda de circulação. Por último, ambos servem de amortecedor quando a situação financeira sofre alguma deterioração. Aparentemente simples, este tipo de atuação está geralmente associada a períodos de elevada inflação e de falta de credibilidade dos agentes económicos envolvidos com consequências no crescimento de longo prazo da economia. Independentemente dos benefícios e custos inerentes ao financiamento monetário dos passivos, caso seguissemos esta hipótese, o valor dos ativos das administrações públicas seria calculado através da teoria de apreçamento de opções considerando-se para tal que o valor dos passivos em moeda nacional seria igual ao de uma opção de compra sobre o ativo com um preço de exercício igual aos passivos em moeda estrangeira. A volatilidade dos passivos em moeda nacional poderia então ser inferida a partir da volatilidade da taxa de câmbio. Apesar de pertinente, esta hipótese não faz sentido no caso português essencialmente por três razões. Em primeiro lugar, o quadro normativo da união econó-

mica e monetária considera os bancos centrais como sendo independentes dos respetivos Estados em matéria de política monetária. Assim, ao contrário das empresas que se encontram livres de aumentar o seu capital, os tratados assinados pelos Estados membros da área do euro e em geral da União Europeia impedem-nos explicitamente de recorrer à emissão monetária para se financiarem. Em segundo lugar, em contraste com a situação de outros países, a dívida pública dos Estados da área do euro encontra-se denominada quase na totalidade na sua própria moeda. Assim, o exposto no parágrafo anterior quase anulava o passivo das administrações públicas desvirtuando os resultados. Por último, embora os Estados da área do euro tenham os seus passivos denominados na sua própria moeda, na sua maioria, isoladamente, têm muito pouca influência sobre a política monetária executada, o que mais uma vez contraria a teoria apresentada.

Uma segunda alternativa proposta por Castren e Kavonius (2009) é considerar que o capital próprio do Estado equivale à soma da posição financeira líquida com os “títulos de dívida”, os quais são geralmente cotados. Este método tem em conta o facto dos passivos não cotados terem obrigatoriamente de ser pagos ao valor nominal enquanto os passivos cotados podem, teoricamente, ser adquiridos abaixo do par no mercado secundário. Na medida em que a dívida titulada representa a grande maioria dos passivos das administrações públicas, este método resolve o problema da definição do capital próprio deste setor. No entanto, deve dizer-se que, neste caso, o capital próprio seria tanto maior quanto maior a proporção de ativos financiados por “títulos de dívida”. No limite, esta situação significaria que um país que fosse capaz de titular todos os seus passivos nunca entraria em incumprimento.

Por fim, poder-se-á considerar que os passivos contraídos junto de agentes económicos não residentes têm prioridade face aos restantes. A ideia é de que em caso de incumprimento, os agentes económicos residentes seriam obrigados a ser mais flexíveis. Esta lógica parece-nos mais adequada ao caso português, na medida em que, ao contrário do que acontece na área do euro como um todo, em que a larga maioria dos passivos é detida por agentes económicos residentes na área, no caso português os passivos são maioritariamente detidos por não residentes. Apesar de ter sido esta a lógica seguida, reconhece-se que esta não está imune a críticas. Assim, do ponto de vista legal é difícil justificar o facto de existirem dois títulos com iguais direitos em que um está a ser cumprido e o outro não. De igual modo, pode ser advogado que em caso de incumprimento de apenas um dos títulos, todos os outros se encontram automaticamente em incumprimento técnico. Não obstante, aplicando a teoria de apreçamento de opções pode-se aferir o valor dos ativos do Estado adotando a volatilidade das *yields* da dívida pública a 10 anos como *proxy* para o risco.

Relativamente aos restantes dois setores, apesar de não emitirem capital, têm uma situação líquida positiva, o que facilita a análise. Deste modo, no caso dos particulares, considerou-se que a sua situação líquida equivaleria à soma do valor do seu imobiliário com a diferença entre os seus ativos e passivos financeiros. O valor dos ativos ajustados ao risco pôde assim ser calculado igualando a situação líquida dos particulares a uma opção de compra sobre o ativo com um preço de exercício equivalente ao passivo financeiro<sup>14</sup>. Tal como Castrén e Kavonius (2009), utilizou-se a volatilidade

(14) Para uma análise mais aprofundada do método de estimação do valor do imobiliário detido pelos particulares ver Cardoso, Farinha e Lameira (2008).

das obrigações nacionais a 10 anos como indicador de risco. Em relação ao resto do mundo, este tem um papel residual no modelo na medida em que o objetivo não é calcular os ativos e passivos deste, mas sim fechar as contas nacionais e servir de emissor e recetor de risco. Para o presente efeito, decidiu-se considerar que a situação líquida do setor equivale a uma opção de compra sobre os seus ativos com um preço de exercício correspondente ao passivo financeiro. O indicador de volatilidade utilizado foi o *VStoxx*<sup>15</sup>.

