

Interdependência entre Mercados Financeiros Brasileiros e Internacionais usando Modelos Não-Lineares

Ana Beatriz C. Galvão (Ibmec Business School) - AnaBG@ibmec.br

Pedro L. Valls Pereira (Ibmec Business School) – pvalls@ibmec.br

1 Introdução

1.1 Motivação

Os mercados brasileiros foram afetados por diversas crises financeiras internacionais nos últimos anos, como a crise do México em 1994, a da Ásia em 1997, a da Rússia em 1998 e a da Turquia e da Argentina em 2001. Por outro lado, os mercados brasileiros também foram responsáveis por uma crise financeira que se espalhou por alguns mercados internacionais em 1999. Crises causadas por transmissão entre mercados internacionais, dado que não são antecipadas pelos fundamentos econômicos do país, são causadas por contágio. Entre as razões para a ocorrência de contágio estão choques globais, desvalorização competitiva e relações de comércio, comportamento de investidores, problemas de liquidez, informação assimétrica e presença de equilíbrios múltiplos (Dornbush, Park and Claessens, 2000). A maioria dos artigos que busca evidência de contágio ou ainda de interdependência entre mercados é baseada em um mercado financeiro específico e para um período de crise específico. A análise é geralmente feita assumindo que a relação não muda com o tempo e que não pode mudar de forma endógena (veja a revisão da literatura por (Dornbush et al., 2000)). Uma melhor compreensão dessa interdependência do Brasil com relação a mercados financeiros internacionais é importante para prever o mercado financeiro brasileiro e, do ponto de política econômica, desenvolver políticas que possam diminuir o contágio a crises de outros mercados.

1.2 Objetivos

Dessa forma, um primeiro objetivo desse projeto de pesquisa é entender melhor a transmissão de informação entre o Brasil e outros mercados financeiros internacionais no que diz respeito a:

- (a) período de tempo analisado e o tipo/causas da crise;
- (b) possibilidade de reação endógena do mercado (equilíbrio múltiplo);
- (c) sensibilidade da interdependência entre mercados quando características macroeconômicas da economia brasileira são consideradas;
- (d) sensibilidade ao tipo de mercado: ações, câmbio, títulos, C-Bonds.

Dado a caracterização dessa interdependência usando modelos econométricos, o próximo passo é usar os modelos para realizar previsões para a probabilidade de crise, que podem ser usadas como um 'warning system' para crise financeira com origem internacional no Brasil.

1.3 Considerações sobre o método

Tendo em vista esses objetivos, o método para construção do modelo econométrico usa sistemas autoregressivos com não-linearidade. Esse tipo de modelagem de séries de tempo é bastante recente na literatura, mas tem sido usado com sucesso para a caracterização de diferentes dinâmicas conforme regimes de política econômica. Esse tipo de modelo permite que choques afetem de forma dissimilar as variáveis endógenas do sistema conforme o regime (equilíbrio), os fundamentos da economia, ou do período de tempo. Esses modelos são flexíveis e funções de impulso-reposta podem ser calculadas e empregadas para observar a dinâmica da propagação de choques. Além disso, previsões geradas por modelos estimados para diferentes mercados podem ser combinadas para gerar previsões para a probabilidade de um evento que, nesse caso, é de uma crise financeira.

2 Método

Para modelar não-linearidades em sistemas, a proposta é aproximar não-linearidade dividindo os dados em regimes com dinâmica diferente. Dessa forma o modelo é linear dentro de um regime, mas é globalmente não-linear. A repartição em regimes é dada por uma variável de transição que é observada. A transição entre um regime e outro pode ser suave ou abrupta. Na primeira parte dessa seção, vetores autoregressivos não-lineares são discutidos. Nas partes que seguem, possíveis extensões do modelo são descritas. As extensões são necessárias para que o modelo seja capaz de atingir os objetivos delineados.

2.1 Modelos Autogressivos Não-Lineares

Sistemas autoregressivos com regimes determinados por limiares (threshold VAR, TVAR) ou por uma função de transição suave (smooth transition VAR, STVAR) têm os regimes definidos por uma variável observada z_{t-d} e por uma função de transição $F(z_{t-d})$. Assuma que y_t é um vetor $K \times 1$ de variáveis endógenas $y_t = (y_{1t}, \dots, y_{Kt})$; c é um vetor $K \times 1$ de constantes; $A_{i,j}$ é uma $K \times K$ matriz de coeficientes do regime i e da defasagem j , onde s é o número de regimes com diferentes parâmetros autoregressivos dado que $i = 1, \dots, s$, e onde p é a ordem da autoregressão com $j = 1, \dots, p$. Então, um VAR não-linear com $s = 2$ e regimes dados pela função de transição $F(z_{t-d})$ é escrito como:

$$y_t = (c_1 + A_{1,1}y_{t-1} + \dots + A_{1,p}y_{t-p})(1 - F(z_{t-d})) + \\ + (c_2 + A_{2,1}y_{t-1} + \dots + A_{2,p}y_{t-p})(F(z_{t-d})) + u_t$$

onde u_t é um vetor $K \times 1$ de inovações com média zero, variância igual a Σ e $E(u_t u_l') = 0$ para $l \neq t$. A variável de transição z é uma das variáveis do vetor y_t . Esse modelo multivariado não-linear supõe que p é a mesma para cada variável e regime, e que a função de transição é a mesma para cada equação.

