



BANCO CENTRAL DO BRASIL

Trabalhos para Discussão **153**

**Aplicação da Amostragem por Importância
à Simulação de Opções Asiáticas Fora do Dinheiro**

Jaqueline Terra Moura Marins

Dezembro, 2007

ISSN 1519-1028
CGC 00.038.166/0001-05

Trabalhos para Discussão	Brasília	n° 153	Dez	2007	P. 1-31
--------------------------	----------	--------	-----	------	---------

Trabalhos para Discussão

Editado pelo Departamento de Estudos e Pesquisas (Depep) – *E-mail*: workingpaper@bcb.gov.br

Editor: Benjamin Miranda Tabak – *E-mail*: benjamin.tabak@bcb.gov.br

Assistente Editorial: Jane Sofia Moita – *E-mail*: jane.sofia@bcb.gov.br

Chefe do Depep: Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo – *E-mail*: carlos.araujo@bcb.gov.br

Todos os Trabalhos para Discussão do Banco Central do Brasil são avaliados em processo de *double blind referee*.

Reprodução permitida somente se a fonte for citada como: Trabalhos para Discussão nº 153.

Autorizado por Mário Mesquita, Diretor de Política Econômica.

Controle Geral de Publicações

Banco Central do Brasil

Secre/Surel/Dimep

SBS – Quadra 3 – Bloco B – Edifício-Sede – 1º andar

Caixa Postal 8.670

70074-900 Brasília – DF

Telefones: (61) 3414-3710 e 3414-3567

Fax: (61) 3414-3626

E-mail: editor@bcb.gov.br

As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

Ainda que este artigo represente trabalho preliminar, citação da fonte é requerida mesmo quando reproduzido parcialmente.

The views expressed in this work are those of the authors and do not necessarily reflect those of the Banco Central or its members.

Although these Working Papers often represent preliminary work, citation of source is required when used or reproduced.

Central de Atendimento ao Público

Endereço: Secre/Surel/Diate

Edifício-Sede – 2º subsolo

SBS – Quadra 3 – Zona Central

70074-900 Brasília – DF

DDG: 0800 9792345

Fax: (61) 3414-2553

Internet: <http://www.bcb.gov.br>

Aplicação da Amostragem por Importância à Simulação de Opções Asiáticas Fora do Dinheiro

Jaqueline Terra Moura Marins*

Resumo

Este Trabalho para Discussão não deve ser citado como representando as opiniões do Banco Central do Brasil. As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

Resultados anteriores mostraram que as principais técnicas de redução de variância tiveram um bom desempenho na simulação Monte Carlo de opções asiáticas (Marins, Santos e Saliby, 2003). A técnica da Variável de Controle apresentou o melhor desempenho em termos de precisão das estimativas, enquanto que a Amostragem Descritiva foi a melhor técnica em termos de tempo de processamento. Entretanto, essas performances se deterioravam à medida que diminuía a probabilidade de exercício das opções asiáticas, ou equivalentemente, que as mesmas tornavam-se fora do dinheiro. Nesta região, o exercício da opção se torna um evento raro e o processo de simulação fica prejudicado. Uma possível solução é aplicar a técnica conhecida por Amostragem por Importância, que é específica para lidar com problemas de simulação de eventos raros e que já havia apresentado bons resultados na simulação de opções européias fora do dinheiro (Saliby, Marins and Santos, 2005). Portanto, o objetivo deste artigo é usar a Amostragem por Importância na simulação de opções asiáticas fora do dinheiro, a fim de verificar se a precisão das estimativas é preservada. Também é implementada a combinação da Amostragem por Importância com as duas melhores técnicas, Variável de Controle e Amostragem Descritiva. Os resultados mostraram que a Amostragem por Importância não foi apenas crucial para permitir a simulação na região fora do dinheiro, como também para possibilitar ganhos adicionais de precisão quando combinada com as outras duas técnicas.

Palavras-chave: Amostragem por Importância, Amostragem Descritiva, Variável de Controle, Opções Asiáticas.

Classificação JEL: C15.

* Departamento de Estudos e Pesquisas, Banco Central do Brasil. E-mail: jaqueline.terra@bcb.gov.br

1 Introdução

Apesar de as técnicas de redução de variância (TRV) testadas em Marins, Santos e Saliby (2003) para o caso de opções asiáticas terem se mostrado eficientes, observou-se uma degradação dessa eficiência quando essas opções tornavam-se fora do dinheiro. Esse mesmo problema de deterioração da eficiência das TRV's foi identificado no caso da simulação de opções européias em Saliby, Marins and Santos (2005), onde a Amostragem por Importância (AI) foi então usada como solução. Será que a aplicação da AI também ajudará a resolver o problema no caso das opções asiáticas?

O objetivo aqui é aplicar a Amostragem por Importância à simulação do prêmio de opções asiáticas hipotéticas, para verificar se o ganho de precisão dos prêmios estimados é preservado em regiões onde as opções se tornam fora do dinheiro, ou equivalentemente, onde a probabilidade de exercício das opções se torna baixa.

Também são testadas diferentes formas de implementação da Amostragem por Importância, para verificar a possibilidade de ganhos adicionais. Dado o bom desempenho da técnica Variável de Controle obtido em Marins, Santos e Saliby (2003), em especial quando combinada com a Amostragem Descritiva, essas duas outras técnicas também são aqui associadas à Amostragem por Importância.

Na seção 2, está descrita a metodologia para a implementação das combinações de técnicas aqui usadas. Na seção 3, os resultados são apresentados. Em seguida, são feitas conclusões, buscando-se responder à pergunta inicialmente feita.

2 Metodologia

As técnicas aqui testadas são variações da Amostragem por Importância. São elas:

- Amostragem por Importância na sua forma pura, denominada apenas AI.
- Amostragem por Importância combinada com Amostragem Descritiva, denominada AI+AD.
- Amostragem por Importância combinada com Variável de Controle, denominada AI+VC.
- Amostragem por Importância combinada com Amostragem Descritiva e Variável de Controle, denominada AI+AD+VC.

O ganho de precisão de cada técnica será avaliado em termos da redução percentual do erro-padrão dos prêmios estimados. O ganho total de precisão será

avaliado em relação ao erro-padrão obtido pela amostragem tradicionalmente usada em simulação, a Amostragem Aleatória Simples (AAS).

Ganhos marginais de precisão também serão calculados, para se ter uma idéia mais clara da contribuição da incorporação de cada técnica para a redução da variância das estimativas. Assim, no caso da AI, o ganho marginal é calculado em relação à AAS e, portanto, equivale ao ganho total. No caso da combinação da AI+AD, o ganho marginal é calculado em relação à AI. Quando se incorpora a técnica VC na análise, o ganho marginal da combinação AI+VC é calculado em relação à AI, e o ganho marginal da combinação AI+AD+VC é calculado em relação à AI+AD.

Na Tabela 1 abaixo, estão reproduzidos os valores dos parâmetros do mesmo experimento de simulação utilizado em Marins, Santos e Saliby (2003). Cabe ressaltar que esses valores não foram obtidos por estimação, mas sim estabelecidos hipoteticamente. A diferença é que, desta vez, o experimento simulará os prêmios para mais valores do preço de exercício na região fora do dinheiro (K mais elevados). Em cada técnica, foram utilizadas as mesmas sementes de aleatórios para todos os K, de forma a assegurar a comparabilidade entre as técnicas. Todas as rotinas de simulações foram desenvolvidas no *software* MATLAB.

Tabela 1: Valores hipotéticos dos parâmetros do experimento de simulação

S₀	Preço inicial ativo-objeto da opção (t=0)	\$55
R_f	Taxa anual de juros livre de risco	3%
K	Preços de exercício da opção (\$)	\$55 a \$68
σ	Volatilidade anual do ativo	20%, 30% e 40%;
t	Pontos da Trajetória (dias úteis)	1, 2, ..., 42
T	Prazo de vencimento das opções (dias úteis)	42
	Nº de observações por corrida (trajetórias)	1000
	Nº de corridas	40

O modelo de simulação utilizado para gerar as trajetórias dos preços do ativo-objeto das opção asiáticas é o mesmo empregado para o caso de opções européias. Este modelo é representado por:

$$S_t = S_{t-1} e^{[(R_f - \sigma^2 / 2) * dt + \sigma * \sqrt{dt} * Z_t]} , \quad (1)$$

Onde:

S_t = preço do ativo na data t ;

S_{t-1} = preço do ativo na data $t - 1$;

dt = intervalo de tempo (1 dia útil, no caso);

Z_t = variável aleatória normal padrão referente ao instante t .

As opções asiáticas aqui simuladas têm sua função *payoff* calculada sobre a média aritmética dos preços do ativo-objeto ao longo da vida das opções:

$$Payoff = \max(0; \bar{S} - K), \quad (2)$$

Onde:

\bar{S} = média aritmética dos preços do ativo-objeto da opção entre a data inicial e a data de vencimento da opção.

