

# ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O MERCADO DE TAXA DE JUROS BRASILEIRO

*SOME CONSIDERATIONS ABOUT THE BRAZILIAN INTEREST  
RATE MARKET*

**Rodrigo Cabral**

Coordenador de Planejamento Estratégico da Dívida Pública do Tesouro Nacional.  
Físico, Mestre e Doutor em Economia pela Universidade de Brasília.

Professor associado do programa de Mestrado em Gestão Econômica de Negócios  
da Universidade de Brasília.

SQSW 302, bloco J, ap. 101, Sudoeste de Brasília, DF, CEP 70673-210

*E-mail:* rodrigo.cabral@fazenda.gov.br

## Resumo

A questão da existência e magnitude de prêmios de risco na estrutura a termo das taxas de juros brasileiras não é muito clara, reforçada pelo fato de esse mercado ainda ser incipiente. Há alguns anos, o Banco Central decidiu criar um sistema para medir as expectativas dos agentes quanto à evolução da economia (inclusive as taxas de juros) e subsidiar o sistema de metas de inflação; entretanto, não sabemos se esse sistema representa de fato as expectativas reais do mercado. Essas são algumas das motivações para este artigo, juntamente com questões sobre a relação entre o mercado futuro e essas expectativas coletadas, sobre o prêmio dos títulos públicos e a relevância dessas questões para a administração da dívida pública. Como contribuições principais, trazemos uma medida da estrutura a termo do prêmio de risco de taxa de juros no mercado brasileiro, por meio da utilização do filtro de Kalman, e uma estimação das expectativas dos agentes. Além disso, investigamos as expectativas coletadas pelo Banco Central, avançamos na questão dos determinantes do prêmio de taxa de juros e na identificação e mensuração do prêmio governo, além de outros tópicos menores.

**Palavras-chave:** Prêmio de risco; Dívida pública; Expectativas; Filtro de Kalman; Estrutura a termo de taxa.

## Abstract

The existence and magnitude of risk premiums in the Brazilian term structure is not clear, particularly because it's a market in the process of development. Some year ago the Brazilian Central Bank created a system to measure market expectations for economic indicators, including the interest rates, and then give inputs to the inflation target regime. Nevertheless, if the system really represents "actual" expectations is a question to be answered. These are some of the motivations for this paper, together with the relation between the futures market and collected expectations, the risk premium for public debt securities and the relevance of these topics to public debt management. The main contributions are the measurement of the term structure of the risk premium in the Brazilian market, using the Kalman filter, and an estimation of market expectations. Furthermore, we investigate the expectations collected by the Central Bank and cover other minor topics, such as the determinants of the risk premium and the "government" premium.

**Keywords:** Risk premium; Public debt; Expectations; Kalman filter; Interest rate term structure.

1

## INTRODUÇÃO

O mercado de taxa de juros brasileiro apresenta-se ainda muito incipiente<sup>1</sup>. Se analisarmos os contratos de DI-futuro<sup>2</sup>, por exemplo, veremos que frequentemente não há mais do que um ou dois vencimentos<sup>3</sup> negociados e que raramente há contratos negociados com prazo superior a um ano. O mesmo acontece com os *swaps* PRE x DI<sup>4</sup>. Finalmente, situação semelhante se reflete nos títulos do governo com rentabilidade prefixada, as Letras do Tesouro Nacional – LTN<sup>5</sup>. Se analisarmos a última década, a participação das LTN no estoque da dívida pública situou-se, na maior parte do período, abaixo dos 20%, e o prazo médio de emissão esporadicamente ultrapassou dois anos<sup>6</sup>.

Tal fato torna algumas questões bem discutidas na literatura internacional de difícil aplicação imediata no mercado brasileiro. Em especial, podemos destacar o tema da estrutura a termo das taxas de juros (ETTJ). Não apenas a ETTJ no Brasil não é de fácil construção, dados os poucos e espaçados pontos disponíveis, como muito pouco se tem investigado sobre a existência e mensuração de prêmios de risco nessa estrutura.

Para a administração da dívida pública, por exemplo, o estudo desse prêmio de risco é fundamental para a gestão eficiente dos passivos do governo. Para qualquer formulação de estratégia de emissão ou análise de composição ótima, ou *benchmark*, é necessária uma boa estimativa do preço dos ativos. Dado um cenário de taxas juros, o conhecimento do prêmio de risco nos levaria a um cenário de curvas de rendimento para os títulos prefixados. É também um passo importante para a decomposição do preço das LTN em: (i) expectativas de juros; (ii) prêmio de risco de taxa de juros; e (iii) prêmio de risco governo.

No Brasil, temos, desde 2001, um interessante dado disponível: um *survey* diário de expectativas feito pelo Banco Central do Brasil sobre as principais variáveis macroeconômicas, entre elas, a evolução da taxa básica de juros – Se-

1 Esse artigo foi finalizado em 2004. De lá para cá, o mercado de taxa de juros se desenvolveu de forma contínua, especialmente com o sucesso do Tesouro Nacional em alongar e prefixar a dívida pública.

2 Contratos futuros de juros, negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros – BM&F.

3 Os contratos de DI-futuro sempre vencem no primeiro dia útil do mês.

4 Também negociados na BM&F, esses contratos são expressos em rentabilidades prefixadas.

5 As LTN são títulos prefixados “zero cupom”. Desde dezembro de 2003, o Tesouro Nacional vem emitindo também a Nota do Tesouro Nacional série F – NTN-F, que é um título prefixado com cupons semestrais de juros.

6 De dezembro de 1999 a janeiro de 2004, por exemplo, a maior participação de prefixados na composição da dívida pública foi de 15,70%, em outubro de 2000.

lic<sup>7</sup>. Tais expectativas têm sido largamente utilizadas como referência pelos agentes econômicos. No entanto, algumas questões importantes não foram adequadamente respondidas. Em primeiro lugar, de fato esses dados coletados correspondem às expectativas futuras das instituições financeiras? Qual a relação que as “expectativas” informadas têm com as taxas de fato praticadas por essas instituições no mercado futuro ou, dito de outra forma, há incentivos adequados para que as instituições revelem suas verdadeiras expectativas?

Essa pesquisa de expectativas, como será detalhada mais adiante, foi originalmente concebida para subsidiar o sistema de metas de inflação. Com base nisso e nas conjecturas anteriormente levantadas, surge naturalmente a questão da política monetária brasileira. Há relações de causalidade, ou de pelo menos precedência temporal, entre as expectativas coletadas, as taxas praticadas no mercado futuro e a Selic à vista ou a meta estabelecida pelo Comitê de Política Monetária (Copom)? Em outros termos, uma análise estatística dessas séries permite indicar se a política monetária brasileira tem sido ativa ou passiva?

Neste artigo, pretendemos nos lançar sobre essas conjecturas levantadas, na esperança de trazermos alguma luz adicional para o conhecimento do mercado de juros brasileiro, sem a pretensão ambiciosa, ou ingênua, de esgotarmos um desses assuntos.

O artigo está organizado em seções. Na seção 2, usamos a metodologia do filtro de Kalman para a medição do prêmio de taxa de juros no mercado brasileiro, para alguns vértices selecionados (prazos de um, seis e doze meses). Destacamos na seção 3 um aspecto não abordado na literatura por essa metodologia: após extrairmos o prêmio de risco, podemos também inferir as expectativas futuras a partir do modelo. Na seção 4, comparamos essas expectativas com o Sistema Banco Central de Expectativas de Mercado (expectativas coletadas pelo BC) e na seção 5 comparamos o poder de previsão deste último com as taxas do mercado futuro. Posteriormente, na seção 6, assumindo que essas últimas expectativas representem adequadamente as expectativas do mercado, fazemos uma nova medição do prêmio de taxa de juros. A seção 7 traz uma investigação a respeito dos determinantes do prêmio de taxa de juros, enquanto, na seção 8, calculamos o risco governo, comparando as rentabilidades dos títulos prefixados do governo com contratos prefixados de mercado. Considerações adicionais são tecidas na seção 9 e considerações finais na 10.

---

7 A taxa Selic é apurada diariamente pelo Banco Central no Sistema Especial de Liquidação e Custódia (Selic), “obtida mediante o cálculo da taxa média ponderada e ajustada das operações de financiamento por um dia, lastreadas em títulos públicos federais e cursadas no referido Sistema na forma de operações compromissadas”. Banco Central do Brasil. [Descrição Selic.] Disponível em <http://www.bcb.gov.br/?selicdescricao>. Acesso em: nov/2007.

## 2

# MEDIÇÃO DO PRÊMIO DE TAXA DE JUROS

Há muito se tem pesquisado sobre a estrutura a termo das taxas de juros. Hoje, há pelo menos quatro teorias explicativas bem desenvolvidas: (i) a teoria das expectativas puras; (ii) a teoria de segmentação do mercado; (iii) a teoria dos prêmios de risco; e (iv) a teoria do hábitat natural.

De acordo com a teoria das expectativas puras, qualquer que seja o horizonte temporal do investimento, o investidor obtém o mesmo rendimento, independentemente do título em que investir. Se essa hipótese das expectativas estivesse correta, um investidor cobraria por um contrato prefixado exatamente a taxa de juros esperada para o período. No entanto, vários autores defendem que essa hipótese é a mais teórica e a menos adequada à realidade.

Todas as outras teorias trazem, de uma forma ou de outra, um prêmio de risco cobrado pelos investidores, além da taxa esperada. No Brasil, se compararmos as expectativas de juros, medidas pelo Sistema Banco Central de Expectativas de Mercado<sup>8</sup>, com os contratos de juros futuros ou *swaps* de taxa de juros, chegamos à conclusão de que a hipótese da existência dos prêmios de risco se confirma, não sendo o preço do contrato futuro um estimador não-enviesado do preço futuro do ativo (juros).

A chamada “hipótese das expectativas” traz a idéia de que as expectativas do mercado determinam a estrutura a termo das taxas de juros. A formulação de expectativas racionais permite o aparecimento de um prêmio de risco constante e faria que o preço do mercado futuro fosse uma estimativa não-enviesada do preço futuro do ativo. Muitos estudos empíricos rejeitam essa hipótese. Cook e Hahn (1990) e Shiller (1990) apresentam revisões bastante abrangentes da literatura investigativa da hipótese das expectativas.

Melino (1988) e Campbell (1995) também são boas referências de revisões gerais acerca da hipótese das expectativas puras, o viés dos preços a termo como previsores do mercado futuro e a existência de prêmios de risco. As rejeições da teoria das expectativas puras podem ser atribuídas a prêmios de risco variáveis no tempo ou erros de previsão, que aparecem enviesados quando analisados *ex post*.

---

8 Survey diário de expectativas de mercado, que será detalhado mais à frente.

Iyer (1997) examina o argumento do prêmio de risco variável ao longo do tempo como justificativa para a falha da hipótese das expectativas na estrutura a termo das taxas de juros americanas. O autor usa um modelo de componentes não observáveis para estimar prêmios de risco esperados e encontra variações consideráveis no prêmio, assim como persistência significativa na sua volatilidade temporal.

Kozicki e Tinsley (2002) argumentam que avaliações de política baseadas em modelos macro sugerem que a política monetária historicamente responde de forma menos agressiva à inflação e ao hiato do produto do que responderia a uma regra ótima. No entanto, esses modelos incorporam apenas um prêmio de risco constante. Os autores mostram que o prêmio de risco de taxa de juros pode depender da regra de política especificada e sua incerteza. Portanto, conclusões sobre determinação de política monetária ótima baseadas em simulações contrafactuais de modelos que excluem efeitos do prêmio de risco podem não ser válidas.

Nesta seção, procuramos estudar a questão do prêmio de risco de taxa de juros no mercado de taxa de juros brasileiro. Mais especificamente, usamos a metodologia proposta por Wolf (1987), que utiliza o mecanismo do filtro de Kalman para a medição do prêmio de risco cambial, para a determinação do prêmio de taxa de juros no Brasil. Garcia e Olivares (2001) usam a metodologia de Wolf também para apuração do prêmio de risco cambial. Em um artigo recente (dezembro de 2003), ainda não publicado, Gravelle e Morley (2003) investigam a estrutura a termo das taxas de juros canadense com uma formulação de filtro de Kalman.

Essa abordagem do filtro de Kalman é bastante interessante porque nos permite estimar a evolução temporal do prêmio de risco de taxa de juros sem uma especificação *a priori* de que fatores determinam a mudança do prêmio.

Segundo a hipótese de existência de prêmios de risco na estrutura a termo das taxas de juros, um investidor, para comprar um papel prefixado, exige, além da expectativa dos juros futuros, um prêmio pelo risco que estará carregando.

De fato, se esse investidor comprasse um papel pós-fixado, pensemos em um título do governo atrelado à taxa Selic – a LFT<sup>9</sup>, esse investidor não teria nenhum risco de taxa de juros. Ou seja, quer a taxa básica fixada pelo Banco

---

9 A Letra Financeira do Tesouro (LFT) paga com rentabilidade a taxa Selic acumulada.

Central aumentasse quer diminuísse, tal modificação não influiria no preço daquele título<sup>10</sup>.

Ao contrário, se o mesmo investidor estivesse de posse de um título prefixado, como a LTN<sup>11</sup>, qualquer mudança na taxa de juros vigente afetaria de imediato o preço do título e, conseqüentemente, a rentabilidade da carteira do investidor, marcada a mercado<sup>12</sup>.

Sendo assim, é razoável imaginarmos que, para migrar de um instrumento a outro, ou seja, migrar da taxa de juros à vista para uma taxa futura, o investidor cobre um prêmio pelo risco que estará correndo. E, obviamente, também é justificável que esse prêmio cresça à medida que o prazo do título prefixado, ou da taxa futura, seja maior.

