

1 Introdução

A ocorrência de um *crash* pode levar a perda de enormes quantias (da ordem de milhões de dólares). Pode arruinar fundos de pensão e poupanças de muitas pessoas. Por exemplo, em 1987 o índice *Dow Jones* teve uma queda de 30% em apenas um dia (foi o maior *crash* visto em todo o século 20). Em valor presente, este *crash* contabilizou a perda de 7.5 trilhões de dólares em um único dia.

Muitos são os questionamentos levantados em relação aos *crashes*. Quando eles podem ocorrer? Eles são parte da estatística normal de flutuação dos preços ou são espúrios (*outliers*)? São sinais de mudança de regime nos mercados? Quais são suas origens?

Os *crashes* no mercado financeiro podem ser datados desde de 1637, quando ocorreu a “Tulipa Mania”, nos Países Baixos. Entre meados de 1500 e 1636, a tulipa era uma flor rara na Europa e logo passou a ser sinônimo de riqueza e ostentação. Nesta época Amsterdã controlava o comércio no noroeste da Europa e com participação crescente na atividade comercial com a América. O comércio da tulipa se tornou então muito atrativo. Muitos investidores entraram neste ramo, pois consideravam o retorno de dinheiro uma coisa certa, passando, então, a investir freneticamente na tulipa, cujo preço logo se tornou totalmente sobrevalorizado em relação ao valor real da planta. Um bulbo de uma tulipa mais rara chegou a custar o equivalente atualmente a 10 mil dólares.

No entanto, uma crise surgiu inesperadamente. Em fevereiro de 1637, a possibilidade das tulipas se tornarem definitivamente invendáveis foi mencionada pela primeira vez. Durante os quatro meses seguintes várias tentativas foram tomadas entre floristas, produtores e governo para controlar a queda dos preços do bulbo da tulipa, mas todas falharam. Em maio de 1637, o bulbo da tulipa já não possuía mais valor financeiro algum. Esta queda drástica nos preços da tulipa caracterizou o primeiro *crash* já datado na história.

Outro exemplo importante foi o grande *crash* de 1929 do qual se seguiu a Grande Depressão dos EUA. Mais recentemente, em outubro de 1997, houve a crise Asiática, quando se comprovou que, apesar da supervalorização dos mercados Asiáticos, os fundamentos macro-econômicos da economia de tais

países não estavam fortalecidos, o que gerou a quebra seqüencial desses mercados.

Um dos *crashes* mais recentes foi o que ocorreu no início de 2000 na NASDAQ, no qual havia uma expectativa otimista por grandes retornos no mercado da chamada “Nova Economia” (Internet, *software*, *hardware*, telecomunicações e setores similares). Os investidores esperavam um aumento expressivo nas vendas de serviços de Internet e outros produtos relacionados ao mercado da computação. No entanto, esta expectativa não foi atingida, levando ao colapso deste setor de mercado. Como exemplo do ocorrido, neste *crash* as ações da LINUX SYSTEMS, que abriram em 09/12/99 por U\$239,25, fecharam em 14/04/00 por U\$28,94. Como outros exemplos temos as ações da IBM, Lucent Technologies (LU) e da Procter & Gamble (P&G) mostradas nas figuras 1 a 3 respectivamente.

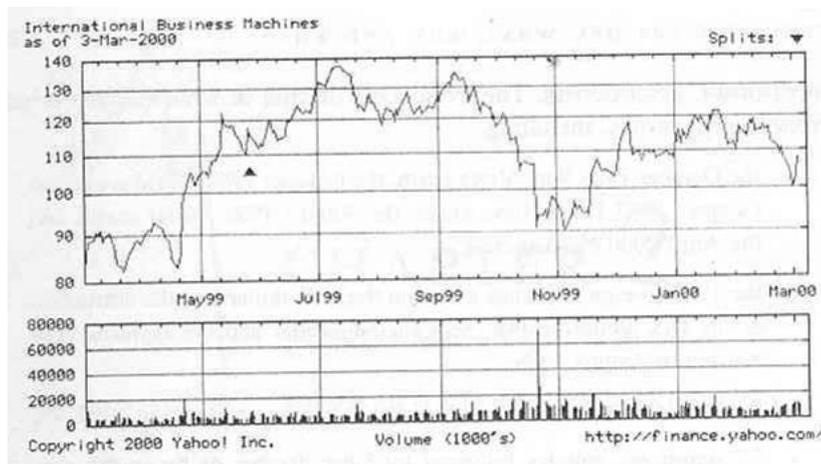


Figura 1 – Série diária de preços e de volume de transação das ações da IBM (Fonte: Sornette, 2002, *Why Stock Markets Crash?*).