Tendo como base as definições de capital e volatilidade da rendibilidade do capital apresentadas, e considerando que a dívida de cada setor corresponde à soma dos seus passivos de curto prazo com 50% dos seus passivos de longo prazo, aplicou-se o modelo de análise de dívida contingente à economia portuguesa<sup>16</sup>. O Gráfico 3 apresenta o valor dos ativos, volatilidade da rendibilidade dos ativos, distância ao incumprimento e rácio de endividamento (dívida sobre ativo) para as sociedades não financeiras, OIFM, OIFAF, administrações públicas e particulares.

A partir da análise gráfica é possível observar dois padrões muito distintos: antes e depois da eclosão da crise financeira em meados de 2007. Assim, o período que vai entre Janeiro de 2002 e Junho de 2007 é marcado por um aumento muito substancial do ativo de todos os setores, em especial de OIFAF, cujos ativos cresceram 138%<sup>17</sup>. Do lado oposto, foi nos particulares que se registou um crescimento mais lento (27%). Este aumento repercutiu-se na diminuição do rácio entre dívida e ativo de todos os setores à exceção das administrações públicas e dos particulares que viram os seus rácios crescerem 11 p.p. e 1 p.p., respetivamente.

Por sua vez, o período que se seguiu ao verão de 2007 é marcado por uma quebra forte e repentina dos ativos de alguns setores, nomeadamente OIFAF (33%), sociedades não financeiras (14%) e particulares (4%). Não obstante, o banco central e as administrações públicas apresentaram aumentos de 98% e 31% refletindo, no primeiro caso, o conjunto de medidas não convencionais de política monetária postas em prática pelo Conselho do BCE. A diminuição generalizada no valor dos ativos teve repercussões ao nível do rácio de endividamento. Os maiores aumentos foram verificados no caso das sociedades não financeiras (12 p.p.), OIFM (8 p.p.) e OIFAF (8 p.p.).

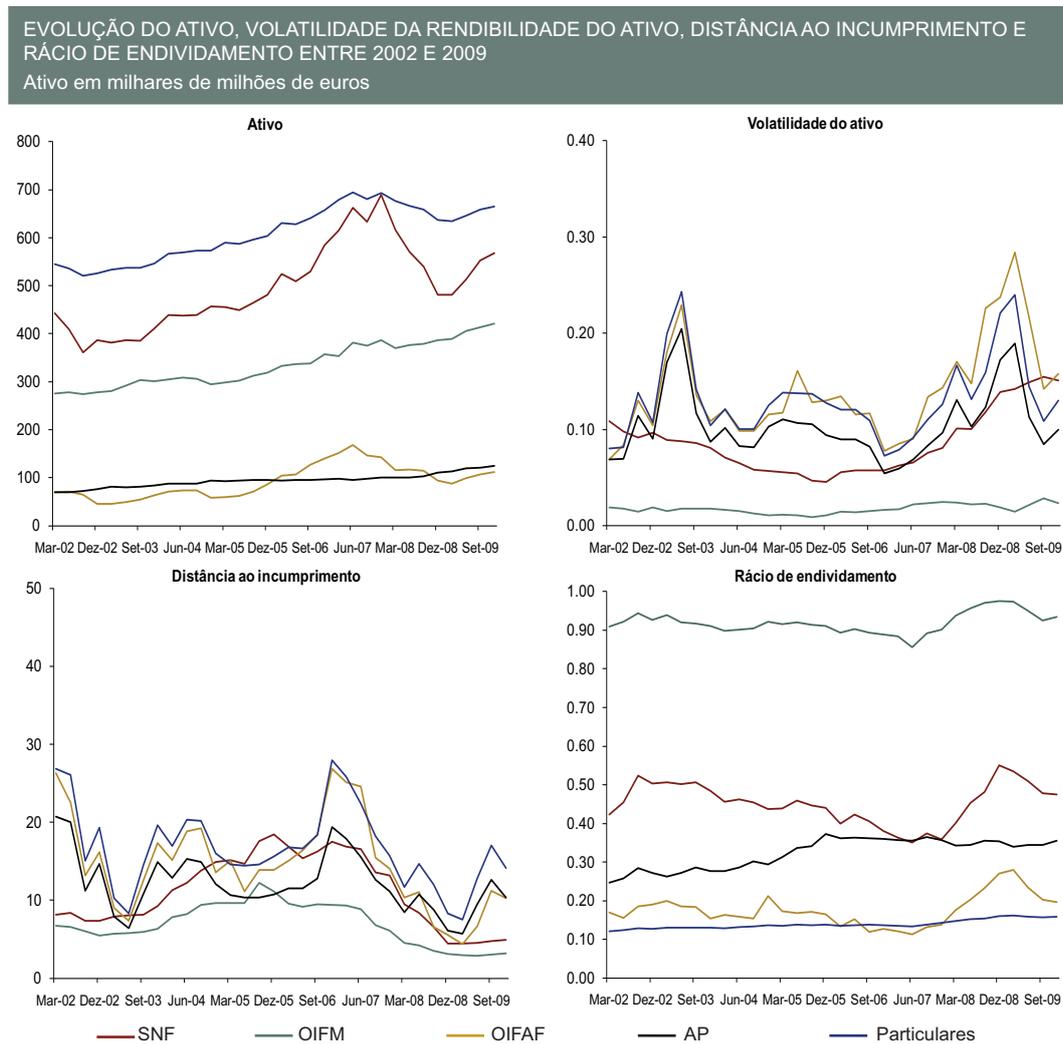
Tal como os restantes indicadores, a volatilidade da rendibilidade do ativo e a distância ao incumprimento evidenciam um comportamento diferenciado antes e depois do início da crise financeira. Assim, a volatilidade da rendibilidade do ativo tem um comportamento oscilante em torno de valores relativamente baixos até ao segundo trimestre de 2007, altura em que apresenta uma subida forte e repentina. Da mesma forma, a distância ao incumprimento regista o comportamento esperado dada a evolução dos ativos e da sua volatilidade, sendo que apresenta valores muito altos durante a maior parte da amostra, baixando drasticamente em todos os setores a partir de 2007. Os valores mais baixos são atingidos pelas OIFM. Por fim, e ao contrário do que acontece em relação à evolução dos

