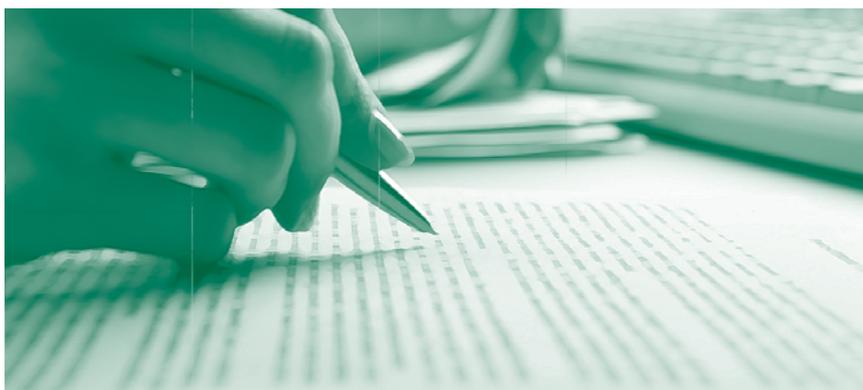


Mercados Financeiros Globais – Uma Análise da Interconectividade

Marcus Correia Lima Filho, Rodrigo Cesar de Castro Miranda e
Benjamin Miranda Tabak

Outubro, 2013

Trabalhos para Discussão



328

ISSN 1519-1028
CGC 00.038.166/0001-05

Trabalhos para Discussão	Brasília	n° 328	outubro	2013	p. 1-29
--------------------------	----------	--------	---------	------	---------

Trabalhos para Discussão

Editado pelo Departamento de Estudos e Pesquisas (Depep) – *E-mail*: workingpaper@bcb.gov.br

Editor: Benjamin Miranda Tabak – *E-mail*: benjamin.tabak@bcb.gov.br

Assistente Editorial: Jane Sofia Moita – *E-mail*: jane.sofia@bcb.gov.br

Chefe do Depep: Eduardo José Araújo Lima – *E-mail*: eduardo.lima@bcb.gov.br

Todos os Trabalhos para Discussão do Banco Central do Brasil são avaliados em processo de *double blind referee*.

Reprodução permitida somente se a fonte for citada como: Trabalhos para Discussão n° 328.

Autorizado por Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo, Diretor de Política Econômica.

Controle Geral de Publicações

Banco Central do Brasil

Comun/Dipiv/Coivi

SBS – Quadra 3 – Bloco B – Edifício-Sede – 14º andar

Caixa Postal 8.670

70074-900 Brasília – DF

Telefones: (61) 3414-3710 e 3414-3565

Fax: (61) 3414-1898

E-mail: editor@bcb.gov.br

As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

Ainda que este artigo represente trabalho preliminar, citação da fonte é requerida mesmo quando reproduzido parcialmente.

The views expressed in this work are those of the authors and do not necessarily reflect those of the Banco Central or its members.

Although these Working Papers often represent preliminary work, citation of source is required when used or reproduced.

Divisão de Atendimento ao Cidadão

Banco Central do Brasil

Deati/Diate

SBS – Quadra 3 – Bloco B – Edifício-Sede – 2º subsolo

70074-900 Brasília – DF

DDG: 0800 9792345

Fax: (61) 3414-2553

Internet: <<http://www.bcb.gov.br/?FALECONOSCO>>

Mercados Financeiros Globais – Uma Análise da Interconectividade*

Marcus Correia Lima Filho**
Rodrigo Cesar de Castro Miranda***
Benjamin Miranda Tabak***

Resumo

Este Trabalho para Discussão não deve ser citado como representando as opiniões do Banco Central do Brasil. As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

Este artigo utiliza técnicas de redes complexas para analisar os mercados financeiros globais na crise recente. Em particular, são analisados índices de ações do setor financeiro para 46 países. Dessa forma, é possível avaliar as interconexões entre esses países. Também, mostra-se que os países que compõem os PIIGS acabam se conectando mais entre si na pós-crise e perdem um pouco da interconectividade com o resto do mundo. A metodologia apresentada pode ser útil para esforços de supervisão de sistemas financeiros e avaliação de caminhos potenciais de contágio entre sistemas financeiros.

Palavras-chave: Sistemas financeiros; redes complexas; PIIGS; MST; globalização; choques.

Classificação JEL: G21, F36, C00, O50, F59, F15, G10.

* Benjamin M. Tabak agradece suporte financeiro do CNPQ. Os autores agradecem a parecerista anônimo pelas contribuições ao trabalho.

** IPEA.

*** Departamento de Estudos e Pesquisa, Banco Central do Brasil.

*** Departamento de Estudos e Pesquisa, Banco Central do Brasil.

1. Introdução

A recente crise financeira iniciada nos Estados Unidos em 2007/2008 revelou a dinamicidade e a rapidez com que o mercado financeiro opera. O modelo de criação e distribuição que resulta em novos produtos financeiros com o objetivo de descarregar o risco que as instituições financeiras possuem foi vastamente utilizado pelos bancos. A maior exposição ao risco também fez parte dos mecanismos econômicos amplificadores que causaram as perturbações cujos efeitos ainda hoje são vistos na economia mundial. Após a ocorrência de choques como a crise de 2008/2009, há uma tendência de reorganização dos países, haja vista a mudança no ambiente macroeconômico.

Neste artigo, com o intuito de entender melhor como os mercados financeiros internacionais estão reagindo à crise, faz-se uso de ferramentas da física aplicadas à economia para analisar índices do sistema financeiro mundial e visualizar sua organização atual. A aplicação de tais ferramentas em finanças tem se mostrado muito valiosa, principalmente na tentativa de entender sistemas complexos como, por exemplo, o mercado financeiro (**Sergio da Silva et al. (2005)**). Vários estudos utilizando a *Minimum Spanning Tree* (Árvore Geradora Mínima), a partir desse momento citada como MST, foram feitos com foco nos mercados financeiros internos e internacional. A MST foi primeiramente utilizada em economia por **Mantegna (1999)** que fez uso da física estatística para tratar dados econômicos. Seu uso possibilita o estudo dos movimentos conjuntos de variáveis e as extensões destes, isto é, a partir da rede de correlações entre as variáveis se obtém a matriz de distâncias, da qual se constrói uma árvore que não possui redundâncias. Observa-se que sua apresentação é relativamente simples, o que permite a extração de informações importantes de forma rápida quando os dados estudados estão em grande quantidade. **Wang, Xie et al. (2012)** utilizam a MST como ferramenta para analisar 35 moedas negociadas no mercado de câmbio internacional e esperam que a MST supere a restrição sincrônica do coeficiente da correlação de Pearson. Os resultados confirmam a predominância das moedas USD e EUR no mundo, porém o USD perde gradualmente a posição central quanto o EUR atua como centro estável na MST durante a crise (2007-09). Outra aplicação dessa ferramenta, para o mercado brasileiro, é feita por **Tabak, Serra e Cajueiro (2009)** que exploram a relação estrutural da rede das taxas de juros no Brasil e constroem a MST fazendo uso de uma matriz de correlações de taxas de juros com diferentes vencimentos. Concluem que a taxa de juros de curto prazo é a mais importante dentre as taxas e que a

rede de taxa de juros forma grupos de acordo com os vencimentos. **Tabak, Cajueiro e Ludovice (2011)** fazem um estudo sobre o mercado financeiro brasileiro calculando a probabilidade de *default* de trinta setores econômicos diferentes. Usando a MST, chegam à conclusão de que alguns setores formam grupos e que fatores macroeconômicos surtem efeitos diferentes nas probabilidades de *default*. Esta última conclusão implica atenção quanto a esses fatores na modelagem de risco de crédito e na geração de testes de estresse.

Uma referência mais próxima do que é feito no presente artigo está exposta em **Coelho, Gilmore et al. (2007)**, em que a MST é usada para se estudar o processo de integração dos mercados financeiros internacionais, sendo que os dados utilizados para análise são os índices do mercado de ações de cada país. Porém, diferentemente da referência acima, os índices usados neste artigo são índices que contém apenas ações do setor financeiro e o foco se volta à reação dos mercados financeiros mundiais a choques sistêmicos.

Para a análise dos mercados financeiros, dispõe-se de dados FTSE Financials retirados do Datastream de 46 países durante o período de 23 Junho de 2003 até 27 de Junho de 2011, e usa-se a classificação de mercado do Morgan Stanley Capital International (MSCI) para agrupá-los por regiões – América, Europa e Oriente Médio, Pacífico e Ásia – e estados de desenvolvimento - Desenvolvidos, Emergentes.

Uma das preocupações atuais são os choques que podem ocorrer no sistema financeiro dos países e a provável destinação desses distúrbios. Tenta-se responder a essa questão dividindo o período analisado em pré-crise, de 23 de Junho de 2003 a 12 de Setembro de 2008, e pós-crise, de 15 de Setembro de 2008 a 27 de Junho de 2007. Alguns resultados revelam que os países se organizam em grupos regionais e dentro desses grupos formam subgrupos entre desenvolvidos e emergentes. Após a crise, essa organização ficou mais visível e definida. A divisão entre desenvolvidos e emergentes é um resultado intuitivo já que os últimos são menos globalizados do que os primeiros, que estão mais centrais na MST. Outro resultado importante é a demonstração do papel central exercido pela França com relação aos mercados europeus e não pela Alemanha, resultado que **Gilmore et al. (2008)** e **Gilmore et al. (2010)** chegaram analisando os mercados da Europa. De acordo com uma medida elaborada pelos autores, chamada Importância Relativa (IR), os PIIGS diminuem sua importância relativa de mercado com relação ao pré-crise enquanto os BRICS a aumentam.

