

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Luiza Moraes Gazola

**Uma Investigação Econométrica do Modelo Log-periódico
para Previsão de *Crashes* Financeiros**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientadores: Cristiano Augusto Coelho Fernandes
Rosane Riera Freire

Rio de Janeiro
Janeiro de 2006



Luiza Moraes Gazola

**Uma Investigação Econométrica do Modelo Log-periódico
para Previsão de *Crashes* Financeiros**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes
Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Profa. Rosane Riera Freire
Co-orientadora

Departamento de Física - PUC-Rio

Prof. Jorge Simões de Sá Martins
Universidade Federal Fluminense

Prof. Caio Ibsen Rodrigues de Almeida
IBMEC

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 27 de janeiro de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Luiza Moraes Gazola

Graduou-se em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Apoio a Decisão e Controle de Processos, em 2002. Realizou trabalho de pesquisa junto ao Departamento de Física Estatística e Aplicada. Trabalha na empresa IBM do Brasil, na área de consultoria, voltada para estratégia de IT e soluções de tecnologia para sistemas de informação.

Ficha Catalográfica

Gazola, Luiza Moraes

Uma investigação econométrica do modelo log-periódico para previsão de crashes financeiros / Luiza Moraes Gazola ; orientadores: Cristiano Augusto Coelho Fernandes, Rosane Riera Freire. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.

115 f. : il. (col.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Log-periódico. 3. Fenômeno crítico. 4. Crashes. 5. AR. 6. GARCH. I. Fernandes, Cristiano Augusto Coelho. II. Freire, Rosane Riera. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. VI. Título.

CDD: 621.3

Dedico esta dissertação ao meu irmão, que transformou sua breve passagem em
uma eternidade.

Agradecimentos

Agradeço ao professor Cristiano e a professora Rosane por nunca terem desistido de mim.

Agradeço às equipes da Pós-graduação dos Departamentos da Engenharia Elétrica e da Física que me auxiliaram no processo de defesa desta dissertação, em especial à Alcina e à Márcia, respectivamente.

Agradeço à Vice-Reitoria Acadêmica e à Coordenação Central de Pós-graduação da PUC-Rio.

Agradeço aos meus amigos: Rodrigo, Giuliano, Adrian, Luiz Gustavo e Reinaldo, que me apoiaram em todos os momentos.

Agradeço à CAPES, CNPq e FAPERJ.

Agradeço à minha família e a Deus.

Resumo

Gazola, Luiza. **Uma investigação econométrica do modelo log-periódico para previsão de crashes financeiros**. Rio de Janeiro, 2006. 115p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesta dissertação utilizamos um modelo baseado na teoria de fenômenos críticos para explicar a formação de preços de ativos financeiros no período pré-*crash*. A evolução dos preços é descrita por um crescimento lento em forma de lei de potência, superposto a oscilações periódicas em escala logarítmica, sendo denominado “modelo log-periódico”. Este crescimento é eventualmente interrompido por um colapso dos preços que ocorre em um curto e crítico intervalo de tempo. O objetivo deste trabalho é o de investigar o modelo log-periódico do ponto de vista econométrico, criticando e propondo melhoramentos na sua especificação de forma que as inferências estatísticas dos seus parâmetros sejam mais confiáveis. Baseado nesta análise é proposta uma extensão do modelo log-periódico, com a incorporação de estrutura auto-regressiva e heterocedástica condicional no termo aleatório do modelo original. O modelo é aplicado a índices de diversos mercados mundiais, a saber: HANG SENG (Hong Kong), NASDAQ (EUA), IBOVESPA (Brasil), Merval (Argentina), INDIA BSE NATIONAL (Índia) e FTSE100 (Grã-Bretanha). Os nossos resultados indicam que a utilização destes modelos na prática requer alguma cautela uma vez que a sua base inferencial é frágil.

Palavras-chave

Log-periódico, fenômeno crítico, crashes, AR, GARCH.

Abstract

Gazola, Luiza. **The log periodic model for financial crashes forecasting: an econometric investigation.** Rio de Janeiro, 2006. 115p. MSc.Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work we employ a model based on the critical phenomena theory to explain the asset price formation associated to the pre-crash period. The evolution of the price is given by an over-all power law acceleration decorated by oscillations called log-periodic model. This growth is likely to be interrupted by a crash of prices that happen in a short and critical time interval. The purpose of this work is to investigate the log-periodic model within the econometric approach by suggesting guidelines to achieve its performance in order to accomplish reliable statistical inferences. Based on this analysis we here propose a stretching of the log-periodic model through the introduction of an autoregressive structure and an autoregressive conditional heteroskedasticity at the residual of the original model. The current model is applied to the study of financial index of the stock markets worldwide as: HANG SENG (Hong Kong), NASDAQ (USA), IBOVESPA (Brazil), MERVAL (Argentina), INDIA BSE NATIONAL (India) and FTSE100 (United Kingdom). The output of such work indicates that the use of the log-periodic model requires some care as far as its inference basis is fragile.

Keywords

Log-periodicity, critical phenomena, crashes, AR, GARCH.

Sumário

1	Introdução	10
2	Modelo Log-periódico	16
2.1.	Introdução	16
2.2.	Dinâmica do Preço	17
2.3.	O Modelo de Imitação Racional	20
2.3.1.	Modelagem Macroscópica	22
2.3.2.	Modelagem Microscópica	24
2.4.	Comportamento Crítico	29
2.5.	Resumo das Modelagens	31
2.6.	Estrutura Hierárquica	33
2.6.1.	Modelo de Estrutura Hierárquica do Diamante	34
2.6.2.	Invariância Discreta de Escala – Origem da Log-periodicidade em Sistemas Hierárquicos	37
2.7.	Propriedades do Modelo Log-periódico de Preços	41
3	Metodologia	44
3.1.	Premissas Gerais	44
3.2.	Investigação Econométrica do Modelo Log-periódico: Estimação do Modelo em Nível	47
3.2.1.	Identificação	47
3.2.2.	Estimativas do Modelo Log-periódico	48
3.2.3.	Estacionariedade do Resíduo	51
3.2.4.	Autocorrelação e Heterocedasticidade	52
3.3.	Estimação de Novo Modelo – Incorporando uma Estrutura AR e uma Estrutura GARCH	54
3.3.1.	Investigação do Resíduo	57
3.3.2.	Estatísticas Descritivas e Teste BDS	59
3.4.	Inferência em Modelo com Tendência Não-linear	61

4 Aplicações	63
4.1. Estacionariedade do Resíduo	64
4.2. Inferências das Séries dos Índices Financeiros	65
4.2.1. HANG SENG INDEX (Hong Kong) – 1997	65
4.2.2. Nasdaq (Estados Unidos) – 2000	68
4.2.3. IBOVESPA (Brasil) - 1997	71
4.2.4. MERVAL (Argentina) – 2004	73
4.2.5. FTSE100 (Londres) – 1987	75
4.2.6. ÍNDIA BSE NATIONAL (Índia) – 2000	78
5 Discussões e Conclusões	81
5.1. Sobre as Estimativas dos Parâmetros do Modelo Log-periódico Original	81
5.2. Sobre as Estimativas dos Parâmetros do Modelo Log-periódico – AR(1) – GARCH(1,1)	82
5.3. Investigação Econométrica do Modelo Log-periódico: Estimação do Modelo em 1ª Diferença	85
5.4. Sobre a Previsão da Série de Preços	90
5.5. Observações finais	92
6 Referências Bibliográficas	94
A Apêndice	96
B Apêndice	97
C Apêndice	98