(15) O *VStoxx* é uma medida de volatilidade implícita baseada no índice *Dow Jones Eurostoxx 50*.

(16) Note-se que a definição utilizada para o valor da dívida corresponde ao *standard* da literatura, o qual se baseia na ideia de que no longo prazo as empresas podem ajustar a sua atuação conforme a ocorrência de choques negativos ou positivos.

(17) Recorde-se que este crescimento se deve em larga medida a alterações efetuadas ao nível das normas contabilísticas relativas ao processo de desreconhecimento de titularização de créditos.

**Gráfico 3**



Fonte: Cálculos do autor.

valor dos ativos e do rácio de endividamento, o efeito da recessão de 2003 é bastante claro ao nível da volatilidade da rendibilidade do ativo e da distância ao incumprimento.

## 5. SIMULAÇÃO

De forma a avaliar o mecanismo iterativo apresentado na secção 3 definiram-se dois choques. O primeiro choque consiste numa diminuição das perspectivas de crescimento dos lucros das sociedades não financeiras que conduz a uma desvalorização permanente de cerca de 30% das “ações” por elas emitidas, ou seja, do seu capital próprio. A escolha da magnitude do choque baseou-se na análise da rendibilidade anual (janelas de 250 dias) do PSI-20 entre 1993 e 2010. Assumindo uma distribuição normal, escolheu-se um choque equivalente ao percentil 10%. O segundo choque assume uma perda irre recuperável de 1.1% nos “empréstimos” concedidos a particulares por OIFM com vista à aquisição de habitação e uma perda de 6.6% nos restantes tipos de “empréstimos” a particulares, o que inclui sobretudo “empréstimos” ao consumo e outros fins. É ainda assumida uma perda

de 4.3% no valor dos passivos contraídos pelas sociedades não financeiras sobre a forma de “títulos de dívida”, “empréstimos” e “outros”. Estes valores correspondem a uma perda anual de 0.4%, 2.2% e 1.4% em cada um dos segmentos ao longo de três anos. A opção de multiplicar o tamanho do choque por três, deve-se à persistência geralmente revelada por estas variáveis. As magnitudes do choque foram calculadas assumindo uma distribuição normal com valor esperado igual à média do fluxo anual de crédito em incumprimento em proporção do *stock* para cada segmento. Os valores escolhidos correspondem ao percentil 90% da referida distribuição.

Tendo como base os valores da dívida e capital definidos na secção 4 para o quarto trimestre de 2009, procedeu-se à estimação do impacto dos choques apresentados seguindo o mecanismo definido na Secção 3 e o modelo de análise de dívida contingente. Relativamente à volatilidade da rendibilidade do capital considerou-se que na sequência dos choques, esta se alteraria de acordo com a função apresentada por Bensoussan, Crouhy, Galai, Wilkie e Dempster (1994).

$$\sigma_E = \overline{\sigma_A} \left( 1 + \frac{B_T}{E} e^{-r\tau} \Phi(d_2) \right) \quad (8)$$

onde  $\overline{\sigma_A}$  corresponde ao valor esperado de  $\sigma_A$ <sup>18</sup>. A introdução da função acima tem como objetivo incorporar o habitual aumento de volatilidade após a ocorrência de um choque.