O artigo está dividido do seguinte modo: na parte 2, apresentam-se os dados detalhadamente; os métodos utilizados para criar a MST e analisá-la são explicados na parte 3; na parte 4, estudam-se os resultados obtidos; por fim, as conclusões são expostas na parte 5.

2. Dados

Escolhe-se o FTSE Financials do Datastream para selecionar um índice que contivesse apenas ações de instituições financeiras de cada um dos 46 países escolhidos. Os dados apresentados são diários, começando do período de 23 de Junho de 2003 até 27 de Junho de 2011. Para que fosse possível acompanhar as mudanças ocorridas antes e depois da crise, e calcular a MST, dividiu-se o período em duas partes – 23 de Junho de 2003 a 12 de Setembro de 2008 e 15 de Setembro de 2008 a 27 de Junho de 2011. Para o estudo do Beta e da Strength, os dados foram divididos em três partes, pré-crise (23 de Junho de 2003 a 12 de Setembro de 2008), crise (15 de Setembro de 2008 a 14 de Setembro de 2009) e pós-crise (15 de Setembro de 2009 a 27 de Junho de 2011), o que possibilitou maior clareza para identificar países que saíram mais fortes da crise. O valor de mercado de cada país foi retirado do Datastream, para que estes representassem os tamanhos dos nós nas MSTs. A classificação usada para separar os países por regiões e em grupos de desenvolvidos e emergentes foi a classificação de mercado do Morgan Stanley Capital International (MSCI).

Tabela 1. Classificação de mercado dos países de acordo com Morgan Stanley Capital International.

América do Norte	América Latina	Pacífico
EUA Canadá	Brasil Chile Colômbia México Peru	Austrália Hong Kong Japão Nova Zelândia Singapura

Europa e Oriente Médio (desenvolvido)		Europa, Oriente Médio e África (emergente)	Ásia (emergente)
Áustria	Noruega	República Tcheca	China
Bélgica	Portugal	Egito	Índia
Dinamarca	Espanha	Hungria	Indonésia
Finlândia	Suécia	Marrocos	Coréia
França	Suíça	Polônia	Malásia
Alemanha	Reino Unido	Rússia	Filipinas
Grécia	Holanda	África do Sul	Taiwan
Irlanda	Itália	Turquia	Tailândia
Israel			

3. Metodologia

Nesta seção, os métodos utilizados para extrair informações dos dados são revisados.

3.1. Árvore Geradora Mínima (MST)

A MST, inicialmente aplicada em economia por **Mantegna (1999)**, é baseada na transformação da matriz de correlações das variáveis em uma matriz de distâncias. Portanto, a correlação entre um par de variáveis é transformada em uma distância entre elas. Primeiramente, calculam-se os retornos logarítmicos dos preços do FTSE Financials de cada país usando a fórmula

$$r_i(t) = \ln\left(\frac{p_i(t)}{p_i(t-1)}\right) \quad (1)$$

e, em seguida, chega-se às correlações pela fórmula da Correlação de Pearson, definida como

$$c_{ij} = \frac{\langle r_i r_j \rangle - \langle r_i \rangle \langle r_j \rangle}{\sqrt{(\langle r_i^2 \rangle - \langle r_i \rangle^2)(\langle r_j^2 \rangle - \langle r_j \rangle^2)}}, \quad (2)$$

onde $\langle \dots \rangle$ representa a média estatística de $r_{i,j}$ em determinado período. Com isso, a matriz de correlações **C** é calculada, com seus valores variando entre $-1 \leq 0 \leq 1$. Os valores extremos -1 e 1 e o valor central 0 representam

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{perfeitamente correlacionada} \\ 0, & \text{não correlacionada} \\ -1, & \text{inversamente correlacionada} \end{cases} \quad (3)$$

Portanto, cada entrada da matriz \mathbf{C} terá um valor c_{ij} . Se i e j forem positivamente correlacionados e essa correlação for forte, c_{ij} estará mais perto de 1. Se i e j não tiverem correlação ou esta for fraca (negativa ou positiva), c_{ij} estará mais perto de 0. E por fim, se i e j forem negativamente correlacionados e essa correlação for forte, c_{ij} estará mais perto de -1.

Para calcular cada entrada da matriz de distâncias \mathbf{D}, d_{ij} , usa-se a equação

$$d_{ij} = \sqrt{2(1 - c_{ij})} \quad (4)$$

que varia entre $0 \leq d_{ij} \leq 2$ e satisfaz os três axiomas da distância euclidiana, que são

$$\begin{aligned} (a) d_{ij} &= 0 \Leftrightarrow i = j \\ (b) d_{ij} &= d_{ji} \\ (c) d_{ij} &\leq d_{ik} + d_{kj} \end{aligned} \quad (5)$$

O primeiro axioma mostra que se tivermos duas variáveis, no presente caso, índices financeiros dos países, totalmente correlacionadas, então a distância será igual à zero. O segundo axioma diz que a distância de um índice do país i para um índice do país j é igual à distância do caminho inverso, isto é, de j para i . O terceiro e último axioma é conhecido como Desigualdade Triangular e tem origem na geometria euclidiana. Ela determina que um caminho reto de i para j é menor ou igual a um caminho de i passando por k e indo para j . Importante notar que altos valores de correlações implicam baixos valores de distâncias.

Dos dois algoritmos usados para obter a MST a partir da matriz \mathbf{D} (**Prim(1957)**) - o Algoritmo de Prim e o Algoritmo de Kruskal - opta-se usar o Algoritmo de Kruskal (**Kruskal (1956)**), pois é o mais rápido e usa o “single link method” para ligar as variáveis, como exemplifica **Johnson, 1967**. Esse método consiste na escolha do par de variáveis que estão mais próximas segundo uma função de similaridade pré-determinada e no posterior ligamento delas com uma aresta. Depois, outro par de variáveis com a segunda menor distância é conectado, e assim por diante, até se formar uma árvore com todas as variáveis conectadas a ela.

Vinda da teoria dos grafos, a MST é um grafo que conecta todos os nós (variáveis) com $(n - 1)$ arestas, fazendo com que a soma de todas as distâncias dos nós seja mínima. Como explicam **Tabak, Cajueiro e Ludovice (2011)**, além de extrair

informações significantes da matriz \mathbf{D} , a MST reduz o espaço de informações existente em um grafo completo de $n(n - 1)/2$ para $(n - 1)$ arestas. O tamanho dos nós da árvore foi calculado pelo tamanho do mercado de cada país. Assim, os EUA, por exemplo, são o maior nó por ter a maior capitalização de mercado.

Portanto, o foco do artigo será no estudo da MST dos índices financeiros de cada país escolhido e suas mudanças antes e depois da crise financeira.

3.2. Medidas de Peso de Rede

Foram usadas medidas de rede para ajudar na análise, como a Dominância que, no artigo, é chamada de Beta dos países, a qual indica o poder de dominação do mercado. Portanto, a medida revela o quão central esse mercado é na organização mundial em determinado período. Desenvolvido por **Van denBrink e Gilles (2000)**, sua fórmula é

$$\beta(i) = \sum_{j=1}^n \frac{C(i,j)}{\lambda(j)}, \quad (6)$$

onde $C(i,j)$ representa a entrada c_{ij} da matriz de correlações e λ_{ij} é o peso de dominância do nó j , isto é, o in-degree do vértice i dado por

$$\lambda_{ij} = \sum_{i=1}^n C(i,j). \quad (7)$$

O poder de dominação de um nó possibilita que se observe o quão correlacionado determinado país está com relação aos outros países, isto é, o quanto um país está correlacionado a todo o sistema. Em razão disso, um país com alto valor de Beta deve ser um país central no mercado financeiro global.

Outra medida de rede usada é a chamada Strength, que mede a força do nó. Tal medida de rede é definida pela soma de todas as correlações de um nó. Caracterizada como out-degree do vértice j , a Strength de país arbitrário i , denotado aqui por S_i , é dado por:

$$S_i = \sum_{j \in \mathcal{V}(i)} c_{ij}. \quad (8)$$

A soma engloba todo o conjunto $\mathcal{V}(i)$ de vizinhos de i . Um alto valor de Strength revela um mercado fortemente correlacionado; porém, essa medida não possibilita a análise da importância do mercado, pois este pode estar conectado a vários países periféricos e não centrais no sistema financeiro.

Uma nova medida é introduzida para se estudar a importância relativa do mercado em questão e é calculada da seguinte forma:

$$IR(i) = \sum_{j=i}^n \frac{1}{d(i,j)} \cdot VM_j, \quad (9)$$

em que $d(i,j)$ é a distância $d_{ij} = \sqrt{2(1 - c_{ij})}$ e VM_j é valor médio de mercado do país j dividido pela soma dos valores médios de mercado de todos os países no período estudado, isto é,

$$VM_j = \frac{\text{Valor médio de mercado do país } j}{\text{Soma dos valores médios de mercado totais}}. \quad (10)$$

Quanto maior o $IR(i)$ mais relevante é aquele mercado i , pois tem maior correlação com mercados mais importantes (maior valor de mercado).