Adotando o mesmo modelo que Wolf usou para medir o risco cambial, podemos escrever o preço hoje de um contrato futuro de juros com vencimento no instante  $T$  como a soma da expectativa hoje do investidor sobre os juros acumulados de hoje até o instante  $T$  mais o prêmio de taxa de juros cobrado pelo investidor<sup>13</sup>. Ou seja:

$$f(R_T, t, T) = E(R_T | t) + P(t) \quad (1)$$

em que  $f(R_T, t, T)$ : preço hoje ( $t$ ) de um contrato futuro que vence em  $T$  e pagará a taxa de juros acumulada  $R_T$ ;  $E(R_T | t)$ : expectativa da taxa de juros acumulada  $R_T$  condicional às informações atuais (período  $t$ );  $P(t)$ : prêmio de taxa de juros.

Subtraindo de ambos os lados a taxa de juros acumulada  $R_T$ , teremos:

$$f(R_T, t, T) - R_T = E(R_T | t) - R_T + P(t) \quad (2)$$

10 Na verdade, essa informação é válida no caso de as LFT estarem sendo negociadas ao valor de face. De fato, a existência de ágio ou deságio, embora pequeno, traz oscilações ao preço do título.

11 A Letra do Tesouro Nacional (LTN) paga a rentabilidade acordada no leilão primário.

12 Hoje, a maior parte das instituições participantes do sistema financeiro marca suas carteiras a mercado, o que quer dizer que o preço de seus ativos é apurado dia a dia, de acordo com o preço corrente, independentemente do preço de emissão. Todas as tesourarias e a indústria de fundos de investimento, por exemplo, são obrigadas por lei a fazer a marcação a mercado.

13 É mister destacarmos desde já que, ao longo deste artigo, faremos algumas contas simplificadas, diferentes do padrão do mercado financeiro. Tal opção visa termos maior intuição a respeito dos resultados e simplicidade nas interpretações, não alterando os resultados encontrados.

Assumindo a hipótese de expectativas racionais, temos que a diferença entre o valor esperado hoje da taxa acumulada e essa taxa realizada *ex post* é um ruído branco. De outra forma:

$$E(R_T | t) - R_T = v(T) \quad (3)$$

em que  $v(T)$  é ruído branco.

Sendo assim, teremos:

$$f(R_T, t, T) - R_T = P(t) + v(T) \quad (4)$$

Podemos encarar a última equação como uma equação observável em um espaço de estados, onde o prêmio é a variável não observada. Se obtivermos uma equação para o prêmio, ou seja, uma equação de estado, estamos aptos a usar a metodologia do filtro de Kalman para extrair o ruído branco  $v(T)$  e estimar o prêmio  $P(t)$ .

Como ressaltado em Wolf, o lado esquerdo da equação pode ser calculado *ex post* e, a partir da análise da série temporal dessa variável, podemos inferir o comportamento da variável não observada (prêmio). Finalmente, de posse de um espaço de estado completo, usamos o filtro de Kalman e obtemos a evolução do prêmio de taxa de juros ao longo do período analisado.

## ■ 2.1 Descrição dos dados

Temos três opções de taxas futuras de juros para usar:

- DI-futuro: os contratos de DI-futuro são negociados na BMF e o vendedor obriga-se a pagar ao comprador a taxa DI<sup>14</sup> acumulada desde a negociação até a data de vencimento do contrato. Esses contratos sempre têm vencimento no primeiro dia útil do mês e são cotados em taxa prefixada.

---

14 Taxa média dos depósitos interbancários de um dia.

- *Swap* DIxPRE: os *swaps* DIxPRE são ditos contratos de balcão e também são negociados na BMF. A vantagem desse instrumento em relação ao DI-futuro é que ele tem prazos (vértices) fixos; em compensação, tem menos liquidez do que o primeiro.
- Taxa pré-Reuters<sup>15</sup>: desde o início de 2001, a Reuters calcula uma taxa prefixada para vários vértices. Essa taxa é calculada com base na informação diária passada por cerca de dez grandes instituições financeiras. Apesar de não ser um contrato real de mercado, a série parece retratar bem o mercado de juros, sendo de fácil utilização.

Quanto ao DI-futuro, lembremos que os contratos vencem sempre no primeiro dia útil de cada mês. Dessa forma, apenas eventualmente temos um contrato de exatamente seis meses, digamos. Sendo assim, temos duas opções para construir a série em vértices. Se estivermos querendo o vértice de seis meses, por exemplo, podemos sempre pegar os dois contratos imediatamente anterior e posterior, e fazer a interpolação. Outra metodologia seria sempre pegar os contratos mais líquidos do dia (maior volume negociado) e interpolar ou extrapolar para o vértice que queremos.

A comparação entre todas essas séries nos mostra que, em períodos de normalidade, elas são muito semelhantes. Já em períodos de estresse do mercado, podemos notar diferenças significativas.

A seguir, mostramos uma comparação da taxa pré-Reuters com a taxa do DI-futuro construída pelo critério usual (interpolação simples) e daquela pelo critério de maior liquidez em um período de normalidade (tranquilidade do mercado financeiro) e num período de estresse do mercado.

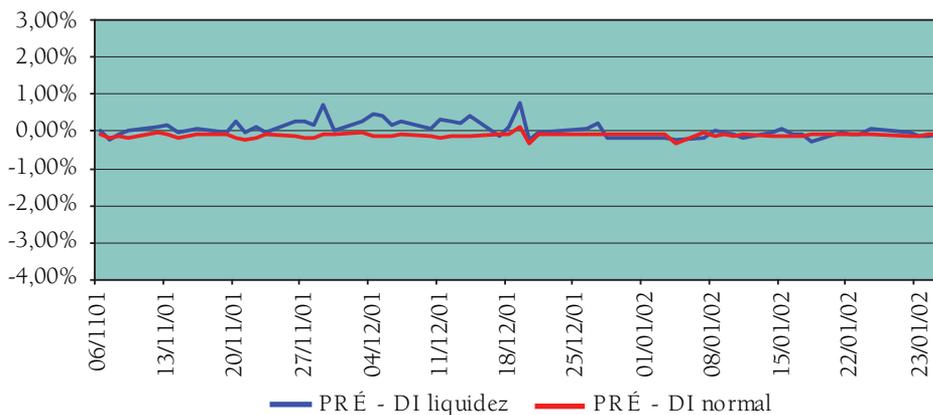
A análise dos gráficos 1 e 2 mostra que, em períodos de normalidade, as três taxas são muito semelhantes. Já em períodos de estresse, a taxa pré-Reuters ainda guarda grande semelhança com a taxa do DI-futuro apurada pelos contratos imediatamente anterior e posterior ao do vencimento em análise (critério usual). No entanto, nesses períodos de estresse, tanto a taxa pré-Reuters como a taxa do DI-futuro apurada dessa forma se distanciam do DI-futuro calculado com base nos dois contratos com maior liquidez.

---

15 Taxa obtida na Agência Reuters, sob códigos QBRPRE1M=RR, QBRPRE6M=RR e QBRPRE1Y=RR, para os prazos de um, seis e doze meses, respectivamente.

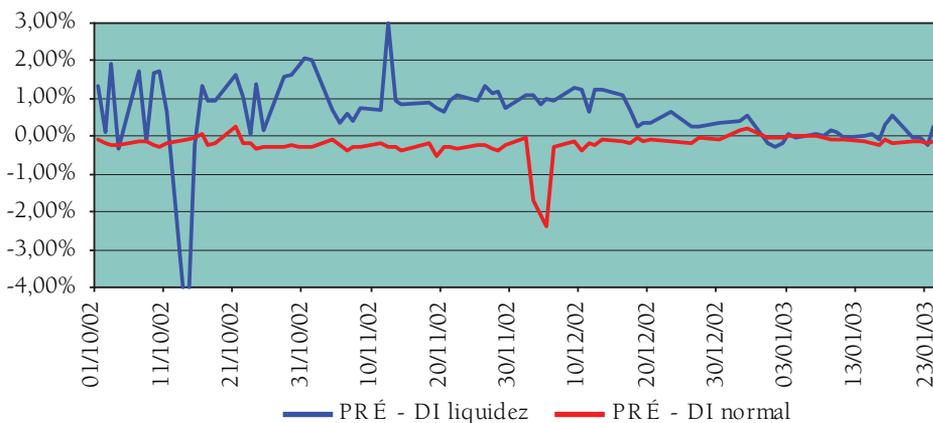
**Gráfico 1**

Diferenças entre a taxa pré-Reuters e o DI-futuro/critério usual (período de normalidade)



**Gráfico 2**

Diferenças entre a taxa pré-Reuters e o DI-futuro/critério usual (período de estresse)



Por um lado, o critério de liquidez tem a vantagem de termos como referência duas taxas que, naquele momento, são as mais negociadas e, portanto, traduziriam um preço mais apropriado. Por outro, pode ser que, com essa metodologia, estejamos usando, por exemplo, um contrato de alguns dias e outro de pouco mais de um mês para calcular uma taxa de seis meses ou um ano, por extrapolação. Não está claro qual é o método mais acurado para apurarmos a taxa futura. Entretanto, decidimos usar a taxa pré-Reuters pelos seguintes motivos:

- Simplicidade: para cada dia, temos a taxa calculada para vários vértices.
- Acurácia: ela se aproxima bastante, mesmo em períodos de estresse, da taxa do DI-futuro calculada pelo método tradicional.
- Domínio público: por ser uma taxa divulgada pela Reuters, pode ser facilmente auditada e recuperada, além de estar visível e disponível para todo o mercado financeiro.
- Relevância: é uma taxa informada por importantes instituições financeiras, com participação expressiva no mercado nacional<sup>16</sup>.

Dessa forma, como taxa de contratos futuros de taxa de juros, usaremos a taxa pré-Reuters. Usaremos dados diários, desde junho de 2001, quando se inicia a série, até janeiro de 2004.

## ■ 2.2 Metodologia

Em primeiro lugar, lembremos a equação que deduzimos:

$$f(R_T, t, T) - R_T = P(t) + v(T) \quad (5)$$

*Ex post*, podemos construir a série  $f(R_T, t, T)$  com base nos preços dos contratos futuros (taxa pré-Reuters) e da taxa Selic realizada. Escolhemos trabalhar com os vértices de um, seis e doze meses. Denominamos essa variável de DIFSELIC e partimos para modelá-la.

16 As instituições são: Deutsche Bank, WESTLB, Lloyds TSB, Banco Itaú, ABN AMRO Bank, Sudameris, HSBC Investment Bank Brasil, BBA Creditanstalt S.A e Citibank.

Dentro da análise de séries temporais à luz de Box-Jenkins, selecionamos o melhor modelo de ajuste dessa variável para cada um dos vértices em estudo. Como, pela nossa equação, sabemos que a série modelada é igual à soma do prêmio de risco com um ruído branco, podemos inferir o comportamento do prêmio usando um resultado conhecido de soma de processos de médias móveis.

Assim, de posse da equação (5) e de uma especificação para o comportamento do prêmio, temos uma descrição completa de um espaço de estados, com uma equação observável e outra de estado, estando, portanto, aptos a aplicar a metodologia do filtro de Kalman e estimar a variável de estado, não observada, que é exatamente o prêmio de risco de taxa de juros.

## ■ 2.3 Detalhes das estimações e resultados

Como já dito, fizemos a estimação para três prazos (vértices) distintos: um, seis e doze meses. Apresentamos a seguir, separadamente, os detalhes de cada estimação e os resultados obtidos para cada vértice.

### ■ 2.3.1 Vértice de um ano

Primeiramente, montamos a série da variável “DIFSELIC1Y”, como a diferença entre a taxa Selic realizada e taxa futura um ano antes. A análise do correlograma dessa série sugeria fortemente um processo auto-regressivo de ordem um. Numa segunda etapa, verificou-se que o acréscimo de um termo de média móvel também de ordem um tornava mais preciso o ajuste do modelo, melhorando o R2 ajustado, a verossimilhança e o critério de Akaike, mantendo o critério de Schwarz praticamente inalterado.

Dessa forma, o modelo selecionado para a variável DIFSELIC1Y foi um ARMA(1,1). Pode-se mostrar que um modelo ARMA(1,1) para essa variável é compatível com um comportamento do tipo AR(1) para o prêmio de risco.

De fato, lembremos que:

$$DIFSELIC1Y \equiv D_t = f(R_T, t, T) - R_T = P(t) + v(t) \quad (6)$$

em que  $v(t)$  é ruído branco.

Se o prêmio fosse um processo AR(1), poderíamos escrevê-lo como:

$$P(t) = \phi P(t-1) + u(t) \quad (7)$$

em que  $u(t)$  é ruído branco.

Das equações (6) e (7), podemos escrever:

$$D_t - v(t) = \phi[D_{t-1} - v(t-1)] + u(t) \quad (8)$$

O que implica que:

$$D_t = \phi D_{t-1} + v(t) - \phi v(t-1) + u(t) \quad (9)$$

Notemos que o termo  $v(t) - \phi v(t-1)$  é um processo de média móvel de ordem 1 e  $u(t)$  pode ser visto como um processo de média móvel de ordem 0. Sabemos, por um resultado conhecido na literatura, que a soma desses dois processos é um processo de média móvel de ordem um<sup>17</sup>. Dessa forma, podemos escrever a última equação como:

$$D_t = \phi D_{t-1} + w(t) - \theta w(t-1) \quad (10)$$

que significa que a variável DIFSELICLY segue um processo ARMA(1,1). Ou seja, conforme queríamos demonstrar, um processo ARMA(1,1) para essa variável é compatível com um processo AR(1) para o prêmio.

