

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 581

**CREDIBILIDADE DA POLÍTICA CAMBIAL
E AS OPÇÕES CAMBIAIS***

Katia Maria Carlos Rocha**
Ajax R. Bello Moreira**

Rio de Janeiro, agosto de 1998

* Os autores agradecem a assistência de pesquisa de Ingrid S. V. Estevez, e os comentários de um parecerista anônimo.

** Da Diretoria de Pesquisa do IPEA.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



O IPEA é uma fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, cujas finalidades são: auxiliar o ministro na elaboração e no acompanhamento da política econômica e prover atividades de pesquisa econômica aplicada nas áreas fiscal, financeira, externa e de desenvolvimento setorial.

Presidente

Fernando Rezende

Diretoria

Claudio Monteiro Considera

Luís Fernando Tironi

Gustavo Maia Gomes

Mariano de Matos Macedo

Luiz Antonio de Souza Cordeiro

Murilo Lôbo

TEXTO PARA DISCUSSÃO tem o objetivo de divulgar resultados de estudos desenvolvidos direta ou indiretamente pelo IPEA, bem como trabalhos considerados de relevância para disseminação pelo Instituto, para informar profissionais especializados e colher sugestões.

ISSN 1415-4765

SERVIÇO EDITORIAL

Rio de Janeiro – RJ

Av. Presidente Antônio Carlos, 51 – 14º andar – CEP 20020-010

Telefax: (021) 220-5533

E-mail: editrj@ipea.gov.br

Brasília – DF

SBS Q. 1 Bl. J, Ed. BNDES – 10º andar – CEP 70076-900

Telefax: (061) 315-5314

E-mail: editbsb@ipea.gov.br

© IPEA, 1998

É permitida a reprodução deste texto, desde que obrigatoriamente citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são rigorosamente proibidas.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1 - INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 - METODOLOGIA | 2 |
| 3 - MODELOS PARA DERIVATIVOS | 5 |
| 3.1 - Modelo de Difusão Puro | 6 |
| 3.2 - Modelo de Difusão Misto | 7 |
| 4 - ESTIMATIVAS DO MODELO | 8 |
| 5 - RESULTADOS | 13 |
| 6 - CONCLUSÃO | 15 |
| APÊNDICE 1 | 17 |
| APÊNDICE 2 | 18 |
| BIBLIOGRAFIA | 19 |

RESUMO

A atual política cambial vem sendo questionada quanto a sua vulnerabilidade, especialmente no caso de uma situação externa desfavorável. Nesse contexto, é importante aferir a probabilidade que o mercado atribui à permanência desta política. Este artigo propõe um critério para esta medida, utilizando informações relativas ao mercado de opções cambiais e modelos matemáticos para derivativos, cujos ativos seguem um processo de difusão geral de Wiener com descontinuidades discretas e pouco frequentes, segundo um processo de Poisson.

ABSTRACT

The current exchange rate policy is being argued about its vulnerability, especially at presence of an adverse external situation. In this context, it is important to check how market faces the credibility of such policy. This paper provides a way of measuring this credibility, using market's informations about exchange rate options and mathematical models to pricing derivatives which underlying variables follow a generalized Wiener diffusion process with discrete and infrequent jumps according to a Poisson process.

1 - INTRODUÇÃO

As políticas cambial e de taxas de juros são instrumentos básicos de sustentação do atual plano de estabilização da economia brasileira. A combinação de taxas de juros em níveis elevados com uma taxa de câmbio em um nível e trajetória cuja faixa de variação é previamente anunciada tem implicado um déficit expressivo e sistemático das contas externas de 3% a 4% do PIB, e, portanto, na dependência da entrada líquida de capital. Essa dependência gera uma vulnerabilidade que tem sido questionada quanto à sua sustentabilidade no longo prazo, e, especialmente, quando ocorre uma conjuntura externa desfavorável.

Numa situação de expectativas favoráveis, a entrada líquida de capital favorece a formação de reservas cambiais que realimenta positivamente as expectativas. Numa situação desfavorável, ocorre a saída líquida de capital, o que leva à perda de reservas e realimenta negativamente as expectativas, podendo gerar um ataque especulativo e uma perda abrupta do valor da moeda nacional. Esse quadro sugere a importância do acompanhamento permanente da credibilidade da atual política macroeconômica.

A literatura sobre bandas cambiais propõe medidas de credibilidade das bandas baseadas nos modelos de Krugman (1991) ou suas extensões, medidas que devem ser utilizadas com cautela na atual situação da economia brasileira. Este artigo propõe uma medida alternativa baseada na análise de derivativos da taxa de câmbio.

O mercado reavalia, continuamente, as suas expectativas quanto à tendência e à volatilidade da taxa de câmbio em função da conjuntura econômica e das intervenções das autoridades monetárias. Tais expectativas contribuem na formação do preço no mercado futuro de taxa de câmbio; constituindo, portanto, uma fonte de informação a respeito dessas expectativas.

A atual política cambial consiste na garantia de que a taxa de câmbio irá flutuar dentro de uma minibanda que se desvaloriza de forma errática segundo uma tendência estável. A discrepância entre o risco de câmbio implícito na política cambial e o avaliado indiretamente pelo mercado de opções cambiais pode ser atribuída à expectativa de ruptura da atual política cambial.

Este artigo utiliza os modelos sobre derivativos financeiros para analisar como os agentes de mercado avaliam o risco e a credibilidade da moeda. Os derivativos utilizados nesse trabalho baseiam-se em opções sobre Real na BMF (Bolsa de Mercadorias e Futuros) e opções sobre Futuro de Real na CME (Chicago Mercantile Exchange).

Admite-se a hipótese de a taxa de câmbio seguir um processo geral de Wiener com saltos erráticos que representam a possibilidade de ruptura da atual política cambial. Essa hipótese descreve a evolução da taxa de câmbio por um processo contínuo com incrementos normalmente distribuídos, aliados a descontinuidades

imprevistas e discretas. Tal processo é referido na literatura como *Mixed Brownian Motion-Jump Process* ou, resumidamente, como um processo de Poisson.

Na primeira parte deste artigo, apresenta-se o problema formalmente; analisa-se a metodologia existente sobre testes de credibilidade e a metodologia proposta é apresentada. A segunda parte enfoca os modelos matemáticos para derivativos. A terceira discute as estimativas do modelo e um critério de filtragem de informações impróprias.¹ A quarta apresenta os resultados obtidos e, finalmente, a última apresenta as conclusões.