2.1 Amostragem por Importância Padrão (AI)

Quando as observações de simulação são geradas diretamente, como no caso da AAS, muitas delas podem cair em regiões de pouco ou até mesmo nenhum interesse como, por exemplo, aquelas que resultam num *payoff* nulo. A presença de eventos raros relevantes pode afetar a precisão das estimativas.

Ao se lidar com opções fora do dinheiro, poucas trajetórias de preços com *payoffs* positivos serão simuladas, embora seus prêmios sejam calculados pela combinação de ambos os resultados: *payoffs* nulos e não nulos. Este conjunto desequilibrado de resultados leva a estimativas imprecisas. O objetivo da AI é restaurar este equilíbrio, fazendo uso de uma modificação apropriada do problema.

No caso da simulação de opções asiáticas, a AI altera os parâmetros do problema de simulação, mas não o modelo, de forma que a opção não fique mais fora do dinheiro, ou, equivalentemente, de forma que se traga os preços do ativo-objeto para uma região de “importância”. Após a mudança, a abordagem usual da AI é continuar usando o método amostral tradicional de *Monte Carlo* para o problema modificado (AAS). Esta idéia aplicada ao caso de apreçamento de opções é descrita em Boyle, Broadie e Glasserman, 1997 e em Glasserman, 2004. Neste artigo, o parâmetro alterado foi a taxa de retorno do ativo, deslocando assim a distribuição de preços do ativo para a direita. Portanto, na Equação (1), em vez de se usar valores aleatórios Z_t da distribuição normal

padrão, valores Z'_t são retirados aleatoriamente da distribuição normal deslocada com média $\mu > 0$ e desvio-padrão unitário. Ao final do processo, o *payoff* simulado deve então ser ajustado, de forma a voltar a dar respostas que dizem respeito ao problema original. Isto foi feito multiplicando-se cada resultado simulado pela chamada *razão de verossimilhança*, que, para o caso do apreçamento de opções asiáticas, é dada por:

$$Razão = e^{-0,5 * \left[\sum_{i=1}^{dim} Z_i^2 - \sum_{i=1}^{dim} \left(Z_i - \frac{\mu}{\sigma} \sqrt{dt} \right)^2 \right]}, \quad (3)$$

Onde:

$$Z'_t \sim N(\mu, 1),$$

dim = número de dimensões do problema (ou quantidade de passos da trajetória de preços do ativo).

A Equação (3) decorre da fórmula mais geral da *razão de verossimilhança*. Suponha que se deseje estimar por simulação o parâmetro $\alpha = E[h(X)]$, onde h é qualquer função da variável aleatória X com densidade de probabilidade f . Sendo g uma outra função densidade de probabilidade, pode-se escrever que:

$$\alpha = E(h(x)) = \int h(x) f(x) dx = \int h(x) \frac{f(x)}{g(x)} g(x) dx = E_g \left(h(x) \frac{f(x)}{g(x)} \right), \quad (4)$$

Onde:

E_g = Valor Esperado obtido com X distribuído de acordo com a densidade g .

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \text{Razão de Verossimilhança.}$$

Os dois estimadores do parâmetro α em questão são:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h(X_i) \Rightarrow \text{estimador por Monte Carlo tradicional (AAS)}$$

$$\hat{\alpha}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h(X_i) \frac{f(X_i)}{g(X_i)} \Rightarrow \text{estimador por Amostragem por Importância}$$

Pela Equação (4), o estimador por Amostragem por Importância é um estimador não-tendencioso de α . A escolha da função de densidade g é que determinará a extensão

da redução de variância obtida pela Amostragem por Importância. No presente caso das opções asiáticas, h , f e g são respectivamente, a função *payoff*, a função densidade de probabilidade da Normal Padrão e a função densidade de probabilidade da Normal deslocada, resultando na Equação (3) acima.

2.2 Amostragem por Importância com Amostragem Descritiva (AI+AD)

A técnica AD está apresentada em Saliby (1990). Esta técnica implica em selecionar deterministicamente, e não mais aleatoriamente, os valores da variável de entrada do modelo de simulação, de modo a não se incorrer em erros amostrais desnecessários no processo de simulação. Ao se incorporar esta técnica na análise da AI, os valores aleatórios Z da Equação (1) são substituídos por valores escolhidos deterministicamente da distribuição normal deslocada (Z_d).

O procedimento de seleção determinística consistiu primeiramente em estratificar a distribuição acumulada da normal deslocada $N(\mu,1)$ em n partes de igual probabilidade e em usar o ponto médio de cada estrato. Os n elementos selecionados compõem o conjunto de valores descritivos, os quais serão permutados aleatoriamente a fim de gerar uma amostra descritiva. Este método garante que todos os estratos da distribuição normal $N(\mu,1)$ estejam representados na amostra.

De outra forma, o conjunto de valores descritivos (Z_{di}), é dado por:

$$Z_{di} = F^{-1}\left(\frac{i-1+0.5}{n}\right) = F^{-1}\left[\frac{(i-0.5)}{n}\right], \quad (5)$$

Onde:

n = tamanho da amostra descritiva,

$i = 1, 2, 3, \dots, n$,

Z_{di} = i -ésimo valor do conjunto descritivo,

F^{-1} = inversa da função distribuição acumulada da variável de entrada do modelo de simulação (Z no presente estudo).

2.3 Amostragem por Importância com Variável de Controle (AI+VC)

A forma mais usual de aplicação da técnica VC é a substituição do problema de simulação em análise (apreçamento de opções asiáticas aritméticas), que não dispõe de solução analítica, por um similar mais simplificado, que possui esse tipo de solução

(apreçamento de opções asiáticas geométricas)¹. Com a simulação do prêmio das opções geométricas e o cálculo de sua solução analítica, o erro de simulação pode ser obtido para o caso das opções geométricas e, em seguida, aplicado ao caso da simulação das opções aritméticas, para que se promova um ajuste nas estimativas de prêmio aritmético. Ao se combinar a VC com a AI padrão, os valores simulados passam a usar como método amostral a AI ao invés da AAS, que, como já explicado anteriormente, consiste basicamente em sortear de uma distribuição normal deslocada os valores aleatórios.

A aplicação da técnica combinada AI+VC ao caso das opções de compra asiáticas aritméticas em estudo é representada pela Equação (6) abaixo:

$$PA_{AI+VC} = PA_{AI} + \beta(C - PG_{AI}), \quad (6)$$

Onde:

PA_{AI+VC} = prêmio de opções asiáticas aritméticas, estimado por AI+VC;

PA_{AI} = prêmio de opções asiáticas aritméticas, estimado por simulação usando AI como método amostral;

PG_{AI} = prêmio de opções asiáticas geométricas, estimado por simulação usando AI como método amostral.

β = coeficiente angular da regressão por Mínimos Quadrados Ordinários entre PA_{AI} e PG_{AI} ;

C = prêmio analítico obtido pelo modelo de *Black and Scholes* para o caso geométrico².

2.4 Amostragens por Importância e Amostragem Descritiva com Variável de Controle (AI+AD+VC)

Neste caso, a AI será feita de forma integrada à AD, antes de se aplicar o controle no processo de simulação. Em vez de se sortear aleatoriamente valores amostrais da distribuição normal deslocada, esta combinação AI+AD faz com que os valores sejam escolhidos deterministicamente desta distribuição.

Quando o controle é aplicado, o prêmio aritmético é obtido de forma idêntica ao obtido pela Equação (6), à exceção de que PA e PG serão agora estimados por simulação usando a combinação AI+AD como método amostral.

¹ Bratley, Fox and Schrage, 1987.

² A fórmula de C encontra-se em Hull, 2005.

3 Resultados

Antes de apresentar os resultados das técnicas, é conveniente examinar o que acontece com a probabilidade de exercício das opções à medida que K aumenta. A Tabela 2 abaixo mostra a involução da probabilidade de exercício de regiões dentro do dinheiro até regiões fora do dinheiro. Essa probabilidade de exercício apresentada foi calculada por meio de uma simulação *Monte Carlo* gigante (10.000 corridas de tamanho 1.000 cada), uma vez que não havia como se obtê-la analiticamente, por se tratar de opções asiáticas aritméticas. Essa simulação gigante também possibilitou calcular uma estimativa do prêmio das opções para os diversos valores de K considerados. Sendo assim, a simulação gigante fornece um parâmetro para as estimativas de prêmio e de probabilidade de exercício, na falta de uma solução analítica, e será aqui chamada de Simulação-Parâmetro.

Como o interesse é nas regiões fora do dinheiro, variou-se o K em \$1 a partir de $K=\$55$, onde K iguala S_0 , para se examinar essa região mais detalhadamente. Como esperado, observa-se, por esta tabela, probabilidades de exercício das opções de 100% nas regiões dentro do dinheiro. Quando a opção se aproxima da região fora do dinheiro, esta probabilidade começa a cair. Em $K=\$55$, a probabilidade cai para aproximadamente 50%. Daí em diante, a queda se acelera, chegando rapidamente a probabilidades próximas de zero. A partir de $K=\$69$, chega-se a uma situação em que a probabilidade de exercício calculada se torna zero absoluto para os valores dos parâmetros de simulação considerados, e, portanto, não há mais interesse em ir além desse valor de K . Dessa forma, para o estudo da Amostragem por Importância, os valores de K aqui considerados variaram entre \$55 e \$68, com incremento de \$1.