Assim, reunindo as equações (6) e (7), temos a descrição completa do nosso espaço de estados:

$$f(R_T, t, T) - R_T = P(t) + v(T) \quad : \text{equação observável}$$

$$P(t) = \phi P(t-1) + u(t) \quad : \text{equação de estado}$$

17 A soma de um processo MA(q) com um processo MA(p) é um processo MA(w), onde  $w = \max(p, q)$ . Ver Hamilton (1994).

A partir dessa especificação, podemos usar a metodologia do filtro de Kalman para estimar a variável não observada, que é exatamente o prêmio de risco de taxa de juros que estamos procurando. O prêmio estimado encontra-se ilustrado abaixo:

### Gráfico 3

#### Prêmio de risco estimado – vértice de um ano



Se a estimação estiver capturando bem as propriedades do prêmio, segundo a teoria, a diferença entre a variável DIFSELIC1Y e a componente sistemática do prêmio estimado deveria se aproximar de um ruído branco. De fato, construímos o correlograma – estatística Q – desses resíduos e verificamos que o teste não rejeita a hipótese de ruído branco, conforme desejável. Além disso, obtivemos bons resultados da estimação do espaço de estados, com um R2 ajustado, por exemplo, de aproximadamente 97%.

Percebe-se que o prêmio estimado é bastante volátil no período de análise, tendo média de 3,4% e desvio padrão de 3,3%.

Se compararmos o prêmio estimado com a variável DIFSELIC1Y, que é a diferença entre a Selic realizada e a taxa futura um ano antes, veremos que as duas séries têm comportamentos extremamente parecidos. Tal resultado não é nada surpreendente, haja vista estarmos utilizando a hipótese de expectativas racionais de que os erros de previsão são ruídos brancos. De fato, essa hipótese parece bastante razoável porque não vemos explicação econômica para a existência de erros de previsão sistemáticos.

Analogamente ao descrito anteriormente, fizemos as estimações para os prazos de um e seis meses, que serão descritas adiante.

### ■ 2.3.2 *Vértice de seis meses*

Para o prazo de seis meses, construímos a variável “DIFSELIC6M”, como a diferença entre a Selic realizada e a taxa futura seis meses antes. O correlograma dessa série sugeria um processo auto-regressivo de ordem um. De fato, tentativas posteriores mostraram que o melhor modelo de ajuste seria um AR(1) com intercepto, em que a inclusão do intercepto melhorou todas as estatísticas.

De forma análoga ao que foi feito no item anterior, pode-se mostrar que um processo desse tipo para a variável DIFSELIC6M é compatível com um processo ARMA(1,1) com intercepto para o prêmio de risco. Assim, montamos, para esse prazo, o espaço de estados:

$$f(R_T, t, T) - R_T = P(t) + v(T) \quad \text{: equação observável}$$

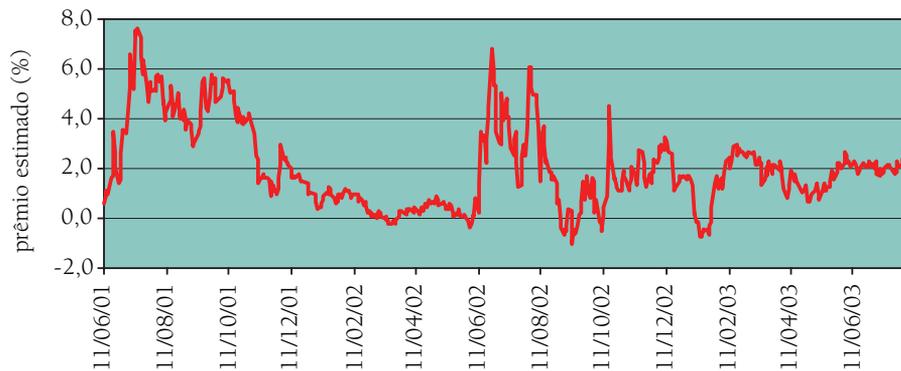
$$P(t) = \phi P(t-1) + u(t) + \theta u(t-1) + C \quad \text{: equação de estado}$$

De posse do espaço de estados, empregamos o filtro de Kalman e obtivemos o prêmio (variável de estado, não observada) estimado para o prazo em questão, que está ilustrado no Gráfico 4.

A estimação do espaço de estados resultou em um R2 ajustado de aproximadamente 93%, e a análise do correlograma dos resíduos não rejeitou a hipótese de ruído branco. O prêmio de seis meses, assim como o de um ano, também se mostrou bastante volátil, embora com um espectro de variação um pouco mais estreito. A média do prêmio foi de 2,1%, com um desvio padrão de 1,7%.

#### Gráfico 4

#### Prêmio de risco estimado – vértice de seis meses



#### ■ 2.3.3 Vértice de um mês

A estimação para o vértice de um mês foi bastante semelhante à de seis meses. A variável “DIFSELIC1M”, diferença entre a Selic realizada e a taxa futura um mês antes, foi modelada como um processo AR(1) com intercepto, compatível, portanto, com um processo ARMA(1,1) com intercepto para o prêmio. O espaço de estados estimado foi:

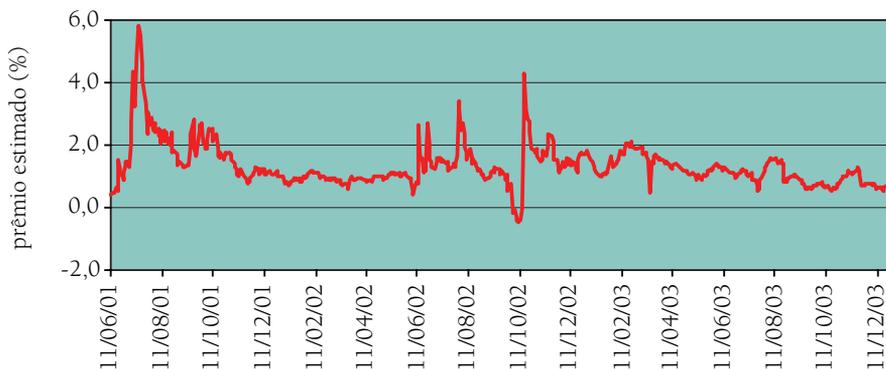
$$P(t) = \phi P(t-1) + u(t) + \theta u(t-1) + C \quad : \text{equação observável}$$

$$P(t) = \phi P(t-1) + u(t) + \theta u(t-1) + C \quad : \text{equação de estado}$$

Apresenta-se a seguir o prêmio estimado.

## Gráfico 5

### Prêmio de risco estimado – vértice de um mês



O prêmio de um mês também é volátil, embora menos do que o de seis meses que, por sua vez, é menos volátil do que o de um ano. A média no período analisado foi de 1,3%, com desvio padrão de 0,7%.

## ■ 2.4 Outras considerações

Ilustramos a seguir os prêmios estimados para os três vértices consolidados em um mesmo gráfico.

Podemos fazer algumas observações pertinentes sobre o Gráfico 6. Em primeiro lugar, o gráfico ilustra o fato de que a volatilidade do prêmio é diretamente proporcional ao prazo em questão, como já havíamos observado. É natural imaginarmos que, para prazos maiores, os prêmios sejam mais sensíveis a mudanças de expectativas.

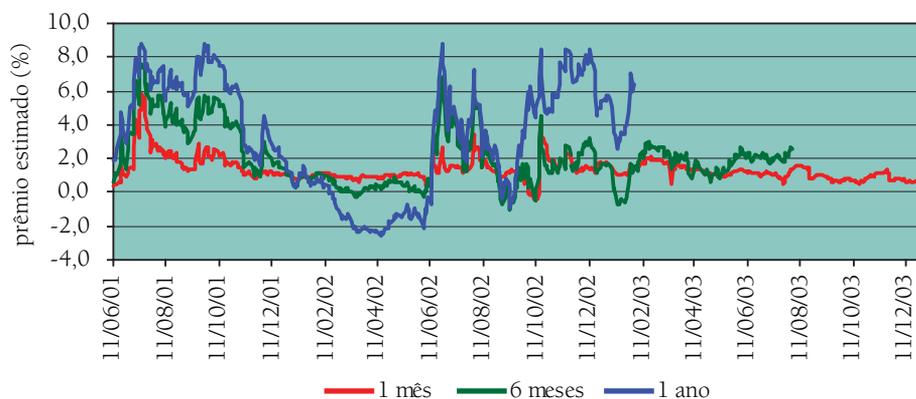
Observando-se o início das séries, os últimos meses de 2001, vemos que os prêmios, apesar de voláteis e relativamente altos, têm um comportamento “regular” no sentido de que também são diretamente proporcionais aos prazos. Tal fato é coerente com a teoria. Ora, o prêmio de risco pode ser visto como uma recompensa pela incerteza, e a prazos maiores está associada maior incerteza de previsão. Já durante o ano de 2002 tal fato não se confirma, tendo também períodos com prêmios negativos. Deve-se ressaltar que os aumentos inesperados de juros ao final de 2002 e no início de 2003, assim como uma maior incerteza geral quanto às ações do Banco

Central nesse período, contribuem de forma significativa para o resultado estimado.

É interessante notar, ao longo de 2003, um novo período de tranquilidade dos mercados, com a gradual tomada de confiança no novo governo pelos investidores, em que os prêmios de um e seis meses parecem estabilizar-se em torno de 1% e 2%, respectivamente. Como para as estimações precisamos construir a variável DIFSELIC e, portanto, usar a taxa futura hoje e a taxa Selic realizada daqui a um, seis ou doze meses, as séries estimadas têm diferentes números de observações. Todas as séries começam em junho de 2001, mas a série de um ano termina em janeiro de 2003, enquanto a de seis meses termina em agosto de 2003 e a de um mês em janeiro de 2004.

## Gráfico 6

### Prêmios de risco estimados



Resumimos a seguir a média e o desvio padrão de cada série para o período total de cada uma e também para um período reduzido (de junho/2001 a janeiro/2003), em que há valores para todas elas.

As estimativas estão, portanto, bastante coerentes com o que esperávamos. Por um lado, a média do prêmio cresce com o prazo, conforme a previsão da teoria dos prêmios de risco, refletindo um prêmio maior por estarmos sujeitos a um risco maior. Por outro, a volatilidade do prêmio também aumenta com o prazo, refletindo o aumento da incerteza e da sensibilidade do prêmio a ela.

**Tabela 1**

**Estatísticas dos prêmios de risco estimados**

	1 mês	6 meses	1 ano
média (período total) %	1,3	2,1	3,4
desvio padrão (período total) %	0,7	1,7	3,3
média (período reduzido) %	1,4	2,1	3,4
desvio padrão (período reduzido) %	0,8	1,9	3,3

Tais resultados são um passo para construirmos uma estrutura a termo de prêmios de risco de taxas de juros que, juntamente com cenários da taxa básica de juros, nos levam à construção de cenários de curvas de rendimento.

### 3

## EXPECTATIVAS ESTIMADAS

Lembremos que partimos da hipótese de que o preço de um contrato futuro é formado pela expectativa da taxa futura adicionada ao prêmio de risco. De fato, tínhamos a equação:

$$f(R_T, t, T) = E(R_T | t) + P(t)$$

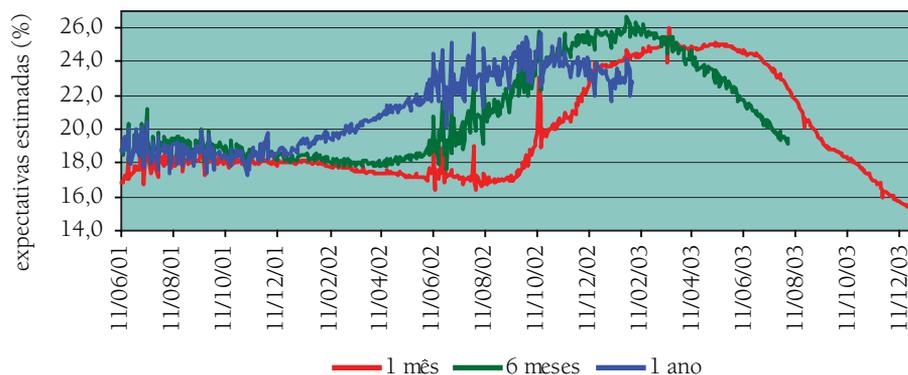
Um aspecto não abordado por Wolf nem por outros autores que utilizaram a mesma metodologia para cálculo do risco cambial é que, após obtermos o prêmio de risco estimado, podemos, de acordo com a última equação, obter também as expectativas dos agentes quanto à taxa futura, bastando subtrair o prêmio da taxa do contrato futuro.

Utilizando esse procedimento, extraímos as “expectativas estimadas”, que estão ilustradas no Gráfico 7.

Notemos uma grande volatilidade nas expectativas estimadas no período de junho a novembro de 2002. Tal resultado é bastante aderente à realidade. Basta lembrarmos que esse foi exatamente o período de maior nervosismo do mercado financeiro no período analisado, em razão do processo eleitoral que se encerrou em novembro daquele ano.

## Gráfico 7

### Expectativas estimadas



Também coerente é o fato de as expectativas de seis meses estarem abaixo das expectativas de um mês a partir de abril de 2003, refletindo uma curva de rendimento de juros (*yield curve*) invertida, ou seja, expectativa de queda na taxa Selic.

Desde o final de 2001, o Banco Central realiza uma pesquisa diária de expectativas de mercado junto aos agentes econômicos. Interessante, portanto, é confrontar as expectativas estimadas pelo modelo com a mediana<sup>18</sup> das expectativas coletadas pelo Banco Central, o que faremos na próxima seção.