4. Resultados

A MST do período anterior à crise, que vai de 23 de Junho 2003 até 12 de Setembro 2008, nos mostra o sistema financeiro internacional agrupado primordialmente por regiões. Dentro desse agrupamento regional existem conjuntos divididos em estados de desenvolvimento dos países. Pode-se observar quatro grupos divididos por regiões, sendo esses grupos Pacífico e Ásia (primeiro grupo), Europa, Oriente Médio e África (segundo grupo), América Latina (terceiro grupo) e América do Norte (quarto grupo).

Os países Europeus formam um grande grupo com a França e a Suécia fazendo papéis centrais no tronco da árvore. Com uma maior proximidade com a Espanha, encontram-se agrupados a maioria dos mercados emergentes do segundo grupo - de acordo com a classificação do MSCI -, que são a Polônia, Hungria, República Tcheca, Turquia e Rússia. Importante notar a posição do Reino Unido com relação aos outros

países de grande valor de mercado da Europa. Uma possível explicação de sua localização na MST é a de não fazer parte da Zona do Euro, conseguindo assim ficar menos vulnerável a qualquer choque que venha a acontecer nos países da União Europeia e mais próximo a economias fora de sua região como Brasil e Canadá. A parte esquerda do tronco da MST é formada pelos países do Pacífico (Austrália, Singapura e Hong Kong). Hong Kong e Singapura são os mercados centrais que se ligam aos mercados emergentes da Ásia, como China, Índia, Coreia, Taiwan, Egito, Filipinas, Malásia, Paquistão e Indonésia. Outros dois grupos existentes são os que têm como país central o Brasil, este se ligando ao México e ao Peru; e o grupo do Canadá e Estados Unidos, formando o grupo da América do Norte. Percebe-se que os mercados emergentes estão, em sua maioria, na periferia da MST, o que mostra que estão menos globalizados que os mercados desenvolvidos.

Figura 1. Rede de correlações referente ao pré- crise.

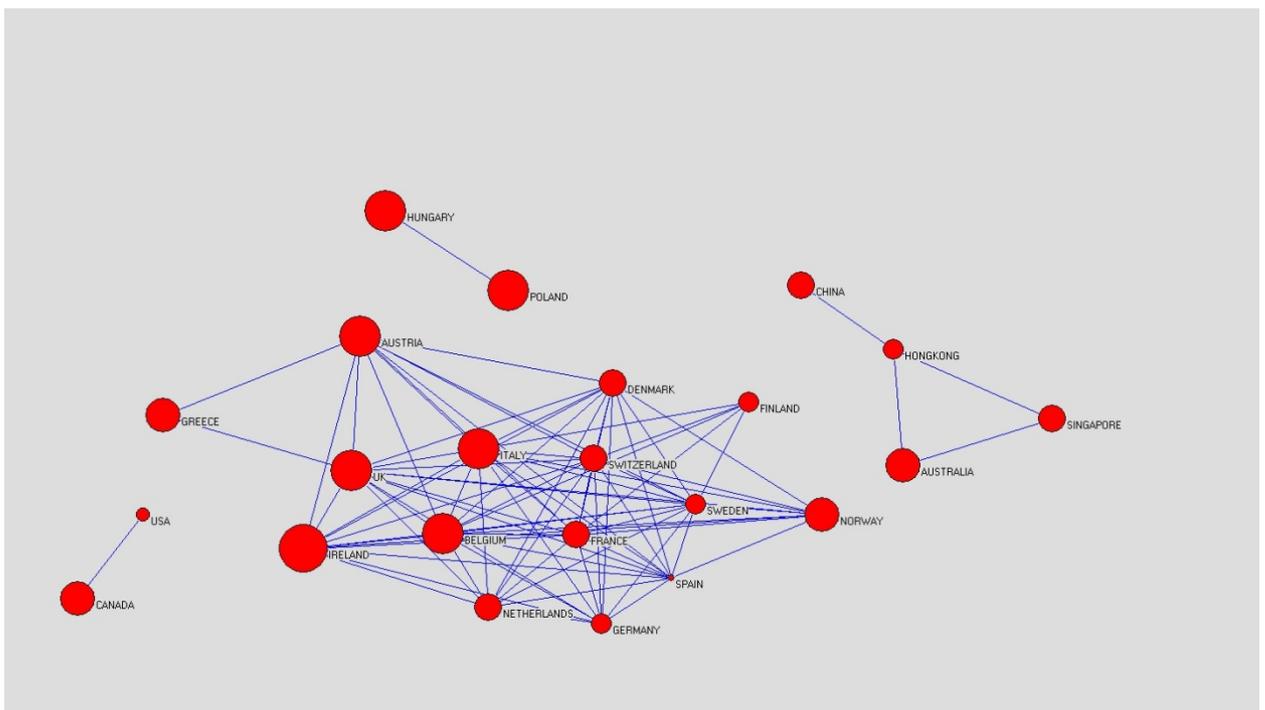
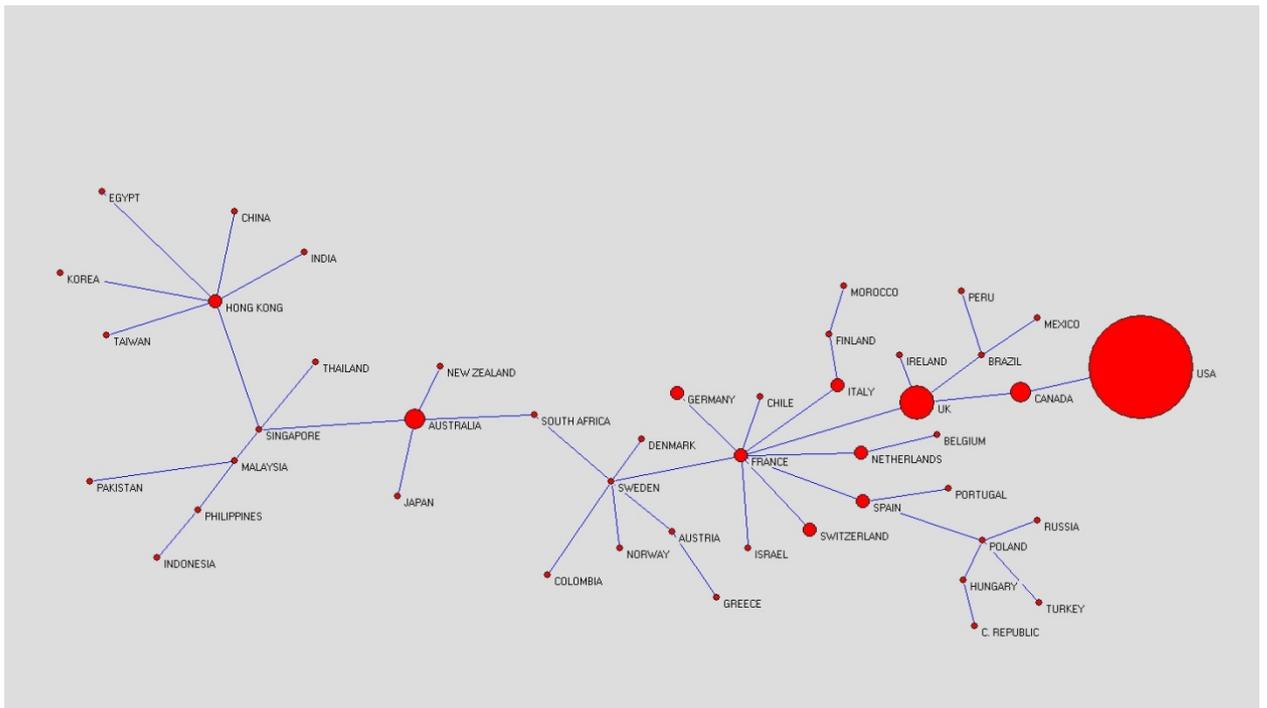
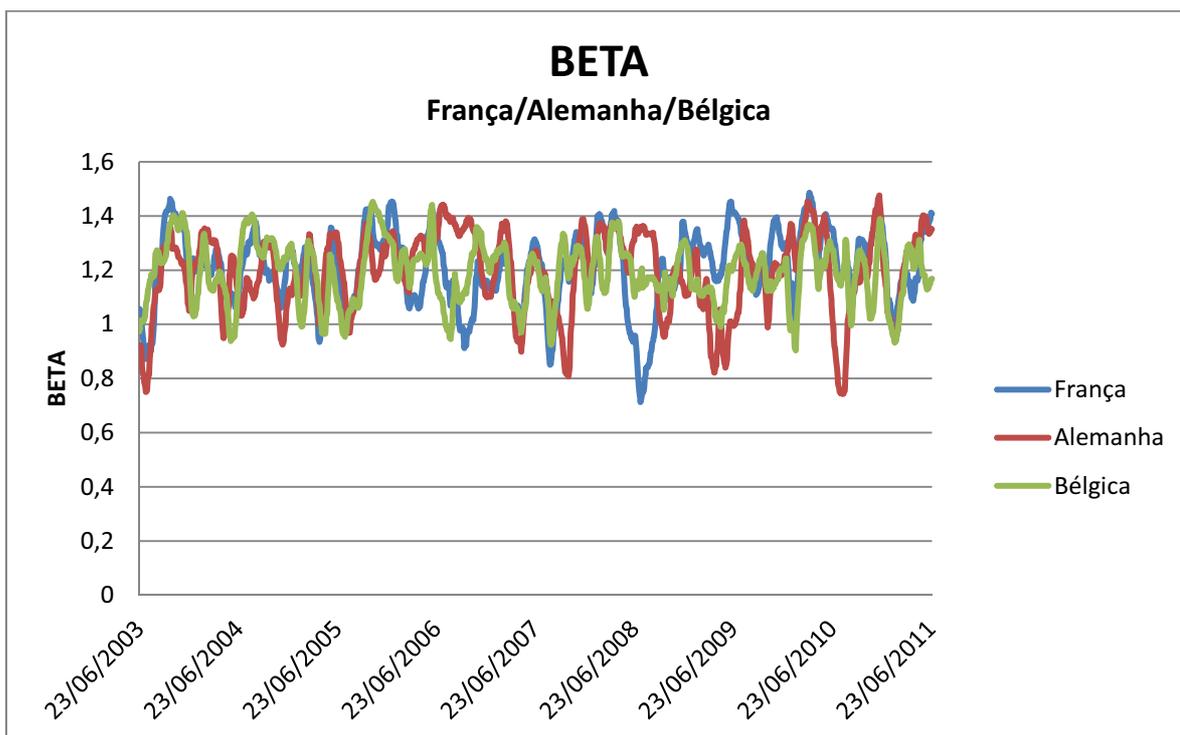