Tabela 2: Probabilidades de Exercício e Prêmios das opções de compra do tipo asiáticas obtidos pela Simulação-Parâmetro (10.000 corridas de tamanho 1.000 cada) para diversos valores do preço de exercício K.

K(\$)	Prob. de Exercício	Prêmio (\$)
30	100.00%	25.0120
35	100.00%	20.0370
40	100.00%	15.0619
45	100.00%	10.0868
50	98.12%	5.1271
55	50.99%	1.0946
56	35.97%	0.6630
57	23.14%	0.3713
58	13.53%	0.1918
59	7.19%	0.0913
60	3.47%	0.0401
61	1.54%	0.0163
62	0.62%	0.0061
63	0.23%	0.0021
64	0.08%	0.0007
65	0.03%	0.0002
66	0.01%	0.0001
67	0.00%	0.0000
68	0.00%	0.0000
69	0.00%	0.0000
70	0.00%	0.0000
75	0.00%	0.0000
80	0.00%	0.0000
85	0.00%	0.0000
90	0.00%	0.0000

A Tabela 3 abaixo apresenta os prêmios estimados pelas técnicas AI e AI+AD, assim como os respectivos erros-padrão das estimativas de prêmio. A distribuição de probabilidade dos prêmios foi obtida por simulação do modelo definido pelas equações (1) e (2), usando os valores hipotéticos dos parâmetros apresentados na Tabela (1). A média e o desvio-padrão dessa distribuição simulada são respectivamente o prêmio estimado e o erro-padrão dessa estimativa.

Foram considerados vários valores de deslocamentos (μ), de 0.00 a 1.50.³ Para esse conjunto de valores de μ e qualquer que seja a técnica considerada, observa-se uma não-tendenciosidade das estimativas, quando comparadas à Simulação-Parâmetro da Tabela 2. Isso corrobora o resultado teórico apresentado na seção 2.1, sobre a não-tendenciosidade de um estimador por Amostragem por Importância.

³ Os dados da coluna $\mu = 0$ referente à técnica AI são equivalentes aos que seriam obtidos pelo método AAS puramente.

Tabela 3: Prêmios e Erros-Padrão das opções de compra do tipo asiáticas estimados por AI e AI+AD, para vários valores do parâmetro de deslocamento e vários valores do preço de exercício K.

AI	K	0.00	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50
Prêmios	55	1.0958	1.0951	1.0918	1.0935	1.0987	1.0965	1.0981	1.0907	1.0689
	56	0.6640	0.6636	0.6622	0.6598	0.6630	0.6686	0.6654	0.6670	0.6594
	57	0.3725	0.3728	0.3711	0.3699	0.3690	0.3723	0.3768	0.3734	0.3748
	58	0.1917	0.1926	0.1928	0.1910	0.1905	0.1905	0.1931	0.1962	0.1932
	59	0.0913	0.0913	0.0920	0.0917	0.0904	0.0904	0.0908	0.0924	0.0943
	60	0.0399	0.0402	0.0402	0.0405	0.0401	0.0394	0.0396	0.0400	0.0407
	61	0.0159	0.0162	0.0163	0.0163	0.0164	0.0161	0.0158	0.0160	0.0163
	62	0.0058	0.0058	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0060	0.0059	0.0060
	63	0.0021	0.0021	0.0020	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0020	0.0020
	64	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006
	65	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	66	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Erro-Padrão	55	0.0449	0.0389	0.0281	0.0263	0.0346	0.0437	0.0676	0.1113	0.1594
	56	0.0353	0.0302	0.0238	0.0192	0.0225	0.0292	0.0369	0.0613	0.1005
	57	0.0249	0.0221	0.0176	0.0146	0.0137	0.0181	0.0223	0.0303	0.0518
	58	0.0170	0.0142	0.0119	0.0100	0.0087	0.0096	0.0131	0.0160	0.0238
	59	0.0113	0.0092	0.0069	0.0064	0.0054	0.0050	0.0064	0.0086	0.0112
	60	0.0078	0.0059	0.0040	0.0033	0.0033	0.0027	0.0028	0.0040	0.0050
	61	0.0057	0.0038	0.0024	0.0017	0.0016	0.0015	0.0013	0.0015	0.0023
	62	0.0038	0.0028	0.0013	0.0010	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006	0.0008
	63	0.0021	0.0016	0.0008	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
	64	0.0012	0.0008	0.0005	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	65	0.0007	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	66	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	67	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Tabela 3 (cont.): Prêmios e Erros-Padrão das opções de compra do tipo asiáticas estimados por AI e AI+AD, para vários valores do parâmetro de deslocamento μ e vários valores do preço de exercício K.

AI+AD	K	0.00	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50
Prêmios	55	1.0989	1.0971	1.0947	1.0958	1.0938	1.0866	1.0807	1.0817	1.0909
	56	0.6660	0.6659	0.6643	0.6629	0.6641	0.6622	0.6554	0.6506	0.6508
	57	0.3732	0.3727	0.3731	0.3719	0.3711	0.3722	0.3705	0.3650	0.3616
	58	0.1939	0.1927	0.1923	0.1930	0.1920	0.1916	0.1924	0.1911	0.1871
	59	0.0934	0.0926	0.0914	0.0915	0.0920	0.0912	0.0912	0.0916	0.0907
	60	0.0412	0.0411	0.0404	0.0399	0.0401	0.0404	0.0399	0.0400	0.0402
	61	0.0168	0.0166	0.0165	0.0163	0.0161	0.0162	0.0164	0.0161	0.0162
	62	0.0065	0.0064	0.0061	0.0062	0.0061	0.0060	0.0061	0.0061	0.0060
	63	0.0022	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021
	64	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
	65	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	66	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Erro-Padrão	55	0.0202	0.0137	0.0129	0.0165	0.0220	0.0307	0.0611	0.1159	0.1856
	56	0.0198	0.0134	0.0101	0.0123	0.0148	0.0193	0.0301	0.0598	0.1051
	57	0.0173	0.0135	0.0074	0.0086	0.0101	0.0121	0.0158	0.0275	0.0511
	58	0.0122	0.0101	0.0067	0.0051	0.0065	0.0075	0.0091	0.0124	0.0227
	59	0.0079	0.0067	0.0049	0.0034	0.0035	0.0044	0.0051	0.0061	0.0093
	60	0.0055	0.0040	0.0032	0.0024	0.0019	0.0022	0.0026	0.0032	0.0038
	61	0.0041	0.0026	0.0017	0.0015	0.0011	0.0010	0.0013	0.0015	0.0018
	62	0.0027	0.0019	0.0009	0.0007	0.0007	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008
	63	0.0015	0.0011	0.0006	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003
	64	0.0008	0.0006	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	65	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	66	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	67	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Os dados de erros-padrão da Tabela 3 indicam que a técnica AI passa a funcionar melhor, como técnica redutora de variância, a partir do momento em que a opção se torna fora do dinheiro, isto é, para valores de K acima de \$55. No caso de K abaixo desse valor, a redução de variância ocorre apenas para pequenos valores de μ . Isso corrobora o fato de a AI padrão ser uma técnica eficiente para tratar eventos raros ou, no caso, de baixa probabilidade de exercício.

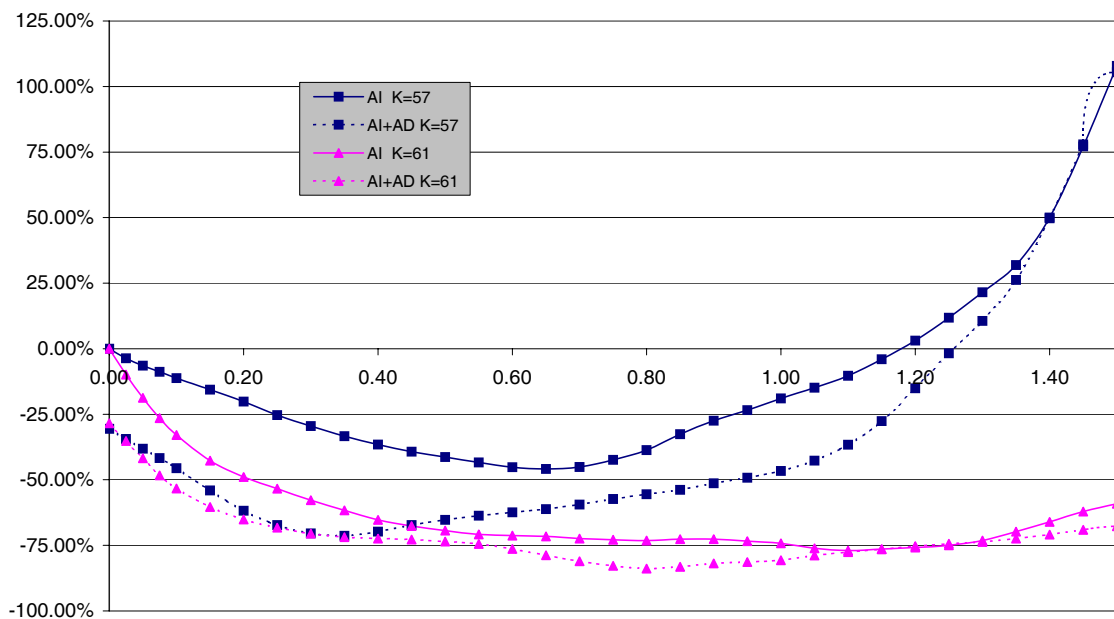
Para o conjunto considerado de valores de μ , nota-se que os erros-padrão associados a cada K decrescem até um certo valor de μ . e depois crescem. Há portanto um valor ótimo de μ . que minimiza a variância para cada K⁴.

