

# Contágio entre Índices Bancários: uma análise de correlação e co-assimetria

Benjamin M. Tabak\* e Manuela M. de Souza\*\*

\* *Banco Central do Brasil, benjamin.tabak@bcb.gov.br*

\*\* *Universidade de Brasília, manuela.m.souza@gmail.com*

---

## Abstract

This paper investigates the existence of contagion in bank indices due to the Subprime Crisis in the US. We employ recently developed tests such as cross correlation analysis and coskewness change in order to analyse two crucial events (PNB Paribas and Lehman Brothers). Empirical results suggest that contagion has been limited so far. Evidence is in line with absence of contagion as a result of increase in unconditional correlation. The only relevant channel of contagion has been found using coskewness tests during the event PNB Paribas, which implies that the first moment of the US bank returns distribution has affected the volatility of other countries bank return and that the volatility of US bank return has affected the returns of Mexico.

*Key Words:* Contagion, Bank Indices, Unconditional Correlation, Coskewness

*JEL Classification:* G21; G34.

---

## Resumo

Este artigo investiga a existência de contágio entre índices bancários em decorrência da Crise do Subprime nos EUA. Utiliza-se testes recentemente desenvolvidos tais como análise de correlação cruzada e mudança de co-assimetria a fim de analisar dois eventos cruciais (PNB Paribas e Lehman Brothers). Resultados Empíricos sugerem que o contágio está limitado. Os principais resultados deste estudo são que não houve contágio quando o canal analisado é mudança de correlação incondicional. Por outro lado, o que tem acontecido é um aumento de incerteza nos mercados durante o evento PNB Paribas, marcado pelos contágios que ocorreram via mudança de grau de co-assimetria (tanto do retorno dos EUA para volatilidade de outros países quanto da volatilidade dos EUA para o retorno do México).

*Palavras-Chave:* Contágio, Índices Bancários, Correlação incondicional, Co-assimetria  
*Área ANPEC:* 3 - Macroeconomia, Economia Monetária e Finanças

## 1 Introdução

Nos últimos dois anos, o mundo presenciou uma crise devido à falência do mercado de empréstimos Subprimes, a qual provocou problemas não apenas nos EUA, os geradores da crise, como também em outros países do mundo. Este artigo pretende testar a (in)existência de contágio e de interdependência em mercados bancários. O estudo apresenta como motivação histórica a crise do Subprime e como motivação empírica o teste de contágio envolvendo mudanças de correlação incondicional<sup>1</sup> (método do Forbes e Rigobon (2002)) e de grau de co-assimetria (método do Fry et al. (2009)).

O assunto interessa a investidores internacionais, que devem acompanhar as mudanças de correlação a fim de tomar decisões de diversificação de risco, e a formuladores de políticas públicas ao disponibilizar informações necessárias à decisão de prover pacotes de ajudas e crédito aos países atingidos pela crise do Subprime.

Jokipii e Lucey (2007) alertam para a importância da distinção entre contágio e interdependência para elaboração de políticas monetárias, alocação ótima de ativos, mensuração do risco e adequação de capitais, uma vez que a previsão da reação de um país à crise só é possível se a relação continuar estável através do tempo.

Os principais resultados deste estudo são que não houve contágio quando o canal analisado é mudança de correlação incondicional, o que vai ao encontro do resultado do Forbes e Rigobon (2002). Por outro lado, o que tem acontecido é um aumento de incerteza nos mercados, marcado pela grande quantidade de contágios que ocorreram via mudança de grau de co-assimetria. Dentre as sugestões de futuras pesquisas no tema estão as medidas do grau (intensidade) de contágio e de interdependência e o estudo dos determinantes do contágio e da interdependência.

O restante do artigo está estruturado da seguinte maneira: o capítulo 2 revela as causas da crise do Subprime, enquanto o capítulo 3 retoma aspectos da literatura. O capítulo 4 apresenta os dados e a metodologia. Por fim, o capítulo 5 mostra os resultados empíricos e o 6 conclui o trabalho.

## 2 Crise do Subprime

A fim de compreender melhor a crise do Subprime, este capítulo se destina a apresentação de algumas definições importantes para esta finalidade e reporta alguns acontecimentos históricos que ajudam a entender a magnitude da crise.

Subprime é um tipo de crédito “inferior” concedido a pessoas com histórico de mau

---

<sup>1</sup> Correlação incondicional é a que não está condicionada à variância. Daqui para frente correlação incondicional e correlação ajustada são o mesmo operador.

pagamento<sup>2</sup>. Um dos mais importantes créditos Subprime nos EUA está no setor de hipotecas e utiliza-se de uma Taxa Ajustada Hipotecária (Adjustable Rate Mortgage - ARM), que cobra taxas de juros mais baratas nos primeiros meses, atraindo assim possíveis compradores de casas. Esta combinação de maus pagadores e menores taxas de juros nos primeiros meses é perigosa, no sentido de facilitar falências.

Compreender esta crise implica voltar ao tempo e procurar as razões pelas quais as pessoas não foram capazes de cumprir com seus compromissos. O boom do mercado imobiliário dos EUA e a alta liquidez do mercado financeiro internacional foram os principais desencadeadores da crise do Subprime.

A alta liquidez nos EUA resulta em parte do excesso de poupança de países emergentes e de países com grandes reservas de commodities e em parte da política monetária frouxa, responsável também em parte pelo aumento de preço das casas.

Com o aumento do preço das casas e juros baixos, as pessoas quitaram o empréstimo anterior com o dinheiro de um refinanciamento das mesmas, recebendo dinheiro desta transação. O problema ocorreu quando as taxas de juros começaram a aumentar (uma política monetária apertada começou a vigorar) e o preço das casas a diminuir. As famílias não foram capazes de pagar suas dívidas. Uma vez que o preço das casas estava diminuindo e elas eram usadas como garantias, credores não conseguiram recuperar seus investimentos.

A securitização, característica do setor imobiliário, foi responsável pelo alastramento do risco pela economia dos EUA e posteriormente pelo mundo. Uma vez que um pagamento estava ligado ao outro, uma inadimplência gerava uma grande cadeia de falências, o que resultava em perdas em várias instituições financeiras e fundos de investimentos.