Figura 2. MST referente ao pré-crise



A MST limita o estudo das correlações para a maior correlação existente entre cada país, contudo, os mercados não fazem ligações só com um mercado internacional. Para estudo das ligações mais fortes entre cada país, fez-se a rede de correlações limitando os resultados para correlações acima de 0.5. Para o tamanho do nó aplicou-se os respectivos betas. No período pré-crise (figura 1), os países estão dispersos e formam grupos bem separados – Europa, América do Norte e Ásia e Pacífico.

Figura 3. Gráfico dos Betas da Alemanha, França e Bélgica.



Tomando-se o Beta como uma medida de centralidade, isto é, quanto maior o valor, maior o nível de centralidade do mercado em questão, tem-se que no período pré-crise a Alemanha tinha a maior média do Beta - aproximadamente 1,203 -, seguida da Bélgica - aproximadamente 1,200 - e França - 1,194 (figura 3).

Interessante notar que apesar dos dois primeiros países terem um Beta maior, a França é o país mais conectado na MST (figura 2). A França tem papel central na MST no período analisado, denotando ser uma economia fortemente globalizada e com alta interdependência com outros países europeus. Esses efeitos podem ser resultado do intenso comércio dentro da Europa, e da movimentação de capitais e trabalhadores dentro da zona.

Figura 4. Rede de correlações referente ao pós-crise.

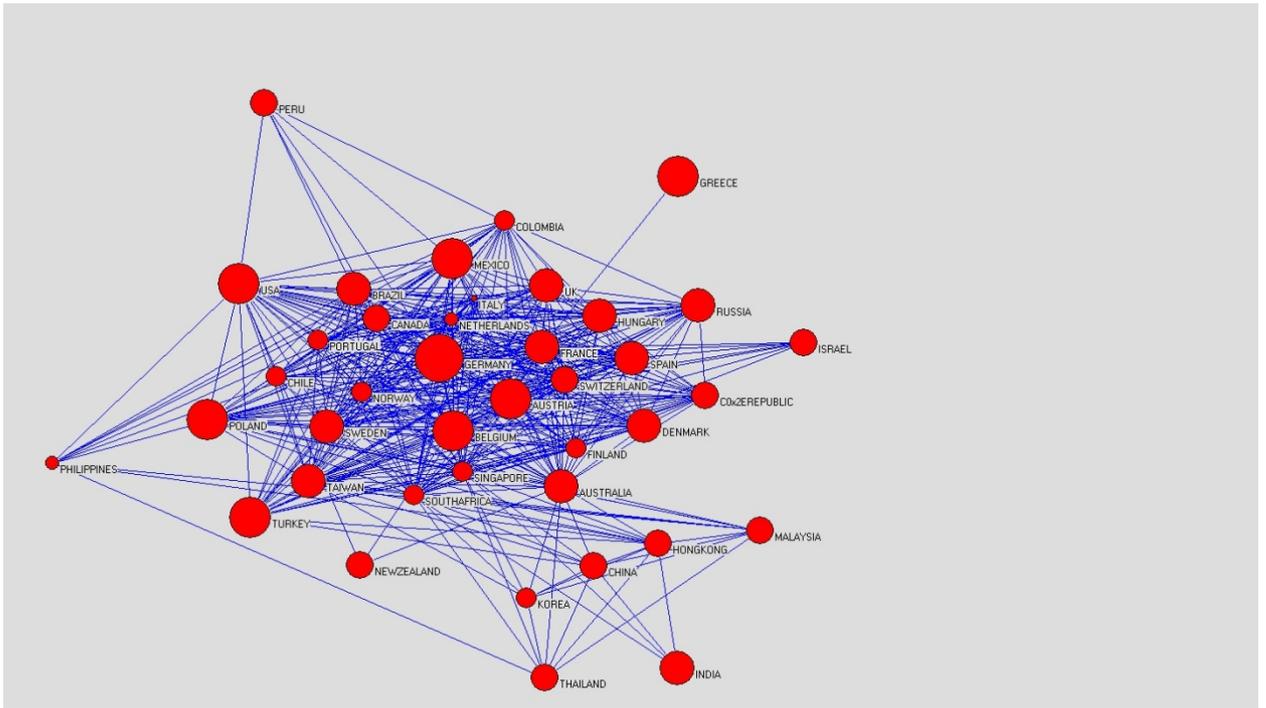
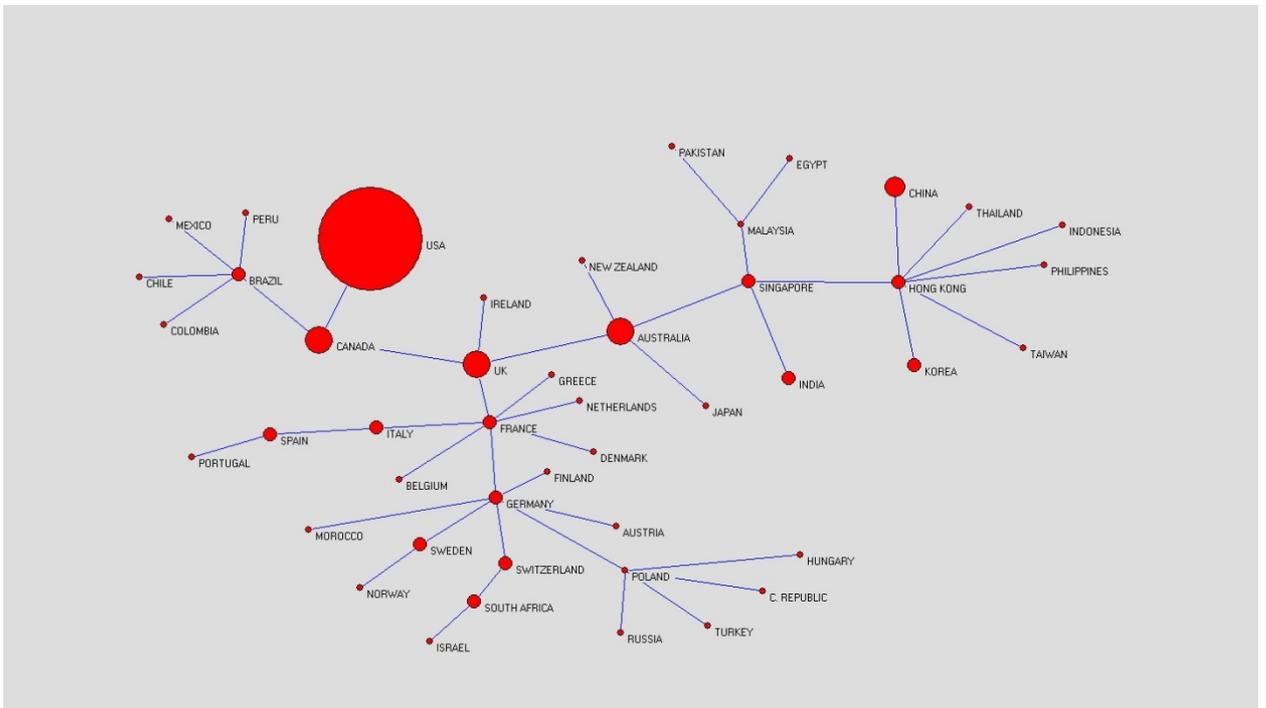


Figura 5. MST referente ao pós-crise.



Já a MST do período pós-crise, que abrange 15 de Setembro de 2008 até 27 de Junho 2011, exhibe uma maior organização quanto aos grupos regionais (figura 5). No grupo da Europa, Oriente Médio e África, a Alemanha assume papel central ao lado da França e a Espanha deixa de estar conectada diretamente a França e se aproxima de

Portugal e Itália. Essa movimentação da Espanha converge com a preocupação do mercado internacional da qual derivou o acrônimo PIIGS, onde estão incluídos também Reino Unido, Irlanda e Grécia. Portanto, nesse grupo os dois países centrais que formam o tronco da árvore são Alemanha e França. O Reino Unido continua com suas ligações a mercados externos aos europeus.

No grupo Pacífico e Ásia, Singapura e Hong Kong continuam sendo os mercados centrais que tem ligação com os emergentes da Ásia, com uma pequena diferença, a Tailândia troca de lugar com a Índia para se ligar a Hong Kong junto com Filipinas. E assim, a Índia se aproxima de Singapura.