As estimativas de prêmio obtidas por ambas as técnicas, AI e AI+AD, apresentaram ganho de precisão em relação à AAS na região fora do dinheiro. O Gráfico 1 abaixo mostra a variação percentual do erro-padrão dos prêmios estimados

⁴ A existência de um nível ótimo de deslocamento que minimiza da variância do estimador por AI é demonstrada analiticamente em Glasserman, Heidelbergger and Shahabuddin, 1999.

por ambas as técnicas em relação ao erro-padrão obtido pela AAS. Variações negativas significam reduções de erro-padrão ou, equivalentemente, ganhos de precisão. Para não prejudicar a visualização, apenas dois valores de K pertencentes à região fora do dinheiro foram apresentados (K=\$57 e K=\$61), porém os resultados se estendem para os demais valores de K dessa região.

Gráfico 1 – Variação Percentual do Erro-Padrão dos prêmios estimados por AI e AI+AD em relação aos obtidos por AAS, para vários valores do parâmetro de deslocamento μ . Apenas dois preços de exercício são apresentados (K=\$57 e K=\$61).



Para cada K, houve um pequeno ganho na precisão das estimativas ao se incorporar a AD na técnica da Amostragem por Importância. Por este gráfico também é possível identificar o valor ótimo de μ para cada técnica.

Ao se incorporar a técnica da Variável de Controle na análise, as estimativas de prêmio obtidas pelas técnicas AI e AI+AD passam a ser ajustadas pelo erro de simulação, conforme explicado na seção Metodologia, gerando assim duas novas técnicas combinadas: AI+VC e AI+AD+VC. Os prêmios estimados e os erros-padrão obtidos por essas novas técnicas são apresentados na Tabela 4 a seguir. Para facilitar a visualização, o conjunto considerado de valores de μ é menor do que o da Tabela 3.

Tabela 4: Prêmios e Erros-Padrão das opções de compra do tipo asiáticas estimados por AI+VC e AI+AD+VC, para alguns valores do parâmetro de deslocamento μ e vários valores do preço de exercício K.

AI+VC	K	μ			
		0.025	0.050	0.075	0.100
Prêmios	55	1.1008	1.1008	1.1008	1.1008
	56	0.6687	0.6688	0.6688	0.6688
	57	0.3760	0.3760	0.3760	0.3760
	58	0.1951	0.1951	0.1952	0.1952
	59	0.0933	0.0934	0.0934	0.0934
	60	0.0412	0.0412	0.0412	0.0412
	61	0.0168	0.0168	0.0168	0.0168
	62	0.0063	0.0063	0.0063	0.0063
	63	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022
	64	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
	65	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
66	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Erro-Padrão	55	0.00045193	0.00045703	0.00046789	0.00045418
	56	0.00035367	0.00032249	0.00031125	0.00033030
	57	0.00043967	0.00043262	0.00039261	0.00038281
	58	0.00048663	0.00045700	0.00042411	0.00038524
	59	0.00036417	0.00035192	0.00035710	0.00035299
	60	0.00039215	0.00032601	0.00028290	0.00025330
	61	0.00026509	0.00026848	0.00029023	0.00029548
	62	0.00017904	0.00019061	0.00017180	0.00016345
	63	0.00015890	0.00015369	0.00014925	0.00013010
	64	0.00011477	0.00009868	0.00008825	0.00007796
	65	0.00007797	0.00006993	0.00007273	0.00006429
66	0.00006002	0.00006235	0.00005058	0.00003934	

Tabela 4 (cont.): Prêmios e Erros-Padrão das opções de compra do tipo asiáticas estimados por AI+VC e AI+AD+VC, para alguns valores do parâmetro de deslocamento μ e vários valores do preço de exercício K.

AI+AD+VC	K	μ			
		0.025	0.050	0.075	0.100
Prêmios	55	1.1008	1.1008	1.1008	1.1008
	56	0.6689	0.6689	0.6689	0.6688
	57	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
	58	0.1952	0.1952	0.1952	0.1953
	59	0.0935	0.0935	0.0935	0.0935
	60	0.0414	0.0414	0.0414	0.0414
	61	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169
	62	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
	63	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023
	64	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007
	65	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
66	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	
Erro-Padrão	55	0.00050304	0.00048404	0.00045417	0.00043026
	56	0.00051374	0.00050997	0.00045698	0.00043212
	57	0.00039473	0.00037929	0.00035120	0.00037119
	58	0.00037461	0.00036624	0.00034704	0.00034950
	59	0.00039313	0.00031086	0.00030624	0.00026165
	60	0.00034361	0.00033972	0.00033988	0.00031505
	61	0.00029113	0.00026512	0.00026297	0.00025624
	62	0.00018866	0.00016695	0.00016493	0.00016325
	63	0.00015552	0.00014463	0.00013568	0.00012662
	64	0.00010686	0.00008483	0.00006811	0.00007536
	65	0.00003617	0.00004493	0.00004992	0.00004552
66	0.00000416	0.00002084	0.00002262	0.00002090	

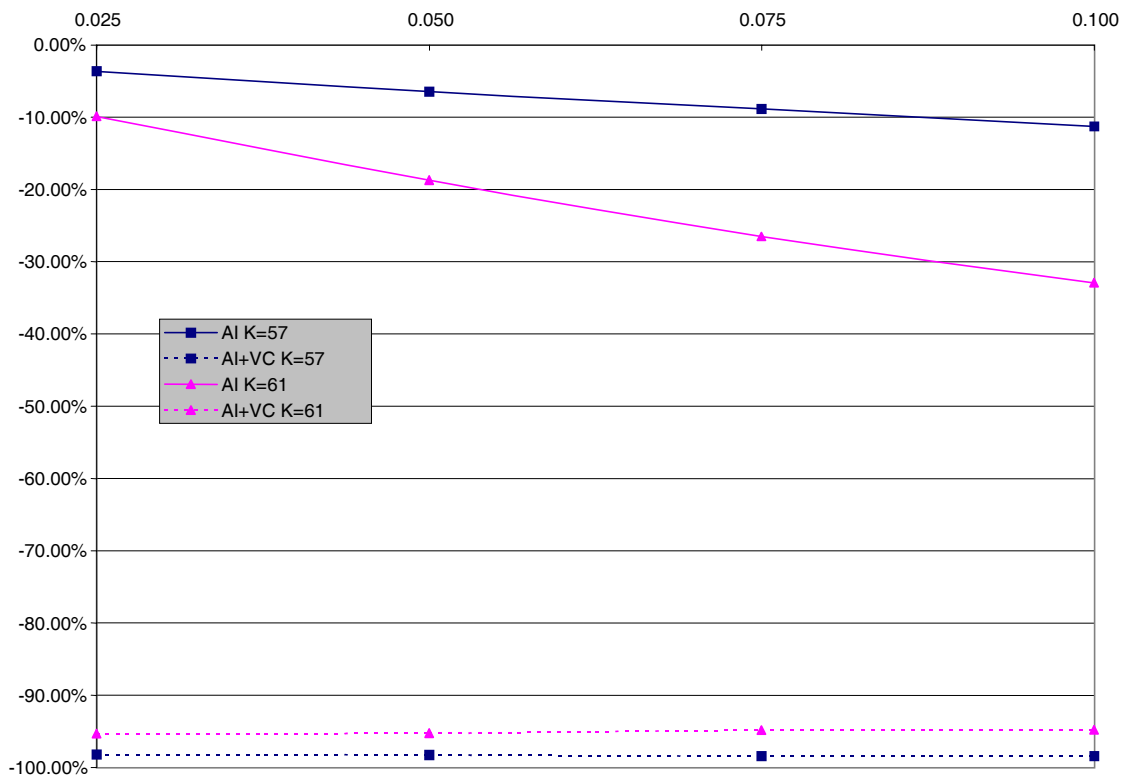
Observa-se, antes de mais nada, que a não-tendenciosidade das estimativas é preservada pela incorporação da técnica da Variável de Controle.