O sistema bancário, em especial, foi muito afetado por esta crise, razão pela qual o mercado escolhido foi o de bancos. Dentre as inúmeras dificuldades enfrentadas pelos bancos, duas se destacam, o anúncio do PNB Paribas de que seus investidores não conseguiriam resgatar seus investimentos e o pedido de concordata do Lehman Brothers.

### **3 Revisão de Literatura**

A literatura vem tentando responder às seguintes perguntas: Existe contágio? Existe interdependência? Como estes fenômenos afetam as decisões dos investidores? Em que direção contágio e interdependência atuam? Como medir risco de contágio?

---

<sup>2</sup> Devido ao maior risco de inadimplência proporcionado pelo perfil dos devedores, a taxa de juros cobrada dos devedores era maior do que as do Prime e Near Prime. Avery et al. (2007) anuncia que em 2006 aproximadamente 20% das hipotecas são Subprime e 13% são Near Prime - Uma categoria intermediária entre crédito Subprime e Prime.

Estas são apenas algumas das perguntas que vêm motivando os trabalhos nesta área.

O conceito de contágio não é um consenso, no entanto, o Banco Mundial adota três definições de contágio: um processo geral de transmissão de choques entre países, um co-movimento maior do que o esperado em relação à continuação de choques comuns ou uma mudança no mecanismo de propagação de uma crise após a ocorrência da mesma.

Existe ainda na literatura algumas definições que diferem um pouco das acima descritas. Por exemplo, Eichengreen et al. (1996) e Kaminski e Reinhart (1999) revelam que contágio ocorre quando o conhecimento de uma crise em um mercado aumenta o risco em outros mercados, ou seja, aumenta a probabilidade de haver crise nestes outros mercados. Já Kyle e Xiong (2001) admite que contágio seja visto como uma rápida transmissão de um mercado a outro de preços declinantes, diminuição de liquidez, aumento de volatilidade e aumento de correlação.

No decorrer do presente trabalho a definição de contágio e interdependência a ser utilizada será a de Forbes e Rigobon (2002) segundo a qual contágio ocorre quando há um aumento estatisticamente significativo de correlação incondicional ocasionado por um choque (caracterizado por aumento de volatilidade do mercado)<sup>3</sup> e interdependência é um fenômeno descrito por um elevado mas constante grau de co-movimento em todos os estados da natureza, ou seja, é quando não há aumentos estatisticamente significantes de correlação. Esta definição possui a vantagem de não precisar de identificar os canais de transmissão de contágio, muito embora permita saber em que grupo de teoria o canal se encaixa.

Existem dois grupos de teorias, o de crise contingente e o de não-crise contingente. O primeiro tenta explicar como o contágio puro ocorre enquanto o segundo se preocupa com contágio baseado em fundamentos<sup>4</sup>. A maioria dos estudiosos do assunto acreditam que a crise pode ser transmitida de duas maneiras, pelos fundamentos (também conhecido por ligações reais) ou por contágio puro (geralmente relacionados a mudanças de expectativas e comportamentos dos investidores).

Dentre os principais métodos para a verificação empírica de contágio estão: análises de cointegração, de correlação, modelos GARCH ou Probit/Logit.

Tantos as análises de cointegração quanto às de correlação mantêm em comum o fato de serem uma medida da relação de duas variáveis, sendo as primeiras uma medida de longo prazo. Parece intuitivo o uso destes tipos de medida quando o alvo da análise é entender o comportamento de variáveis financeiras. No entanto, sendo contágio um fenômeno iminente de curto prazo, a utilização de correlações parece mais adequado.

---

<sup>3</sup> Esta definição é coerente com uma quebra estrutural na correlação, ou seja, uma quebra estrutural no mecanismo de transmissão da crise.

<sup>4</sup> Masson (1999) subdivide este tipo de contágio em dois: moonsonal effects (ligações financeiras) e spillovers (ligações comerciais, desvalorizações competitivas)

Li e Majerowska (2008) revelam que, ao contrário dos modelos de correlação capazes de analisar apenas retornos, os modelos GARCH conseguem adicionalmente analisar volatilidade. É possível ainda lidar com co-assimetria e curtose neste tipo de modelo. No entanto, Forbes e Rigobon (2002) criticam estes tipos de modelo no sentido de não serem capazes de testar se a transmissão de volatilidade muda depois do choque ou da crise. Por fim, os modelos Probit/Logit, ao não separar contágio puro e por fundamentos parecem inadequados para os fins deste trabalho, de onde se conclui que a melhor alternativa foi o modelo de mudança de correlação.

Quanto às evidências empíricas pode-se perceber uma falta de consenso. Enquanto King e Wadhvani (1990) e Baig e Goldfajn (1999) encontram contágio, Jokipii e Lucey (2007) e Forbes e Rigobon (2002) ou não encontram contágio ou encontram uma quantidade desprezível. É importante observar que os primeiros utilizam correlações condicionais enquanto os últimos utilizam correlações incondicionais, o que sugere que mais evidências de contágio são encontradas com correlações condicionais do que com incondicionais. Forbes e Rigobon (2002) argumentam que existe um viés a favor da rejeição da hipótese nula de ausência de contágio nos modelos de correlação condicional. Eles propõem um ajuste a fim de descondicionar a correlação ao nível de volatilidade sob determinadas condições (ausência de variáveis omitidas e de endogeneidade).

## 4 Método

Dois métodos diferentes para avaliar a existência de contágio entre índices bancários. O primeiro considera contágio do retorno de um índice para o retorno do outro (Forbes e Rigobon (2002)) e o segundo é baseado no contágio de retorno para volatilidade e de volatilidade para retorno (Fry et al. (2009)). Ambos requerem que seja definido um período antes da crise e um depois da crise.

A literatura utiliza-se essencialmente de duas maneiras de escolha da data de quebra entre período pré e pós crise. A primeira consiste em escolher uma data marcante, um evento que o mercado considere como o estopim da crise. A segunda seleciona pelo nível de volatilidade dos períodos, o período menos volátil sendo o pré-crise e o mais volátil o de pós-crise.

A escolha pela primeira opção decorre da falta de necessidade de se fazer um data mining e da existência de eventos<sup>5</sup> que o mercado considera extremamente importante e que serão objeto de estudo deste artigo.