2 - METODOLOGIA

O modelo teórico sobre bandas cambiais e intervenção infinitesimal nos seus extremos, desenvolvido inicialmente por Krugman (1991), explica as não-linearidades entre a taxa de câmbio e os seus fundamentos econômicos em um sistema de bandas aplicando a teoria de controle estocástico ótimo. Ele indica que num sistema de bandas críveis observam-se as seguintes propriedades:

- a introdução do sistema de bandas cambiais estabiliza o câmbio em comparação com um sistema de câmbio livre, diminuindo a sua volatilidade;
- o câmbio é mais estável nos extremos da banda que no seu interior, propriedade conhecida na literatura como efeito lua-de-mel. Com isso, deve-se observar, mais frequentemente, taxas de câmbio nos extremos da banda que em seu interior;
- existe um compromisso entre a volatilidade da diferença das taxas de juros internas e externas e a volatilidade do câmbio. Observa-se, portanto, uma volatilidade maior do diferencial de juros nos extremos da banda que em seu interior. Observações do diferencial da taxa de juros são mais frequentes no interior da banda que em seus extremos, e o diferencial da taxa de juros negativamente correlacionado com a taxa de câmbio.

Testes de credibilidade da banda cambial podem ser realizados, caso se observe a adequação do câmbio a tais propriedades. Entretanto, essa abordagem, no caso brasileiro, deve ser utilizada com cautela:

- as autoridades monetárias garantem a flutuação da taxa de câmbio dentro de minibandas que se alteram erráticamente segundo uma tendência estável, o que não tem conformidade com os pressupostos do modelo;
- o diferencial da taxa de juros brasileira não reflete apenas a expectativa de desvalorização cambial, mas também o risco de crédito que depende da

¹ O tratamento da *smile* ou *skew volatility*.

expectativa do déficit público futuro, o que não está considerado no modelo para o fundamento da taxa de câmbio;

- o modelo teórico de bandas assume que a trajetória da taxa de câmbio não apresenta saltos, ou seja, que os fundamentos evoluem continuamente no tempo. Modelos mais elaborados que explicam os fundamentos como processos de reversão à média — Delgado e Dumas (1992) — ou movimento aritmético browniano, Froot e Obstfeld (1992), embora forneçam outras representações do movimento da taxa de câmbio não consideram a possibilidade do salto discreto;
- as medidas de credibilidade baseadas nesses modelos dependem da observação da proporção do tempo em que a taxa de câmbio está próxima dos limites das bandas ou do seu centro, medida que não é adequada para observar uma alteração abrupta do nível de credibilidade da política.

Neste artigo, adotamos uma abordagem alternativa que analisa a credibilidade utilizando os derivativos do Real. A utilização de outros derivativos brasileiros não ocorrerá porque apesar da maior liquidez e da possibilidade de avaliação dos riscos associados à moeda brasileira, inclui, além do risco cambial, outros inerentes a cada um desses derivativos.

A trajetória da taxa de câmbio (S), definida como Real/Dólar, pode ser representada pelo processo (1) onde μ é o nível do processo; σ é o desvio padrão do processo; dz é o incremento de Wiener definido como: $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$, onde $\varepsilon \sim N(0,1)$ e q equivale ao processo de Poisson definido por λ , que é a taxa média de chegada do evento, num período infinitesimal e ϕ , a magnitude da descontinuidade. Os incrementos dz e dq são supostos independentes.²

$$dS/S = \mu dt + \sigma dz + dq \quad (1)$$

onde:

$$\text{Prob}(dq=\phi) = \lambda dt \quad \text{e} \quad \text{Prob}(dq=0) = 1-\lambda dt.$$

Se a probabilidade de uma desvalorização (λ) for muito pequena ou ($\phi=0$) o processo (1) se reduz ao processo (1*) que é um processo de Wiener geométrico com tendência.

$$dS/S = \mu dt + \sigma dz \quad (1^*)$$

Conhecido o preço de exercício (X), o prazo restante para a opção ($T-t$), as taxas de juros em R\$(r) e em US\$(δ) — que fornecem implicitamente a expectativa da tendência de desvalorização (μ) e os parâmetros restantes do processo (1) ou (1*),

² De fato, o valor da desvalorização ϕ não é conhecido e tal hipótese é uma simplificação para tornar o problema tratável.

e ρ a taxa apropriada de desconto frente ao risco, o valor de uma opção européia (o) pode ser formulado por:

$$o = F(S, t) \equiv \max \left\{ \begin{array}{l} E [F(S_t, t + dt) e^{-\rho dt}], \text{ para } t < T \\ [S_t - X, 0], \text{ para } t = T \end{array} \right\} \quad (2)$$

ou no caso de uma opção americana por:

$$o = F(S, t) \equiv \max_{S^*(t)} \left\{ \begin{array}{l} [S_t - X, E[F(S_t, t + dt) e^{-\rho dt}], \text{ para todo } t < T \\ [S_t - X, 0], \text{ para } t = T \end{array} \right\} \quad (2^*)$$

Caso (F) e (f) sejam funções que não têm, necessariamente, expressão analítica e que dados os argumentos, fornecem o valor da opção.

$$o = F(S, t ; \sigma, \lambda, \phi, \rho, T, X) \quad (3)$$

$$o = f(S, t ; \sigma, \rho, T, X) \quad (3^*)$$

Caso a taxa de câmbio evolua segundo o processo (1*), a única grandeza desconhecida no momento do negócio é a volatilidade, pois todos os demais argumentos de (3*) são conhecidos, e portanto, o mercado de opções pode ser visto como um leilão de volatilidades esperadas. Quando o valor da opção corresponde a uma volatilidade maior do que o agente avalia, a opção está barata, e vice-versa, ou seja, o valor da opção reflete a expectativa do mercado a respeito da volatilidade futura da taxa de câmbio.

O mesmo argumento pode ser utilizado para o caso do processo (1). Nesse caso, a política cambial determina, implicitamente, a volatilidade (σ), e admitindo-se conhecida a magnitude (ϕ) da desvalorização no caso de ruptura, o mercado de opções pode ser visto como um leilão de expectativas de ruptura.

O preço com que uma opção é negociada reflete a expectativa dos agentes sobre a volatilidade implícita ou a probabilidade de ruptura que podem ser obtidas com a inversão das funções (f) ou (F).

$$\lambda = F^{-1}(S, t ; o, \sigma, \phi, \rho, T, X) \quad (4)$$

$$\sigma^* = f^{-1}(S, t ; o, \rho, T, X) \quad (4^*)$$

No caso das opções do Real negociadas na BMF, que só podem ser exercidas no vencimento (opções européias), a função (f) tem expressão analítica — a conhecida fórmula de Black-Sholes (1973). Nas opções sobre Futuro de Real negociadas na CME, que podem ser exercidas antes do vencimento (opções americanas), a função (f) pode ser estimada pela aproximação de Barone-Adesi e Whaley (1987). Entretanto, a função (F), para os dois tipos de opção, não tem

expressão analítica, e é necessário utilizar métodos numéricos para obter o seu valor.

A dificuldade apontada no parágrafo anterior sugere um caminho alternativo para avaliação do risco. A rigor, dado que existe a possibilidade de descontinuidade, é necessário resolver o problema associado a (4). Entretanto, vamos admitir que o mercado, ao determinar o prêmio das opções, não utiliza a função (F) mas a função (f) e faz um ajuste na volatilidade implícita para considerar a possibilidade de ruptura.