18 Justifica-se o uso da mediana, e não da média, por não conhecermos *a priori* a distribuição de expectativas, nem estarmos fazendo nenhuma hipótese sobre ela. No caso das expectativas estimadas, a média teórica coincide com a mediana, porque a variável é normalmente distribuída (isso é consequência da hipótese de expectativas racionais, em que os erros de previsão são ruídos brancos). Assim, no fundo, estamos comparando as medianas para as duas estatísticas (que no caso estimado também é a média).

## 4

# SISTEMA BANCO CENTRAL DE EXPECTATIVAS DE MERCADO

Krippner e Gordon (2001) destacam que as expectativas sobre a taxa de juros de curto prazo são de grande interesse para os participantes do mercado, incluindo Bancos Centrais, por uma variedade de razões.

Motivado pela implantação do regime de metas de inflação, que se deu oficialmente em junho de 1999, o Banco Central do Brasil (BC) criou o Grupo de Comunicação Institucional (GCI). O GCI tem como principal atribuição o monitoramento da evolução das expectativas dos agentes econômicos, com o objetivo de subsidiar as decisões de política monetária.

No início de sua criação, o GCI consultava cerca de cinquenta instituições e obtinha respostas por telefone, fax ou correio eletrônico acerca das projeções dos principais índices de preços e do crescimento do PIB.

Desde novembro de 2001, as instituições cadastradas acessam a página da internet do Sistema Expectativas de Mercado e provêem em tempo real projeções anuais e mensais para os principais índices de preços, crescimento do PIB, produção industrial, taxa de câmbio, taxa Selic, variáveis do Balanço de Pagamentos e resultados fiscais.

A princípio, qualquer entidade pode solicitar participação na pesquisa. Em junho de 2003, havia 88 participantes, sendo 73 instituições financeiras, oito consultorias e seis empresas não-financeiras. Não há periodicidade preestabelecida para as atualizações<sup>19</sup>, mas o sistema só considera os dados informados nos últimos trinta dias. Até junho de 2003, 65% das entidades cadastradas, em média, faziam atualizações semanais.

O BC divulga as estatísticas de média, mediana, desvio padrão e o intervalo máximo/mínimo toda segunda-feira, relativos à semana anterior. Na página do BC também estão todas as estatísticas geradas desde o início desse sistema mais abrangente e em tempo real (novembro de 2001).

A partir de uma metodologia de atribuição de notas às previsões<sup>20</sup>, em relação ao realizado, o BC elabora um *ranking* das instituições de suas projeções

19 Fato importante, como será discutido adiante.

20 Ver Marques et al. (2003).

de curto, médio e longo prazos. Mensalmente, são divulgadas as cinco entidades com maior pontuação para cada horizonte temporal. O objetivo da autoridade monetária é incentivar a qualidade e medir a precisão das projeções.

Temos, portanto, diariamente, a partir de novembro de 2001, a mediana das expectativas para o fechamento mensal da taxa Selic pelos próximos doze meses. Com esses dados, podemos deduzir e construir, para cada dia, a expectativa da taxa Selic acumulada pelos próximos um, seis e doze meses.

Para esse cálculo, devemos levar em conta que cada possível mudança na taxa Selic se dá, *a priori*, após a reunião do Copom, e não ao final ou início do mês. A princípio, o mercado conhece todas as datas dessas reuniões, seja porque o BC divulga o calendário anual para os encontros, seja porque elas se dão habitualmente nas terças e quartas-feiras da terceira semana de cada mês.

Dessa forma, montamos um algoritmo de cálculo das expectativas acumuladas que, partindo da taxa Selic corrente, vai acumulando dia a dia a taxa, alterando-a de acordo com a mediana das expectativas para aquele mês, na data de realização da reunião do Copom.

De posse, portanto, das expectativas da taxa Selic acumulada pelos próximos um, seis e doze meses e das expectativas estimadas indiretamente pelo filtro de Kalman para os mesmos períodos, podemos confrontá-las, como se expressa a seguir.

Podemos tecer algumas observações interessantes sobre esses gráficos. Em primeiro lugar, notemos que, à medida que o prazo aumenta, a aderência entre as expectativas estimadas pelo modelo e as do SBCEM diminui. Além disso, os dados do SBCEM são menos voláteis que as expectativas estimadas e tendem a convergir para estas últimas em períodos de tranquilidade.

Os gráficos ilustram algo não surpreendente para aqueles que acompanham o mercado e as expectativas coletadas pelo BC: as expectativas do SBCEM parecem demorar a responder a novas situações. Isso fica claro nos vértices de seis e doze meses<sup>21</sup>, quando as expectativas se descolam durante o nervosismo do mercado em 2002 e voltam a convergir ao final daquele ano.

Algumas são as razões para que isso ocorra. Em primeiro lugar, é importante ressaltar que a mediana das expectativas diárias do SBCEM pode demorar mais a mudar em razão da possível falta de tempestividade das instituições

---

21 Fazemos a ressalva de que, embora seja muito tentador fazer essa observação para o prazo de doze meses, o próprio gráfico nos mostra que os “períodos de tranquilidade” são muito curtos para realmente comprovar a afirmação.

participantes em atualizar seus dados juntamente com o fato de o sistema ainda computar expectativas que foram informadas até um mês atrás<sup>22</sup>.

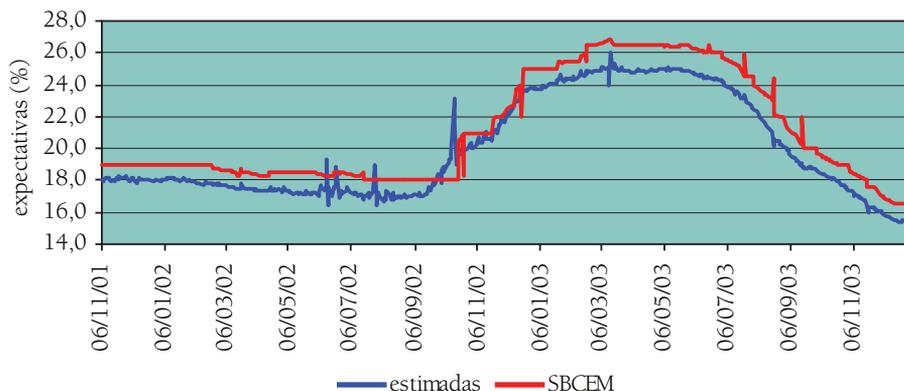
Outro motivo menos operacional e mais teórico é o de que pode ser que as instituições informem “expectativas condicionadas”, ou seja, expectativas que excluem os piores casos possíveis. Tal fato poderia explicar por que, em alguns momentos de estresse do mercado, as taxas futuras sofrem consideráveis aumentos enquanto as expectativas do SBCEM pouco se movimentam.

Para justificar esse argumento, mostramos a seguir a taxa futura de um ano (taxa pré-Reuters) junto com as expectativas SBCEM acumuladas para um ano, no mesmo período (de novembro de 2001 a janeiro de 2003).

Ressaltemos que, em junho de 2002, as taxas do mercado futuro sofrem grande aumento, resultante das incertezas do processo eleitoral, enquanto as expectativas SBCEM ficam praticamente inalteradas por cerca de quatro meses, apenas em outubro daquele ano aumentando gradativamente e convergindo para as taxas futuras.

### Gráfico 8

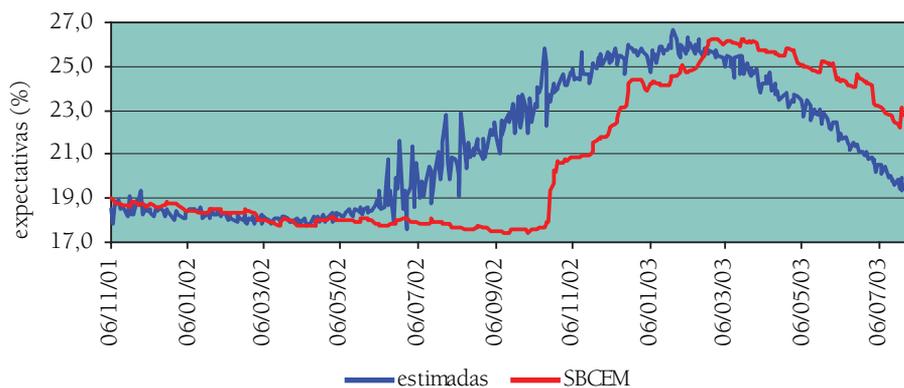
#### Comparação expectativas estimadas versus SBCEM – vértice de um mês



22 Se uma instituição informar hoje expectativas para os próximos meses e não fizer mais nenhuma atualização, por um período de um mês essas expectativas ainda integrarão o SBCEM, mesmo que as condições de mercado tenham se alterado completamente. Lembremos ainda que, conforme citamos anteriormente, em junho de 2003, cerca de 63% das instituições faziam atualizações semanais.

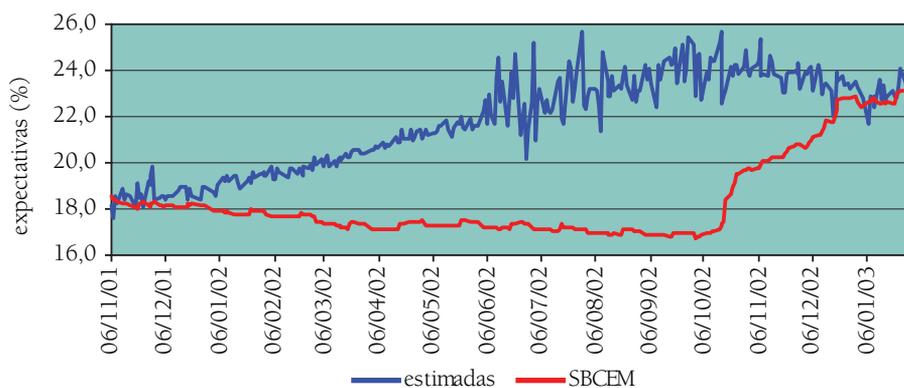
### Gráfico 9

Comparação expectativas estimadas versus SBCEM – vértice de seis meses



### Gráfico 10

Comparação expectativas estimadas versus SBCEM – vértice de um ano



Uma questão relevante nesse contexto é: sabendo que essa coleta de expectativas do BC é um insumo importante, segundo a própria autoridade mo-

netária, para o sistema de metas de inflação, há incentivos adequados para as instituições declararem suas reais expectativas?

### Gráfico 11

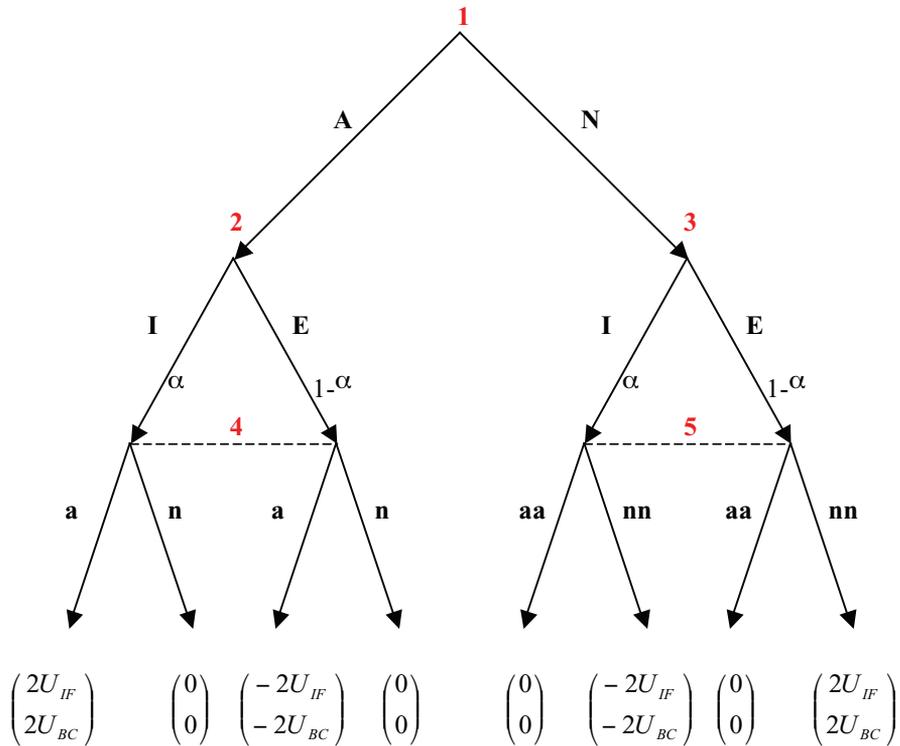
#### Taxa futura e expectativas SBCEM – prazo de um ano



De fato, pode acontecer que, apesar do real aumento das taxas no mercado futuro, as instituições resistam mais a elevar suas expectativas com receio de que isso induza o BC ao aumento, ou à interrupção de um processo de queda, da taxa básica de juros, desinteressante para essas instituições.

Podemos ilustrar essa situação com um jogo simples de três jogadores: a natureza, uma instituição financeira (IF) e o Banco Central (BC). Suponhamos que o jogo é disparado em uma situação de volatilidade ou incerteza. Nesse caso, a instituição financeira tem duas ações possíveis: aumentar (A) ou não aumentar (N) sua expectativa informada ao BC. A natureza joga escolhendo se ocorrerá um período inflacionário (I) ou de estabilidade (E). Conhecendo a escolha da IF mas não a da natureza, o BC escolhe entre aumentar (a ou aa) ou não aumentar (n ou nn) a taxa básica de juros<sup>23</sup>. O jogo em sua forma extensiva é ilustrado a seguir.

23 Estamos distinguindo entre as ações “a” e “aa”, ambas aumentar, e entre “n” e “nn”, ambas não aumentar, em razão de elas serem tomadas em conjuntos de informação distintos.