---

<sup>5</sup> PNB Paribas e Lehman Brothers foram dois eventos que o mercado avaliou como cruciais ao desenvolvimento da crise. As datas de quebra serão baseadas nestes eventos.

#### 4.1 O ajuste da correlação

A correlação é uma medida do grau de dependência de duas variáveis quando as mesmas seguem uma distribuição normal (ver Rodriguez (2007)), ou ainda, uma medida das ligações entre os mercados. Ela é ainda uma função positiva da volatilidade e portanto, em períodos de crise, nos quais a volatilidade é maior, a correlação tende a ser maior, ainda que as relações econômicas não tenham mudado. Como o objetivo dos testes de contágio baseados em aumentos de correlação é capturar mudanças de correlação devido a mudanças nas relações de mercado e não devido a mudanças na volatilidade do mercado, parece adequado identificar e corrigir para a parte da mudança de correlação que se deve exclusivamente ao aumento da volatilidade.

A correlação condicional é dada por:

$$\text{corr}(x, y) = \frac{\sum \left( \frac{x - \bar{x}}{|\sum x - \bar{x}|} \right) \left( \frac{y - \bar{y}}{|\sum y - \bar{y}|} \right)}{N} \quad (1)$$

onde  $x$  e  $y$  são as variáveis e  $N$  é o número de observações da amostra. Ou seja, a correlação é a média do produto das variáveis padronizadas.

Na ausência de endogeneidade (ou seja,  $E(x_t \epsilon_t) = 0$ ) e de variáveis omitidas (ou seja,  $E(\epsilon_t) = 0$ ), a correlação incondicional pode ser expressa como:

$$\rho^* = \frac{\rho}{\sqrt{1 + \delta(1 - \rho^2)}},$$

onde  $\rho^*$  é o coeficiente de correlação ajustado,  $\rho$  é o coeficiente de correlação não ajustado,  $\delta = \frac{\text{Var}(x)_{pos}}{\text{Var}(x)_{pre}} - 1$  e  $\rho = \text{Corr}(x, y)$ . Daqui em diante, *pos* refere-se às séries do pós-crise (período com alta volatilidade) e *pre* ao período pré-crise (baixa volatilidade).

#### 4.2 O teste

A fim de realizar os testes de contágio foi construído um modelo de vetores autoregressivos (VAR) com os retornos dos países da amostra e o retorno do índice dos Estados Unidos. No VAR foram usadas cinco defasagens para eliminar a autocorrelação dos resíduos. Em nenhum caso foi necessário utilizar mais do que cinco lags e os testes de autocorrelação sugerem que os resíduos dos modelos VAR não têm autocorrelação. Ainda, foi utilizada como variável exógena a taxa de juros de 6 meses dos Estados Unidos, representando um choque global. Essa variável exógena procura capturar os efeitos dos fundamentos sobre a relação entre os sistemas bancários. Dessa forma, todos os testes foram realizados nos resíduos obtidos do modelo VAR abaixo descrito:

$$\begin{aligned} X_t &= \phi(L)X_t + \phi(L)i_t^{EUA} + v \\ X_t &= (r_{EUA}, r_s)', \end{aligned}$$

onde  $r_{EUA}$  e  $r_s$  são respectivamente os retornos dos EUA e o de um dos demais países da amostra,  $i_t^{EUA}$  é a taxa de juros de curto prazo dos EUA (6 meses),  $\phi(L)$  é um vetor de lags e  $v$  é o vetor dos resíduos.

#### 4.2.1 Método de Mudança de Correlação Incondicional

No presente estudo, utiliza-se dois testes para avaliar contágio (um com um ajuste para amostras pequenas, a fim de aproximar a distribuição de uma normal e o outro o teste original de *F&R*). A hipótese nula é de que não há contágio ( $H_0: \rho_{pos}^* \leq \rho_{pre}$ ) e a alternativa de que há contágio  $H_1: \rho_{pos}^* > \rho_{pre}$ . A distribuição dos testes é aproximadamente normal e os resultados robustos à não-normalidade do coeficiente de correlação. Os testes, cujas formas funcionais podem ser vistos em Dungey et al. (2004), consistem em:

$$FR_1 = \frac{\rho_{pos}^* - \rho_{pre}}{\sqrt{1/N_{pos} + 1/N_{pre}}} \quad (2)$$

onde  $N_{pre}$  é o número de observações do período pré- crise e  $N_{pos}$  é o número de observações do pos- crise.

$$FR_2 = \frac{\frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+\rho_{pre}}{1-\rho_{pre}}\right) - \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+\rho_{pos}^*}{1-\rho_{pos}^*}\right)}{\sqrt{\frac{1}{N_{pre}-3} + \frac{1}{N_{pos}-3}}}, \quad (3)$$

A vantagem de utilizar estes testes é a intuição que oferecem. Não é difícil perceber que se o objetivo é detectar contágio por co- movimentos, um operador natural é a correlação. Como queremos saber se a correlação mudou, um teste de distância de correlações dá uma boa e clara informação acerca de um evento de contágio.

Outro teste, descrito por Fry et al. (2009), foi utilizado. Este além de contágio também captura “flight to quality”<sup>6</sup>. A hipótese nula é que não há contágio nem “flight to quality” ( $H_0: \rho_{pos}^* = \rho_{pre}$ ). A alternativa é que não há interdependência ( $H_1: \rho_{pos}^* \neq \rho_{pre}$ ). O teste segue assintoticamente uma distribuição  $\chi_1^2$  e é descrito por:

$$FR_3 = \left( \frac{\rho_{pos}^* - \rho_{pre}}{\sqrt{Var(\rho_{pos}^* - \rho_{pre})}} \right)^2 \quad (4)$$

<sup>6</sup> “Flight to quality” é um fenômeno em que ao invés da correlação aumentar com o aumento da volatilidade, ela diminui. Isso ocorre devido à migração do capital para os chamados “safety heaven”, locais tidos como seguros que recebem capitais quando ocorre alguma turbulência no mercado.

onde

$$\begin{aligned}
Var(\rho_{pos}^* - \rho_{pre}) = & \frac{(1 + \delta)^2}{2(1 + \delta(1 - \rho_{pos}^2))^3} \left( \frac{(2 - \rho_{pos}^2)(1 - \rho_{pos}^2)^2}{N_{pos}} + \frac{\rho_{pos}^2(1 - \rho_{pos}^2)^2}{N_{pre}} \right) \\
& + \frac{(1 - \rho_{pre}^2)^2}{N_{pre}} - \frac{\rho_{pos}\rho_{pre}(1 - \rho_{pos}^2)(1 - \rho_{pre}^2)(1 + \delta)}{N_{pre}\sqrt{(1 + \delta(1 - \rho_{pos}^2))^3}} \quad (5)
\end{aligned}$$

Ainda que o teste descrito acima não capture apenas contágio, ele servirá de suporte para entender melhor o que está acontecendo com o mercado. Se não for detectado contágio nos testes anteriores (FR1 e FR2), e o teste acima tiver a hipótese nula rejeitada, haverá indícios de que o que está ocorrendo é “flight to quality”.