O Brasil aumenta sua centralidade no grupo da América Latina tendo cinco ligações, agora com México, Peru, Chile, Colômbia. Uma das explicações para esse aumento é a relativa solidez dos indicadores macroeconômicos que ajudaram a suavizar o recuo da economia brasileira no período de crise. Os mercados emergentes continuam majoritariamente na periferia da MST, como por exemplo, Polônia, Rússia, Turquia, Brasil, México, Chile, Indonésia, Tailândia, Filipinas, China etc.

Analisando e comparando as MSTs do pré e do pós-crise, pode-se chegar à conclusão de que o choque sistêmico fez com que os mercados internacionais se reagrupassem com uma maior organização no aspecto regional. Dentro dessa organização regional, como já ocorria anteriormente, existe uma divisão dos mercados emergentes e desenvolvidos, estando estes últimos mais perto do tronco da árvore. A rede de correlações acima de 0.5 revela a reorganização dos mercados internacionais após o choque ocorrido. Comparando as redes do pré e do pós observa-se que os grupos anteriormente separados não existem mais. Agora, os países estão aglomerados formando um grande grupo, o que evidencia a tendência dos mercados em se juntarem após a ocorrência de choques.

Figura 6. Gráfico da Strength dos PIIGS.

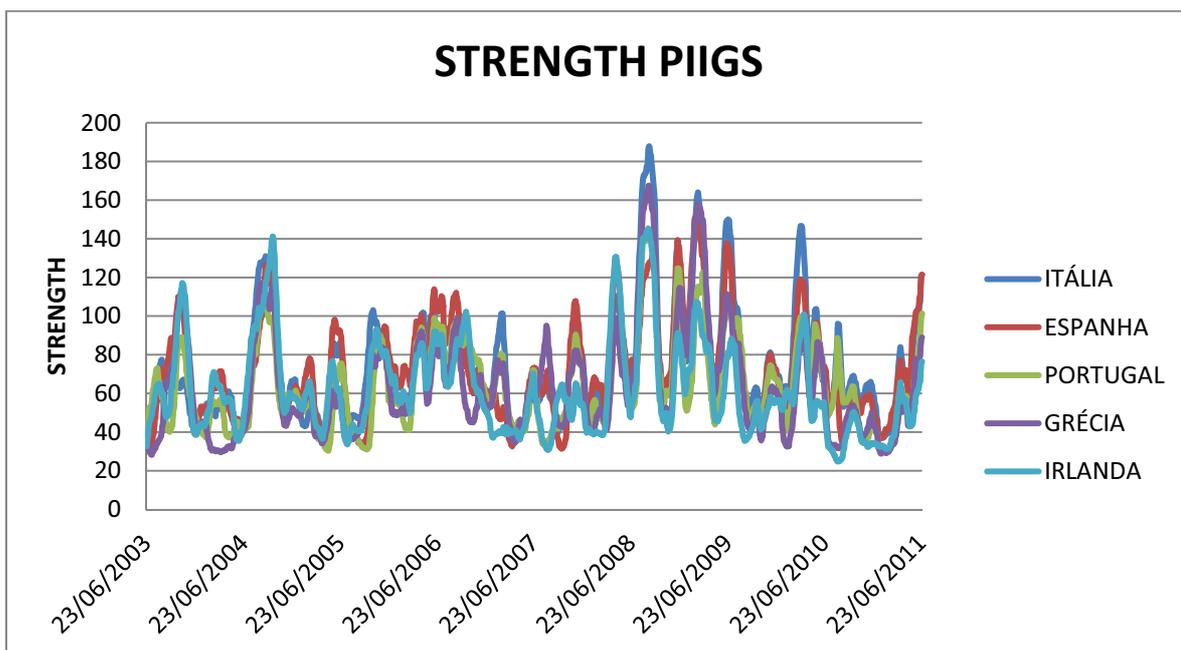


Figura7. Gráfico da Importância Relativa dos PIIGS no pré-crise.

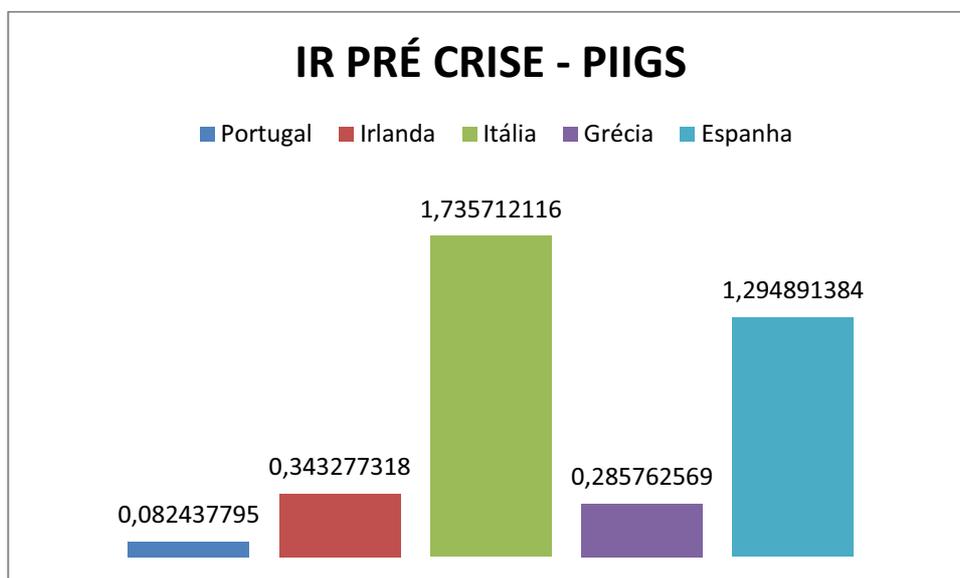
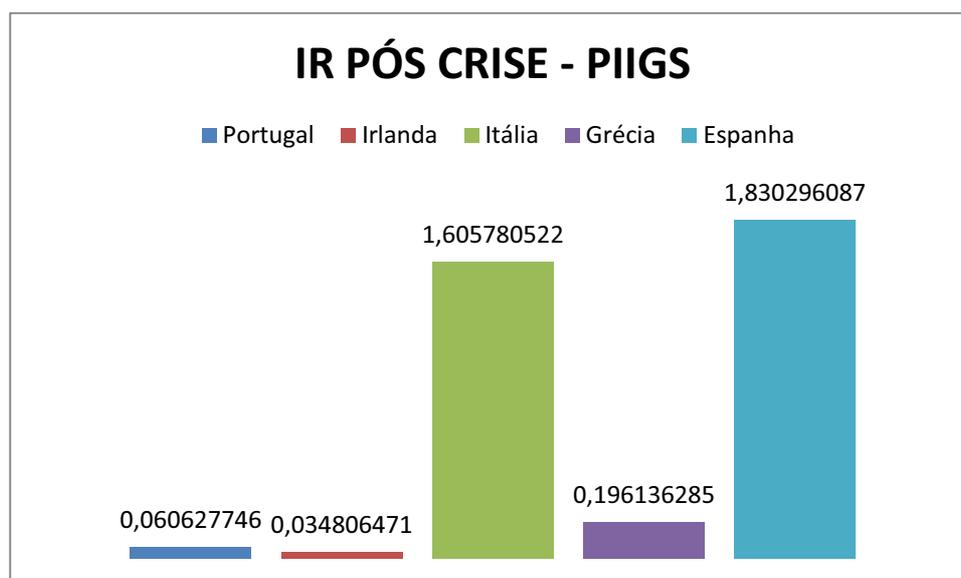


Figura8. Gráfico da Importância Relativa dos PIIGS no pós-crise.



No pré-crise, Portugal, Irlanda e Itália estão com o desvio padrão do Beta abaixo da média de todos os países. Portanto, dos PIIGS, só Grécia e Espanha que estão acima da média dos desvios padrões. Contudo, no pós-crise, todos os PIIGS estão acima da média dos desvios padrões dos países. O desvio padrão dos Betas nos mostra o risco de confiança no sistema financeiro dos países. Um desvio padrão acima da média global sugere uma maior instabilidade na confiança do sistema financeiro de determinado país. Os dados mostram que essa conclusão é suportada pelos PIIGS, que são uma real preocupação na Europa e todos foram seriamente abalados pela crise fazendo com que a desconfiança em seu sistema financeiro fosse maior que a media global. O gráfico da medida Strength com relação aos PIIGS (figura 6) evidencia a queda das correlações que teve início em 2008 chegando até meados de 2010. Outro resultado interessante é a diminuição da Importância Relativa de quatro dos cinco países que compõem os PIIGS (figuras 7 e 8). Porém, alguns países como o Brasil tiveram seus Strengths médios aumentados durante a crise e continuaram maiores no pós-crise. Esse resultado converge para a análise da maior centralidade do Brasil na MST do pós-crise e evidencia que certos países aproveitaram a crise para aumentar suas correlações com outros países e por assim dizer, ficarem mais globalizados. Um dos fatores que ajudou o Brasil a aproveitar esse momento foi o país ter sua política econômica voltada para o mercado interno e seus índices macroeconômicos estarem relativamente sólidos.

Figura 9. Gráfico da Strength do BRIC.