Neste caso, vamos considerar que a volatilidade implícita obtida utilizando (4*) seja uma aproximação, feita pelo mercado, da volatilidade do processo (1). Dados (σ e ϕ), podemos derivar a probabilidade de ruptura considerando que a volatilidade do processo (1) é dada por:

$$V(dS/S) = \sigma^2 + \lambda\phi^2 \quad (5)$$

Para a adoção dessa estratégia simplificada, é necessário apenas a utilização do método Newton-Raphson para a inversão de (f) que tem, no caso das opções europeia e americana, expressão analítica. Tal estratégia é menos rigorosa do ponto de vista formal, mas talvez seja mais aderente ao funcionamento do mercado, considerando as dificuldades de operar com a função (F) ou (F^{-1}).

Como as componentes contínuas e discretas do processo (1) são, por hipótese independentes, a contribuição da componente discreta para a volatilidade total é dada pela diferença entre as volatilidades implícita e observada ($V(dS/S) - \sigma^2$), que é uma medida indireta da credibilidade que não depende do conhecimento de (ϕ). Obviamente, a suposição de que a desvalorização (ϕ) é conhecida é uma enorme simplificação que foi necessária para a obtenção dos resultados. De fato, não dispomos de um critério para estimar as duas componentes do processo discreto (ϕ) e (λ).

Portanto, a probabilidade de ruptura proposta, que é a medida da não-credibilidade da atual política cambial, será calculada segundo o método exato utilizando a função (F) e segundo o método aproximado pelo uso da função (f) e depois da equação (5).

3 - MODELOS PARA DERIVATIVOS

Admite-se que os incrementos da taxa de câmbio são descritos por um processo contínuo de Wiener, ou melhor, um movimento geométrico browniano com saltos de acordo com a equação (1). Essa equação descreve uma trajetória para S que evolui continuamente, realizando saltos, discretos e erráticos, ou seja, a taxa de variação de S equivale à soma de uma variável estocástica com distribuição normal de média μdt e variância $\sigma^2 dt$ e um choque ocasional com probabilidade λdt de um nível ϕ maior do que zero.

Seja $F(S,t)$ dado por (2) ou (2*), o preço do derivativo em questão. Pode-se, valendo-se do lema de Itô e da construção de um *portfolio* livre de risco,³ escrever para a função $F(S,t)$:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 + (r - \delta) \frac{\partial F}{\partial S} + \frac{\partial F}{\partial t} + \lambda \{F(S + S\phi, t) - F(S, t)\} = rF \quad (6)$$

onde r = taxa de juros livre de risco para a moeda nacional e δ = taxa de juros pagos por investimentos em moeda estrangeira.

A equação (6) é sujeita às seguintes condições de contorno:

$$F(0, t) = 0 \quad (6.1)$$

$$F(S, T) = \max [S - X, 0] \quad (6.2)$$

$$F(S, t) = \max [S - X, F(S, t)] \quad (6.3)$$

$$\begin{aligned} F(S, t) &= S - X \\ \lim_{S \rightarrow \infty} & \end{aligned} \quad (6.4)$$

$$F_s(S^*, t) = 1 \quad (6.5)$$

A equação (6.1) faz parte da definição de (1). As equações (6.2) e (6.3) definem-se a partir das propriedades do derivativo e em função do agente maximizador de recursos. A equação (6.4) equivale a dizer que se o derivativo sobe para um valor muito alto, a opção é exercida e os lucros realizados, totalizando um ganho equivalente a $S-X$. A equação (6.5) equivale à condição de *smooth-pasting*, em que no valor ótimo $S^*(t)$, a função $F(S,t)$ deve ser contínua. A utilização da equação (6.3) ou (6.5), indiferentemente, leva-nos às mesmas soluções.

3.1 - Modelo de Difusão Puro

Caso λ seja zero, a equação (6) equivale à equação diferencial de Black-Scholes, que possui várias soluções, dependendo das condições de contorno e do ativo S em questão. Com efeito, para opções européias (*call* e *put*) a equação (6) possui solução analítica, a saber:

$$\text{No caso de uma } call: o = Se^{-\delta(T-t)} N(d1) - Xe^{-r(T-t)} N(d2)$$

³ Nossa abordagem segue Dixit e Pindyck (1994). A equação de Bellman é utilizada assumindo neutralidade frente ao risco ($\rho = r$) e o risco do *jump* diversificável assim como em Merton (1976). Ainda em Merton (1976), a tendência (μ) é mantida constante, o que equivale em nossa abordagem a substituir a expressão $r' = (r - \delta)$ da equação (6) por $(r - \lambda\phi - \delta)$. Merton (1976) assume $\phi = -1$, e $\delta = 0$; logo, $r' = (r + \lambda)$. A hipótese de diversificação do *jump*, embora simplista, permite-nos eliminar a complicação de trabalhar com preferências entre riscos e retornos na escolha da taxa apropriada para desconto ρ .

No caso de uma *put*: $o = Xe^{-r(T-t)}N(-d2) - Se^{-\delta(T-t)}N(-d1)$

$$d1 = \frac{\ln(S/X) + (r - \delta + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad d2 = d1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

Para opções americanas (*call* e *put*) não se dispõe de soluções analíticas. Métodos numéricos ou aproximações analíticas são, então, utilizados. Nesta pesquisa, para uma *put* americana, como as existentes na CME, utilizou-se a aproximação analítica de Barone-Adesi e Whaley (1987), cuja fórmula é apresentada no Apêndice 1.

3.2 - Modelo de Difusão Misto

Para λ diferente de zero, a equação (6) é uma equação diferencial parcial parabólica e deve ser resolvida numericamente. O método aqui utilizado corresponde ao método das diferenças finitas (MDF) em sua forma explícita. Consiste na transformação das variáveis S e t em incrementos discretos e da equação diferencial parcial (6) em uma equação de diferenças finitas que pode ser resolvida algebricamente a partir da condição de contorno terminal, ou seja, de $t = T$, e procedendo do período final para o inicial até $t = 0$, através de pequenos incrementos ΔS até o encontro do caminho ótimo $S^*(t)$ para todo t . A equação (6) transformada em uma equação de diferenças finitas pode ser resolvida algebricamente. Seja a seguinte discretização para duas variáveis :

$$F(S,t) \equiv F(i\Delta S, j\Delta t) \equiv F_{i,j}$$

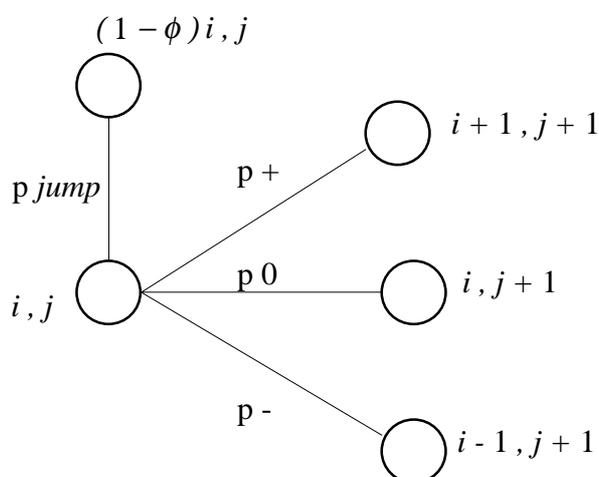
onde: $0 \leq i \leq m$ e $0 \leq j \leq n$.