#### 4.2.2 Teste de Mudança de Co-assimetria

Esta seção apresenta uma extensão da análise de correlação cruzada, que é conhecida por teste de mudança de co-assimetria. Ainda que não tenha sido amplamente utilizado, ele possui a vantagem de capturar uma quantidade maior do “trade-off” risco-retorno encontrado nos modelos de média-variância. É importante lembrar que a definição de contágio adotada para este método é o de que existe contágio quando o retorno do país gerador afeta a volatilidade do receptor e quando a volatilidade do receptor afeta o retorno do receptor. Esta definição é condizente com a do Fry et al. (2009), segundo a qual há contágio quando a co-assimetria muda de negativa para positiva. A opção pela primeira é meramente devido a maior intuição que ela proporciona. Segundo Fry et al. (2009) haveria contágio quando o aumento de volatilidade dos EUA ou a diminuição dos retornos, após controlado para os fundamentos, fosse transmitido a outros países, possibilitando comportamentos de manadas.

Este método, bastante recente, ainda não tem sido amplamente utilizado, sendo Fry et al. (2009), seu criador, o único a implementá-lo até onde se sabe. Ainda que as críticas a este método ainda não tenham sido discutidas na literatura e considerando-se que estes testes são apenas uma extensão do Forbes e Rigobon (2002) que possui a vantagem adicional de capturar mudanças do grau de incerteza do mercado, as críticas ao Forbes e Rigobon (2002) se aplicam e as mesmas medidas a fim de evitá-las serão tomadas.

O teste de mudança de co-assimetria se justifica pelo fato de que após uma crise é possível que a co-assimetria antes negativa se torne positiva. O teste é assintoticamente distribuído como  $\chi_1^2$  e é descrito como:

$$CS_{12}(EUA \rightarrow s; r_{EUA}^1, r_s^2) = \left( \frac{\psi_{pos}(r_{EUA}^1, r_s^2) - \psi_{pre}(r_{EUA}^1, r_s^2)}{\sqrt{\frac{4\rho_{pos}^*+2}{N_{pos}} + \frac{4\rho_{pre}^2+2}{N_{pre}}}} \right)^2 \quad (6)$$



$$CS_{21}(EUA \rightarrow s; r_{EUA}^2, r_s^1) = \left( \frac{\psi_{pos}(r_{EUA}^2, r_s^1) - \psi_{pre}(r_{EUA}^2, r_s^1)}{\sqrt{\frac{4\rho_{pos}^*+2}{N_{pos}} + \frac{4\rho_{pre}^2+2}{N_{pre}}}} \right)^2 \quad (7)$$

onde

$$\psi_{pos}(r_{EUA}^m, r_s^n) = \frac{1}{N_{pos}} \sum_{t=1}^{N_{pre}} \left( \frac{r_{EUA,t} - \hat{\mu}_{pos,EUA}}{\hat{\sigma}_{pos,EUA}} \right)^m \left( \frac{r_{s,t} - \hat{\mu}_{pos,s}}{\hat{\sigma}_{pos,s}} \right)^n \quad (8)$$

$$\psi_{pre}(r_{EUA}^m, r_s^n) = \frac{1}{N_{pre}} \sum_{t=1}^{N_{pre}} \left( \frac{r_{EUA,t} - \hat{\mu}_{pre,EUA}}{\hat{\sigma}_{pre,EUA}} \right)^m \left( \frac{r_{s,t} - \hat{\mu}_{pre,s}}{\hat{\sigma}_{pre,s}} \right)^n \quad (9)$$

e

$$\hat{\mu}_{i,j} = \frac{1}{N_i} \sum_{t=1}^{N_i} r_{i,j,t}; \hat{\sigma}_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{N_i}} \sqrt{\sum_{t=1}^{N_i} (r_{i,j,t} - \hat{\mu}_{i,j})^2} \quad (10)$$

$\hat{\mu}_{i,j}$  é a média do retorno  $j$  (índice de bancos de qualquer dos países da amostra) no período  $i$  (pós- crise ou pré- crise),  $\hat{\sigma}_{i,j}$  é o desvio-padrão do retorno  $j$  no período  $i$  e  $r_{i,j,t}$  é o retorno do bancos  $j$  na observação  $t$  no período  $i$ .  $N_i$  é o número de observações no período  $i$ .  $CS_{12}$  representa o teste do retorno dos EUA ( $r_{EUA}^1$ ) afetando a volatilidade do retorno do outro índice ( $r_s^2$ ) e  $CS_{21}$  representa o teste da volatilidade do retorno dos EUA ( $r_{EUA}^2$ ) afetando o retorno do outro índice ( $r_s^1$ ).

## 5 Dados

Os dados utilizados foram de médias de retornos de dois dias<sup>7</sup> de índices bancários coletados no Datastream em dólares americanos. Seguindo Chiang et al. (2007), na ausência de dados devido a feriados nacionais, feriados bancários ou qualquer outra razão, assume-se que o índice de bancos permanece o mesmo do dia anterior.

Os índices bancários são construídos ponderando-se o valor das ações dos bancos pela sua respectiva capitalização de mercado. Dessa forma, cada índice representa o sistema bancário de cada país. Em geral, os bancos que constituem a amostra são os maiores bancos de cada país. As tabelas abaixo apresentam algumas informações de estatística descritivas dos dados divididos em pré e pós crise.