Suponhamos que, caso a natureza se mova de acordo com o movimento da IF, esta ganha uma unidade de utilidade ( $U_{IF}$ ); caso contrário, perde uma unidade. Além disso, se o BC age na situação correta, a IF também ganha uma unidade adicional de utilidade e vice-versa. Para o BC, o *payoff* segue o mesmo raciocínio, dependendo se ele age da forma correta e se o sinal que a IF dá também é correto.

Trata-se de um jogo dinâmico com informação imperfeita. Sabemos, portanto, que a solução por indução reversa nos revela os equilíbrios de Nash em estratégias puras do jogo. Tomando-se esse procedimento, temos os seguintes equilíbrios:

$$[(A; a, aa); \alpha \geq 1/2] \text{ e } [(N; n, nn); \alpha < 1/2]$$

Ou seja, numa situação de volatilidade em que a IF acha que a probabilidade de um estado inflacionário não é muito alta ( $< 1/2$ ), ela prefere não alterar a expectativa informada ao Banco Central que, por sua vez, também optará por não alterar a taxa básica de juros. Notemos que o jogo é disparado em uma situação de volatilidade. Fora dessa situação, os agentes conhecem exatamente o estado da natureza e, portanto, não precisam associar a eles nenhuma probabilidade.

Em momentos de tranqüilidade, os agentes conhecem o estado da natureza e a IF revela sempre suas crenças. O que estamos tentando mostrar nesse jogo em momentos de volatilidade é que, mesmo associando uma probabilidade positiva a um estado inflacionário, desde que essa probabilidade não seja alta o suficiente, não é ótimo para a IF elevar suas expectativas, embora, ao mesmo tempo, a mesma IF já aumente suas taxas no mercado futuro de acordo com a probabilidade associada. Realmente, no mercado futuro há uma enorme punição à não “revelação da verdade”: o prejuízo financeiro.

Também ressaltamos que poderíamos ter um jogo análogo ao apresentado para o caso de volatilidade quando está em questão uma queda, em vez de aumento, das taxas de juros. Nesse caso, a IF também mostraria uma certa hesitação em diminuir suas expectativas (embora o preço no mercado futuro já as tivesse incorporado).

Finalmente, ainda podemos especular outro motivo para a demora no movimento das expectativas do SBCEM. Pode acontecer que instituições menores, com menor disponibilidade de informação ou capacidade analítica, esperem por movimentos das instituições maiores para se mover. Também podemos pensar nessa situação como um jogo no qual as instituições maiores são as líderes do mercado e as menores observam as suas ações para depois tomar as decisões próprias (uma espécie de modelo de Stackelberg).

Por um lado, como são divulgados apenas os dados consolidados das expectativas do SBCEM, não temos como testar cientificamente tal especulação, já que não temos acesso às respostas individuais de cada instituição. Por outro, se isso fosse verdade, em momentos de volatilidade mas com expectativa de queda das taxas de juros, a SBCEM também apresentaria uma certa rigidez para baixo, similar à rigidez de subida que vimos observando. Tal hipótese tem algum respaldo se olharmos novamente para o Gráfico 9, em que as expectativas SBCEM demoram a subir após a subida das taxas futuras e, posteriormente, também demoram a cair, após a queda das taxas futuras.

Como conclusão das discussões deste item, podemos dizer que as expectativas do SBCEM são uma boa aproximação das reais expectativas de merca-

do em momentos de tranquilidade, mas distanciam-se destas em momentos de estresse ou incerteza.

## 5

# PODER DE PREVISÃO DO SBCEM VERSUS MERCADO FUTURO

Dadas as discussões anteriores, outra indagação que nos parece relevante é se as expectativas do SBCEM são boas previsoras das taxas futuras. Mais especificamente, será que essas expectativas têm um poder de previsão superior às das taxas praticadas no mercado futuro<sup>24</sup>? Ou, de uma forma mais caricata e provocativa, quem acerta mais o futuro, os economistas-chefes dos bancos ou os tesoureiros?

Para os três prazos em estudo, comparamos as expectativas acumuladas a partir do SBCEM e as taxas do mercado futuro com as taxas efetivamente realizadas *ex post*. Escolhemos como medida de acurácia de previsão o erro médio quadrático das expectativas do SBCEM ou das taxas futuras em relação às taxas realizadas. Os resultados encontram-se sintetizados na Tabela 2.

**Tabela 2**

**Desvios quadráticos médios em relação à taxa realizada**

	taxa de mercado futuro	expectativas SBCEM
1 mês	1,3	2,1
6 meses	0,7	1,7
1 ano	0,8	1,9

Para os prazos considerados e no período em estudo, embora com resultados bastante semelhantes, a taxa do mercado futuro tem, portanto, uma

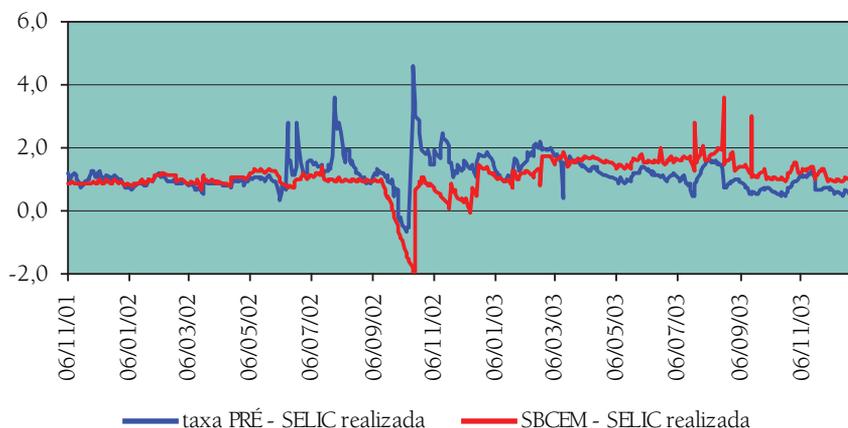
<sup>24</sup> Mesmo sabendo que as taxas do mercado futuro não são estimadores não-enviesados das taxas futuras, exatamente pela presença de prêmios de risco.

acurácia maior na previsão da taxa futura do que as expectativas expressas no SBCEM<sup>25</sup>.

O fato de os desvios médios serem muito semelhantes não quer dizer que o poder de previsão das duas taxas seja semelhante ao longo do tempo. Os gráficos apresentados a seguir, que explicitam os desvios em relação à taxa realizada, mostram que, em períodos de tranqüilidade, a capacidade de previsão das duas taxas é bastante semelhante e acurada. Já em épocas de estresse, enquanto a taxa do mercado futuro responde imediatamente e com intensa volatilidade, as expectativas do SBCEM reagem de forma lenta e com volatilidade bem inferior.

### Gráfico 12

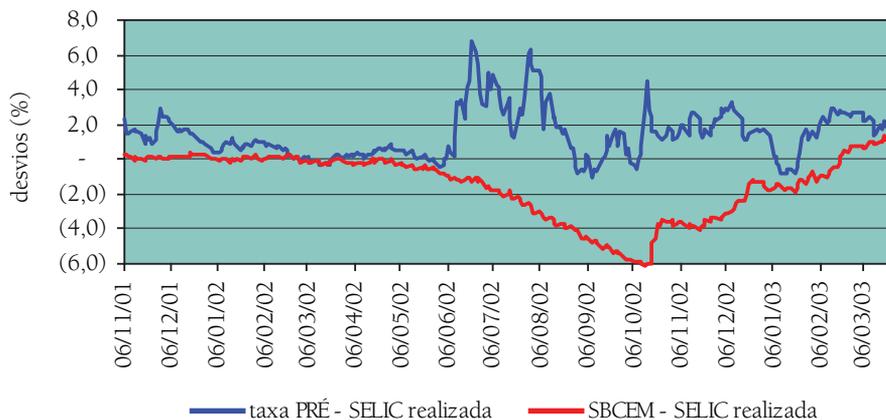
#### Desvios em relação à Selic realizada – vértice de um mês



25 De certo modo, a comparação traz uma desvantagem para as expectativas SBCEM: elas são informadas para o final de cada mês e, por isso, é preciso montar uma conta para calcular a taxa acumulada e compará-la com a taxa futura. No entanto, acreditamos que, dada a consistência do algoritmo de cálculo já comentado, a conta não está influenciando nos resultados. Poderíamos também tentar fazer o inverso: manter as expectativas SBCEM como elas são e extrair das taxas futuras as previsões implícitas para o fim de cada mês. No entanto, esse último procedimento parece introduzir bem mais ruídos do que o procedimento escolhido.

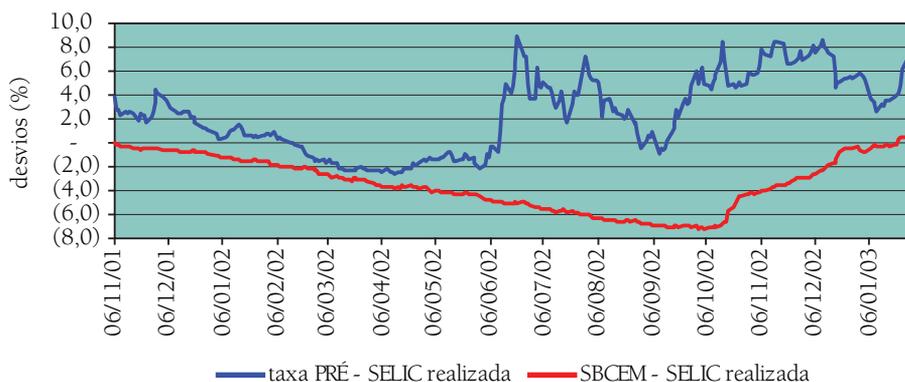
**Gráfico 13**

Desvios em relação à Selic realizada – vértice de seis meses



**Gráfico 14**

Desvios em relação à Selic realizada – vértice de doze meses



Alguém poderia sugerir que testássemos a capacidade de previsão das expectativas estimadas pelo modelo na seção 3. No entanto, tal procedimento não faria muito sentido. Em primeiro lugar, porque aquelas estimativas foram

calculadas usando-se a taxa realizada *ex post* como insumo. Em segundo lugar, exatamente porque, para serem estimadas, elas necessitam da taxa *ex post*; não têm, dessa forma, nenhuma capacidade de previsão de taxas futuras em uma situação corrente<sup>26</sup>.

Até então, um resultado que parece ficar claro é que as expectativas consolidadas no SBCEM tendem a representar bem a realidade em momentos de tranqüilidade dos mercados. Portanto, podemos pensar também, de forma coerente com a teoria apresentada na seção 2, em medir o prêmio de risco de taxa de juros baseado nessas expectativas, como faremos a seguir.

Queiroz (2004) apresenta um modelo de previsão das expectativas dos agentes quanto a mudanças nas taxas de juros, baseado no comportamento das reservas bancárias, testando o desempenho do modelo com as expectativas do SBCEM. Das nossas investigações, surgem duas conclusões: (i) uma boa idéia seria olhar para o comportamento do mercado futuro; e (ii) em períodos de volatilidade, podemos ter uma noção do quanto as expectativas do SBCEM estão defasadas, e precisam ser corrigidas, em relação às verdadeiras expectativas.

## 6

### MEDINDO O PRÊMIO BASEADO NO SBCEM

Recordemos que a teoria apresentada na seção 2 supunha que a taxa do mercado futuro era formada pela expectativa futura adicionada ao prêmio de risco. Toda a metodologia desenvolvida então para a estimação do prêmio partia do princípio de que não possuímos as expectativas e não podemos observar diretamente o prêmio.

Ora, se as expectativas do SBCEM puderem ser tomadas como as reais expectativas de mercado, e isso parece ser verdade para momentos de tranqüilidade, podemos medir diretamente o prêmio de risco de taxa de juros subtraindo a expectativa da taxa futura para cada vértice em estudo.

Apresentamos, a seguir, esse exercício para o período em análise neste artigo, com a ressalva de que o período não engloba apenas momentos de

---

26 Outra idéia seria a de testar a capacidade de previsão das instituições mais bem classificadas pelo Banco Central. No entanto, além de o grupo das cinco melhores instituições variar razoavelmente, também não teríamos acesso a um grupo restrito de dados.

tranquilidade, ao contrário, inclui, por exemplo, o segundo semestre de 2002, que teve destacada volatilidade nos mercados<sup>27</sup>.

No período completo (de 11.6.2001 a 30.1.2004), os prêmios apresentam as seguintes médias e desvios padrão:

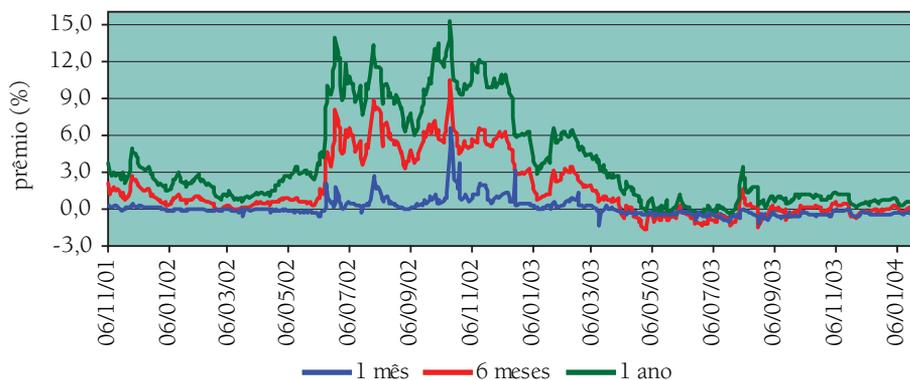
**Tabela 3**

**Prêmios medidos em relação ao SBCEM**

	1 mês	6 meses	1 ano
média %	0,1	1,7	3,8
desvio padrão %	0,8	2,5	3,9

**Gráfico 15**

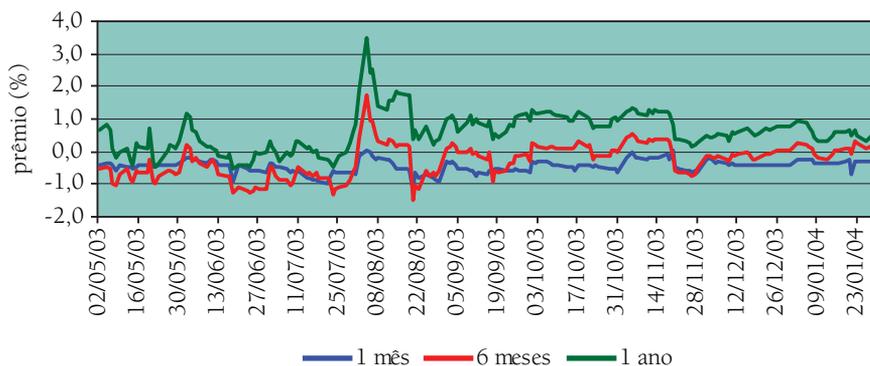
**Prêmios baseados no SBCEM**



27 Como reafirmaremos mais à frente, os períodos relativamente curtos da existência do SBCEM e dos prêmios e das expectativas estimados nos levaram a usar todo o período disponível para comparações, e não apenas os períodos coincidentes ou de tranquilidade.