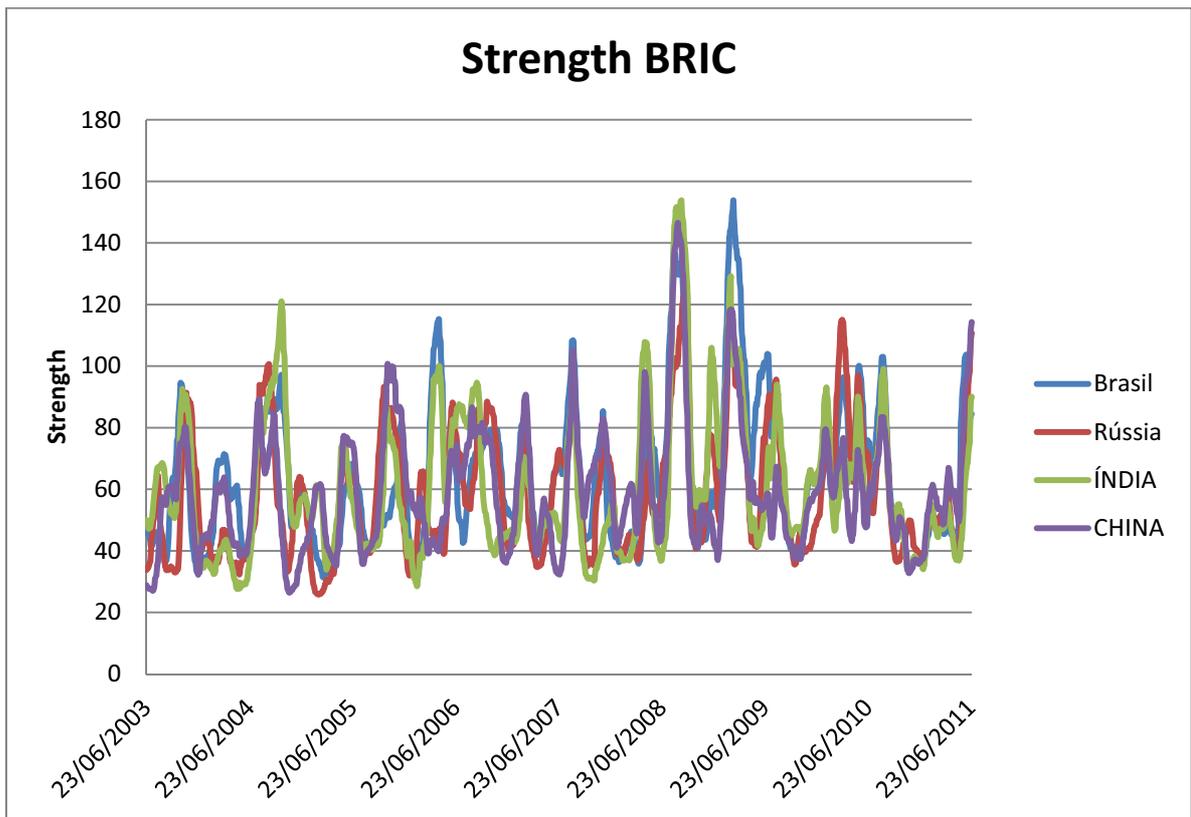


Figura10. Gráfico da Importância Relativa do BRIC no pré- crise.

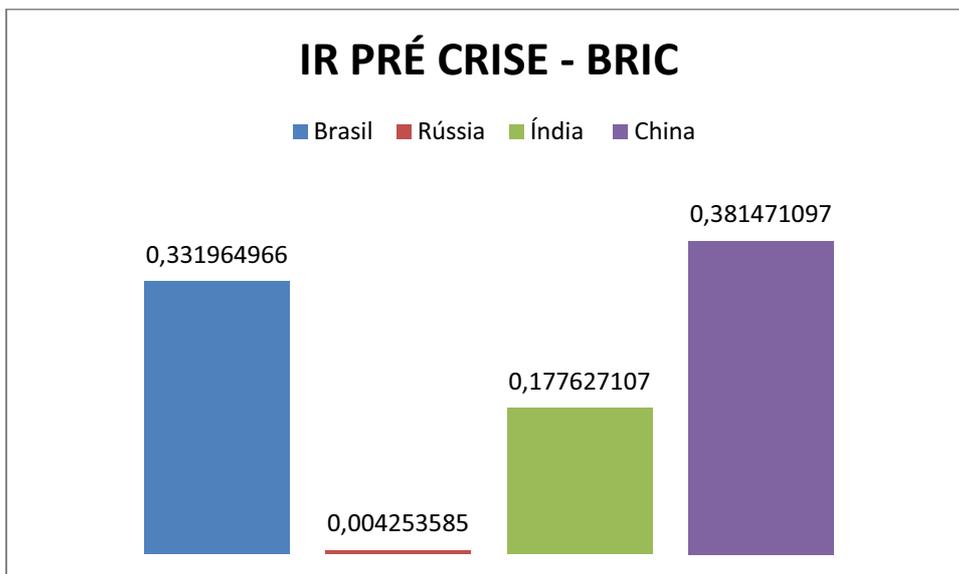
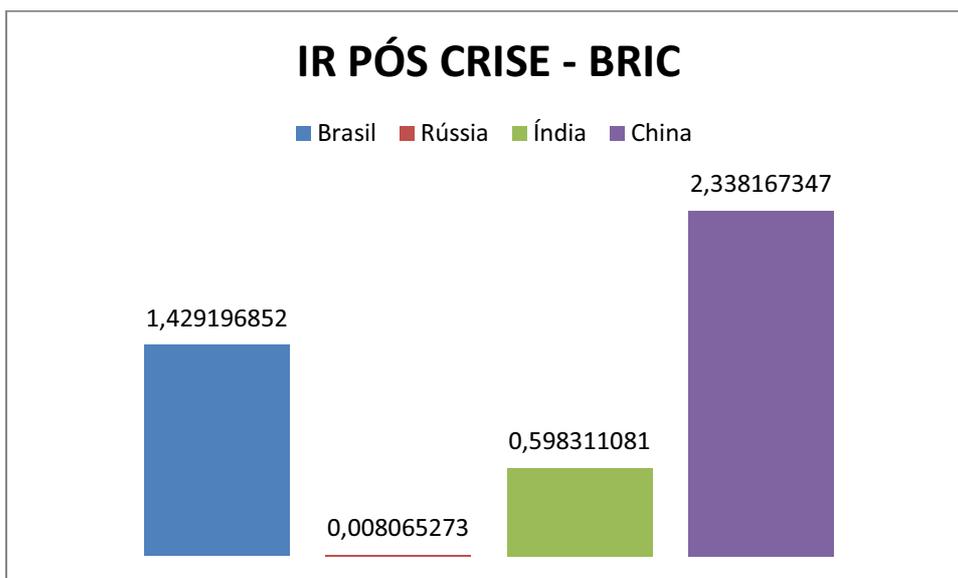


Figura 11. Gráfico da Importância Relativa do BRIC no pós-crise.



No período de crise – 15 de Setembro de 2008 a 14 de Setembro de 2009 – ocorreram os dois maiores picos da medida Strength dos países emergentes que formam o grupo BRIC (figura 9). Nota-se que o Brasil junto com a Índia, chegou a patamares muito maiores que a média dos picos anteriores e os dois picos estão praticamente na mesma linha, isto é, o declínio de todos os países como ocorreu nos PIIGS não ocorreu no BRIC. A Importância Relativa mostra que ao invés de declínio, todos os países do BRIC aumentaram vertiginosamente sua participação no sistema financeiro internacional (figuras 10 e 11). Essa constatação mostra que os países emergentes que formam o BRIC conseguiram de certo modo aumentar suas correlações com outros países no período do choque, muito provavelmente porque suas economias em ascensão foram menos afetadas pela crise que as economias dos demais países.

5. Conclusão

A crise financeira de 2008/2009 fez com que a organização do sistema financeiro mundial se alterasse de maneira com que a interação regional entre os países ficasse maior e mais evidente. Usando a ferramenta MST para auxiliar os estudos da nova interação mundial no pós-crise, alguns resultados interessantes sobressaem. A França, em vez da Alemanha, é o mercado central no conjunto europeu sendo mais suscetível a choques que possam ocorrer em outros países. Outra análise pertinente é o caso do Brasil que, também no pós-crise, aumentou suas correlações com outros

mercados e fez novas ligações com mercados da América Central. Por ter uma grande importância na região, é o mercado central referente a esses países, como mostra a MST. Isso quer dizer que um choque que venha a ocorrer no Brasil, afetaria primeiramente todos esses mercados da América Latina e o Canadá, com o qual o Brasil também está conectado.

Grupos como os PIIGS e o BRIC tiveram seus declínios e ascensões respectivamente justificados pelos resultados obtidos, os quais mostram: os PIIGS mais próximos após a crise e suas medidas de força em declínio durante a crise; o BRIC com sua medida de força mostrando dois picos altos e praticamente na mesma linha segundo a medida de força, e o Brasil tornando-se país central com todos os países estudados da América Latina.

A MST se mostrou um método eficiente para análise e melhor compreensão do sistema financeiro mundial e sua organização. Visualiza-se que o mercado mundial se organiza em grupos primordialmente por regiões, isso pode acontecer pela maior facilidade de trocas e comércio realizados entre mercados próximos geograficamente. Uma suborganização existente é a de desenvolvidos e emergentes, na qual os últimos se encontram na periferia da árvore enquanto os primeiros formam basicamente o caule da mesma. Essa suborganização advém do fato de que os países emergentes são menos globalizados que os países desenvolvidos, com aqueles estando raramente em posição central na MST. Complementando o estudo da MST, a análise da rede de correlações revela a tendência dos mercados se aglomerarem após a crise financeira, formando um grande grupo.