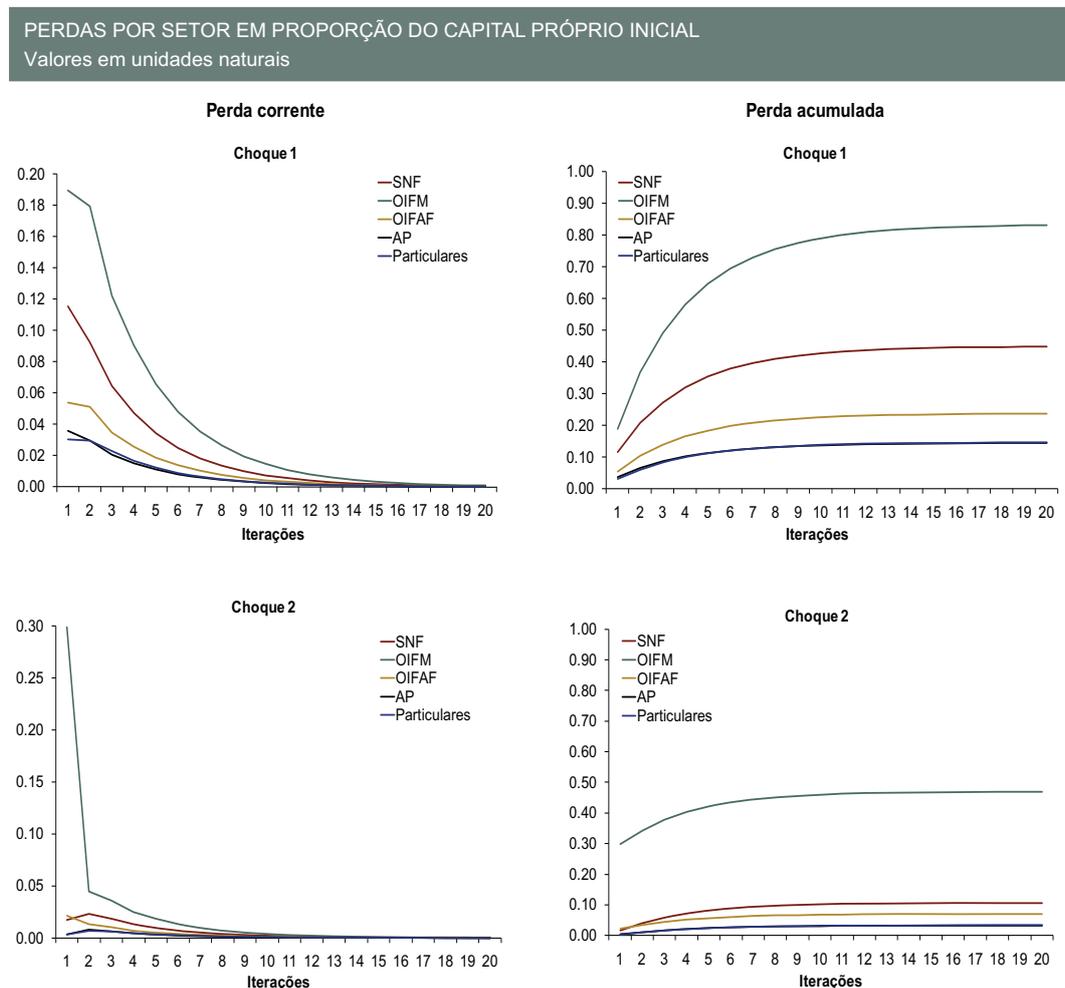
A título de exemplo do modo de funcionamento do sistema iterativo aqui apresentado, assumam-se que as sociedades não financeiras sofrem um choque no seu capital próprio de 1 milhão de euros e que a sua dívida se situa em 10 milhões de euros. De forma a simplificar o caso, considere-se que tanto o capital próprio das sociedades não financeiras como a dívida é detido em partes iguais por outras sociedades não financeiras, OIFM, OIFAF, administrações públicas e particulares (20% cada). Por fim assumam-se que a perda provocada pelo choque faz com que o valor da dívida das sociedades não financeiras desvalorize 0.1% por via de um aumento da sua probabilidade de incumprimento. Neste caso, cada um dos setores envolvidos teria uma perda total inicial de 210 mil euros, em que 200 mil euros correspondem ao denominado efeito 1 e 10 mil euros ao efeito 2. Por sua vez, esta perda teria de ser repercutida nos detentores do capital dos setores afetados e assim sucessivamente. O cálculo do efeito 2 é feito a partir do modelo de dívida contingente, tendo em conta o rácio de endividamento de cada setor e a volatilidade da rendibilidade do seu capital próprio.

O Gráfico 4 mostra a evolução das perdas correntes e acumuladas em proporção do capital próprio inicial para os dois choques em estudo<sup>19</sup>. Em ambos os casos, ao fim de algumas iterações, as perdas correntes tendem para zero sinalizando a convergência do choque. Da mesma forma, também as perdas acumuladas convergem para um valor abaixo do capital próprio inicial sinalizando que todos os setores dispõem de capacidade para absorver os choques testados. Relativamente ao primeiro choque, o setor mais afetado é OIFM cujo capital próprio sofre uma perda de 83%, seguido

(18) Na corrente aplicação, e de forma a simplificar a estimação, utilizam-se os valores de  $B_T$ ,  $E$  e  $d_2$  referentes ao período precedente. Também o valor de  $\overline{\sigma_A}$  é substituído pela volatilidade da rendibilidade do ativo do período anterior. Note-se que, tal como é feito em muitas outras aplicações do modelo de Merton, a hipótese de volatilidade constante é violada.