## Gráfico 16

### Prêmios baseados no SBCEM – período de tranqüilidade



É interessante observarmos que essas estatísticas não são muito diferentes daquelas obtidas dos prêmios estimados pelo modelo na seção 2, com exceção do prêmio médio de um mês, que é significativamente menor do que aquele previamente encontrado. Lembremos que os prêmios estimados anteriormente tinham média de 1,3%, 2,1% e 3,4% e desvio padrão de 0,7%, 1,7% e 3,3% para os prazos de um, seis e doze meses, respectivamente<sup>28</sup>. O fato de que para prazos maiores (um ano) os prêmios medidos em relação ao SBCEM são maiores do que aqueles estimados pelo modelo, significando que as expectativas informadas situam-se bem abaixo das taxas efetivamente transacionadas no mercado futuro, pode refletir as hipóteses levantadas anteriormente de serem expectativas condicionadas, não incluindo “piores casos”, talvez em função de as instituições não terem incentivos adequados para declarar a sua real expectativa, como discutido na seção 4.

Os gráficos seguintes trazem, separadamente por prazo, a comparação entre os prêmios estimados na seção 2 e os prêmios calculados nesta seção.

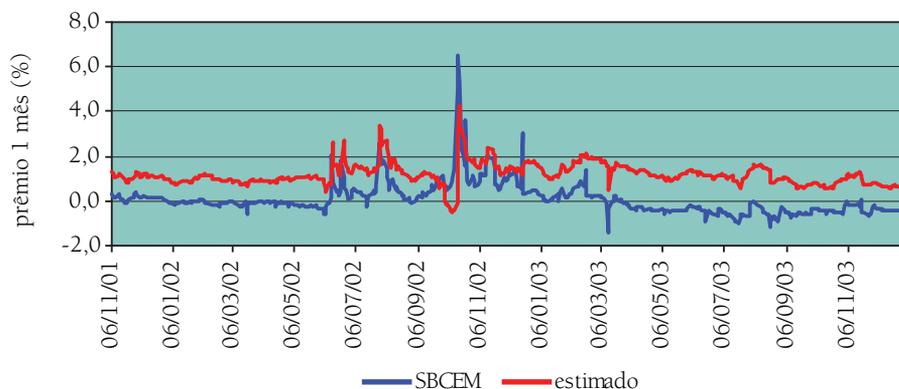
É curioso destacarmos como o formato e a evolução das curvas nos três casos são muito parecidos, especialmente fora dos períodos de estresse. Tal fato volta a confirmar nossa afirmação anterior de que as expectativas do SBCEM

28 Deve-se observar que, em razão dos procedimentos necessários para as estimações, os períodos não são idênticos.

parecem refletir adequadamente as expectativas do mercado em momentos de tranquilidade econômica.

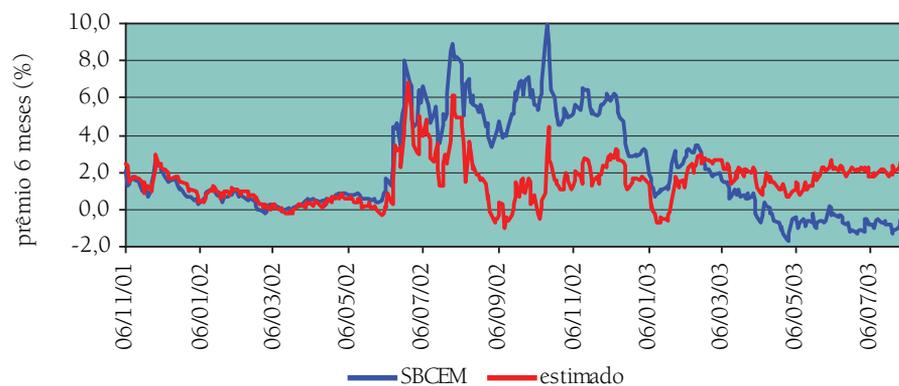
### Gráfico 17

Comparação prêmios estimados versus baseados no SBCEM – um mês



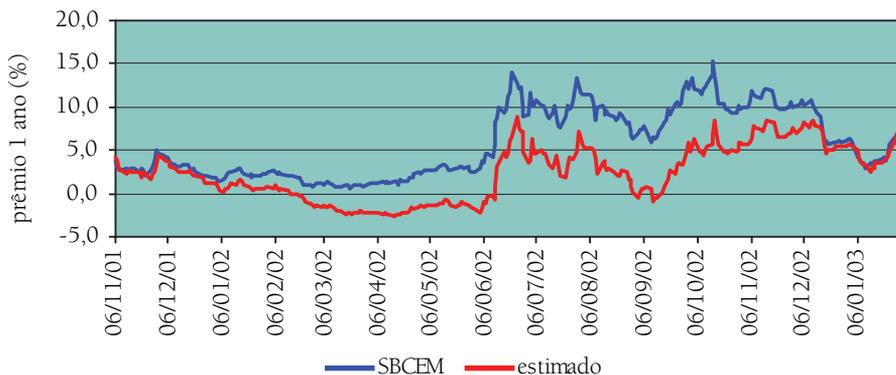
### Gráfico 18

Comparação prêmios estimados versus baseados no SBCEM – seis meses



### Gráfico 19

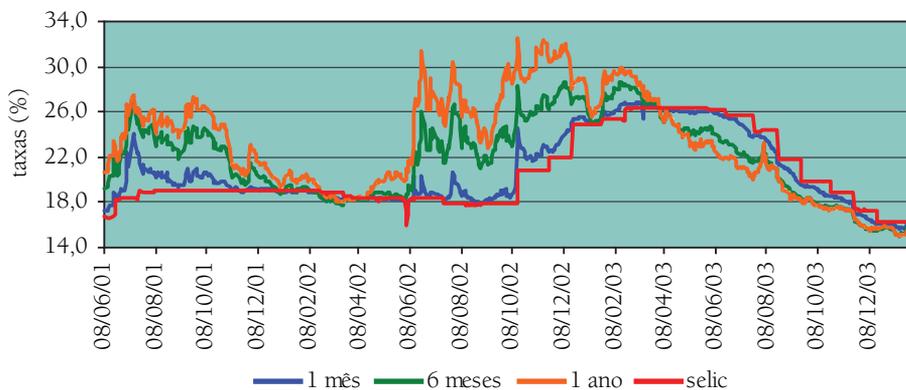
Comparação prêmios estimados versus baseados no SBCEM – um ano



Observemos o Gráfico 20, que traz as taxas futuras (taxa pré-Reuters) para os prazos de um, seis e doze meses e a taxa Selic à vista, em dados diários, de junho de 2001 a janeiro de 2004.

### Gráfico 20

Taxas futuras e Selic à vista



Analisando as quatro curvas, temos a impressão de que as taxas futuras sempre se movem antes da taxa Selic à vista, sugerindo uma certa passividade da política monetária nesse período. Em primeiro lugar, antes de entrar neste mérito, vamos confirmar se essa impressão que o gráfico nos causa está correta, rodando o teste de causalidade de Granger entre cada taxa futura e a Selic à vista.

Não é demais lembrarmos que o teste de causalidade de Granger, apesar do nome, nada nos diz a respeito das relações de causalidade entre duas variáveis. O que o teste nos responde é se há precedência temporal entre elas, testando se valores defasados de uma variável melhoram as previsões da outra. Evidentemente, se um evento A causa um evento B, isso significa que o evento A precede temporalmente o evento B, mas o contrário não é verdade. Pode acontecer simplesmente que os dois eventos sejam altamente correlacionados, mas não tenham nenhuma relação de causalidade.

Tomamos então as séries diárias apresentadas no gráfico (675 observações) e realizamos o teste de causalidade de Granger de cada taxa futura contra a taxa Selic à vista. Como a taxa Selic costuma alterar-se significativamente apenas uma vez por mês, quando da reunião do Copom, optamos por realizar o teste com a inclusão de 21 *lags* (número médio de dias úteis em um mês).

A 95% de significância, não rejeitamos a hipótese nula de que a Selic à vista “não causa” cada taxa futura. Por outro lado, a esse mesmo nível de significância, rejeitamos a hipótese nula de que cada taxa futura “não causa” a Selic à vista. De uma forma mais clara, o teste de causalidade de Granger indica haver precedência temporal no sentido taxa futura => Selic à vista e não no sentido inverso.

A constatação de que mudanças nas taxas futuras de um, seis e doze meses precedem temporalmente mudanças na taxa Selic indica que a política monetária foi passiva nesse período? Não, por alguns motivos. Primeiro, exatamente pelo fato de a taxa Selic alterar-se significativamente com certa rigidez, ou seja, apenas uma vez por mês, quando o Copom se reúne<sup>29</sup>; enquanto as taxas futuras alteram-se livremente de instante a instante, é razoável imaginarmos que essas últimas movam-se, em geral, antes, a cada chegada de novas informações. Além disso, como já ressaltamos anteriormente, a volatilidade do mercado futuro, que responde a cada nova informação ou expectativa, é

---

29 Via de regra, a meta da taxa Selic é alterada uma vez por mês, quando da reunião do Copom, a não ser excepcionalmente, em que há viés na taxa ou em que é convocada uma reunião extraordinária, fatos que ocorreram esporadicamente nos últimos anos.

muito alta. É bastante razoável também esperarmos da autoridade monetária uma atitude muito mais cautelosa na condução da política de juros.

Finalmente, espera-se que de fato o mercado futuro antecipe os movimentos do mercado à vista, ou seja, de que os agentes econômicos não cometam erros sistemáticos em suas expectativas.

A relação de precedência temporal achada, portanto, nada tem a ver com agilidade ou passividade da política monetária. Para isso, uma idéia seria isolar períodos em que a taxa Selic tenha convergido para as taxas futuras com um intervalo considerável de tempo e checar se a isso se deveu a algum período inflacionário que poderia ter sido evitado com um aumento anterior da taxa básica de juros. Tal tarefa está além do escopo deste artigo. Ao contrário, o achado sobre a precedência temporal pode estar ilustrando apenas um fato natural: a capacidade de antecipação do mercado futuro acerca da evolução das variáveis econômicas, haja vista a chegada de novas informações.

## 7

### DETERMINANTES DO PRÊMIO DE RISCO

Uma questão também importante seria investigar quais os determinantes dos prêmios estimados. Já argumentamos, em linha com a literatura, que é razoável que o prêmio seja função do prazo do ativo, e prazos maiores deveriam estar associados com prêmios maiores, já que embutem um risco maior de oscilação de preço do ativo. Além disso, como o prêmio está diretamente associado com a incerteza dos investidores, também é natural imaginarmos que prêmios maiores estejam associados a períodos de maior incerteza. Portanto, é bastante intuitiva a inclusão dessas duas variáveis como fatores explicativos do prêmio. A utilização do prazo é direta. Já como medida de incerteza do mercado, utilizaremos o desvio padrão diário das expectativas informadas no SBCEM para o maior prazo disponível (entre doze e treze meses).

Uma outra variável que pode explicar o prêmio é o nível corrente das taxas de juros. Pode-se especular que o prêmio e o nível da taxa básica de juros sejam negativamente correlacionados<sup>30</sup>. Dessa forma, decidimos incluir a taxa Selic corrente entre os candidatos a fatores explicativos do prêmio.

---

30 Alguns trabalhos sobre prêmio de risco cambial concluem que o prêmio e a expectativa de taxa futura estão negativamente correlacionados.

Finalmente, optamos por testar o poder explicativo do estoque de LTN no prêmio de risco<sup>31</sup>. Há pelo menos dois motivos que podemos citar para que esse estoque seja relevante na formação de preço do prêmio de risco de taxa de juros. Em primeiro lugar, uma explicação bastante ortodoxa seria a de que quanto maior for o estoque de LTN, maior será o volume de títulos prefixados no mercado secundário que, sabidamente, aumentam a liquidez de todos os contratos prefixados de mercado. Portanto, o aumento do estoque de LTN deveria se refletir em uma diminuição do prêmio de risco. Uma explicação mais heterodoxa e pouco explorada na literatura seria a de que os investidores valorizam o fato de não estarem isolados em suas posições em relação ao restante do mercado. Ou seja, quando o volume de ativos prefixados é baixo, os investidores teriam maior resistência em carregar esse tipo de ativo do que na situação contrária, em que seus movimentos e posições estariam respaldados nas posições da maioria dos agentes do mercado. Por sua vez, o aumento do estoque de ativos prefixados aumenta o risco prefixado do mercado como um todo e, segundo a teoria econômica convencional, deveria estar associado a um aumento no prêmio de risco, fator que agiria na direção contrária dos citados anteriormente.