As estimativas de prêmio obtidas pelas duas novas técnicas também apresentaram ganho de precisão em relação à AAS na região fora do dinheiro das opções. Isso pode ser melhor observado pelos gráficos 2 e 3 abaixo, que mostram a variação percentual do erro-padrão de cada nova técnica em relação ao erro obtido pela AAS, para um conjunto de valores de μ . Como no gráfico anterior, apenas dois valores de K (\$57 e \$61) foram apresentados, porém os resultados também se estendem para os demais valores de K dessa região.

O Gráfico 2 mostra o que acontece com o ganho total de precisão das estimativas de prêmio quando a técnica VC é incorporada à AI padrão. Observa-se um grande aumento nos ganhos totais com a incorporação, para os dois valores de K considerados. O ganho total de precisão da AI+VC em relação à AAS pode ser decomposto em ganho da AI+VC sobre a AI e ganho da AI sobre a AAS. O primeiro componente mede o

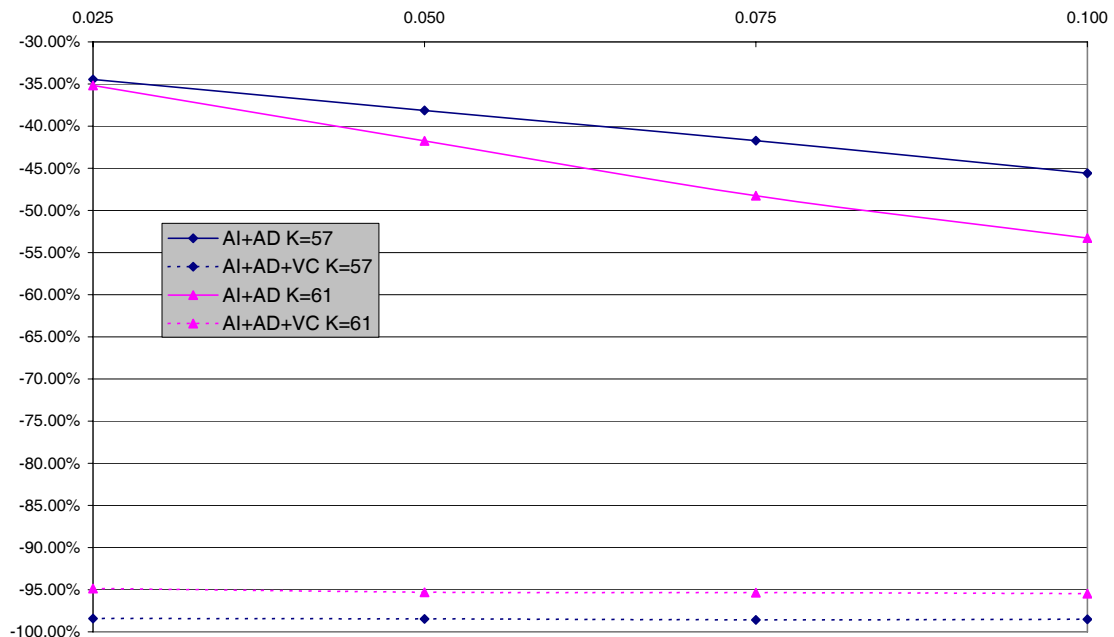
quanto a incorporação da VC acrescentou de ganho de precisão à técnica AI e, portanto, é chamado aqui de ganho marginal da AI+VC. Esse ganho marginal representa mais de 80% em média do ganho total da AI+VC.

Gráfico 2 – Variação Percentual do Erro-Padrão dos prêmios estimados por AI e AI+VC em relação aos obtidos por AAS, para um conjunto reduzido de valores do parâmetro de deslocamento μ . Apenas dois preços de exercício são apresentados ($K=\$57$ e $K=\$61$).



O Gráfico 3 apresenta o que acontece com o ganho total de precisão quando a VC é incorporada à AI+AD. Como no gráfico anterior, os ganhos totais da técnica AI+AD+VC foram enormes, qualquer que seja o valor de K considerado. No entanto, desta vez, a incorporação da VC contribuiu bem menos para o ganho total de precisão; o ganho marginal da AI+AD+VC sobre a AI+AD representou menos de 50% em média do ganho total da AI+AD+VC.

Gráfico 3 – Variação Percentual do Erro-Padrão dos prêmios estimados por AI+AD e AI+AD+VC em relação aos obtidos por AAS para um conjunto reduzido de valores do parâmetro de deslocamento μ . Apenas dois preços de exercício são apresentados (K=57 e K=61).



4 Conclusões

Em artigo anterior, havia sido concluído que qualquer técnica redutora de variância gerava bons ganhos de precisão em relação ao método amostral tradicional da Amostragem Aleatória Simples, nas regiões dentro do dinheiro das opções (Marins, Santos e Saliby, 2003). No entanto, quando as opções entravam na região fora do dinheiro, esses ganhos não mais se preservavam e o desempenho das técnicas se deteriorava rapidamente, à medida que o preço de exercício das opções se elevava. De todas as técnicas lá analisadas, a Variável de Controle foi a que apresentou melhor desempenho, não se deteriorando tanto quanto as demais técnicas na região fora do dinheiro.

Neste artigo, o uso da Amostragem por Importância mostrou-se válido para a simulação das opções asiáticas na região fora do dinheiro, seja na sua forma padrão ou na forma combinada com a Amostragem Descritiva. Entretanto, a incorporação da Variável de Controle proporcionou grandes ganhos adicionais de precisão, seja quando incorporada à AI ou à AI+AD.

Isso pode levar a um questionamento sobre o valor da Amostragem por Importância no estudo, uma vez que, à primeira vista, o ajuste nas estimativas promovido pela VC sobressaiu não apenas à remodelagem do problema de simulação

feita pela AI, como também ao controle amostral imposto pela AD. No entanto, na verdade, o papel da AI na presença da VC foi o de potencializá-la, já que, com o deslocamento da distribuição dos preços do ativo-objeto para a direita, mais trajetórias produziram *payoffs* positivos e, conseqüentemente, passaram a ser submetidas ao controle da VC e da AD. Além disso, vale lembrar que muitas vezes o problema de simulação não possui uma versão semelhante com solução analítica, o que impede o uso da VC.

Referências Bibliográficas

- BLACK, F., AND M. SCHOLES. 1973. THE PRICING OF OPTIONS AND CORPORATE LIABILITIES. *JOURNAL OF POLITICAL ECONOMY* 81 (3): 637–59.
- BOYLE, P., M. BROADIE, AND P. GLASSERMAN. 1997. MONTE CARLO METHODS FOR SECURITY PRICING. *JOURNAL OF ECONOMIC DYNAMICS AND CONTROL* 21: 1267:1321.
- BRATLEY, P., FOX, B., AND L.E. SCHRAGE. 1987. *A GUIDE TO SIMULATION*. 2ND ED. NEW YORK, NEW YORK: SPRINGER.
- GLASSERMAN, P. MONTE CARLO METHODS IN FINANCIAL ENGINEERING. SPRINGER, NEW YORK, 2004.
- GLASSERMAN, P., HEIDELBERGER, P. AND SHAHABUDDIN, P. ASYMPTOTICALLY OPTIMAL IMPORTANCE SAMPLING AND STRATIFICATION FOR PRICING PATH-DEPENDENT OPTIONS. *MATHEMATICAL FINANCE*, VOL. 9, NO. 2, 1999.
- HULL, J. C. 2005. *OPTIONS, FUTURES AND OTHER DERIVATIVES*. 5TH ED. UPPER SADDLE RIVER, NEW JERSEY: PRENTICE HALL.
- MARINS, J., SANTOS, J. E SALIBY, E. APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE VARIÂNCIA PARA ESTIMAÇÃO DO PRÊMIO DE OPÇÕES DE COMPRA DO TIPO ASIÁTICA. 3^o. ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS DA SBFIN, 2003.
- SALIBY, E. 1990. DESCRIPTIVE SAMPLING: A BETTER APPROACH TO MONTE CARLO SIMULATION. *JOURNAL OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY* 41(12): 1133–1142.
- SALIBY, E., MARINS, J. AND SANTOS, J. OUT-OF-THE-MONEY MONTE CARLO SIMULATION OPTION PRICING: THE JOINT USE OF IMPORTANCE SAMPLING AND DESCRIPTIVE SAMPLING. IN: PROCEEDINGS OF THE 2005 WINTER SIMULATION CONFERENCE, ED. M. E. KUHL, N. M. STEIGER AND J. A. JONES, 2005.