(19) O algoritmo utilizado analisa a evolução do choque ao longo de 20 iterações.

**Gráfico 4**



Fonte: Cálculos do autor.

das sociedades não financeiras com uma perda de 45%. Globalmente, o choque consubstanciou-se numa perda acumulada de cerca de 18% do total dos ativos da economia (cerca de 360 mil milhões de euros). O segundo choque mostra um padrão de transmissão ligeiramente diferente, na medida em que o setor das OIFM é afetado antes de todos os outros setores. No final, e tal como no primeiro choque, OIFM é o setor mais afetado com uma perda de 47% do seu capital próprio. Não se verificaram perdas muito acentuadas nos restantes setores. No final, o choque traduziu-se numa perda total um pouco acima de 4% dos ativos globais (cerca de 94 mil milhões de euros).

De forma a melhor compreender as consequências económicas associadas à existência de risco de crédito na economia, decompôs-se as perdas totais para ambos os choques em efeito 1 e efeito 2. No quadro do modelo apresentado, essa decomposição pode ser feita assumindo que a volatilidade da rendibilidade do capital próprio de todos os setores é zero. Na prática, esta hipótese implica a ausência de perdas associadas à diminuição de qualidade dos ativos em forma de dívida. O Gráfico 5 compara as perdas totais na economia para os casos com e sem risco ao longo do processo iterativo. Relativamente ao primeiro choque, o diferencial entre os dois casos, ou seja, as perdas que

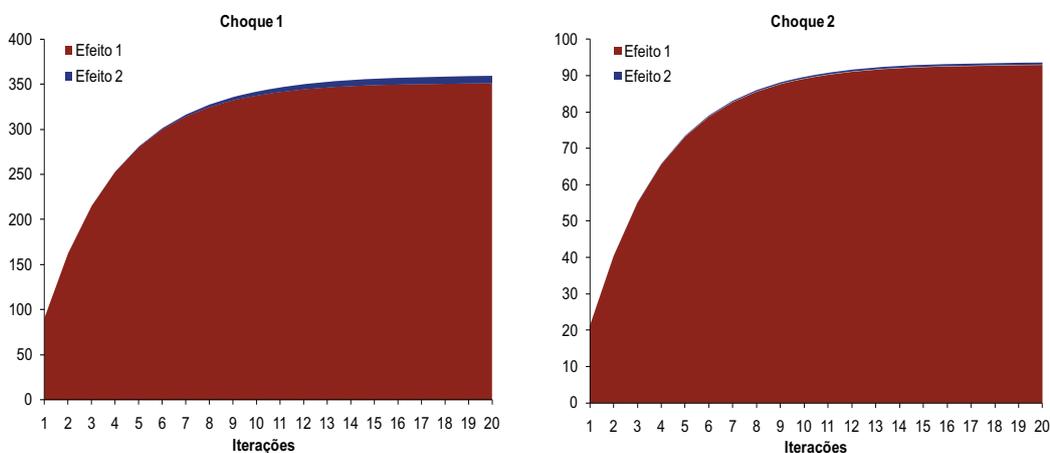
podem ser diretamente imputáveis à existência de risco de crédito foram de 8500 milhões de euros, o que corresponde a 0.35% do ativo inicial e apenas 2.3% das perdas totais causadas pelo choque. Para o segundo choque o diferencial foi inferior a 600 milhões de euros, ou seja 0.02% do ativo inicial e 0.6% das perdas totais causadas pelo choque. Podemos então concluir que o efeito 1 é muito superior ao efeito 2 para qualquer um dos choques em análise. Não obstante a clara superioridade do efeito 1 face ao efeito 2, e dado as não linearidades inerentes ao modelo de valorização da dívida, é conveniente analisar de que forma é que este efeito se faz sentir para choques de maior magnitude. O Gráfico 6 mostra as perdas provocadas pelo efeito 2 ao fim de 20 iterações para diferentes magnitudes do choque inicial.

Apesar de aparentemente pequeno para choques de baixa magnitude, o gráfico mostra que o efeito 2 tem um comportamento de tipo exponencial. Note-se que para choques no valor das “ações” superiores a cerca de 35% o diferencial tende para infinito, sinalizando o colapso do sistema. Dito por outras palavras, para choques no capital próprio das sociedades não financeiras superiores a aproximadamente 35%, há pelo menos um setor cujo capital próprio fica negativo antes da total dissipação das perdas, impedindo assim a convergência do choque. Como se percebe no Gráfico 4, para os choques analisados esse setor é OIFM. Dado que o modelo de análise de dívida contingente não pode ser estimado com capital próprio negativo, diz-se que o sistema se torna irresolúvel.