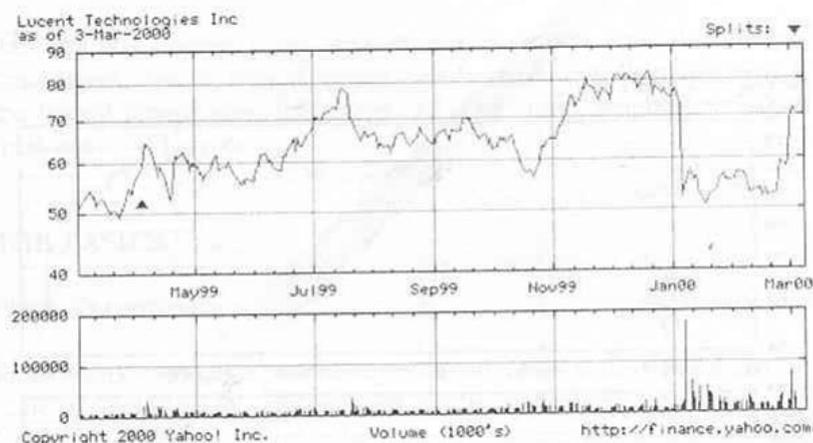


Figura 2 – Série diária de preços e de volume de transação das ações da Lucent Technologies (Fonte: Sornette, 2002, *Why Stock Markets Crash?*).

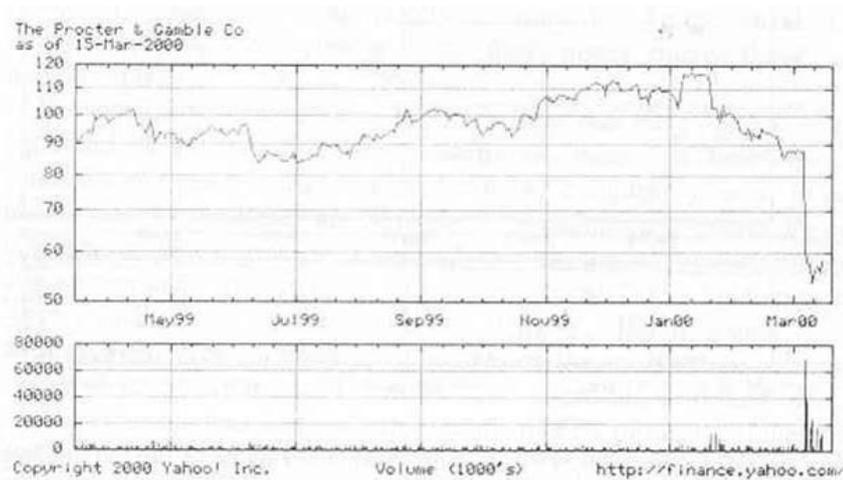


Figura 3 – Série diária de preços e de volume de transação das ações da Procter & Gamble (Fonte: Sornette, 2002, *Why Stock Markets Crash?*).

Note que há um comportamento similar entre os três exemplos apresentados (IBM, LU e P&G): altos índices caracterizando a fase pré-*crash* e um pico de volume coincidindo com o momento do *crash*.

Podemos considerar então, que são expectativas não realistas por grandes retornos financeiros (não relacionadas com a realidade presente) que motivam os investidores, gerando o que chamamos de bolha especulativa.

Assim, a bolha especulativa é caracterizada por um entusiasmo coletivo de um setor econômico, através de um processo imitativo, onde mais e mais investidores entram no mercado, implicando em um crescimento prolongado e acelerado dos preços e eventualmente levando ao *crash*.

Na crise de 1929, o setor econômico que gerou o entusiasmo financeiro foi o mercado de aparelhos eletrodomésticos nos Estados Unidos, enquanto que, em 1997, foi o setor de produtos eletrônicos nos Tigres Asiáticos¹ e em 2000, a Internet e setor de tecnologia nos países desenvolvidos.