Modelos VAR com transição suave (STVAR) caracterizam uma mudança suave entre regimes. Uma função de transição suave que é popular é a função logística:

$$G(z_{t-d}) = \frac{1}{1 - \exp(-\gamma(z_{t-d} - r) / \sigma_{z_{t-d}})}$$

(veja Granger and Teräsvirta (1993) para outras especificações como a exponencial). r é o valor do limiar e γ é o parâmetro que define o grau de suavidade. A constante $\sigma_{z_{t-d}}$ é incluída na função para fazer o parâmetro de suavidade γ não depender da escala da variável de transição. Quando o valor de γ é grande, isso quer dizer que a mudança entre regimes é rápida e quando $\gamma \rightarrow \infty$, o modelo é aninhado ao modelo com limiar, dado que $G(z_{t-d})=1$ quando $z_{t-d} > r$ e é igual a 0 quando $z_{t-d} \leq r$. Então, em um modelo VAR com limiar (TVAR), a função de transição é escrita como:

$$I(z_{t-d}) = 1(z_{t-d} > r),$$

onde $1(\cdot)$ é a função indicador. Para aplicações desses modelos veja, por exemplo, Anderson and Vahid (2001) e Hansen and Seo (2002). Considerações sobre a estimação desses modelos por método de mínimo quadrados não-linear e por procura em grade são discutidas em Galvao (2002).

2.2 Extensão para permitir variáveis explanatórias exógenas

A transmissão de informações entre o mercado brasileiro e outros mercados financeiros internacionais

pode depender dos fundamentos da economia brasileira, tal como dependência de capital externo para financiar balança de pagamentos, nível de reservas e de dívida externa, tamanho do déficit público e taxa de juros. Assim, uma extensão dos modelos apresentados na parte anterior é supor que variáveis exógenas x_t entrem como variáveis explicativas de tal forma que $y_t = f(c_i, y_{t-1}, \dots, y_{t-p_1}, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-p_2}; z_{t-d}) + u_t$.

2.3 Extensão para permitir que variáveis exógenas determinem mudança de regimes

Na primeira parte dessa seção, foi suposto que a variável de transição z_{t-d} é uma das variáveis em y_t . Uma extensão possível é supor que z_{t-d} é exógena. Por exemplo, é possível usar análise de fator para sintetizar a informação de variáveis que caracterizem os fundamentos da economia

4

e usar essa medida dos fundamentos como variável de transição de tal forma que quando essa medida é maior que um limiar, a interdependência entre o mercado brasileiro e os mercados externos aumente ou diminua.

2.4 Extensão para permitir heteroscedascidade dos resíduos

Franses and Van Dijk (2000) mostram como modelos univariados autoregressivos podem incluir não-linearidade na variância condicional. Isso implicaria em mudança de regimes na volatilidade dos mercados. Um outra alternativa é considerar ao mesmo tempo não-linearidades na equação da média e na equação da variância. Esse tipo de modelo foi proposto por Li and Li (1996) e pode ser estendido para modelos multivariados durante o período de pesquisa. Essa extensão é importante porque a estimação da correlação entre mercados pode ser sensível a existência de mudanças da volatilidade dos mercados (veja Forbes and Rigobon (2000)).

3 Contribuições Previstas

Entre as contribuições à literatura que podem ser feitas no desenrolar desse projeto de pesquisa, estão contribuições à literatura técnica de modelagem de modelos não-lineares, ao melhor entendimento de certas características históricas da interdependência entre mercados financeiros internacionais, e o desenvolvimento de modelos para previsão de crises financeiras no Brasil com origem internacional.

3.1 Com relação a modelos não-lineares:

Como foi discutido na seção anterior, é esperado contribuições desse projeto de pesquisa no que se refere a extensões dos modelos com transição suave e limiares para incluir variáveis exógenas, heteroscedasticidade condicional e transição gerada por variáveis exógenas.

3.2 Com relação ao mecanismo de transmissão de choques:

Baseado em modelos multivariados não-lineares estimados para preços de mercados financeiros (ações, títulos, câmbio e C-Bonds) brasileiros e de outros países, é possível observar como a transmissão de choques entre o Brasil e mercados internacionais depende da variável de transição (a ser estimada), do período de tempo, ou dos fundamentos da economia. Isso pode ser observado usando funções generalizadas de impulso-resposta.

3.3 Com relação a previsão de crises futuras:

Usando a interdependência estimada com dados históricos por sistemas não-lineares, informação sobre a previsão de crises financeiras pode ser obtida. Previsões da probabilidade crise são informações importantes para integrantes do mercado e também para realização de política

5

econômica. Elas podem ser obtidas usando uma combinação das previsões para cada um dos modelos estimados para cada mercado.

References

- Anderson, H. M. and Vahid, F. (2001). Predicting the probability of a recession with nonlinear autoregressive leading indicator models, *Macroeconomic Dynamics* 59: 482—505.
- Dornbush, R., Park, Y. C. and Claessens, S. (2000). Contagion: How it spreads and how it can be stopped, *World Bank Research Observer* .
- Forbes, K. and Rigobon, R. (2000). Contagion in latin america: Definitions, measurement, and policy implications, *NBER Working Paper* n. 7885.
- Franses, P. H. and Van Dijk, D. (2000). *Non-Linear Time Series Models in Empirical Finance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Galvao, A. B. C. (2002). An evaluation of the forecasting performance of smooth transition and threshold vector autoregressions, *European University Institute* (mimeo) .
- Granger, C. W. J. and Teräsvirta, T. (1993). *Modelling Nonlinear Economic Relationships*, Oxford University Press, Oxford.
- Hansen, B. E. and Seo, B. (2002). Testing for two-regime threshold cointegration in vector error correction models, *Journal of Econometrics* forthcoming.
- Li, C. W. and Li, W. K. (1996). On a double-threshold autoregressive heteroscedastic time series model, *Journal of Applied Econometrics* 11: 253—74.