Duas datas com eventos significativos foram escolhidos como data de quebra entre o pré e o pós crise. A primeira, o dia 09.08.2007, foi o dia em que o banco de

<sup>7</sup> A média de dois dias foi adotada a fim de se evitar o problema de não-sincronicidade (enquanto os mercados de alguns países estão abertos, os de outros já estão fechados).

investimento PNB Paribas diz a seus investidores que eles não conseguirão resgatar seus investimentos. É um sinal de que os bancos estão se recusando a emprestar dinheiro uns aos outros. Já a segunda, o dia 15.09.2008, foi o dia em que o Lehman Brothers entra com pedido de concordata, se transformando no primeiro grande banco a entrar em colapso desde o início da crise financeira.

## 6 Resultados Empíricos

Os resultados revelam que não existe evidência de contágio quando o canal analisado é aumento de correlação de retornos de índices bancários. Já quando o canal em estudo é aumento de co-assimetria, a análise do PNB Paribas indica que o retorno dos EUA contagiou a volatilidade dos seguintes países: Austrália, Turquia, México, Argentina e Chile, confirmando a proposição de Dungey et al. (2006) de que os países emergentes estão mais vulneráveis a sofrerem contágio. Simultaneamente, a volatilidade dos EUA nas proximidades do evento do PNB Paribas contagiaram o retorno do México.

É interessante observar que alguns países foram contagiados de acordo com o FR3, tanto no Lehman Brothers quanto no PNB Paribas, o que, adicionalmente com a observação de que a correlação do pré crise foi sempre maior do que a do pós-crise, indica que houve “flight to quality”. Ou seja, os capitais de vários países fugiram para lugar mais seguro (EUA, por exemplo). Considerando-se uma amostra de 44 países, o resultado encontrado de pouco contágio parece pouco diante das dimensões e consequências que a crise vem ocasionando. As tabelas abaixo apresentam os resultados dos testes de várias maneiras diferentes.

Tabela 1. Existência(S) ou Ausência(N) de contágio - PNB Paribas (09.08.2007)

	FR1	FR2	FR3	CS12	CS21
AUSTRÁLIA	N	N	N	S	N
ÁUSTRIA	N	N	S	N	N
BÉLGICA	N	N	S	N	N
CANADÁ	N	N	S	N	N
DINAMARCA	N	N	S	N	N
FINLÂNDIA	N	N	S	N	N
FRANÇA	N	N	S	N	N
ALEMANHA	N	N	S	N	N
GRÉCIA	N	N	S	N	N
HONG KONG	N	N	N	N	N
IRLANDA	N	N	S	N	N
ITÁLIA	N	N	S	N	N
JAPÃO	N	N	N	N	N
HOLANDA	N	N	S	N	N

	FR1	FR2	FR3	CS12	CS21
NORUEGA	N	N	S	N	N
PORTUGAL	N	N	S	N	N
SINGAPURA	N	N	N	N	N
ESPANHA	N	N	S	N	N
SUÉCIA	N	N	S	N	N
SUÍÇA	N	N	S	N	N
INGLATERRA	N	N	S	N	N
ARGENTINA	N	N	S	S	N
BRASIL	N	N	S	N	N
CHILE	N	N	S	S	N
CHINA	N	N	S	N	N
COLÔMBIA	N	N	S	N	N
REPÚBLICA TCHECA	N	N	S	N	N
HUNGRIA	N	N	S	N	N
ÍNDIA	N	N	N	N	N
INDONÉSIA	N	N	N	N	N
CORÉIA	N	N	N	N	N
MALÁSIA	N	N	S	N	N
MÉXICO	N	N	S	S	S
PERU	N	N	N	N	N
FILIPINAS	N	N	S	N	N
POLÔNIA	N	N	S	N	N
RÚSSIA	N	N	N	N	N
ÁFRICA DO SUL	N	N	N	N	N
TAIWAN	N	N	N	N	N
TAILÂNDIA	N	N	N	N	N
TURQUIA	N	N	N	S	N
ISRAEL	N	N	N	N	N
ROMÊNIA	N	N	N	N	N
VENEZUELA	N	N	N	N	N

Resultados para nível de significância de 5%. Dados de pré-crise de 03/05/2006 a 08/08/2007 (166 observações) e pós-crise de 09/08/2007 a 27/03/2008 (83 observações).

Tabela 2. Existência(S) ou Ausência(N) de contágio - Lehman Brothers (15.09.2008)

	FR1	FR2	FR3	CS12	CS21
AUSTRÁLIA	N	N	N	N	N
ÁUSTRIA	N	N	S	N	N
BÉLGICA	N	N	S	N	N
CANADÁ	N	N	S	N	N
DINAMARCA	N	N	S	N	N
FINLÂNDIA	N	N	S	N	N
FRANÇA	N	N	S	N	N
ALEMANHA	N	N	N	N	N
GRÉCIA	N	N	N	N	N

	FR1	FR2	FR3	CS12	CS21
HONG KONG	N	N	S	N	N
IRLANDA	N	N	S	N	N
ITÁLIA	N	N	N	N	N
JAPÃO	N	N	N	N	N
HOLANDA	N	N	S	N	N
NORUEGA	N	N	N	N	N
PORTUGAL	N	N	N	N	N
SINGAPURA	N	N	N	N	N
ESPANHA	N	N	N	N	N
SUÉCIA	N	N	S	N	N
SUIÇA	N	N	S	N	N
INGLATERRA	N	N	S	N	N
ARGENTINA	N	N	N	N	N
BRASIL	N	N	N	N	N
CHILE	N	N	S	N	N
CHINA	N	N	N	N	N
COLÔMBIA	N	N	N	N	N
REPÚBLICA TCHECA	N	N	N	N	N
HUNGRIA	N	N	N	N	N
ÍNDIA	N	N	N	N	N
INDONÉSIA	N	N	N	N	N
CORÉIA	N	N	N	N	N
MALÁSIA	N	N	N	N	N
MÉXICO	N	N	N	N	N
PERU	N	N	N	N	N
FILIPINAS	N	N	N	N	N
POLÓNIA	N	N	S	N	N
RÚSSIA	N	N	N	N	N
ÁFRICA DO SUL	N	N	N	N	N
TAIWAN	N	N	N	N	N
TAILÂNDIA	N	N	N	N	N
TURQUIA	N	N	N	N	N
ISRAEL	N	N	N	N	N
ROMÊNIA	N	N	N	N	N
VENEZUELA	N	N	N	N	N

Resultados para um nível de significância de 5%. Dados de período pré-crise de 7/06/2007 a 11/9/2008 (166 observações) e pós-crise de 15/09/2008 a 01/05/2009 (83 observações).