O Gráfico 7 representa uma aproximação da combinação de taxas de incumprimento nos vários segmentos de crédito que conduz ao mesmo fenómeno para o choque 2. O gráfico mostra um sistema particularmente sensível a perdas nos créditos a sociedades não financeiras (“empréstimos”, “títulos de dívida” e “outros”). Uma perda de 11.5% neste tipo de ativos é suficiente para desestabilizar o sistema. Por outro lado, o modelo mostra-se bastante resistente a choques nos “empréstimos” ao consumo e outros fins, sendo que é preciso uma perda superior a 50% da exposição a este tipo de crédito para conduzir o sistema à rutura. Não obstante estas conclusões, é preciso ter em conta

### Gráfico 5

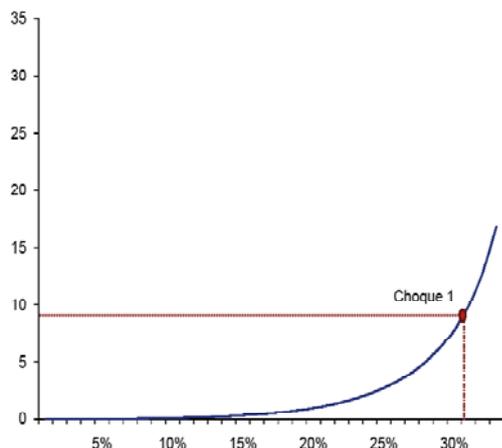
DECOMPOSIÇÃO DAS PERDAS TOTAIS PARA A ECONOMIA CONSOANTE O TIPO DE EFEITO  
Valores em milhares de milhões de euros



Fonte: Cálculos do autor.

**Gráfico 6**

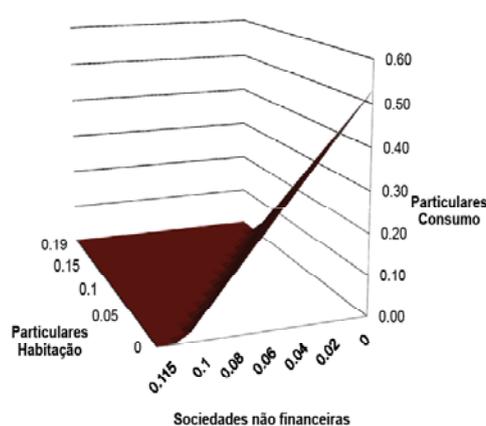
EFEITO 2 EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DO CHOQUE INICIAL (CHOQUE 1)  
Valores em milhares de milhões de euros



Fonte: Cálculos do autor.

**Gráfico 7**

COMBINAÇÃO DE TAXAS DE INCUMPRIMENTO QUE CONDUZ O SISTEMA AO COLAPSO



Fonte: Cálculos do autor.

dois factos. Em primeiro lugar, os valores referidos correspondem a perdas finais. Assim, assumindo uma *loss-given-default* de 50% no crédito às sociedades não financeiras, uma perda final de 11.5% implica um aumento dos créditos de cobrança duvidosa em 23% do total da exposição a este tipo de crédito. Em segundo lugar, é importante realçar que dada a elevada correlação existente entre este tipo de variáveis, os pontos com maior potencial de risco para a estabilidade do sistema não são os extremos mas sim os intermédios. A título de exemplo, um choque correspondente a perdas de 3% nos “empréstimos” para aquisição de habitação, 13% nos “empréstimos” para consumo e outros fins e 7% no crédito às sociedades não financeiras é suficiente para levar o sistema à rutura.

Os Gráficos 6 e 7 ilustram um fenómeno muito importante neste tipo de redes, o facto de a partir de um certo ponto o processo de transmissão do choque tornar-se de tal forma não linear que é muito difícil pará-lo. Este resultado está de acordo com as conclusões de Castrén e Kavonius (2009), Allen e Gale (2000), Gallegati, Greenwald, Richiardi e Stiglitz (2008) e Haldane (2009) que argumentam a favor da existência de um *tipping point* que uma vez ultrapassado, faz com que as interconexões existentes na economia deixem de ser canais de absorção do choque e passem a ser canais de amplificação do mesmo. Factos como este levam Haldane (2009) a concluir que estamos perante uma rede que, apesar de aparentemente robusta, é bastante frágil, porque a fronteira entre a estabilização e a depressão é bastante ténue. Num modelo como este, a existência de nódulos absorventes, capazes de receber choques negativos e não os repercutir nos restantes setores é essencial para estancar a propagação de um choque seja ele convergente ou não. Nas economias modernas, o setor potencialmente melhor preparado para fazer esse papel é o das administrações públicas. Isto acontece por duas razões. Em primeiro lugar, ao não emitir “ações” próprias, este setor impede a transmissão do efeito 1. Em segundo lugar, os passivos das administrações públicas são geralmente considerados como tendo mais qualidade dado que os seus recursos são de uma certa

forma definidos discricionariamente e apenas contingentes no total da riqueza nacional. Assim, as administrações públicas têm a capacidade financeira de num cenário de crise captar recursos, sob a forma de impostos, àqueles que estão em melhor situação, geralmente, os particulares. No modelo apresentado esta característica tende a fazer-se sentir numa baixa volatilidade da rendibilidade do seu capital próprio. Na ausência de um Estado com uma política orçamental credível, ou seja, sobre o qual não se levantem dúvidas sobre a capacidade de recorrer aos particulares para financiar as suas despesas, e na presença de um choque não convergente, poderá ser necessária a intervenção de organismos internacionais com capacidade de promover as políticas adequadas de forma a impedir o contágio ao conjunto do sistema económico <sup>20</sup>.