Banco Central do Brasil

Trabalhos para Discussão

Os Trabalhos para Discussão podem ser acessados na internet, no formato PDF, no endereço: <http://www.bc.gov.br>

Working Paper Series

Working Papers in PDF format can be downloaded from: <http://www.bc.gov.br>

- | | | |
|-----------|---|----------|
| 1 | Implementing Inflation Targeting in Brazil
<i>Joel Bogdanski, Alexandre Antonio Tombini and Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 2 | Política Monetária e Supervisão do Sistema Financeiro Nacional no Banco Central do Brasil
<i>Eduardo Lundberg</i> | Jul/2000 |
| | Monetary Policy and Banking Supervision Functions on the Central Bank
<i>Eduardo Lundberg</i> | Jul/2000 |
| 3 | Private Sector Participation: a Theoretical Justification of the Brazilian Position
<i>Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 4 | An Information Theory Approach to the Aggregation of Log-Linear Models
<i>Pedro H. Albuquerque</i> | Jul/2000 |
| 5 | The Pass-Through from Depreciation to Inflation: a Panel Study
<i>Ilan Goldfajn and Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 6 | Optimal Interest Rate Rules in Inflation Targeting Frameworks
<i>José Alvaro Rodrigues Neto, Fabio Araújo and Marta Baltar J. Moreira</i> | Jul/2000 |
| 7 | Leading Indicators of Inflation for Brazil
<i>Marcelle Chauvet</i> | Sep/2000 |
| 8 | The Correlation Matrix of the Brazilian Central Bank's Standard Model for Interest Rate Market Risk
<i>José Alvaro Rodrigues Neto</i> | Sep/2000 |
| 9 | Estimating Exchange Market Pressure and Intervention Activity
<i>Emanuel-Werner Kohlscheen</i> | Nov/2000 |
| 10 | Análise do Financiamento Externo a uma Pequena Economia
Aplicação da Teoria do Prêmio Monetário ao Caso Brasileiro: 1991–1998
<i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Renato Galvão Flôres Júnior</i> | Mar/2001 |
| 11 | A Note on the Efficient Estimation of Inflation in Brazil
<i>Michael F. Bryan and Stephen G. Cecchetti</i> | Mar/2001 |
| 12 | A Test of Competition in Brazilian Banking
<i>Márcio I. Nakane</i> | Mar/2001 |

13	Modelos de Previsão de Insolvência Bancária no Brasil <i>Marcio Magalhães Janot</i>	Mar/2001
14	Evaluating Core Inflation Measures for Brazil <i>Francisco Marcos Rodrigues Figueiredo</i>	Mar/2001
15	Is It Worth Tracking Dollar/Real Implied Volatility? <i>Sandro Canesso de Andrade and Benjamin Miranda Tabak</i>	Mar/2001
16	Avaliação das Projeções do Modelo Estrutural do Banco Central do Brasil para a Taxa de Variação do IPCA <i>Sergio Afonso Lago Alves</i>	Mar/2001
	Evaluation of the Central Bank of Brazil Structural Model's Inflation Forecasts in an Inflation Targeting Framework <i>Sergio Afonso Lago Alves</i>	Jul/2001
17	Estimando o Produto Potencial Brasileiro: uma Abordagem de Função de Produção <i>Tito Nícias Teixeira da Silva Filho</i>	Abr/2001
	Estimating Brazilian Potential Output: a Production Function Approach <i>Tito Nícias Teixeira da Silva Filho</i>	Aug/2002
18	A Simple Model for Inflation Targeting in Brazil <i>Paulo Springer de Freitas and Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Apr/2001
19	Uncovered Interest Parity with Fundamentals: a Brazilian Exchange Rate Forecast Model <i>Marcelo Kfoury Muinhos, Paulo Springer de Freitas and Fabio Araújo</i>	May/2001
20	Credit Channel without the LM Curve <i>Victorio Y. T. Chu and Márcio I. Nakane</i>	May/2001
21	Os Impactos Econômicos da CPMF: Teoria e Evidência <i>Pedro H. Albuquerque</i>	Jun/2001
22	Decentralized Portfolio Management <i>Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak</i>	Jun/2001
23	Os Efeitos da CPMF sobre a Intermediação Financeira <i>Sérgio Mikio Koyama e Márcio I. Nakane</i>	Jul/2001
24	Inflation Targeting in Brazil: Shocks, Backward-Looking Prices, and IMF Conditionality <i>Joel Bogdanski, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Alexandre Antonio Tombini</i>	Aug/2001
25	Inflation Targeting in Brazil: Reviewing Two Years of Monetary Policy 1999/00 <i>Pedro Fachada</i>	Aug/2001
26	Inflation Targeting in an Open Financially Integrated Emerging Economy: the Case of Brazil <i>Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Aug/2001
27	Complementaridade e Fungibilidade dos Fluxos de Capitais Internacionais <i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Renato Galvão Flôres Júnior</i>	Set/2001

28	Regras Monetárias e Dinâmica Macroeconômica no Brasil: uma Abordagem de Expectativas Racionais <i>Marco Antonio Bonomo e Ricardo D. Brito</i>	Nov/2001
29	Using a Money Demand Model to Evaluate Monetary Policies in Brazil <i>Pedro H. Albuquerque and Solange Gouvêa</i>	Nov/2001
30	Testing the Expectations Hypothesis in the Brazilian Term Structure of Interest Rates <i>Benjamin Miranda Tabak and Sandro Canesso de Andrade</i>	Nov/2001
31	Algumas Considerações sobre a Sazonalidade no IPCA <i>Francisco Marcos R. Figueiredo e Roberta Blass Staub</i>	Nov/2001
32	Crises Cambiais e Ataques Especulativos no Brasil <i>Mauro Costa Miranda</i>	Nov/2001
33	Monetary Policy and Inflation in Brazil (1975-2000): a VAR Estimation <i>André Minella</i>	Nov/2001
34	Constrained Discretion and Collective Action Problems: Reflections on the Resolution of International Financial Crises <i>Arminio Fraga and Daniel Luiz Gleizer</i>	Nov/2001
35	Uma Definição Operacional de Estabilidade de Preços <i>Tito Nícias Teixeira da Silva Filho</i>	Dez/2001
36	Can Emerging Markets Float? Should They Inflation Target? <i>Barry Eichengreen</i>	Feb/2002
37	Monetary Policy in Brazil: Remarks on the Inflation Targeting Regime, Public Debt Management and Open Market Operations <i>Luiz Fernando Figueiredo, Pedro Fachada and Sérgio Goldenstein</i>	Mar/2002
38	Volatilidade Implícita e Antecipação de Eventos de Stress: um Teste para o Mercado Brasileiro <i>Frederico Pechir Gomes</i>	Mar/2002
39	Opções sobre Dólar Comercial e Expectativas a Respeito do Comportamento da Taxa de Câmbio <i>Paulo Castor de Castro</i>	Mar/2002
40	Speculative Attacks on Debts, Dollarization and Optimum Currency Areas <i>Aloisio Araujo and Márcia Leon</i>	Apr/2002
41	Mudanças de Regime no Câmbio Brasileiro <i>Carlos Hamilton V. Araújo e Getúlio B. da Silveira Filho</i>	Jun/2002
42	Modelo Estrutural com Setor Externo: Endogenização do Prêmio de Risco e do Câmbio <i>Marcelo Kfoury Muinhos, Sérgio Afonso Lago Alves e Gil Riella</i>	Jun/2002
43	The Effects of the Brazilian ADRs Program on Domestic Market Efficiency <i>Benjamin Miranda Tabak and Eduardo José Araújo Lima</i>	Jun/2002

44	Estrutura Competitiva, Produtividade Industrial e Liberação Comercial no Brasil <i>Pedro Cavalcanti Ferreira e Osmani Teixeira de Carvalho Guillén</i>	Jun/2002
45	Optimal Monetary Policy, Gains from Commitment, and Inflation Persistence <i>André Minella</i>	Aug/2002
46	The Determinants of Bank Interest Spread in Brazil <i>Tarsila Segalla Afanasieff, Priscilla Maria Villa Lhacer and Márcio I. Nakane</i>	Aug/2002
47	Indicadores Derivados de Agregados Monetários <i>Fernando de Aquino Fonseca Neto e José Albuquerque Júnior</i>	Set/2002
48	Should Government Smooth Exchange Rate Risk? <i>Ilan Goldfajn and Marcos Antonio Silveira</i>	Sep/2002
49	Desenvolvimento do Sistema Financeiro e Crescimento Econômico no Brasil: Evidências de Causalidade <i>Orlando Carneiro de Matos</i>	Set/2002
50	Macroeconomic Coordination and Inflation Targeting in a Two-Country Model <i>Eui Jung Chang, Marcelo Kfoury Muinhos and Joaúlio Rodolpho Teixeira</i>	Sep/2002
51	Credit Channel with Sovereign Credit Risk: an Empirical Test <i>Victorio Yi Tson Chu</i>	Sep/2002
52	Generalized Hyperbolic Distributions and Brazilian Data <i>José Fajardo and Aquiles Farias</i>	Sep/2002
53	Inflation Targeting in Brazil: Lessons and Challenges <i>André Minella, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Nov/2002
54	Stock Returns and Volatility <i>Benjamin Miranda Tabak and Solange Maria Guerra</i>	Nov/2002
55	Componentes de Curto e Longo Prazo das Taxas de Juros no Brasil <i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Osmani Teixeira de Carvalho de Guillén</i>	Nov/2002
56	Causality and Cointegration in Stock Markets: the Case of Latin America <i>Benjamin Miranda Tabak and Eduardo José Araújo Lima</i>	Dec/2002
57	As Leis de Falência: uma Abordagem Econômica <i>Aloisio Araujo</i>	Dez/2002
58	The Random Walk Hypothesis and the Behavior of Foreign Capital Portfolio Flows: the Brazilian Stock Market Case <i>Benjamin Miranda Tabak</i>	Dec/2002
59	Os Preços Administrados e a Inflação no Brasil <i>Francisco Marcos R. Figueiredo e Thaís Porto Ferreira</i>	Dez/2002
60	Delegated Portfolio Management <i>Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak</i>	Dec/2002