Tabela 3. Cálculos intermediários das estatísticas - PNB Paribas

	$\rho_{pre}$	$\rho_{pos}$	$\rho_{pos}^*$	$\psi_{pre}(r_{EUA}^1, r_s^2)$	$\psi_{pos}(r_{EUA}^1, r_s^2)$	$\psi_{pre}(r_{EUA}^2, r_s^1)$	$\psi_{pos}(r_{EUA}^2, r_s^1)$
AUSTRÁLIA	0,24	0,24	0,09	-0,15	0,33	-0,08	0,10

	$\rho_{pre}$	$\rho_{pos}$	$\rho_{pos}^*$	$\psi_{pre}(r_{EUA}^1, r_s^2)$	$\psi_{pos}(r_{EUA}^1, r_s^2)$	$\psi_{pre}(r_{EUA}^2, r_s^1)$	$\psi_{pos}(r_{EUA}^2, r_s^1)$
ÁUSTRIA	0,40	0,35	0,13	0,07	0,08	-0,09	0,18
BÉLGICA	0,41	0,58	0,25	0,15	-0,22	0,04	0,06
CANADÁ	0,48	0,69	0,33	-0,05	0,26	-0,09	0,19
DINAMARCA	0,38	0,38	0,16	0,05	-0,17	-0,01	-0,08
FINLÂNDIA	0,42	0,37	0,14	0,13	-0,13	-0,01	0,15
FRANÇA	0,52	0,49	0,21	0,19	-0,08	-0,01	0,21
ALEMANHA	0,58	0,57	0,25	0,01	-0,20	-0,16	0,03
GRÉCIA	0,33	0,15	0,06	0,09	-0,09	-0,18	0,08
HONG KONG	0,21	0,40	0,16	-0,06	-0,04	-0,09	-0,06
IRLANDA	0,50	0,52	0,21	0,16	0,24	-0,04	0,32
ITÁLIA	0,46	0,38	0,16	0,09	0,00	0,00	0,02
JAPÃO	0,16	0,26	0,09	0,11	-0,05	0,01	0,11
HOLANDA	0,47	0,48	0,20	0,28	-0,35	0,07	-0,15
NORUEGA	0,34	0,18	0,07	0,24	0,00	0,22	-0,20
PORTUGAL	0,40	0,25	0,09	-0,34	-0,22	-0,22	-0,06
SINGAPURA	0,25	0,26	0,10	0,17	0,10	-0,11	0,03
ESPANHA	0,47	0,37	0,15	-0,05	-0,20	-0,15	0,06
SUÉCIA	0,41	0,36	0,14	0,34	0,05	0,15	0,03
SUÍÇA	0,58	0,50	0,20	0,08	0,14	-0,12	0,24
INGLATERRA	0,52	0,64	0,30	0,14	0,19	0,02	0,25
ARGENTINA	0,48	0,17	0,06	-0,43	0,18	-0,33	-0,03
BRASIL	0,57	0,44	0,18	-0,02	0,31	-0,14	0,08
CHILE	0,42	0,43	0,16	-0,41	0,26	-0,28	-0,06
CHINA	0,21	0,03	0,01	-0,17	0,10	-0,33	-0,27
COLÔMBIA	0,32	0,38	0,15	0,12	0,15	-0,08	0,16
REPÚBLICA TCHECA	0,19	0,04	0,01	0,32	-0,13	0,14	-0,10
HUNGRIA	0,34	0,19	0,07	-0,11	0,21	-0,10	0,01
ÍNDIA	0,26	0,30	0,11	0,11	-0,07	0,05	-0,11
INDONÉSIA	0,17	0,21	0,08	0,01	0,02	-0,04	-0,14
CORÉIA	0,15	0,31	0,12	0,16	-0,02	0,06	-0,07
MALÁSIA	0,24	0,05	0,02	-0,18	-0,18	-0,32	-0,07
MÉXICO	0,43	0,49	0,21	-0,28	0,33	-0,26	0,38
PERU	0,03	0,23	0,08	-0,10	0,06	-0,02	-0,01
FILIPINAS	0,30	0,20	0,07	0,08	-0,01	-0,07	-0,01
POLÔNIA	0,36	0,43	0,17	-0,01	0,22	-0,16	0,15
RÚSSIA	0,25	0,27	0,10	-0,04	0,28	-0,09	0,04
ÁFRICA DO SUL	0,22	0,25	0,09	-0,14	0,16	-0,04	0,07
TAIWAN	0,10	0,06	0,02	-0,06	-0,03	0,00	-0,07
TAILÂNDIA	0,14	0,09	0,03	-0,02	-0,09	-0,21	-0,24
TURQUIA	0,30	0,39	0,15	-0,19	0,31	-0,10	0,01
ISRAEL	0,30	0,50	0,20	-0,17	0,13	-0,18	0,20
ROMÊNIA	0,13	0,09	0,03	0,02	0,26	0,13	-0,19
VENEZUELA	0,03	0,09	0,03	0,00	-0,21	-0,04	-0,18

Dados de período pré-crise de 03/05/2006 a 08/08/2007 (166 observações) e pós-crise de 09/08/2007 a 27/03/2008 (83 observações)