Em suma, com base nos dados estimados de prêmios de um, seis e doze meses, tentamos explicá-los com quatro variáveis (e um possível intercepto): prazo, incerteza do mercado, taxa Selic corrente e estoque de LTN.

Testamos uma diversidade de especificações do tipo:

$$\text{prêmio} = C + \text{prazo}^\alpha + \text{incerteza}^\beta + \text{selic}^\gamma + \text{ltn}^\delta$$

Surpreendentemente, a variável incerteza mostrou-se não significativa em todas as tentativas. Por sua vez, todas as outras variáveis foram significativas, com os seguintes expoentes<sup>32</sup>:

$$\alpha = 3, \gamma = 10 \text{ e } \delta = 1$$

31 Trabalhamos com o estoque mensal de LTN, divulgado no relatório da Dívida Pública Mobiliária Federal interna – DPMFi, que é uma publicação conjunta do Tesouro Nacional com o Banco Central.

32 Notamos que, pelo menos até o expoente  $\gamma = 10$ , os resultados da estimação melhoravam ao aumentar o expoente da variável Selic (evidentemente tal efeito não se perpetua indefinidamente).

Além disso, os coeficientes das variáveis apresentaram sinais coerentes com o que esperávamos: prazo positivamente correlacionado com o prêmio, e a taxa Selic e o estoque de LTN negativamente correlacionados com o prêmio<sup>33</sup>.

O fato negativo da estimação é que ela mostrou, ao todo, pequeno poder explicativo, tendo um R2 ajustado da ordem de 18%. Além disso, tanto o teste de Durbin-Watson quanto a análise de correlograma dos resíduos indicaram a presença de alta correlação serial.

De fato, verificamos que o prêmio exibe uma alta persistência ao longo do tempo, em linha com o verificado para o prêmio cambial por Wolf e outros e como já ressaltado na seção 2. Tentamos ainda modelar o prêmio como um processo auto-regressivo e explicar os resíduos dessa regressão pelas variáveis levantadas. Entretanto, em tal procedimento, nenhuma das variáveis se mostrou significativa.

O fato mais inesperado nessas regressões foi, como já apontado, a variável de incerteza ter-se mostrado não-significativa. Suspeitamos que o problema pudesse estar na variável escolhida como *proxy* para a incerteza: o desvio padrão das expectativas de doze meses computado pelo SBCEM. Realmente, o fato de não haver uma frequência padrão para alteração ou inserção de expectativas pode gerar muitas distorções nesse número. Além disso, se essa variável não está retratando de forma adequada a incerteza dos agentes, outra variável na regressão poderia estar captando esse efeito de forma indireta. Mais especificamente, o estoque de LTN poderia estar capturando tal efeito, na medida em que situações mais tranquilas de mercado estão usualmente associadas a uma maior emissão e estoque de títulos prefixados.

Resolvemos então usar como medida de volatilidade diária o desvio padrão dos últimos vinte dias úteis dos retornos dos contratos de DI futuro de um, seis e doze meses, de acordo com o prêmio em questão. Tal procedimento alterou de forma significativa os resultados. Como esperávamos inicialmente, a incerteza mostrou-se, sim, significativa como fator explicativo do prêmio, assim como o prazo e o nível corrente da taxa Selic. Como suspeitamos anteriormente, o estoque de LTN estava capturando de forma indireta o efeito da incerteza e, após a introdução de uma *proxy* adequada para essa incerteza, mostrou-se não-significativo. Diferentemente da regressão anterior, o nível corrente da taxa Selic apresentou correlação positiva com o prêmio.

---

33 No caso do estoque de LTN, os dois efeitos citados a favor da correlação negativa parecem, portanto, dominar o efeito contrário.

Essa última regressão apresentou resultados estatísticos bem melhores do que a primeira, embora ainda tivesse um R2 ajustado pequeno, da ordem de 31%, e indícios de presença de autocorrelação serial. Também não é muito intuitiva uma justificativa teórica para a correlação positiva entre o prêmio e o nível corrente da taxa Selic. Ao contrário, a correlação negativa achada anteriormente poderia ser justificada pelo *up-side risk* assimétrico. Ou seja, em situações em que a taxa corrente de juros é baixa, o risco de um aumento significativo é mais intenso do que em situações em que a taxa corrente é alta.

## 8

### RISCO GOVERNO

Tanto os contratos de DI-futuro como os de *swap* PRÉxDI não têm risco de crédito, ou têm risco mínimo. Isso porque a contraparte desses contratos sempre é a BM&F, que honra os compromissos em casos de inadimplência por algum negociante e, obviamente, cobra por esse serviço e gerencia os riscos dessa atividade.

Em geral, os títulos prefixados vendidos pelo governo, as LTN, pagam taxas maiores do que os contratos de mercado equivalentes. Isso significa que os investidores cobram um prêmio adicional para comprar papéis do governo. Estamos, portanto, denominando “risco governo” a contrapartida desse prêmio, risco adicional ao qual os investidores estariam incorrendo e pelo qual estariam cobrando.

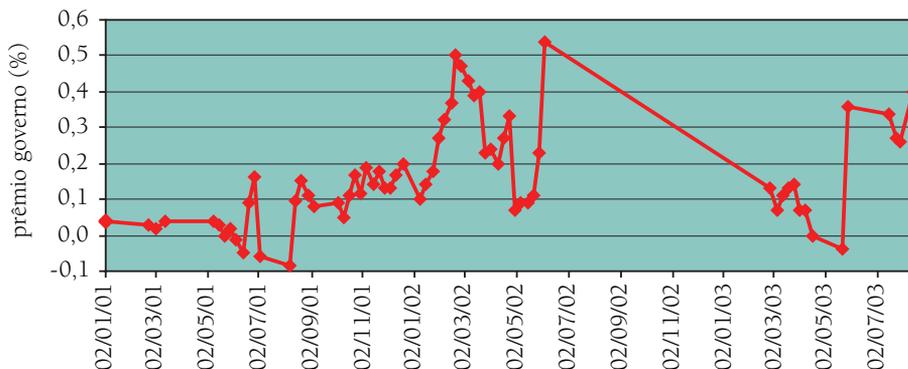
Os gráficos 21 e 22 ilustram esse prêmio governo (diferença entre a taxa da LTN e o do DI-futuro) nos leilões primários do Tesouro Nacional, desde 2001, para os prazos de seis e doze meses.

Observa-se então que, no período analisado (janeiro de 2001 a janeiro de 2004), os prêmios governo são quase sempre positivos, tendo média de 0,17% para o prazo de seis meses e 0,27% para um ano. Entretanto, os dados do mercado primário, apesar de relevantes e interessantes, não são os melhores para medir o prêmio governo por alguns motivos. Primeiramente, estamos misturando títulos com prazos um pouco diferentes. Na categoria seis meses estão papéis de quatro a oito meses e na categoria um ano, títulos de oito a quinze meses. Em segundo lugar, estudos sobre leilões mostram que há motivos para as taxas primárias apresentarem diferenças das taxas negociadas no

mercado secundário. Finalmente, olhando para os leilões primários de títulos, ficamos restritos a dados referentes àquelas datas em que houve leilão<sup>34</sup>.

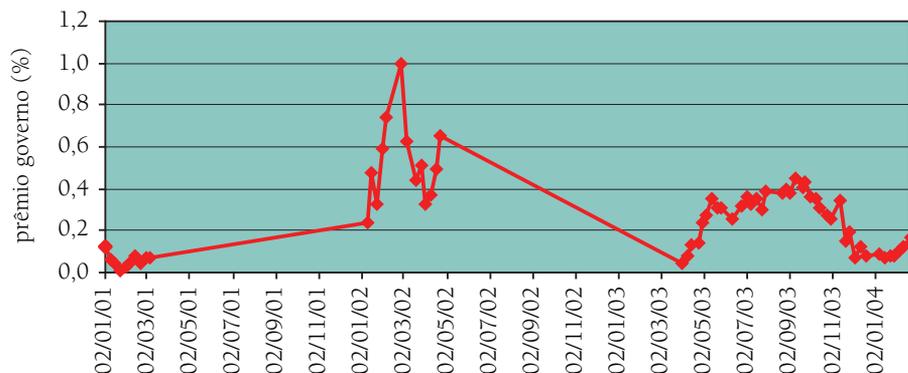
**Gráfico 21**

**Prêmio de risco governo – prazo de seis meses**



**Gráfico 22**

**Prêmio de risco governo – prazo de doze meses**

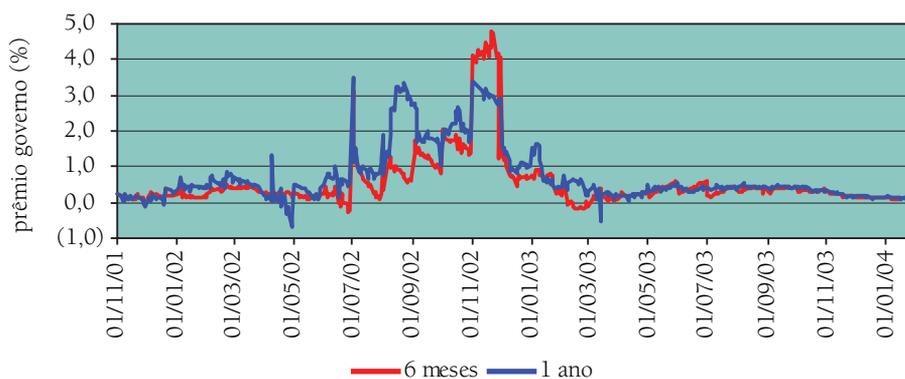


34 Tal fato pode gerar uma espécie de seleção adversa de títulos porque é mais provável haver leilões de títulos prefixados quando a economia está numa fase de tranquilidade do que em situações de estresse. Ou, pelo menos, em situações de estresse tendem a ser emitidos títulos mais curtos do que em situações normais, o que pode distorcer a relação entre prêmios e prazos.

Dessa forma, vamos medir o prêmio governo comparando as taxas de mercado que usamos na maior parte deste artigo – a taxa pré-Reuters, que é uma boa *proxy* da taxa dos contratos de DI-futuro, com as taxas de negociação das LTN no mercado secundário, interpolando-as para estarmos sempre trabalhando com papéis de mesmo prazo. Faremos tal procedimento para os prazos de seis e doze meses. O Gráfico 23 ilustra o prêmio governo (diferença entre a taxa da LTN e a taxa pré-Reuters) para esses dois vértices, de novembro de 2001 a janeiro de 2004.

### Gráfico 23

#### Prêmio governo – vértices de seis e doze meses



Nesse período, o prêmio governo tem média de 0,55% para o prazo de seis meses e de 0,73% para o prazo de um ano. Esses dados e os respectivos desvios padrão encontram-se na Tabela 4.

O Gráfico 23 ilustra de forma bem clara o risco de crédito embutido no risco governo no período de julho de 2002 a janeiro de 2003, com as incertezas advindas do processo eleitoral. Nesse período, a média do prêmio governo de um ano chega a 1,8%, enquanto, no período de fevereiro de 2003 a janeiro de 2004, esse prêmio tem média de 0,3%, mesmo valor do período compreendido entre novembro de 2001 e junho de 2002.

É tentador falar, e muitas vezes muitos falam, que esse prêmio de risco adicional que os investidores cobram pelos papéis do governo, ao qual estamos

chamando de prêmio governo, reflete o risco de crédito da União, ou seja, o risco de uma moratória da dívida pública. De fato, não há dúvidas de que esse risco também esteja precificado e há períodos em que ele fica bastante claro, como o que acabamos de ilustrar, no final do ano de 2002, com as incertezas advindas da eleição de um governo de oposição<sup>35</sup>. Entretanto, certamente esse risco não é o único motivo da existência do prêmio governo nem está claro que seja sempre a causa dominante. Há alguns motivos pelos quais as LTN devam ter taxas distintas dos outros contratos de mercado, como o DI-futuro.

**Tabela 4**

**Prêmio governo – estatísticas**

	<b>6 meses</b>	<b>1 ano</b>
média %	0,55	0,73
desvio padrão %	0,80	0,81

**Tabela 5**

**Prêmio governo – diferentes períodos**

	<b>6 meses</b>	<b>1 ano</b>
novembro/01 a junho/02	0,24	0,31
julho/02 a janeiro/03	1,39	1,78
fevereiro/03 a janeiro/04	0,26	0,33

Primeiramente, na compra de um contrato futuro ou de um *swap*, o investidor não precisa despendar a quantia nominal do contrato. Ou seja, para comprar contratos futuros ou *swaps* no valor de R\$ 1 bilhão, por exemplo, o investidor não necessita dispor dessa quantia<sup>36</sup>. Já no caso de uma LTN, ao contrário, há caixa envolvido no exato valor nominal; para comprar títulos no valor de R\$ 1 bilhão, o investidor precisa ter e entregar toda essa quantia.

35 No final de 2002, os títulos do governo apresentavam taxas bastante diferentes, dependendo se eles venceriam ainda dentro de 2002 ou já no período do novo governo, o que mostra claramente as incertezas quanto ao compromisso com o pagamento da dívida, que foram dissipadas nos primeiros meses de 2003.

36 O investidor paga o preço do contrato, que é muito menor do que o valor nacional, e faz ajustes diários na BM&F.

Isso faz, obviamente, que os papéis do governo sejam mais caros do que os contratos equivalentes de mercado.