## 6. LIMITES DA ANÁLISE

Como qualquer outro método, o modelo apresentado tem algumas limitações. Assim, todo o exercício encontra-se condicionado pelos limites inerentes ao próprio modelo de dívida contingente, nomeadamente o facto de o modelo ser dependente em grande medida, não da realidade, mas das perceções que os mercados têm da realidade. Aquilo que o mercado não vê, o modelo não indica. Esta lacuna é visível em casos como o da Enron ou da atual crise financeira, onde o mercado teve uma reação tardia. Existem ainda outros aspetos mais técnicos que são frequentemente alvo de críticas, como por exemplo, a hipótese dos ativos seguirem um movimento browniano; a violação da hipótese de volatilidade constante da rendibilidade do ativo; e o carácter subjetivo quer da barreira de incumprimento quer do horizonte de análise.

Existem ainda algumas limitações relacionadas com o grau de desagregação da análise. Na verdade, ao focarmos a análise na probabilidade de incumprimento de um setor como um todo, estamos a subestimar os riscos existentes na economia. Isto acontece fundamentalmente por duas razões. Em primeiro lugar, qualquer agregação ignora a heterogeneidade existente dentro de cada setor. A título de exemplo, os particulares apresentam uma posição líquida largamente positiva. No entanto, é sabido que esta riqueza está distribuída de forma bastante desigual, o que faz com que ativos detidos junto de diferentes indivíduos tenham níveis de risco bastante diferentes. Em segundo lugar, ao analisarmos a informação em termos agregados estamos a ignorar o que Haldane (2009) denomina de *small world property*. Considere-se, por exemplo, um determinado setor económico constituído por um pequeno número de empresas com relações maioritariamente entre si. A existência deste tipo de estrutura faz com que os choques se propaguem muito rapidamente e cresçam dentro destes núcleos antes de passarem para fora. Dito de outra forma, a existência de pequenos mundos aumenta a probabilidade de um problema local se avolumar e tornar-se global. Assim, poderia ser útil introduzir no modelo alguma medida correlacionada com o nível de entropia relacional dentro de cada setor.

(20) Diz-se que um choque é não convergente se o sistema continuar a acumular perdas ao ponto de pelo menos um dos setores institucionais entrar em insolvência.

## 7. CONCLUSÃO

A realização deste estudo pretendeu atingir três propósitos. Em primeiro lugar, mostrar a importância atual das relações inter-setoriais, e em especial do setor financeiro como centro nevrálgico dessas relações. Para tal, procedeu-se à estimação de uma rede de balanços bilaterais semelhantes à estimada por Castrén e Kavonius (2009) para a área do euro. Os resultados obtidos para Portugal foram muito semelhantes aos obtidos para a área do euro com mais de 2/3 das relações bilaterais inter-setoriais a passarem pelo setor financeiro. Não obstante o padrão comum relativamente à área do euro, as sociedades não financeiras revelaram uma posição financeira líquida inferior à média das suas congéneres europeias.

Em segundo lugar, pretendeu-se aplicar o modelo de dívida contingente a todos os setores de uma economia. Em termos gerais, adaptou-se a linha proposta por Gray *et al* (2007) às especificidades de um país da área do euro. Os resultados obtidos estão em linha com os esperados. Os ativos aumentaram consideravelmente até ao início da crise financeira em 2007. No caso dos particulares e das administrações públicas, este aumento foi financiado sobretudo por crédito, o que conduziu a um aumento dos rácios de alavancagem. Ao mesmo tempo, a volatilidade da rendibilidade do ativo manteve-se em níveis muito baixos, o que conduziu a elevados níveis de distância ao incumprimento. Este padrão de comportamento mudou drasticamente em 2007 na sequência dos primeiros rumores sobre a crise do crédito subprime nos EUA. Assim, os ativos e a distância ao incumprimento começaram a diminuir enquanto a volatilidade do ativo e os rácios de alavancagem começaram a aumentar fortemente. Em termos comparativos, a pior situação foi protagonizada pelo setor das OIFM com a distância ao incumprimento a cair para níveis inferiores a 3 desvios-padrão, seguida pela das sociedades não financeiras com valores inferiores a 5 desvios-padrão.