Tabela 4. Cálculos intermediários das estatísticas - Lehman Brothers

	$\rho_{pre}$	$\rho_{pos}$	$\rho_{pos}^*$	$\psi_{pre}(r_{EUA}^1, r_s^2)$	$\psi_{pos}(r_{EUA}^1, r_s^2)$	$\psi_{pre}(r_{EUA}^2, r_s^1)$	$\psi_{pos}(r_{EUA}^2, r_s^1)$
AUSTRÁLIA	0,29	0,59	0,28	0,43	0,00	0,82	0,11
ÁUSTRIA	0,46	0,57	0,27	0,20	-0,09	0,75	0,05
BÉLGICA	0,58	0,67	0,33	0,16	0,01	0,61	0,14
CANADÁ	0,73	0,79	0,45	0,93	-0,40	1,23	-0,03
DINAMARCA	0,46	0,62	0,29	0,41	-0,33	0,80	-0,18
FINLÂNDIA	0,38	0,44	0,20	0,38	-0,10	0,80	-0,13
FRANÇA	0,57	0,73	0,39	0,49	-0,15	0,96	-0,04
ALEMANHA	0,52	0,75	0,40	0,08	0,04	0,59	0,13
GRÉCIA	0,31	0,56	0,26	0,36	0,08	0,86	-0,05
HONG KONG	0,37	0,44	0,20	0,24	-0,24	0,55	-0,01
IRLANDA	0,56	0,37	0,16	0,65	-0,23	0,94	0,08
ITÁLIA	0,45	0,74	0,39	0,23	-0,12	0,54	0,02
JAPÃO	0,26	0,35	0,15	0,15	-0,18	0,36	-0,02
HOLANDA	0,52	0,20	0,08	-0,01	-0,06	0,51	0,14
NORUEGA	0,31	0,61	0,29	0,40	-0,22	0,75	-0,06
PORTUGAL	0,34	0,59	0,30	0,44	-0,04	0,84	-0,11
SINGAPURA	0,22	0,49	0,22	0,22	-0,16	0,32	-0,09
ESPANHA	0,44	0,71	0,37	0,08	-0,05	0,56	-0,01
SUÉCIA	0,46	0,64	0,32	0,65	0,00	1,15	0,04
SUIÇA	0,58	0,69	0,36	0,72	-0,28	1,13	-0,14
INGLATERRA	0,62	0,65	0,33	0,64	-0,27	1,07	-0,08
ARGENTINA	0,21	0,37	0,16	0,02	0,01	0,35	0,04
BRASIL	0,44	0,64	0,31	0,37	-0,16	0,57	-0,02
CHILE	0,46	0,60	0,31	0,27	-0,47	0,56	-0,25
CHINA	0,05	0,13	0,06	-0,07	-0,48	-0,23	0,03
COLÔMBIA	0,34	0,47	0,20	0,05	0,00	0,37	0,02
REPÚBLICA TCHECA	0,16	0,54	0,25	0,21	0,18	0,54	0,08
HUNGRIA	0,28	0,50	0,23	0,26	0,05	0,52	-0,06
ÍNDIA	0,38	0,60	0,28	0,11	-0,20	0,55	-0,15
INDONÉSIA	0,21	0,41	0,18	0,14	-0,19	0,26	-0,14
CORÉIA	0,20	0,48	0,22	0,14	0,15	-0,18	-0,04
MALÁSIA	0,13	0,47	0,21	0,08	0,08	0,04	-0,14
MÉXICO	0,45	0,67	0,34	0,30	0,01	0,74	-0,03
PERU	0,18	0,41	0,17	0,12	-0,18	0,30	-0,05
FILIPINAS	0,24	0,38	0,16	0,17	-0,24	0,50	-0,09
POLÔNIA	0,37	0,44	0,20	0,42	0,43	0,81	0,16
RÚSSIA	0,30	0,53	0,24	0,17	0,25	0,69	0,29
ÁFRICA DO SUL	0,39	0,55	0,26	0,81	0,07	1,21	0,05
TAIWAN	0,18	0,52	0,24	-0,10	-0,13	0,12	-0,14
TAILÂNDIA	0,16	0,38	0,17	-0,07	-0,66	-0,27	-0,32
TURQUIA	0,37	0,55	0,26	0,40	0,23	0,83	0,03
ISRAEL	0,28	0,53	0,24	0,12	-0,05	0,16	0,03
ROMÊNIA	0,15	0,45	0,20	0,02	-0,13	0,05	0,08
VENEZUELA	0,03	0,16	0,06	-0,23	-0,25	0,16	-0,20

Dados de período pré-crise de 7/06/2007 a 11/9/2008 (166 observações) e pós-crise de 15/9/2008 a 01/05/2009 (84 observações)

Tabela 5. Ranking de contágio - PNB Paribas

FR3	CS12	CS21
REPÚBLICA TCHECA	AUSTRÁLIA	MÉXICO
BÉLGICA	TURQUIA	
CANADÁ	MÉXICO	
COLÔMBIA	ARGENTINA	
CHINA	CHILE	
POLÔNIA		
MALÁSIA		
FILIPINAS		
DINAMARCA		
MÉXICO		
INGLATERRA		
HUNGRIA		
CHILE		
NORUEGA		
GRÉCIA		
SUÉCIA		
ÁUSTRIA		
FINLÂNDIA		
HOLANDA		
PORTUGAL		
ITÁLIA		
IRLANDA		
FRANÇA		
ESPANHA		
ALEMANHA		
ARGENTINA		
SUÍÇA		
BRASIL		

FR1 e FR2 apresentam a quantidade de aumentos significativos de correlação, FR3 apresenta não apenas a quantidade de aumentos significativos como também a de "flight to quality" significativos e CS12 e CS21 apresentam a quantidade de contágio por mudanças de co-assimetria a um nível de significância de 5%. Dados de período pré-crise de de 03/05/2006 a 08/08/2007 (166 observações) e pós-crise de 09/08/2007 a 27/03/2008 (83 observações). O ranking foi contruído apenas com países que sofreram contágio. O critério de classificação foi o tamanho da estatística, que reflete a distância da correlação pós e pré crise e a distância da co-assimetria pré e pós crise.

Tabela 6. Ranking de contágio - Lehman

FR3
SUÉCIA
CHILE
POLÔNIA
HONG KONG
DINAMARCA
FINLÂNDIA
ÁUSTRIA
FRANÇA
SUIÇA
BÉLGICA
INGLATERRA
CANADÁ
IRLANDA
HOLANDA

FR1 e FR2 apresentam a quantidade de aumentos significativos de correlação, FR3 apresenta não apenas a quantidade de aumentos significativos como também a de “flight to quality” significativos e CS12 e CS21 apresentam a quantidade de contágio por mudanças de co-assimetria a um nível de significância de 5%. Os resultados acima apresentados utilizam dados de período pré- crise de 7/06/2007 a 11/9/2008 (166 observações) e pós- crise de 15/9/2008 a 01/05/2009 (83 observações). O ranking foi contruído apenas com países que sofreram contágio. O critério de classificação foi o tamanho da estatística, que reflete a distância da correlação pós e pré crise e a distância da co-assimetria pré e pós crise.