Com essa discretização, pode-se montar um domínio retangular onde a solução é procurada. A região do domínio para as variáveis são $S \in [0, S_{\text{máx}}]$ e $t \in [0, T]$, onde $S_{\text{máx}} = m\Delta S$.

A condição de contorno (6.4) presume que a variável X assume um valor infinito ($S_{\text{máx}} = \infty$). No modelo faz-se a sua captura tornando o valor de m o maior possível. Como o valor de T (tempo de expiração da opção) é conhecido (determinístico), o valor n é dado por $n = T/\Delta t$.

A escolha da discretização deve ser realizada de modo que todos os coeficientes da equação de diferenças finitas sejam sempre positivos para qualquer valor do domínio de S e t , o que garante a convergência do MDF explícito. Tal determina a escolha dos passos de discretização ΔS e Δt . Pode-se interpretar a equação (8) em

termos de “*jump process*”, com probabilidades de subida (p^+), permanência (p^0), descida (p^-) e de saltos (p^{jump}):⁴



4 - ESTIMATIVAS DO MODELO

Opções que diferem apenas pelo preço de exercício podem apresentar diferentes volatilidades implícitas. Opções com preços de exercício muito abaixo do valor esperado do preço à vista na data de exercício no caso de uma *put*, ou muito acima no caso de uma *call*, são chamadas opções *out-of-the-money* ou opções improváveis, e possuem volatilidade implícita mais alta que opções em que o preço de exercício está ao redor do valor esperado do preço à vista na data de exercício, opções *at-the-money* ou opções prováveis.

Essa propriedade chama-se volatilidade *smile* ou *skew*, e deriva do fato de as opções improváveis constituírem mais risco e dificuldade de proteção, sendo negociadas por uma volatilidade implícita maior e mais cara do que opções prováveis.

A verdadeira volatilidade implícita [Hull (1993) ou DeRosa (1992)] deve refletir uma sensibilidade maior do preço da opção a mudanças na volatilidade implícita. Para medir essa sensibilidade utiliza-se a medida conhecida como delta da opção que é $(|dF(S,t)/dS|)$.⁵

Opções com delta igual a 0,5 (opções *at-the-money*) são mais sensíveis e medem melhor a verdadeira volatilidade implícita. Como a chance de observarmos opções com o delta exatamente igual a 0,5 é pequena, existem diversas técnicas para tratar esse problema, como, por exemplo, a construção de matriz de volatilidades aliada à realização de interpolações ou a ponderações, ou mediante relaxamento da

⁴Probabilidades definidas no Apêndice 2. A análise dessa abordagem, bem como discussões sobre convergência do MDF explícito aplicada à teoria das opções, está apresentada em Brennan e Schwartz (1978) ou Hull e White (1990).

⁵Delta é o valor absoluto da derivada do preço da opção em relação ao preço do ativo.

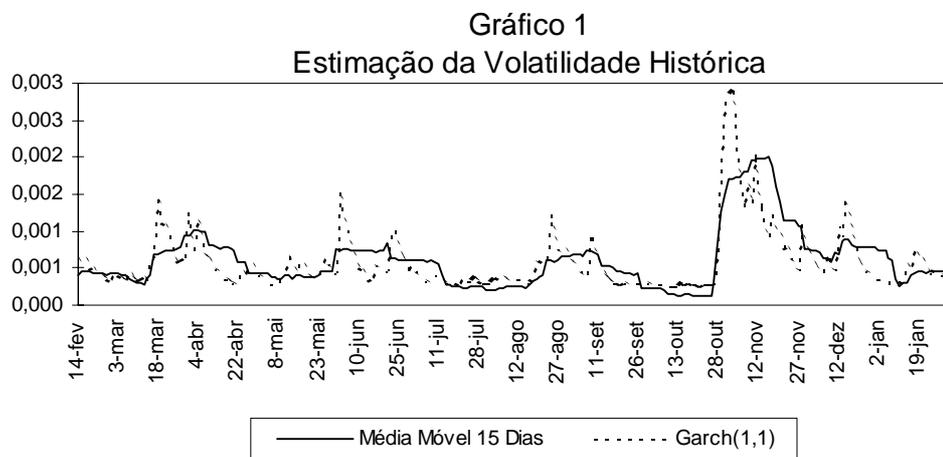
definição, considerando como *at-the-money* as opções com o delta no intervalo [0,3; 0,7].

Neste artigo adotamos a segunda técnica e descartamos as opções nos dias em que o seu delta estivesse fora do intervalo mencionado. Essa estratégia possibilitou um acompanhamento satisfatório da volatilidade implícita da série analisada.

Utilizando os dados da BMF e da CME foram construídas séries temporais diárias das opções mais negociadas em cada dia e classificadas segundo o seu vencimento.

Para cada opção construiu-se uma série temporal vetorial com $(o, T-t, X, r, \delta)$ e do mercado à vista de taxa de câmbio foi construída a série diária de (S, σ) . A função de autocorrelação do quadrado de $(\Delta S/S)$ sugere um modelo GARCH(1,1) para a volatilidade. Entretanto, as suas dificuldades de estimação na presença de pontos espúrios, e da incorporação das propriedades do GARCH(1,1) no modelo que valora as opções, sugeriram a adoção de uma medida simplificada para a volatilidade observada. A adotada foi a variabilidade local de $(\Delta S/S)$.⁶

Para avaliar a possibilidade de essa medida de volatilidade estar subestimando a “verdadeira” volatilidade do processo foi estimado um modelo GARCH(1,1),⁷ e o Gráfico 1 apresenta as duas medidas da volatilidade. Pode-se observar que as duas têm um nível equivalente.



A seguir, são apresentados os Gráficos 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f relativos às três séries mais importantes analisadas na BMF. Cada gráfico contém a volatilidade implícita e histórica calculada da série em questão, enfocando a série total (utilizando todos

⁶ Seja m_t a média móvel de $(\Delta S_t/S_t)$ e σ^2 é a média móvel de $(m_t - \Delta S_t/S_t)^2$.

⁷ O modelo estimado com a variável $(10000\Delta S_t/S_t)$ por motivo de convergência dos métodos de estimação, foi: $h_t = 2,767 + 0,352 + 0,637h_{t-1}$. Os parâmetros do modelo GARCH foram estimados mediante uso do estimador de máxima verossimilhança do pacote PCGIVE 8.0, e também do método SIR — amostragem e reamostragem por importância que é um método bayesiano que obtém pontos da distribuição *a posteriori* destes parâmetros.

os dados da série) e a série de deltas entre 0,3 e 0,7 (utilizando, somente, dados da série cujos deltas pertencem a esse intervalo).