61	O Uso de Dados de Alta Frequência na Estimação da Volatilidade e do Valor em Risco para o Ibovespa <i>João Maurício de Souza Moreira e Eduardo Facó Lemgruber</i>	Dez/2002
62	Taxa de Juros e Concentração Bancária no Brasil <i>Eduardo Kiyoshi Tonooka e Sérgio Mikio Koyama</i>	Fev/2003
63	Optimal Monetary Rules: the Case of Brazil <i>Charles Lima de Almeida, Marco Aurélio Peres, Geraldo da Silva e Souza and Benjamin Miranda Tabak</i>	Fev/2003
64	Medium-Size Macroeconomic Model for the Brazilian Economy <i>Marcelo Kfoury Muinhos and Sergio Afonso Lago Alves</i>	Fev/2003
65	On the Information Content of Oil Future Prices <i>Benjamin Miranda Tabak</i>	Fev/2003
66	A Taxa de Juros de Equilíbrio: uma Abordagem Múltipla <i>Pedro Calhman de Miranda e Marcelo Kfoury Muinhos</i>	Fev/2003
67	Avaliação de Métodos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco de Mercado de Carteiras de Ações no Brasil <i>Gustavo S. Araújo, João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente</i>	Fev/2003
68	Real Balances in the Utility Function: Evidence for Brazil <i>Leonardo Soriano de Alencar and Márcio I. Nakane</i>	Fev/2003
69	r-filters: a Hodrick-Prescott Filter Generalization <i>Fabio Araújo, Marta Baltar Moreira Areosa and José Alvaro Rodrigues Neto</i>	Fev/2003
70	Monetary Policy Surprises and the Brazilian Term Structure of Interest Rates <i>Benjamin Miranda Tabak</i>	Fev/2003
71	On Shadow-Prices of Banks in Real-Time Gross Settlement Systems <i>Rodrigo Penaloza</i>	Apr/2003
72	O Prêmio pela Maturidade na Estrutura a Termo das Taxas de Juros Brasileiras <i>Ricardo Dias de Oliveira Brito, Angelo J. Mont'Alverne Duarte e Osmani Teixeira de C. Guillen</i>	Maio/2003
73	Análise de Componentes Principais de Dados Funcionais – uma Aplicação às Estruturas a Termo de Taxas de Juros <i>Getúlio Borges da Silveira e Octavio Bessada</i>	Maio/2003
74	Aplicação do Modelo de Black, Derman & Toy à Precificação de Opções Sobre Títulos de Renda Fixa <i>Octavio Manuel Bessada Lion, Carlos Alberto Nunes Cosenza e César das Neves</i>	Maio/2003
75	Brazil's Financial System: Resilience to Shocks, no Currency Substitution, but Struggling to Promote Growth <i>Ilan Goldfajn, Katherine Hennings and Helio Mori</i>	Jun/2003

- 76 **Inflation Targeting in Emerging Market Economies** Jun/2003
Arminio Fraga, Ilan Goldfajn and André Minella
- 77 **Inflation Targeting in Brazil: Constructing Credibility under Exchange Rate Volatility** Jul/2003
André Minella, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Marcelo Kfoury Muinhos
- 78 **Contornando os Pressupostos de Black & Scholes: Aplicação do Modelo de Precificação de Opções de Duan no Mercado Brasileiro** Out/2003
Gustavo Silva Araújo, Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Antonio Carlos Figueiredo, Eduardo Facó Lemgruber
- 79 **Inclusão do Decaimento Temporal na Metodologia Delta-Gama para o Cálculo do VaR de Carteiras Compradas em Opções no Brasil** Out/2003
Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Gustavo Silva Araújo, Eduardo Facó Lemgruber
- 80 **Diferenças e Semelhanças entre Países da América Latina: uma Análise de Markov Switching para os Ciclos Econômicos de Brasil e Argentina** Out/2003
Arnildo da Silva Correa
- 81 **Bank Competition, Agency Costs and the Performance of the Monetary Policy** Jan/2004
Leonardo Soriano de Alencar and Márcio I. Nakane
- 82 **Carteiras de Opções: Avaliação de Metodologias de Exigência de Capital no Mercado Brasileiro** Mar/2004
Cláudio Henrique da Silveira Barbedo e Gustavo Silva Araújo
- 83 **Does Inflation Targeting Reduce Inflation? An Analysis for the OECD Industrial Countries** May/2004
Thomas Y. Wu
- 84 **Speculative Attacks on Debts and Optimum Currency Area: a Welfare Analysis** May/2004
Aloisio Araujo and Marcia Leon
- 85 **Risk Premia for Emerging Markets Bonds: Evidence from Brazilian Government Debt, 1996-2002** May/2004
André Soares Loureiro and Fernando de Holanda Barbosa
- 86 **Identificação do Fator Estocástico de Descontos e Algumas Implicações sobre Testes de Modelos de Consumo** Maio/2004
Fabio Araujo e João Victor Issler
- 87 **Mercado de Crédito: uma Análise Econométrica dos Volumes de Crédito Total e Habitacional no Brasil** Dez/2004
Ana Carla Abrão Costa
- 88 **Ciclos Internacionais de Negócios: uma Análise de Mudança de Regime Markoviano para Brasil, Argentina e Estados Unidos** Dez/2004
Arnildo da Silva Correa e Ronald Otto Hillbrecht
- 89 **O Mercado de Hedge Cambial no Brasil: Reação das Instituições Financeiras a Intervenções do Banco Central** Dez/2004
Fernando N. de Oliveira

- 90 **Bank Privatization and Productivity: Evidence for Brazil** Dec/2004
Márcio I. Nakane and Daniela B. Weintraub
- 91 **Credit Risk Measurement and the Regulation of Bank Capital and Provision Requirements in Brazil – a Corporate Analysis** Dec/2004
Ricardo Schechtman, Valéria Salomão Garcia, Sergio Miki Koyama and Guilherme Cronemberger Parente
- 92 **Steady-State Analysis of an Open Economy General Equilibrium Model for Brazil** Apr/2005
Mirta Noemi Sataka Bugarin, Roberto de Goes Ellery Jr., Victor Gomes Silva, Marcelo Kfoury Muinhos
- 93 **Avaliação de Modelos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco Cambial** Abr/2005
Claudio H. da S. Barbedo, Gustavo S. Araújo, João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente
- 94 **Simulação Histórica Filtrada: Incorporação da Volatilidade ao Modelo Histórico de Cálculo de Risco para Ativos Não-Lineares** Abr/2005
Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Gustavo Silva Araújo e Eduardo Facó Lemgruber
- 95 **Comment on Market Discipline and Monetary Policy by Carl Walsh** Apr/2005
Maurício S. Bugarin and Fábria A. de Carvalho
- 96 **O que É Estratégia: uma Abordagem Multiparadigmática para a Disciplina** Ago/2005
Anthero de Moraes Meirelles
- 97 **Finance and the Business Cycle: a Kalman Filter Approach with Markov Switching** Aug/2005
Ryan A. Compton and Jose Ricardo da Costa e Silva
- 98 **Capital Flows Cycle: Stylized Facts and Empirical Evidences for Emerging Market Economies** Aug/2005
Helio Mori e Marcelo Kfoury Muinhos
- 99 **Adequação das Medidas de Valor em Risco na Formulação da Exigência de Capital para Estratégias de Opções no Mercado Brasileiro** Set/2005
Gustavo Silva Araújo, Claudio Henrique da Silveira Barbedo, e Eduardo Facó Lemgruber
- 100 **Targets and Inflation Dynamics** Oct/2005
Sergio A. L. Alves and Waldyr D. Areosa
- 101 **Comparing Equilibrium Real Interest Rates: Different Approaches to Measure Brazilian Rates** Mar/2006
Marcelo Kfoury Muinhos and Márcio I. Nakane
- 102 **Judicial Risk and Credit Market Performance: Micro Evidence from Brazilian Payroll Loans** Apr/2006
Ana Carla A. Costa and João M. P. de Mello
- 103 **The Effect of Adverse Supply Shocks on Monetary Policy and Output** Apr/2006
Maria da Glória D. S. Araújo, Mirta Bugarin, Marcelo Kfoury Muinhos and Jose Ricardo C. Silva