O presente estudo não conseguiu detectar os efeitos da proposição de Dungey et al. (2006) de que mercados com proximidade regional tendem a sofrer contágio no sentido de aumentos significativos de correlação, uma vez que o Canadá não sofreu contágio por aumento de correlação, no entanto, apresentou evidências de “flight to quality”<sup>8</sup>. No entanto, o fato do México aparecer no ranking em todas as vias de contágios (CS12 e CS21) quando as mesmas existem (por exemplo, para o Lehman nenhum país apresentou contágio via aumento de co-assimetria), revela uma possível influência da proximidade regional, uma vez que o mesmo não ocorreu com nenhum outro país. Ou seja, o México foi o único país que sofreu contágio vias as duas formas de co-assimetria, o que indica que houve um aumento na incerteza deste mercado.

Quanto à localização da crise, podemos notar que o “flight to quality” do Lehman majoritariamente ficou na Europa, enquanto que o do PNB Paribas ficou um pouco mais espalhado entre América Latina, Europa e Ásia. Por outro lado, a mudança de grau de co-assimetria se mostrou um canal relevante, e o único, de transmissão de contágio pela crise do Subprime. Ainda que a mudança de grau de co-assimetria seja o único canal testado que sugeriu transmissão de contágio, a transmissão da crise do Subprime também se deu por “flight to quality”, o que restringiu ainda mais a liquidez internacional. Abaixo apresenta-se os rankings dos países com maior afastamento de correlação e maior aumento de co-assimetria.

<sup>8</sup> Esta evidência pode ser visualizada na coluna FR3.



## 7 Conclusões

Conclui-se do presente trabalho que o índice bancário dos EUA não está conseguindo contagiar os índices bancários via mudança de correlação incondicional. Já quando o canal em estudo é aumento de co-assimetria, a análise do PNB Paribas indica que o retorno dos EUA contagiou a volatilidade de alguns países em desenvolvimento, confirmando a proposição de Dungey et al. (2006) de que países emergentes estão mais vulneráveis a sofrer contágio do que os desenvolvidos. No entanto, a crise está conseguindo principalmente em seu início (PNB Paribas) contagiar alguns países via mudança de co-assimetria. Observando-se que este contágio desaparece em um segundo momento da crise (Lehman Brothers), é possível conjecturar que o mercado está conseguindo reduzir a incerteza à medida que o tempo está passando.

Quanto à proposição de que países mais próximos geograficamente estão mais sujeitos a serem atingidos por contágio, o presente estudo corrobora em parte com esta proposição. Tanto México como Canadá não apresentaram contágio em decorrência de aumento de correlações. Uma vez observada a proximidade geográfica com os EUA seria de se esperar que houvesse contágio entre estes mercados. No entanto, o contágio pôde ser capturado através de mudança do grau de co-assimetria, estando o México entre os 10 mais atingidos por este canal de transmissão do contágio (CS12). É importante ressaltar que o Canadá e o México também tiveram seus retornos afetados pela volatilidade dos EUA (CS21). Desta forma, fica ressaltada a importância de se analisar a mudança de grau de co-assimetria. Caso não fosse feito este teste, concluir-se-ia que os índices bancários do México e do Canadá não estariam sofrendo contágio devido aos choques provenientes do índice dos EUA enquanto que na verdade eles foram muito afetados.

No geral, quando o canal analisado é o de mudança do grau de co-assimetria, alguns países apresentam evidência de contágio, o que mostra a importância de se avaliar vários canais diferentes de propagação da crise. Caso este canal não fosse testado e apenas se considerasse o de aumento de correlação, concluir-se-ia erroneamente que nenhum país foi atingido por contágio.

## Referências

- R. Avery, K. Brevoort, e G. Canner. The 2006 hmda data. *Federal Reserve Bulletin*, 93:A73–A109, 2007.
- T. Baig e I. Goldfajn. Financial Market Contagion in the Asian Crisis. *IMF Staff Papers*, 46(2):167–195, 1999.
- T. Chiang, B. Jeon, e H. Li. Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from Asian markets. *Journal of International Money and Finance*, 26: 1206–1228, 2007.
- M. Dungey, R. Fry, B. Gonzalez-Hermosillo, e V. Martin. Empirical modelling of contagion: a review of methodologies. *Quantitative Finance*, 5:1:9–24, 2004.
- M. Dungey, R. Fry, e V.L. Martin. Correlation, Contagion and Asian Evidence. *Asian Economics Papers*, 5(2):32–72, 2006.
- B. Eichengreen, A.K. Rose, e C. Wyplosz. Contagion currency crises: first tests. *The Scandinavian Journal of Economics*, 98:463–484, 1996.
- K. Forbes e R. Rigobon. No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. *The Journal of Finance*, 57(5):2223–2261, 2002.
- R. Fry, V. Martin, e C. Tang. A New Class Of Tests Of Contagion With Applications To Real Estate Markets. *Journal of Business and Economic Statistics*, porvindouro, 2009.
- T. Jokipii e B. Lucey. Contagion and interdependence: Measuring CEE banking sector co-movements. *Economic systems*, 31:71–96, 2007.
- G. Kaminski e C. Reinhart. The twin crises: the cause of banking and balance-of-payments problems. *American Economic Review*, 89:473–500, 1999.
- M. King e S. Wadhvani. Transmission of Volatility between Stock Markets. *The Review of Financial Studies*, 3(1):5–33, 1990.
- A. Kyle e W. Xiong. Contagion as a Wealth Effect. *The Journal of Finance*, 56(4): 1401–1440, 2001.
- H. Li e E. Majerowska. Testing stock market linkages for Poland and Hungary: A multivariate GARCH approach. *Research in International Business and Finance*, 22:247–266, 2008.
- P. Masson. Contagion: macroeconomic models with multiple equilibria. *Journal of International Money and Finance*, 18:587–602, 1999.
- J. Rodriguez. Measuring financial contagion: A Copula approach. *Journal of Empirical Finance*, 14:401–423, 2007.