A Série A consiste em opções com maior volume de contratos negociados com vencimento no primeiro ou no segundo mês; a Série B, em série mais líquida de vencimento no primeiro mês. A Série C é a mais líquida com vencimento no segundo mês. Percebe-se que as Séries B e C apresentam padrões semelhantes para a volatilidade implícita. A Série C foi escolhida como padrão para esta pesquisa e conduz a uma boa aproximação da volatilidade implícita no Real no período.

Na CME, pelo menor número de séries existentes negociadas, trabalhou-se com a série mais *at-the-money* considerando o primeiro e o segundo vencimento.

Gráfico 1a
Volatilidade da Série A

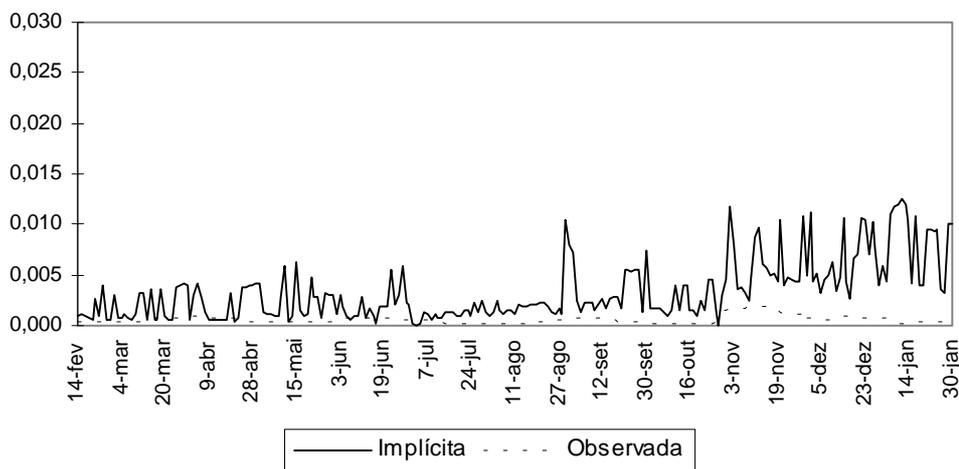


Gráfico 1.b
Volatilidade da Série A Referente a Dados com
 $0,3 < \Delta < 0,7$

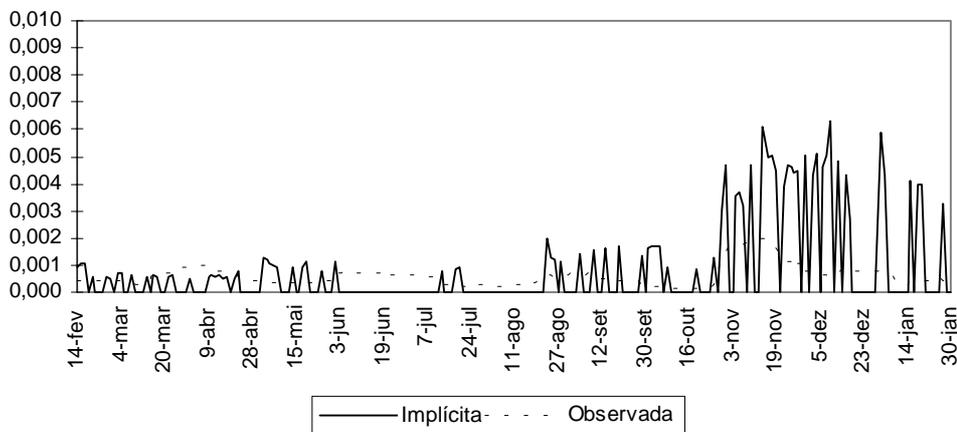


Gráfico 1c

Volatilidade da Série B

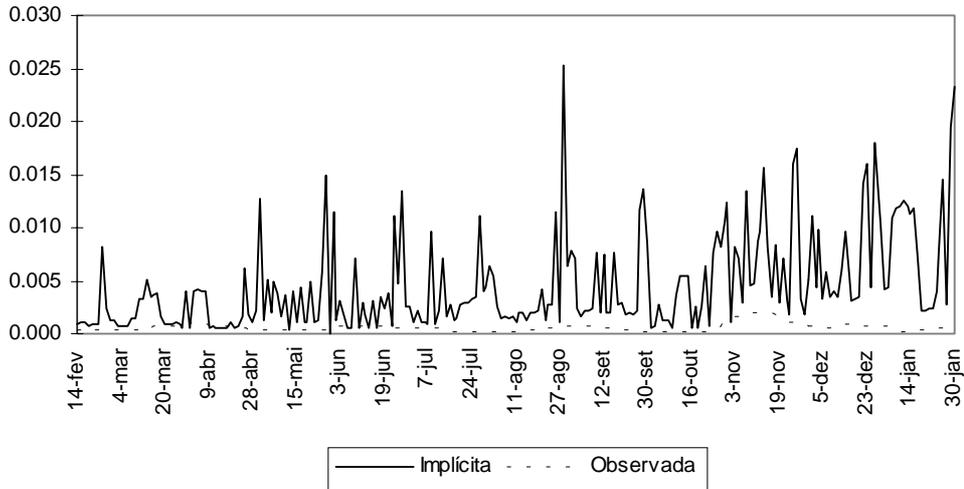


Gráfico 1d

Volatilidade da Série B Referente a Dados com $0,3 < \Delta < 0,7$

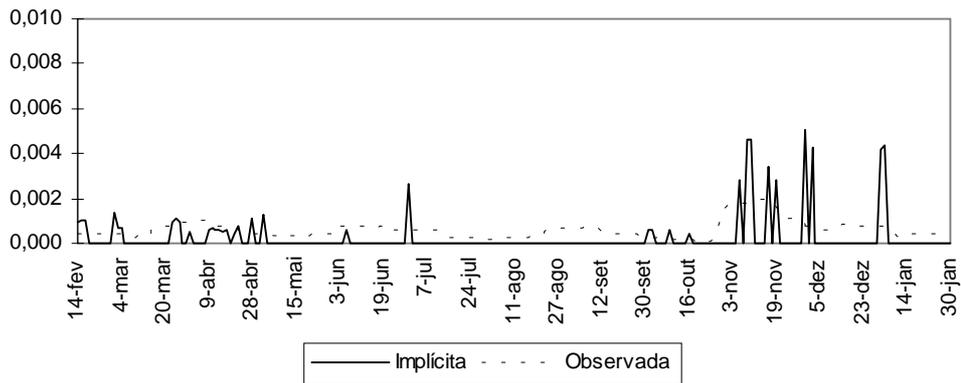


Gráfico 1e

Volatilidade da Série C

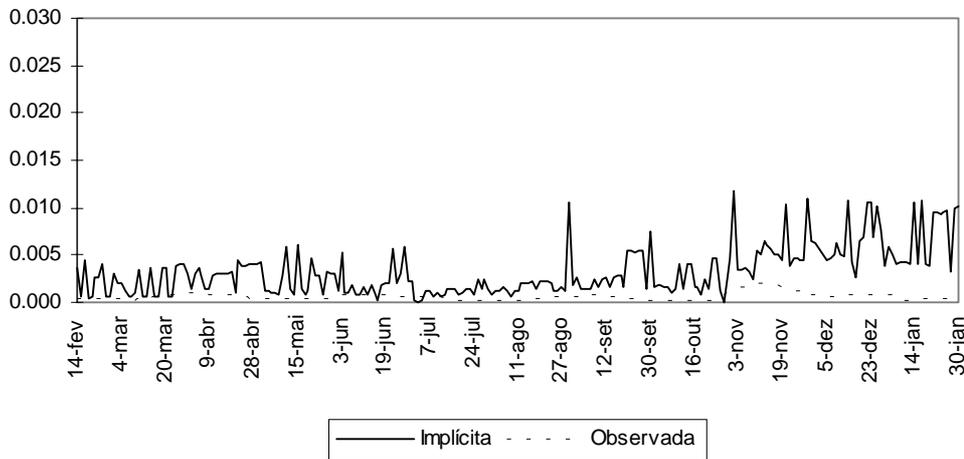
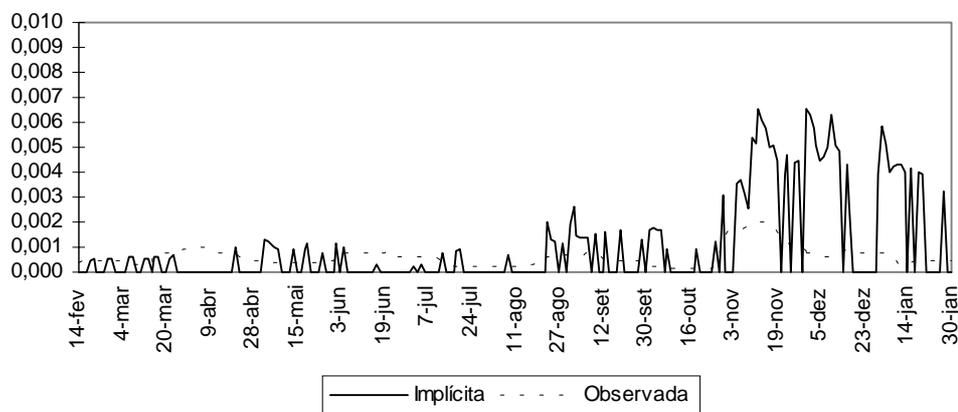


Gráfico 1f

Volatilidade da Série C Referente a Dados com
 $0,3 < \Delta < 0,7$



Para opções da BMF, utilizou-se como taxa de juros em R\$ (r), o Futuro de DI com vencimento no primeiro ou segundo mês conforme a opção em questão. Para a taxa de juros em US\$ (δ), utilizou-se a remuneração para investimentos em dólar no Brasil (cupom cambial), que é a composição do Futuro de Dólar e Futuro de DI nos respectivos vencimentos. As duas taxas foram recalculadas em termos diários utilizando um critério pró-rata. Para opções da CME, utilizou-se uma aproximação considerando a taxa anual de juros americanos como 5,5% a.a.