Por último, analisaram-se os mecanismos de transmissão inter-setoriais e avaliou-se o impacto do risco neste mecanismo e na solvabilidade de cada setor. Para tal simularam-se dois choques, primeiro nos lucros futuros das empresas e depois nos vários segmentos de crédito (habitação, consumo e outros fins e sociedades não financeiras), o que permitiu não só aferir os efeitos da propagação de perdas pelos vários setores mas também os efeitos não lineares da acumulação e transmissão de risco na economia. A aplicação de ambos os choques para uma economia com e sem risco permitiu ainda separar ambos os efeitos. Desta separação conclui-se que os primeiros representam a larga maioria das perdas. No entanto, dadas as não linearidades inerentes ao caráter contingente da dívida, as perdas resultantes da acumulação de risco devem também ser tidas em conta. Consoante o choque, existe um nível de perdas que, uma vez ultrapassado, impede a convergência do sistema, conduzindo a uma situação de crise. Estas simulações vieram ainda realçar a importância do sistema bancário na economia ao mostrar que um choque direto sobre este, mesmo que de menor magnitude, a partir de um certo nível tem mais impacto no total do sistema do que um choque em qualquer outro setor. Isto resulta, quer da grande exposição que todos os outros setores têm ao setor financeiro, quer da situação atual de alguma fragilidade.

## BIBLIOGRAFIA

- Allen, F. e Gale, D. (2000), "Financial contagion", *Journal of political economy*, 108(1), 1-33.
- Battiston, S., Delli Gatti, D. Gallegati, M., Greenwald, B. e Stiglitz, J. (2007), "Credit chains and bankruptcy propagation in production networks", *Journal of Economic Dynamics and Control* 31(6), 2061-2084.
- Bensoussan, A., Crouhy, M. Galai, D. Wilkie, A. e Dempster, M. (1994), "Stochastic equity volatility and the capital structure of the firm", *Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering*, pp. 531-541.
- Black, F., e Scholes, M. (1973). "The pricing of options and corporate liabilities". *Journal of Political Economy*, 81(2), 637-654.
- Boissay, F. (2006), "Credit chains and the propagation of financial distress", *ECB Working Paper Series*.
- Cardoso, F., Farinha, L., e Lameira, R. (2008), "Household wealth in Portugal: revised series", *Occasional Papers*. Banco de Portugal.
- Castrén, O. e Kavonius, I. (2009), "Balance sheet interlinkages and macro-financial risk analysis in the euro area", *ECB Working Paper Series*.
- Gallegati, M., Greenwald, B., Richiardi, M., e Stiglitz, J. (2008), "The asymmetric effect of diffusion processes: risk sharing and contagion", *Global Economy Journal*, 8(3), 2.
- Gapen, M., Gray, D., Lim, C. e Xiao, Y. (2004), "The contingent claims approach to corporate vulnerability analysis: estimating default risk and economy-wide risk transfer". *IMF Working Papers*.
- Gapen, M., Gray, D. F., Lim, C. e Xiao, Y. (2008), "Measuring and analyzing sovereign risk with contingent claims", *IMF Staff Papers*.
- Gray, D. (1999), Assessment of corporate sector value and vulnerability: links to exchange rate and financial crises, *World Bank Publications*.
- Gray, D. (2008), A risk-based debt sustainability framework: incorporating balance sheets and uncertainty", *IMF Working Papers*.
- Gray, D., Merton, R., e Bodie, Z. (2007). New framework for measuring and managing macrofinancial risk and financial stability. *NBER Working Paper Series*.
- Gray, D., e Walsh, J. (2008). Factor model for stress testing with a contingent claims model of the chilean banking system. *IMF Working Paper*.
- Haldane, A. (2009), "Rethinking the financial network", *Speech at Financial Student Association*, Amsterdam, April.
- Keller, C., Kunzel, P. e Souto, M. (2007), *Measuring sovereign risk in Turkey: an application of the contingent claims approach*, Citeseer.
- Kiyotaki, N. e Moore, J. (1997), "Credit Chains", *Journal of Political Economy* 105(21), 211-248.
- Kiyotaki, N. e Moore, J. (2002), "Balance-sheet contagion", *The American Economic Review* 92(2), 46-50.
- Lahr, M. e De Mesnard, L. (2004), "Biproportional techniques in input-output analysis: table updating and structural analysis", *Economic Systems Research* 16(2), 115-134.

- Merton, R. (1974). "On the price of corporate debt". *Journal of Finance* , 29(2), 449-470.
- Schneider, M. e Zenios, S. (1990), "A comparative study of algorithms for matrix balancing", *Operations Research* pp. 439-455.
- Setser, B., Allen, M., Keller, C., Rosenberg, C. e Roubini, N. (2002), "A balance sheet approach to financial crisis", *IMF Working Papers*.
- Sheldon, G. e Maurer, M. (1998), "Interbank lending and systemic risk: an empirical analysis for Switzerland", *Swiss Journal of Economics and Statistics* (SJES) 134(IV), 685-704.
- Sims, C. (1999), "Domestic currency denominated government debt as equity in the primary surplus", *Latin American meeting of the Econometric Society*, Cancun, México. August 19.
- Upper, C. e Worms, A. (2004), "Estimating bilateral exposures in the German interbank market: Is there a danger of contagion?", *European Economic Review* 48,(4), 827-849.
- Wells, S. (2004), *Financial interlinkages in the United Kingdom's interbank market and the risk of contagion*, Bank of England.