Em suma, o objetivo do presente artigo é apresentar uma metodologia de análise de sistemas complexos por meio de suas correlações e estudar as mudanças ocorridas devido à crise financeira de 2008/2009. O método utilizado permite o estudo dos grupos formados na organização do sistema e a visualização de seus integrantes. Algumas ferramentas de estudo complementares também foram utilizadas como o *Beta*, *Strength* e a Importância Relativa. Estas ajudam na análise do ambiente estudado e complementam as informações retiradas das MST.

Referências

- [1] R.N. Mantegna, H.E. Stanley, 2000. *An Introduction to Econophysics-Correlation and Complexity in Finance*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] R. Coelho, C. G. Gilmore, B. Lucey, P. Richmond, S. Hutzler, 2007. The evolution of interdependence in world equity markets - evidence from minimum spanning trees. *Physica A* 376 455–466.
- [3] Tabak, B. M., Serra, T. R., Cajueiro, D. O., 2009. The expectation hypothesis of interest rates and network theory: The case of Brazil. *Physica A* 388, 1137–1149.
- [4] R. van den Brink, R. P. Gilles, 2000. Measuring domination in directed networks. *Social Networks* 22 141–157
- [5] M. Barthlemy, A. Barrat, R. Pastor-Satorras, A. Vespignani, 2005. Characterization and modeling of weighted networks. *Physica A* 346 34–43.
- [6] C. C. Leung, H. F. Chau, 2007. Weighted assortative and disassortative networks model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 378 591– 602.
- [7] G. Bonanno, G. Caldarelli, F. Lillo, S. Micciché, N. Vandewalle, R.N. Mantegna, 2004. Networks of equities in financial markets. *Eur. Phys. J. B* 38 363
- [8] Costa, L. F., Rodrigues, F. A., Travieso, G., Boas, P. R. V., 2007. Characterization of complex networks: a survey of measurements. *Advances in Physics* 56, 167–242.
- [9] Y. Zhanga, G.H.T. Leea, J.C. Wonga, J.L. Kokb, M. Prustyb, S.A. Cheong, 2010. Will the US economy recover in 2010? A minimal spanning tree study. *Physica A* 390 2020–2050.
- [10] Claire G. Gilmore, Brian M. Lucey, Marian W. Boscia, 2010. Comovements in government bond markets: a minimum spanning tree analysis. *Physica A* 389 (21) 4875–4886.
- [11] Claire G. Gilmore, Brian M. Lucey, Marian Boscia, 2008. An ever-closer union? Examining the evolution of linkages of European equity markets via minimum spanning trees. *Physica A* 387 (25) 6319–6329.
- [12] A. Garas, P. Argyrakis, 2007. Correlation study of the Athens stock exchange. *Physica A* 380 399–410.
- [13] Sandoval, L., 2012. Pruning a minimum spanning tree. *Physica A* 391 2678-2711.
- [14] Tabak, B. M., Ludovice, A., Cajueiro, D. O., 2011. Modeling default probabilities: the case of Brazil. Original Research Article *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Volume 21, Issue 4, Pages 513-534.

- [15] Newton Da Costa Jr, Silvia Nunes, Paulo Ceretta, and Sergio Da Silva, 2005. "Stockmarket Comovements Revisited". *Economics Bulletin* 7.3: 1-9.
- [16] J. B. Kruskal, Jr., 1956. "On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem", *Proceedings of the American Mathematical Society*, vol. 7, pp. 48–50.
- [17] R. C. Prim, 1957. "Shortest connection networks and some generalizations", *The Bell System Technical Journal*, vol. 36, pp. 1389–1401.
- [18] S. C. Johnson, 1967. "Hierarchical clustering schemes", *Psychometrika*, vol. 32, no. 3, pp. 241–254.

PRÉ-CRISE (23/06/2003-12/09/2008)

BETA:		
	Média:	DP:
CANADÁ	1,001835	0,181436
EUA	0,946514	0,176446
BRASIL	1,018051	0,154873
CHILE	0,998942	0,17398
COLÔMBIA	0,952833	0,158363
MÉXICO	0,947894	0,134323
PERU	0,879855	0,218625
AUSTRÁLIA	1,060295	0,127605
N. ZELÂNDIA	0,875037	0,215673
ÁUSTRIA	1,098348	0,142647
BÉLGICA	1,20021	0,123793
DINAMARCA	1,025199	0,167404
FINLÂNDIA	1,036171	0,144719
FRANÇA	1,194172	0,12706
ALEMANHA	1,203071	0,1342
GRÉCIA	1,00348	0,166485
IRLANDA	1,076979	0,14948
ISRAEL	0,895613	0,169049
ITÁLIA	1,137773	0,132022
HOLANDA	1,140746	0,177495
NORUEGA	0,985453	0,175623
PORTUGAL	1,04313	0,146125

BETA:		
	Média:	DP:
ESPANHA	1,140735	0,173352
SUÉCIA	1,154327	0,124527
SUÍÇA	1,160086	0,113975
R. UNIDO	1,133379	0,12793
R. TCHECA	0,949624	0,187827
EGITO	0,828065	0,183683
HUNGRIA	0,991975	0,198201
MARROCOS	0,89011	0,152465
POLÔNIA	1,0209	0,153672
RÚSSIA	0,949599	0,187539
ÁFRICA DO SUL	1,004047	0,203807
TURQUIA	0,97797	0,15931
CHINA	0,973859	0,192895
ÍNDIA	0,985235	0,150634
INDONÉSIA	0,635377	0,145038
CORÉIA	0,917693	0,201333
MALÁSIA	0,950388	0,165434
FILIPINAS	0,92166	0,16872
TAIWAN	0,888359	0,206016
TAILÂNDIA	0,887761	0,195205
HONG KONG	1,041623	0,154673
JAPÃO	0,831701	0,215113
SINGAPURA	1,043929	0,150754

Tabela 2. Beta dos países durante o período pré-crise de 23/06/2003 a 12/09/2008.

**CRISE (15/09/2008-
14/09/2009)**

BETA:		
	Média:	DP:
CANADÁ	1,032489	0,138837
EUA	1,02853	0,137233
BRASIL	1,047521	0,163155
CHILE	0,750241	0,186156
COLÔMBIA	0,971825	0,125475
MÉXICO	0,987777	0,108809
PERU	0,978753	0,133407
AUSTRÁLIA	1,111775	0,109271
N. ZELÂNDIA	0,943963	0,267773
ÁUSTRIA	1,16263	0,110711
BÉLGICA	1,162633	0,076227
DINAMARCA	0,997491	0,194371
FINLÂNDIA	1,100909	0,22922
FRANÇA	1,259777	0,089014
ALEMANHA	1,087799	0,134048
GRÉCIA	1,122847	0,117185
IRLANDA	0,891702	0,11299
ISRAEL	1,039625	0,133331
ITÁLIA	1,234567	0,126104
HOLANDA	1,132191	0,132046
NORUEGA	0,96398	0,20758
PORTUGAL	1,054895	0,145437

BETA:		
	Média:	DP:
ESPAÑA	1,213717	0,104405
SUÉCIA	0,985261	0,18997
SUÍÇA	1,161407	0,096642
R. UNIDO	1,118446	0,130039
R. TCHECA	0,979397	0,139701
EGITO	0,95253	0,115441
HUNGRIA	1,137636	0,106764
MARROCOS	0,615366	0,20878
POLÔNIA	1,010147	0,135416
RÚSSIA	0,933927	0,138304
ÁFRICA DO SUL	0,958905	0,148518
TURQUIA	1,00446	0,104387
CHINA	0,83692	0,141082
ÍNDIA	0,995597	0,174688
INDONÉSIA	0,580376	0,135867
CORÉIA	0,98315	0,093205
MALÁSIA	0,915014	0,207964
FILIPINAS	0,961525	0,107301
TAIWAN	0,89755	0,240127
TAILÂNDIA	0,893887	0,157145
HONG KONG	0,982612	0,181202
JAPÃO	0,763088	0,246613
SINGAPURA	1,055162	0,135184

Tabela 3. Beta dos países durante a crise durante período de 15/09/2008 a 14/09/2009.

PÓS-CRISE (15/09/2009 - 27/06/2011)

BETA:		
	Média:	DP:
CANADÁ	0,978369	0,120563
EUA	0,981665	0,145807
BRASIL	1,042005	0,093507
CHILE	0,872636	0,145421
COLÔMBIA	0,840133	0,151917
MÉXICO	0,928274	0,174386
PERU	0,812967	0,186329
AUSTRÁLIA	1,066941	0,099668
N. ZELÂNDIA	0,894959	0,167638
ÁUSTRIA	1,109172	0,111518
BÉLGICA	1,182231	0,108149
DINAMARCA	1,028953	0,117738
FINLÂNDIA	1,111097	0,1397
FRANÇA	1,252684	0,116902
ALEMANHA	1,206013	0,167873
GRÉCIA	0,874394	0,170818
IRLANDA	0,862716	0,180791
ISRAEL	0,96693	0,099363
ITÁLIA	1,173963	0,153082
HOLANDA	1,232424	0,117825
NORUEGA	1,085729	0,10886
PORTUGAL	0,99118	0,143953

BETA:		
	Média:	DP:
ESPANHA	1,081386	0,168509
SUÉCIA	1,148875	0,10891
SUIÇA	1,149698	0,181225
R. UNIDO	1,120992	0,143538
R. TCHECA	1,004243	0,091573
EGITO	0,785869	0,144114
HUNGRIA	1,102142	0,148688
MARROCOS	0,766765	0,171044
POLÔNIA	1,149826	0,13015
RÚSSIA	1,013475	0,105986
ÁFRICA DO SUL	1,004017	0,097185
TURQUIA	0,989227	0,125133
CHINA	0,990042	0,12128
ÍNDIA	1,004962	0,119935
INDONÉSIA	0,691857	0,153991
CORÉIA	0,983392	0,082133
MALÁSIA	0,914069	0,144243
FILIPINAS	0,878773	0,174266
TAIWAN	0,981753	0,097283
TAILÂNDIA	0,906498	0,178064
HONG KONG	1,042643	0,106265
JAPÃO	0,752411	0,139153
SINGAPURA	1,04165	0,119446

Tabela 4. Beta dos países durante o período pós- crise de 15/09/2009 a 27/06/2011.