Evidências empíricas mostram que a distribuição dos retornos de taxas de câmbio tem caudas mais pesadas que a distribuição normal. Vários estudos têm sido desenvolvidos para a obtenção de uma formulação estatística que se adeque mais à realidade. Entre eles, parece importante mencionar Bodurtha e Courtadon (1987). Sugerem que esta característica — leptocurtose — é causada pelo fato de a taxa de câmbio não evoluir conforme uma distribuição log-normal (movimento geométrico browniano) mas sim como um movimento geométrico browniano aliado a saltos (*jump-diffusion process*). Jorion (1988) encontrou evidências de que as discontinuidades são de fato uma importante parte do retorno das taxas de câmbio, além de evidências de que tais discontinuidades não podem ser explicadas por modelos de variância condicional — modelos GARCH — colocando o processo *jump-diffusion* como uma descrição superior para a evolução de taxas de câmbio.

Finalmente, os Gráficos 2 e 3, apresentam o volume negociado nos dois mercados, medido pelo valor da opção multiplicado pelo número de contratos negociados em cada dia. Essa informação fornece uma indicação de liquidez das opções cambiais e mostra que a liquidez da BMF é substancialmente maior do que a da CME, e que o volume diário tem oscilado fora da crise ao redor de 1 milhão de reais que já é um número expressivo.

Gráfico 2

Volume Negociado de Opções de Reais na
BMF (R\$ Milhões)

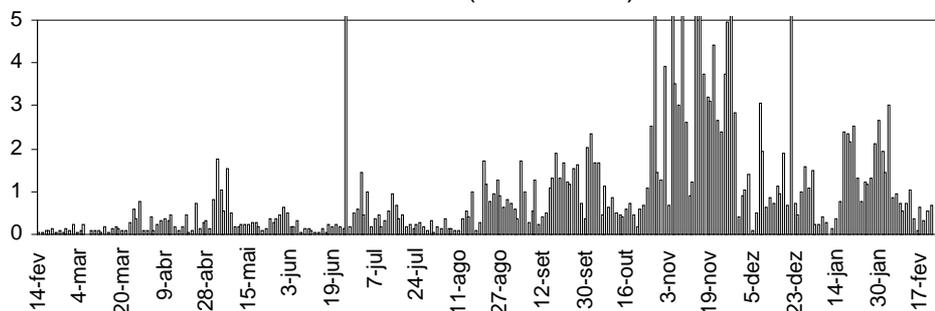
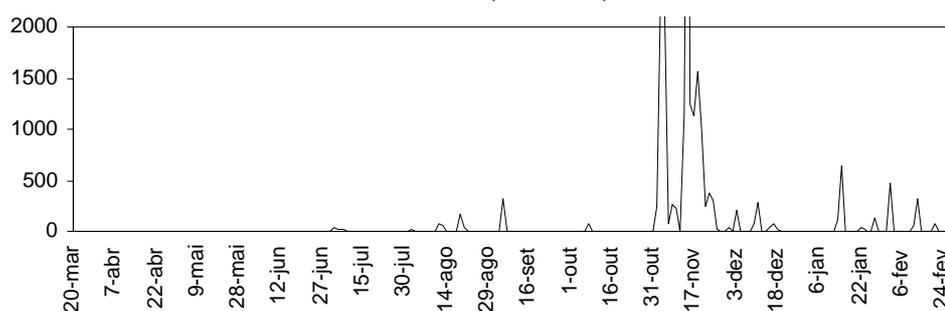


Gráfico 3

Volume Negociado de Opções sobre Futuro de Reais na
CME (US\$ Mil)



5 - RESULTADOS

Os resultados obtidos no período de janeiro de 1997 a fevereiro de 1998 vêm a seguir. Estipulou-se um valor esperado de ϕ igual a 0,2 (expectativa de desvalorização de 20%). Os Gráficos 4 e 5 apresentam a volatilidade implícita e histórica para opções sobre Real na BMF (Série C) e para opções sobre Futuro de Real na CME. A volatilidade implícita é maior do que a histórica em ambos os casos e a diferença entre elas pronuncia-se no mês de novembro, mês de início da crise asiática. Esse aumento da volatilidade implícita, leva-nos a perceber que os agentes estão atribuindo elevado risco à taxa de câmbio adotada no período.