- 104 Extração de Informação de Opções Cambiais no Brasil** Abr/2006
Eui Jung Chang e Benjamin Miranda Tabak
- 105 Representing Roommate's Preferences with Symmetric Utilities** Apr/2006
José Alvaro Rodrigues Neto
- 106 Testing Nonlinearities Between Brazilian Exchange Rates and Inflation Volatilities** May/2006
Cristiane R. Albuquerque and Marcelo Portugal
- 107 Demand for Bank Services and Market Power in Brazilian Banking** Jun/2006
Márcio I. Nakane, Leonardo S. Alencar and Fabio Kanczuk
- 108 O Efeito da Consignação em Folha nas Taxas de Juros dos Empréstimos Pessoais** Jun/2006
Eduardo A. S. Rodrigues, Victorio Chu, Leonardo S. Alencar e Tony Takeda
- 109 The Recent Brazilian Disinflation Process and Costs** Jun/2006
Alexandre A. Tombini and Sergio A. Lago Alves
- 110 Fatores de Risco e o *Spread* Bancário no Brasil** Jul/2006
Fernando G. Bignotto e Eduardo Augusto de Souza Rodrigues
- 111 Avaliação de Modelos de Exigência de Capital para Risco de Mercado do Cupom Cambial** Jul/2006
Alan Cosme Rodrigues da Silva, João Maurício de Souza Moreira e Myrian Beatriz Eiras das Neves
- 112 Interdependence and Contagion: an Analysis of Information Transmission in Latin America's Stock Markets** Jul/2006
Angelo Marsiglia Fasolo
- 113 Investigação da Memória de Longo Prazo da Taxa de Câmbio no Brasil** Ago/2006
Sergio Rubens Stancato de Souza, Benjamin Miranda Tabak e Daniel O. Cajueiro
- 114 The Inequality Channel of Monetary Transmission** Aug/2006
Marta Areosa and Waldyr Areosa
- 115 Myopic Loss Aversion and House-Money Effect Overseas: an Experimental Approach** Sep/2006
José L. B. Fernandes, Juan Ignacio Peña and Benjamin M. Tabak
- 116 Out-Of-The-Money Monte Carlo Simulation Option Pricing: the Joint Use of Importance Sampling and Descriptive Sampling** Sep/2006
Jaqueline Terra Moura Marins, Eduardo Saliby and Josete Florencio dos Santos
- 117 An Analysis of Off-Site Supervision of Banks' Profitability, Risk and Capital Adequacy: a Portfolio Simulation Approach Applied to Brazilian Banks** Sep/2006
Theodore M. Barnhill, Marcos R. Souto and Benjamin M. Tabak
- 118 Contagion, Bankruptcy and Social Welfare Analysis in a Financial Economy with Risk Regulation Constraint** Oct/2006
Aloísio P. Araújo and José Valentim M. Vicente

119	A Central de Risco de Crédito no Brasil: uma Análise de Utilidade de Informação <i>Ricardo Schechtman</i>	Out/2006
120	Forecasting Interest Rates: an Application for Brazil <i>Eduardo J. A. Lima, Felipe Ludovice and Benjamin M. Tabak</i>	Oct/2006
121	The Role of Consumer's Risk Aversion on Price Rigidity <i>Sergio A. Lago Alves and Mirta N. S. Bugarin</i>	Nov/2006
122	Nonlinear Mechanisms of the Exchange Rate Pass-Through: a Phillips Curve Model With Threshold for Brazil <i>Arnildo da Silva Correa and André Minella</i>	Nov/2006
123	A Neoclassical Analysis of the Brazilian "Lost-Decades" <i>Flávia Mourão Graminho</i>	Nov/2006
124	The Dynamic Relations between Stock Prices and Exchange Rates: Evidence for Brazil <i>Benjamin M. Tabak</i>	Nov/2006
125	Herding Behavior by Equity Foreign Investors on Emerging Markets <i>Barbara Alemanni and José Renato Haas Ornelas</i>	Dec/2006
126	Risk Premium: Insights over the Threshold <i>José L. B. Fernandes, Augusto Hasman and Juan Ignacio Peña</i>	Dec/2006
127	Uma Investigação Baseada em Reamostragem sobre Requerimentos de Capital para Risco de Crédito no Brasil <i>Ricardo Schechtman</i>	Dec/2006
128	Term Structure Movements Implicit in Option Prices <i>Caio Ibsen R. Almeida and José Valentim M. Vicente</i>	Dec/2006
129	Brazil: Taming Inflation Expectations <i>Afonso S. Bevilaqua, Mário Mesquita and André Minella</i>	Jan/2007
130	The Role of Banks in the Brazilian Interbank Market: Does Bank Type Matter? <i>Daniel O. Cajueiro and Benjamin M. Tabak</i>	Jan/2007
131	Long-Range Dependence in Exchange Rates: the Case of the European Monetary System <i>Sergio Rubens Stancato de Souza, Benjamin M. Tabak and Daniel O. Cajueiro</i>	Mar/2007
132	Credit Risk Monte Carlo Simulation Using Simplified Creditmetrics' Model: the Joint Use of Importance Sampling and Descriptive Sampling <i>Jaqueline Terra Moura Marins and Eduardo Saliby</i>	Mar/2007
133	A New Proposal for Collection and Generation of Information on Financial Institutions' Risk: the Case of Derivatives <i>Gilneu F. A. Vivan and Benjamin M. Tabak</i>	Mar/2007
134	Amostragem Descritiva no Apreçamento de Opções Europeias através de Simulação Monte Carlo: o Efeito da Dimensionalidade e da Probabilidade de Exercício no Ganho de Precisão <i>Eduardo Saliby, Sergio Luiz Medeiros Proença de Gouvêa e Jaqueline Terra Moura Marins</i>	Abr/2007

- 135 **Evaluation of Default Risk for the Brazilian Banking Sector** May/2007
Marcelo Y. Takami and Benjamin M. Tabak
- 136 **Identifying Volatility Risk Premium from Fixed Income Asian Options** May/2007
Caio Ibsen R. Almeida and José Valentim M. Vicente
- 137 **Monetary Policy Design under Competing Models of Inflation Persistence** May/2007
Solange Gouvea e Abhijit Sen Gupta
- 138 **Forecasting Exchange Rate Density Using Parametric Models: the Case of Brazil** May/2007
Marcos M. Abe, Eui J. Chang and Benjamin M. Tabak
- 139 **Selection of Optimal Lag Length in Cointegrated VAR Models with Weak Form of Common Cyclical Features** Jun/2007
Carlos Enrique Carrasco Gutiérrez, Reinaldo Castro Souza and Osmani Teixeira de Carvalho Guillén
- 140 **Inflation Targeting, Credibility and Confidence Crises** Aug/2007
Rafael Santos and Aloísio Araújo
- 141 **Forecasting Bonds Yields in the Brazilian Fixed income Market** Aug/2007
Jose Vicente and Benjamin M. Tabak
- 142 **Crises Análise da Coerência de Medidas de Risco no Mercado Brasileiro de Ações e Desenvolvimento de uma Metodologia Híbrida para o Expected Shortfall** Ago/2007
Alan Cosme Rodrigues da Silva, Eduardo Facó Lemgruber, José Alberto Rebello Baranowski e Renato da Silva Carvalho
- 143 **Price Rigidity in Brazil: Evidence from CPI Micro Data** Sep/2007
Solange Gouvea
- 144 **The Effect of Bid-Ask Prices on Brazilian Options Implied Volatility: a Case Study of Telemar Call Options** Oct/2007
Claudio Henrique da Silveira Barbedo and Eduardo Facó Lemgruber
- 145 **The Stability-Concentration Relationship in the Brazilian Banking System** Oct/2007
Benjamin Miranda Tabak, Solange Maria Guerra, Eduardo José Araújo Lima and Eui Jung Chang
- 146 **Movimentos da Estrutura a Termo e Critérios de Minimização do Erro de Previsão em um Modelo Paramétrico Exponencial** Out/2007
Caio Almeida, Romeu Gomes, André Leite e José Vicente
- 147 **Explaining Bank Failures in Brazil: Micro, Macro and Contagion Effects (1994-1998)** Oct/2007
Adriana Soares Sales and Maria Eduarda Tannuri-Pianto
- 148 **Um Modelo de Fatores Latentes com Variáveis Macroeconômicas para a Curva de Cupom Cambial** Out/2007
Felipe Pinheiro, Caio Almeida e José Vicente
- 149 **Joint Validation of Credit Rating PDs under Default Correlation** Oct/2007
Ricardo Schechtman

- 150 A Probabilistic Approach for Assessing the Significance of Contextual Variables in Nonparametric Frontier Models: an Application for Brazilian Banks** Oct/2007
Roberta Blass Staub and Geraldo da Silva e Souza
- 151 Building Confidence Intervals with Block Bootstraps for the Variance Ratio Test of Predictability** Nov/2007
Eduardo José Araújo Lima and Benjamin Miranda Tabak
- 152 Demand for Foreign Exchange Derivatives in Brazil: Hedge or Speculation?** Dec/2007
Fernando N. de Oliveira and Walter Novaes