Banco Central do Brasil

Trabalhos para Discussão

Os Trabalhos para Discussão do Banco Central do Brasil estão disponíveis para download no website
<http://www.bcb.gov.br/?TRABDISCLISTA>

Working Paper Series

The Working Paper Series of the Central Bank of Brazil are available for download at
<http://www.bcb.gov.br/?WORKINGPAPERS>

- | | | |
|------------|---|----------|
| 292 | Coping with a Complex Global Environment: a Brazilian perspective on emerging market issues
<i>Adriana Soares Sales and João Barata Ribeiro Blanco Barroso</i> | Oct/2012 |
| 293 | Contagion in CDS, Banking and Equity Markets
<i>Rodrigo César de Castro Miranda, Benjamin Miranda Tabak and Mauricio Medeiros Junior</i> | Oct/2012 |
| 293 | Contágio nos Mercados de CDS, Bancário e de Ações
<i>Rodrigo César de Castro Miranda, Benjamin Miranda Tabak e Mauricio Medeiros Junior</i> | Out/2012 |
| 294 | Pesquisa de Estabilidade Financeira do Banco Central do Brasil
<i>Solange Maria Guerra, Benjamin Miranda Tabak e Rodrigo César de Castro Miranda</i> | Out/2012 |
| 295 | The External Finance Premium in Brazil: empirical analyses using state space models
<i>Fernando Nascimento de Oliveira</i> | Oct/2012 |
| 296 | Uma Avaliação dos Recolhimentos Compulsórios
<i>Leonardo S. Alencar, Tony Takeda, Bruno S. Martins e Paulo Evandro Dawid</i> | Out/2012 |
| 297 | Avaliando a Volatilidade Diária dos Ativos: a hora da negociação importa?
<i>José Valentim Machado Vicente, Gustavo Silva Araújo, Paula Baião Fisher de Castro e Felipe Noronha Tavares</i> | Nov/2012 |
| 298 | Atuação de Bancos Estrangeiros no Brasil: mercado de crédito e de derivativos de 2005 a 2011
<i>Raquel de Freitas Oliveira, Rafael Felipe Schiozer e Sérgio Leão</i> | Nov/2012 |
| 299 | Local Market Structure and Bank Competition: evidence from the Brazilian auto loan market
<i>Bruno Martins</i> | Nov/2012 |
| 299 | Estrutura de Mercado Local e Competição Bancária: evidências no mercado de financiamento de veículos
<i>Bruno Martins</i> | Nov/2012 |
| 300 | Conectividade e Risco Sistêmico no Sistema de Pagamentos Brasileiro
<i>Benjamin Miranda Tabak, Rodrigo César de Castro Miranda e Sergio Rubens Stancato de Souza</i> | Nov/2012 |

- 300 Connectivity and Systemic Risk in the Brazilian National Payments System** Nov/2012
Benjamin Miranda Tabak, Rodrigo César de Castro Miranda and Sergio Rubens Stancato de Souza
- 301 Determinantes da Captação Líquida dos Depósitos de Poupança** Dez/2012
Clodoaldo Aparecido Annibal
- 302 Stress Testing Liquidity Risk: the case of the Brazilian Banking System** Dec/2012
Benjamin M. Tabak, Solange M. Guerra, Rodrigo C. Miranda and Sergio Rubens S. de Souza
- 303 Using a DSGE Model to Assess the Macroeconomic Effects of Reserve Requirements in Brazil** Jan/2013
Waldyr Dutra Areosa and Christiano Arrigoni Coelho
- 303 Utilizando um Modelo DSGE para Avaliar os Efeitos Macroeconômicos dos Recolhimentos Compulsórios no Brasil** Jan/2013
Waldyr Dutra Areosa e Christiano Arrigoni Coelho
- 304 Credit Default and Business Cycles: an investigation of this relationship in the Brazilian corporate credit market** Mar/2013
Jaqueline Terra Moura Marins and Myrian Beatriz Eiras das Neves
- 304 Inadimplência de Crédito e Ciclo Econômico: um exame da relação no mercado brasileiro de crédito corporativo** Mar/2013
Jaqueline Terra Moura Marins e Myrian Beatriz Eiras das Neves
- 305 Preços Administrados: projeção e repasse cambial** Mar/2013
Paulo Roberto de Sampaio Alves, Francisco Marcos Rodrigues Figueiredo, Antonio Negromonte Nascimento Junior e Leonardo Pio Perez
- 306 Complex Networks and Banking Systems Supervision** May/2013
Theophilos Papadimitriou, Periklis Gogas and Benjamin M. Tabak
- 306 Redes Complexas e Supervisão de Sistemas Bancários** Maio/2013
Theophilos Papadimitriou, Periklis Gogas e Benjamin M. Tabak
- 307 Risco Sistêmico no Mercado Bancário Brasileiro – Uma abordagem pelo método CoVaR** Jul/2013
Gustavo Silva Araújo e Sérgio Leão
- 308 Transmissão da Política Monetária pelos Canais de Tomada de Risco e de Crédito: uma análise considerando os seguros contratados pelos bancos e o spread de crédito no Brasil** Jul/2013
Debora Pereira Tavares, Gabriel Caldas Montes e Osmani Teixeira de Carvalho Guillén
- 309 Converting the NPL Ratio into a Comparable Long Term Metric** Jul/2013
Rodrigo Lara Pinto Coelho and Gilneu Francisco Astolfi Vivan
- 310 Banks, Asset Management or Consultancies' Inflation Forecasts: is there a better forecaster out there?** Jul/2013
Tito Nícias Teixeira da Silva Filho

- 311 **Estimação não-paramétrica do risco de cauda** Jul/2013
Caio Ibsen Rodrigues Almeida, José Valentim Machado Vicente e Osmani Teixeira de Carvalho Guillen
- 312 **A Influência da Assimetria de Informação no Retorno e na Volatilidade das Carteiras de Ações de Valor e de Crescimento** Jul/2013
Max Leandro Ferreira Tavares, Claudio Henrique da Silveira Barbedo e Gustavo Silva Araújo
- 313 **Quantitative Easing and Related Capital Flows into Brazil: measuring its effects and transmission channels through a rigorous counterfactual evaluation** Jul/2013
João Barata R. B. Barroso, Luiz A. Pereira da Silva and Adriana Soares Sales
- 314 **Long-Run Determinants of the Brazilian Real: a closer look at commodities** Jul/2013
Emanuel Kohlscheen
- 315 **Price Differentiation and Menu Costs in Credit Card Payments** Jul/2013
Marcos Valli Jorge and Wilfredo Leiva Maldonado
- 315 **Diferenciação de Preços e Custos de Menu nos Pagamentos com Cartão de Crédito** Jul/2013
Marcos Valli Jorge e Wilfredo Leiva Maldonado
- 316 **Política Monetária e Assimetria de Informação: um estudo a partir do mercado futuro de taxas de juros no Brasil** Jul/2013
Gustavo Araújo, Bruno Vieira Carvalho, Claudio Henrique Barbedo e Margarida Maria Gutierrez
- 317 **Official Interventions through Derivatives: affecting the demand for foreign exchange** Jul/2013
Emanuel Kohlscheen and Sandro C. Andrade
- 318 **Assessing Systemic Risk in the Brazilian Interbank Market** Jul/2013
Benjamin M. Tabak, Sergio R. S. Souza and Solange M. Guerra
- 319 **Contabilização da Cédula de Produto Rural à Luz da sua Essência** Jul/2013
Cássio Roberto Leite Netto
- 320 **Insolvency and Contagion in the Brazilian Interbank Market** Aug/2013
Sergio R. S. Souza, Benjamin M. Tabak and Solange M. Guerra
- 321 **Systemic Risk Measures** Aug/2013
Solange Maria Guerra, Benjamin Miranda Tabak, Rodrigo Andrés de Souza Penalosa and Rodrigo César de Castro Miranda
- 322 **Contagion Risk within Firm-Bank Bivariate Networks** Aug/2013
Rodrigo César de Castro Miranda and Benjamin Miranda Tabak
- 323 **Loan Pricing Following a Macro Prudential Within-Sector Capital Measure** Aug/2013
Bruno Martins and Ricardo Schechtman
- 324 **Inflation Targeting and Financial Stability: A Perspective from the Developing World** Sep/2013
Pierre-Richard Agénor and Luiz A. Pereira da Silva

- 325 Teste da Hipótese de Mercados Adaptativos para o Brasil** Set/2013
Glener de Almeida Dourado e Benjamin Miranda Tabak
- 326 Existência de equilíbrio num jogo com bancarrota e agentes heterogêneos** Out/2013
Solange Maria Guerra, Rodrigo Andrés de Souza Peñaloza e Benjamin Miranda Tabak
- 327 Celeridade do Sistema Judiciário e Créditos Bancários para as Indústrias de Transformação** Out/2013
Jacopo Ponticelli e Leonardo S. Alencar