Gráfico 4

Volatilidade das Opções sobre Real na BMF

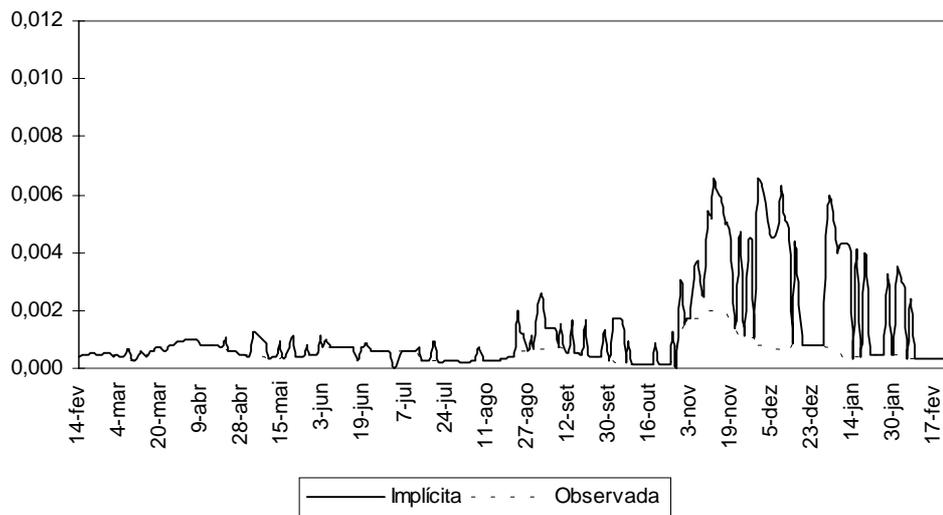
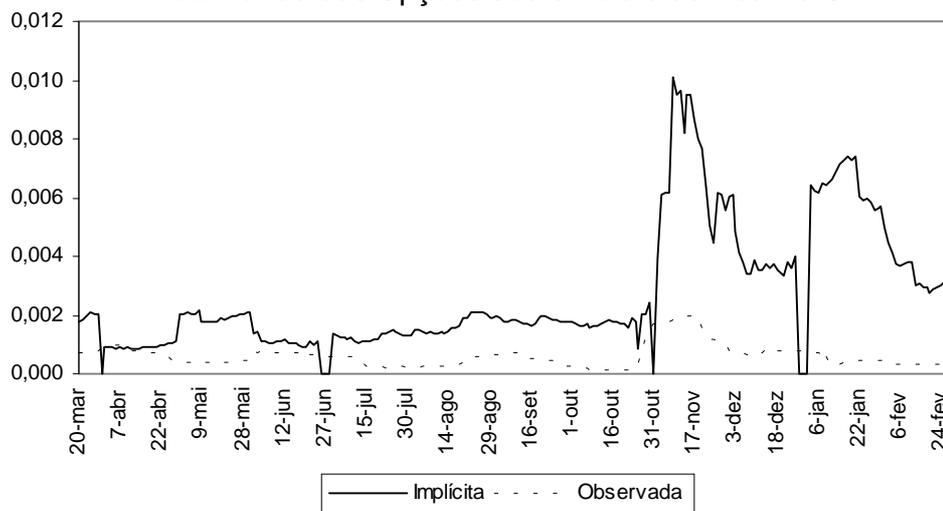


Gráfico 5

Volatilidade das Opções sobre Futuro de Real na CME



Os Gráficos 6 e 7, apresentam a probabilidade (λ) estimada pelo mercado para a ocorrência de uma desvalorização nos próximos 30 dias, considerando o método exato e o aproximado utilizando opções sobre Real e opções sobre Futuro de Real na BMF e CME, respectivamente. A medida (λ), em ambos os casos, é maior quando calculada pelo método exato indicando que a descrição da taxa de câmbio pelo processo de difusão sem *jump* (Black-Scholes) subestima o preço da opção, e vai ao encontro das conclusões obtidas por Jorion (1988).

Gráfico 6

Probabilidade de Ruptura da Política Cambial Estimada com Opções sobre Real na BMF

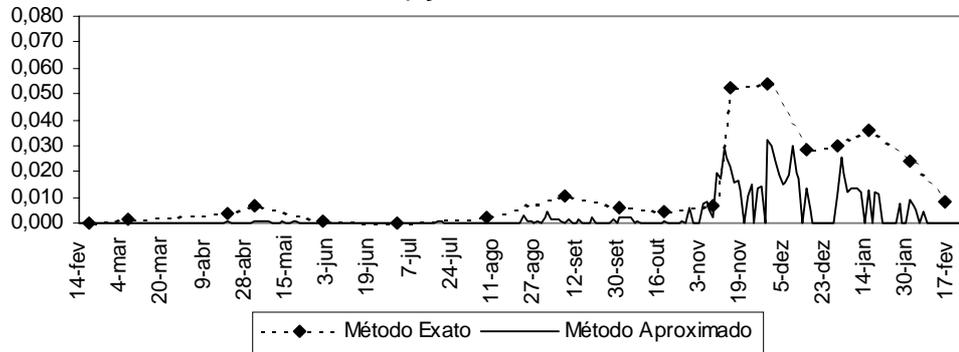
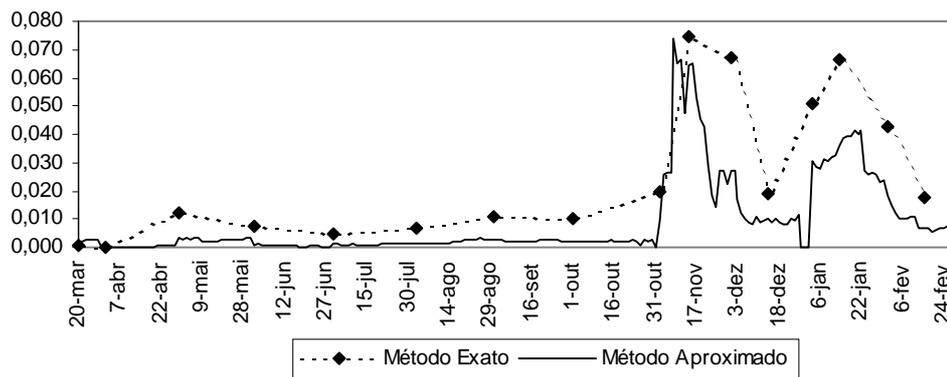


Gráfico 7

Probabilidade de Ruptura da Política Cambial Estimada com Opções sobre Futuro de Real na CME



Ainda para novembro de 1997, mês de início da crise asiática, observa-se um aumento considerável na probabilidade de ruptura da taxa cambial. Entre 20 de outubro e 14 de novembro, observa-se um aumento aproximado de 10 vezes na expectativa de desvalorização do câmbio.