Sornette em *Why Stock Markets Crash?* (2002) [1], propõe uma teoria sobre o mecanismo de formação dos *crashes*, baseada em conceitos e métodos da Física Estatística, conjuntamente com teorias econômicas dos mercados financeiros.

A hipótese básica do modelo utilizado neste trabalho, fundamentada na teoria de Sornette, é de que os *crashes* do mercado financeiro são causados por um crescimento lento do comportamento cooperativo entre os investidores do

¹ Os Tigres Asiáticos correspondem aos seguintes países: Japão, China, Formosa, Cingapura, Hong Kong, Coreia do Sul, Malásia, Tailândia e Indonésia.

mercado o qual eventualmente leva a um colapso dos preços em um curto e crítico intervalo de tempo.

Na Mecânica Estatística, uma sincronização crescente do comportamento dinâmico é observada em sistemas físicos que exibem o fenômeno de transição de fase, quando estes sistemas se aproximam do ponto de transição ou ponto crítico. Têm-se como exemplos de transição de fase: transição paramagnética-ferromagnética em sistemas magnéticos e a transição metal-supercondutor em sistemas condutores elétricos.

Outros sistemas nas ciências naturais e sociais exibem também raras e repentinas transições que ocorrem em um intervalo de tempo pequeno comparado à escala de tempo característica de sua posterior evolução. Como exemplo temos as catástrofes naturais: terremotos, erupções vulcânicas, avalanches, tufões e furacões, os eventos catastróficos de degradação ambiental, os grandes engarrafamentos, as epidemias e as grandes crises econômicas em escala nacional e global. Estes eventos extremos decorrem de “forças” usualmente “escondidas” no regime normal do sistema e que, ao se expressarem nos eventos críticos, fornecem a oportunidade de uma compreensão mais profunda da complexidade destes sistemas.

Por outro lado, na visão do mundo acadêmico de um mercado eficiente², o *crash* seria causado por informações drásticas externas ao mercado, com uma duração em escala de tempo curta (horas, dias ou mesmo semanas). O *crash* teria assim causas exógenas. A hipótese da origem do *crash* no modelo utilizado neste trabalho é, no entanto, de que o *crash* é resultado de causas endógenas, que têm sua formação na escala de meses ou até mesmo de anos. As causas exógenas, ou externas, são consideradas secundárias, sendo somente o gatilho para a desestabilização do sistema que já se encontra em uma posição instável (ver fig.(4)). A origem do *crash* seria assim construída progressivamente pelo

² Um mercado eficiente é definido como um mercado constituído por um grande número de investidores racionais, maximizadores de seus lucros, negociando ativamente uns com os outros, tentando prever o preço individual do ativo financeiro e onde todas as informações relevantes estão disponíveis a todos os investidores. Em um mercado eficiente, a competição entre os investidores leva a situação onde, em qualquer instante do tempo, o preço do ativo financeiro incorpora e reflete os efeitos de toda informação disponível até o momento e do que o mercado espera que ocorra no futuro. Em outras palavras, em um mercado eficiente, em qualquer instante do tempo, o preço real do ativo financeiro hoje será a melhor estimativa para seu valor futuro. [Eugene F. Fama, "Random Walks in Stock Market Prices," *Financial Analysts Journal*, September/October 1965 (reprinted January-February 1995)].

mercado como um todo, em um processo de auto-organização do sistema.³ A causa do *crash* poderia ser chamada de “instabilidade sistêmica” [Sornette, 2002, *Why Stock Markets Crash?*].