Em dezembro, observa-se uma melhora de cenário, pois entre 14 de novembro e 16 de dezembro, o risco diminuiu cerca de 50%; entre 16 de dezembro e 15 de janeiro, porém, observa-se um aumento de 26%.

Em fevereiro, houve uma considerável recuperação na credibilidade do Real, que se igualou ao nível anterior à crise asiática.

6 - CONCLUSÃO

Os resultados comprovam que a política cambial teve, significativamente, mais credibilidade antes da crise asiática. Após a crise, observa-se uma instabilidade imediata, fazendo com que a política cambial perca sua credibilidade em novembro (mês inicial da crise), melhorando em dezembro, e voltando, em janeiro, a um nível intermediário àquele antes da crise.

Em fevereiro, no entanto, houve uma considerável recuperação na credibilidade do Real, pois retomou o nível anterior à crise asiática.

Importante observar que a utilização do método aproximado tende a subestimar preços de opções.

Esse modelo pode ser aperfeiçoado por incorporação de processos estocásticos mais complexos, com melhor representação da evolução da taxa de câmbio, como, por exemplo, modelos de dois fatores; variância estocástica aliada a *jumps*; equação estocástica para evolução de ϕ ; ou, ainda, a permissão de que a probabilidade de ocorrência de eventos, λ , seja função da taxa de câmbio ou da magnitude, ϕ , esperada para o *jump*.

Uma outra extensão é a utilização da mesma técnica de mensuração de credibilidade aplicada a mercados de opção cambial de moeda para outros países que adotam bandas cambiais, no mesmo período desse exercício. Pode-se inferir, por isso, como o mercado avalia a credibilidade cambial para diferentes países sujeitos ao mesmo evento externo.

APÊNDICE 1

Aproximação de Barone-Adesi e Whaley para opção americana

Caso, $p(S)$ seja o valor de uma *put* europeia, o valor de uma *put* americana é dado por onde S^{**} é estimado pela equação abaixo:

$$\text{Put}(S) = \begin{cases} p(S) + A_1 \left(\frac{S}{S^{**}} \right)^{\gamma_1}, & \text{para } S > S^{**}, \\ X - S, & \text{para } S \leq S^{**} \end{cases}$$

$$X - S^{**} = p(S^{**}) - \left\{ 1 - e^{-\delta(T-t)} N[-d_1(S^{**})] \right\} \frac{S^{**}}{\gamma_1},$$

onde:

$$\gamma_1 = 0.5 * \left[-(\beta - 1) - \sqrt{(\beta - 1)^2 + \frac{4\alpha}{h}} \right]$$

$$A_1 = - \left(\frac{S^{**}}{\gamma_1} \right) \left\{ 1 - e^{-\delta(T-t)} N[-d_1(S^{**})] \right\}$$

$$\beta = \frac{2(r - \delta)}{\sigma^2}, \quad h = 1 - e^{-r(T-t)}, \quad \alpha = \frac{2r}{\sigma^2}$$

Caso o ativo S seja um contrato futuro, faz-se ($\delta=r$) na equação (2), o que equivale ao modelo Black para mercado futuro.

APÊNDICE 2

Aproximações adotadas na discretização

As derivadas parciais serão aproximadas pelas diferenças do seguinte modo:

$$F_{SS} \approx [F_{i+1,j} - 2F_{i,j} + F_{i-1,j}] / (\Delta S)^2 \quad (7.1)$$

$$F_S \approx [F_{i+1,j} - F_{i-1,j}] / 2\Delta S \quad (7.2)$$

$$F_t \approx [F_{i,j+1} - F_{i,j}] / \Delta t \quad (7.3)$$

Utiliza-se a aproximação *central-difference* (7.2) em relação à variável S e a aproximação *forward-difference* (7.3) em relação à variável t. Aplicando as aproximações de diferenças finitas (7.1)-(7.3) na equação (6) e suas correspondentes condições de contorno, temos:

$$F_{i,j} = p^+ F_{i+1,j-1} + p^0 F_{i,j-1} + p^- F_{i-1,j-1} + p_{\text{jump}} F_{i(1-\phi),j} \quad (8),$$

onde :

$$p^+ = \frac{\Delta t}{\Delta t(r + \lambda) + 1} \left[\frac{\sigma^2 i^2}{2} + \frac{(r - \delta)i}{2} \right] \quad p^0 = \frac{\Delta t}{\Delta t(r + \lambda) + 1} \left[\frac{1}{\Delta t} - \sigma^2 i^2 \right]$$

$$p^- = \frac{\Delta t}{\Delta t(r + \lambda) + 1} \left[\frac{\sigma^2 i^2}{2} - \frac{(r - \delta)i}{2} \right] \quad p_{\text{jump}} = \frac{\Delta t}{\Delta t(r + \lambda) + 1} \lambda$$

Observe que para garantir a convergência do MDF explícito, escolhemos Δt e ΔS de modo que todos os coeficientes p sejam maiores do que zero em todo domínio onde a solução é procurada. Referências sobre o Método das Diferenças Finitas podem ser encontradas em Ames (1977), Smith (1971) ou Collatz (1966).

BIBLIOGRAFIA

- AMES, W. F. *Numerical methods for partial differential equations*. New York: Academic Press, 1977.
- BARONE-ADESI, G., WHALEY, R. Efficient analytic approximation of American option values. *Journal of Finance*, v.42, 1987.
- BLACK, F., SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v.81, p.637-659, 1973.
- BODURTHA, J., GEORGES Jr. N., COURTADON, R. Tests of an American option pricing model on the foreign currency options market. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v.22, 1987.
- BRENNAM, M., SCHWARTZ, J. Finite difference methods and jump process arising in the pricing of contingent claims: a synthesis. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v.20, 1978.
- COLLATZ, L. *The numerical treatment of differential equations*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1966.
- DELGADO, F., DUMAS, B. Target zones, broad and narrow. *Exchange Rate Targets and Currency Bands*. NBER. 1992.
- DeROSA, D. F. *Options on foreign exchange*. Chicago, Ill.: Probus Publishing Company, 1992.
- DIXIT, A. K., PINDYCK, R. S. *Investment under uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press, 1994.
- FROOT, K. A., OBSTFELD, M. Stochastic process switching: some simple solutions. *Exchange Rate Targets and Currency Bands*. NBER. 1992.
- HULL, J. C. *Options, futures and other derivative securities*. 1993.
- HULL, J. C., WHITE, A. Valuing derivative securities using the explicit finite difference method. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v.25, 1990.
- JORION, P. On jump process in the foreign exchange and stock markets. *Review of Financial Studies*, v.1, 1988.
- KRUGMAN, P. R. Target zones and exchange rate dynamics. *Quarterly Journal of Economics*, v.106, 1991.

MERTON, R. C. Option pricing when underlying stock returns are discontinuos.
Journal of Financial Economics, v.3, 1976.

SMITH, G. D. *Numerical solution of partial differential equations*. London:
Mathematical Handbooks, Oxford University Press, 1971.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)