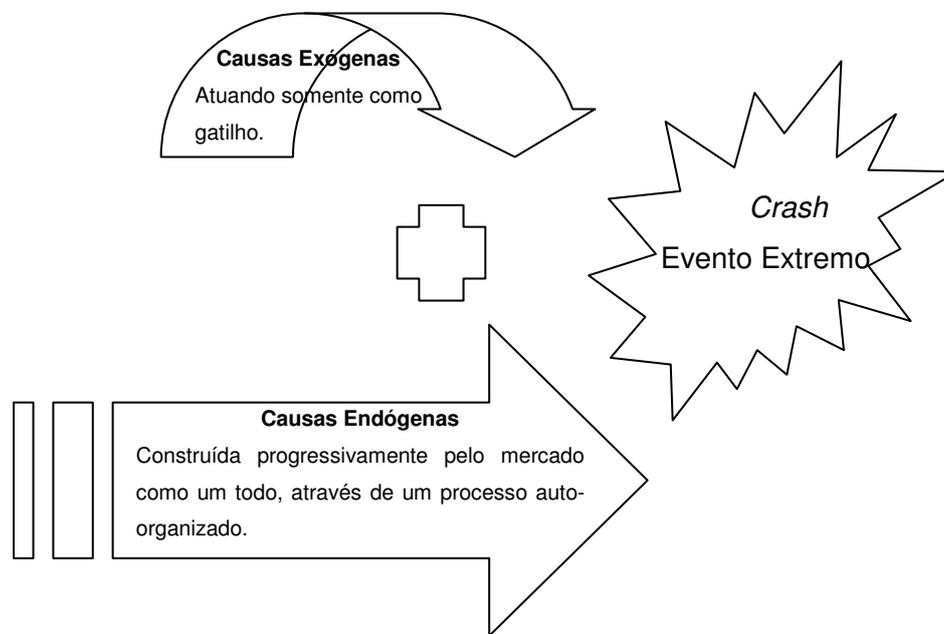


Figura 4 - Causas do *Crash*.

A hipótese de que a causa dos *crashes* não é proveniente de fatores puramente exógenos, mas principalmente de endógenos, é cada vez mais corroborada por estudos empíricos. No *crash* de 1987, por exemplo, se avaliou [Barro et al., 1989] como possível causa exógena a utilização da negociação eletrônica, uma vez que nos Estados Unidos, as negociações eram feitas por computador e estes eram programados para lançar ordem de venda quando ocorresse tendência negativa de preços. No entanto, outros mercados (asiáticos e europeus), que ainda não utilizavam a negociação eletrônica, também quebraram e com perdas até mesmo maiores. Outra causa exógena levantada [Barro et al., 1989], para explicar a *crash* de 1987, foi o aumento do risco e da variabilidade do mercado americano, devido às negociações de índices futuros e de derivativos. No entanto, outros *crashes* ocorreram nos Estados Unidos antes de 1987 (1914, 1929 e 1962) e nenhuma destas técnicas ou práticas de

³ Em Johansen & Sornette, *Endogenous versus exogenous crashes in financial markets*, é mencionado que dois terços dos maiores *crashes*, em um grande número de mercados, possuem causas endógenas e somente as informações mais dramáticas (como o anúncio da Primeira Guerra Mundial) são capazes de mover o mercado a amplitudes similares às apresentadas nos *crashes* de causas endógenas.

negociação existiam. Desta forma, é um tanto plausível considerar a hipótese de que os *crashes* são, na verdade, causados principalmente por fatores endógenos.

Esta hipótese é seguida por Sornette que propõe um modelo baseado na teoria dos fenômenos críticos onde o mercado financeiro é interpretado como um sistema formado por um grande número de agentes interagindo mutuamente, abertos às influências externas e cuja estrutura interna se auto-organiza, gerando um comportamento macroscópico novo, inesperado.

De acordo com este modelo, os *crashes* do mercado financeiro são um exemplo de um evento extremo em um sistema macroscópico podendo, então, ser modelado pela teoria dos fenômenos críticos desenvolvida na Mecânica Estatística. O leitor que estiver interessado na teoria dos fenômenos críticos poderá consultar Stanley H.E., 1971, *Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena*.

Nesta dissertação será utilizado o modelo proposto por Sornette (modelo log-periódico) no qual a evolução do preço do ativo financeiro na fase pré-*crash* é descrita por um crescimento no tempo em forma de lei de potência, superposto a oscilações periódicas em escala logarítmica. 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. O desenvolvimento do modelo log-periódico e a dedução da equação fundamental, que descreve o crescimento dos preços no tempo, serão apresentados no Capítulo 2. A análise econométrica do modelo original será apresentada no Capítulo 3 assim como a proposta de uma extensão do modelo log-periódico, com a incorporação de estrutura auto-regressiva e heterocedástica no resíduo do modelo. A aplicação desta nova modelagem é apresentada no Capítulo 4. Para tal, são utilizadas as séries dos índices financeiros do Brasil, Argentina, Hong Kong, Estados Unidos, Índia, e Grã-Bretanha. No capítulo 5, será apresentada uma discussão sobre os resultados obtidos e as conclusões finais.