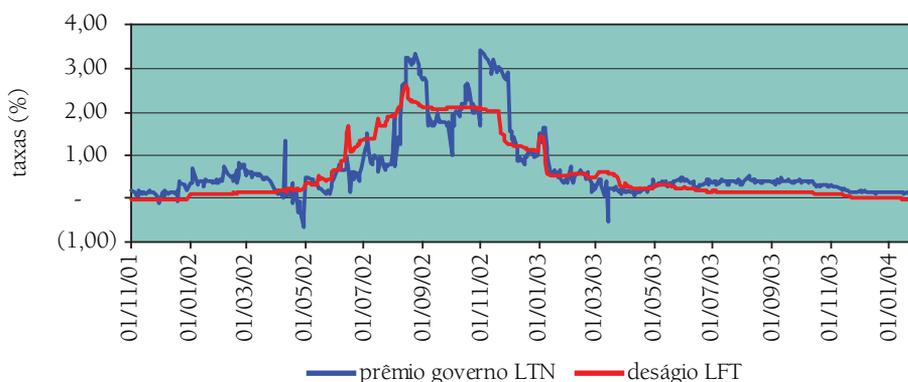
Além disso, taxas diferentes podem refletir diferenças de liquidez entre os ativos. Evidentemente, tal fato pode agir tanto na direção de tornar os papéis do governo mais caros como no sentido inverso. Também há o fato de investidores com preferências diferentes procurarem os diversos ativos ou, dito de outra forma, o fato de que as LTN não são substitutos perfeitos dos contratos de mercado (segmentação do mercado).

Finalmente, há um outro argumento menos direto que pode ser construído, envolvendo os preços relativos dos títulos públicos. Certamente, há uma relação de equilíbrio de preços entre os diferentes títulos vendidos pelo governo. Argumenta-se que a LFT, título que paga a taxa Selic acumulada dia a dia e que, portanto, não tem risco de oscilação de preço para o investidor, seja um balizador do preço da LTN. Assim, movimentos nos deságios da LFT provocariam movimentos nos prêmios pagos pela LTN.

De fato, destacamos, no Gráfico 24, a evolução do prêmio governo de um ano e os deságios das LFT de mesmo prazo.

### Gráfico 24

#### Prêmio governo e deságios da LFT – prazo de um ano



É interessante como, de fato, o comportamento das duas séries é bastante semelhante, o mesmo acontecendo para o prazo de seis meses. Não apenas isso, mas as estatísticas de média e desvio padrão também são parecidas, como demonstra a Tabela 6.

**Tabela 6**

**Prêmio governo e deságios da LFT – estatísticas**

	6 meses				1 ano			
	prêmio governo LTN		deságio LFT		prêmio LTN		deságio LFT	
	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
novembro/01 a junho/02	0,24	0,14	(0,01)	0,14	0,31	0,28	0,15	0,36
junho/02 a janeiro/03	1,38	1,16	1,54	0,70	1,76	0,88	1,68	0,56
fevereiro/03 a janeiro/04	0,26	0,16	0,04	0,06	0,33	0,15	0,21	0,18

A exemplo do que fizemos antes, se, por um lado, executarmos um teste de causalidade de Granger com as séries de prêmio governo e deságios da LFT, verificaremos que, para o prazo de seis meses, a consideração de um a três *lags* indica relação de precedência nos dois sentidos; por outro, ao incluirmos um número maior de *lags* (testamos de quatro a dez), o teste de Granger indicará relação de precedência apenas no sentido LFT => prêmio governo, corroborando os argumentos expostos anteriormente. Entretanto, para o prazo de um ano, com *lags* de um a dez, o teste de causalidade indica relação de precedência temporal nos dois sentidos.

Ainda, se fizermos uma regressão tentando explicar os movimentos dos prêmios governo pelos movimentos dos deságios das LFT adicionados a uma constante, obteremos um R2 ajustado da ordem de 40% para o prazo de seis meses e de 74% para o prazo de um ano<sup>37</sup>. Adicionando a essas regressões termos auto-regressivos e de médias móveis, chegamos a um R2 ajustado de aproximadamente 88% para o prazo de seis meses e de 92% para o prazo de um ano<sup>38</sup>.

37 Evidentemente, uma regressão no sentido contrário, explicando os deságios das LFT pelos prêmios governo, daria resultados semelhantes.

38 As duas regressões incluíram um processo auto-regressivo de ordem dois e um termo de médias móveis de ordem três (o prazo de um ano também incluiu um termo de médias móveis de ordem 2).

Ou seja, o prêmio governo, medido pela diferença de taxas entre a LTN e o contrato equivalente de mercado (taxa pré-Reuters), é bem explicado pelos deságios das LFT no mercado secundário e por uma persistência temporal de ordem dois, além de alguns termos de médias móveis.

Obviamente, a alta correlação não implica causalidade. É mais provável e intuitivo que os dois prêmios tenham fundamentos em comum, como a melhora ou deterioração do risco de crédito, que ficou evidente na análise dos dados do final de 2002 e início de 2003.

## 9 CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

Ao longo deste artigo, fizemos várias referências aos contratos prefixados de mercado, como o DI-futuro, o *swap* PRÉxDI e a taxa pré-Reuters, que não se trata de um contrato real, mas uma taxa que representa uma *proxy* para os dois anteriores. Estivemos sempre comparando taxas prefixadas desses contratos com a taxa Selic realizada *ex post*. Entretanto, tanto o DI-futuro quanto o *swap* PRÉxDI têm como correção não a taxa Selic, mas sim a taxa dos depósitos interfinanceiros de um dia – taxa DI<sup>39</sup>.

Fizemos isso porque o mercado Selic é muito maior do que o mercado DI, no que se refere a volume de negociações diárias. Quando os agentes econômicos brasileiros pensam na evolução da taxa de juros, pensam na taxa Selic, e não na taxa DI. No SBCEM, por exemplo, a taxa Selic é informada como expectativa de juros. O único lugar onde a taxa DI se afirma é como referencial dos fundos de renda fixa, tópico que abordaremos adiante.

Vale ressaltarmos que as duas taxas, Selic e DI, têm valores e comportamentos muitíssimo próximos ao longo do tempo, portanto, para as nossas investigações, o uso da taxa Selic, em vez da taxa DI, não alteraria significativamente nenhum resultado encontrado<sup>40</sup>. Os gráficos 25 e 26 ilustram a proximidade entre as duas taxas.

39 As taxas DI são calculadas e divulgadas pela Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos (Cetip), apuradas com base nas operações de emissão de Depósitos Interfinanceiros pré-fixados, pactuadas por um dia útil e registradas e liquidadas pelo sistema Cetip, conforme determinação do Banco Central do Brasil.

40 Chegamos a fazer todas as estimações de prêmio usando a taxa DI no lugar da taxa Selic para confirmar essa afirmativa.

Gráfico 25

Comparação entre as taxas Selic e DI

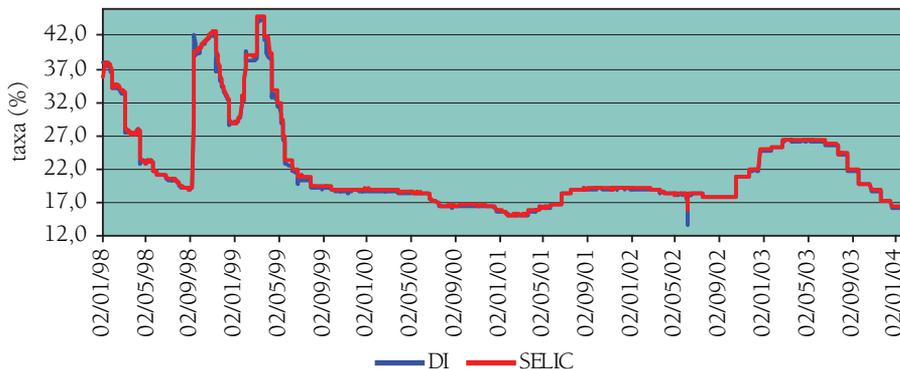
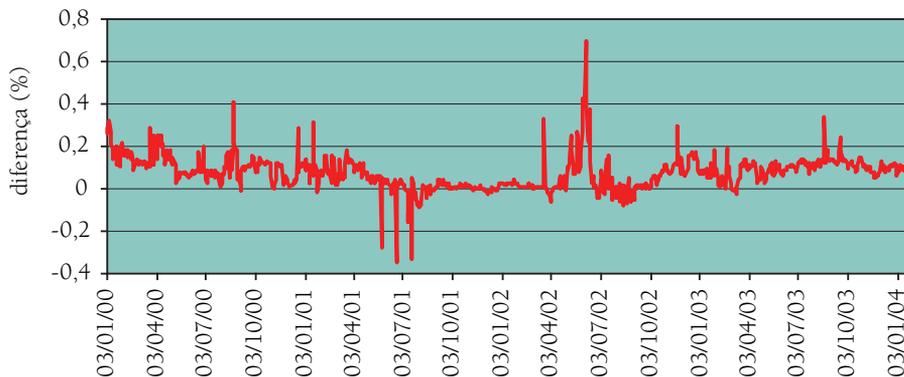


Gráfico 26

Diferença entre as taxas Selic e DI (Selic – DI)



Os dois gráficos ilustram o fato de as duas taxas serem muito próximas. No entanto, o Gráfico 26 traz uma informação curiosa: no período analisado (de janeiro de 2000 a janeiro de 2004), a taxa Selic foi sistematicamente superior à taxa DI, com exceção de alguns poucos dias. Lembremo-nos das definições das duas taxas expostas nas notas de rodapé nº 7 e 37, que,  *grosso modo*, ambas representam taxas de empréstimo de um dia entre instituições

financeiras. A diferença básica é que, no caso da taxa Selic, as operações são lastreadas em títulos públicos federais, ou seja, têm colaterais de títulos públicos como garantia.

Ora, se a taxa Selic é menos arriscada que a taxa DI, em razão do lastreamento em títulos, como pode oferecer uma rentabilidade maior do que a do DI? Poderíamos pensar em diferenças de liquidez, mas esse fator também vai à direção inversa da observada: a taxa Selic tem um volume de operações muito maior do que a taxa DI, sendo, pois, bem mais líquida.

Não parece haver, ou pelo menos não fomos capazes de desenvolver, argumentos teóricos que justifiquem o fato observado de o DI ser sistematicamente menor que a Selic. Uma hipótese é que poderia estar ocorrendo algum tipo de manipulação do mercado DI pelas instituições financeiras interessadas. Acontece que, para a grande maioria dos fundos de renda fixa, o DI é a meta em termos de rentabilidade a ser alcançada pelo fundo. Por sua vez, as carteiras desses fundos são compostas, em sua maior parte, por LFT ou operações no *overnight*, ambas que pagam a taxa Selic acumulada. Nada mais conveniente, então, para um gestor de fundos que se comprometer a pagar DI aos seus clientes e receber nos seus investimentos a taxa Selic, sendo essa última sempre superior à primeira. Como o mercado DI opera volumes relativamente baixos diariamente, não é uma hipótese irrealista achar que algumas instituições financeiras podem “fazer artificialmente” o DI, garantindo assim sucesso certo nas metas de seus fundos. No entanto, que fique bem claro, trata-se aqui apenas de uma especulação acerca de uma das possíveis explicações para o problema, talvez a mais fácil e menos imaginativa. Não há nenhuma evidência concreta ou conclusiva de que alguma manipulação estaria ocorrendo.

Uma investigação dessa natureza precisaria dos dados de negociações diárias, abertas por instituição, na Selic e na Cetip, informação essa sigilosa e de propriedade do Banco Central, e está além do escopo deste trabalho.

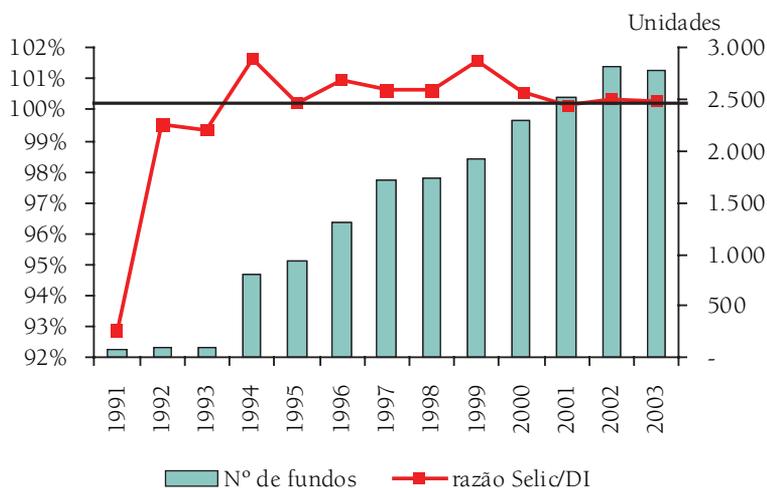
Guardadas as ressalvas anteriores, ainda podemos, entretanto, lançar alguma luz nessa questão. O Gráfico 27 mostra a razão média por ano entre a taxa Selic e a taxa DI e a evolução do número de fundos existentes no ano.

Observa-se no gráfico que a razão entre as taxas Selic/DI é menor que 1 nos anos de 1991, 1992 e 1993, e a partir de 1994, inclusive, a taxa Selic, em média, passa a ser maior que a taxa DI. Em 1994, com a estabilidade e a política de juros altos, os investidores tendem a demandar aplicações prefixadas (alternativas à poupança e ao CDB). Sob tal demanda, a oferta de fundos aumenta, o número de fundos sobe de 91, no ano de 1993, para 802, no ano

de 1994. É a primeira grande expansão da indústria dos fundos pelo lado da oferta, que poderia ter sido viabilizada operacionalmente (gestão e desempenho dos fundos) pela diferença entre as taxas Selic e DI.

### Gráfico 27

#### Razão Selic/DI e número de fundos existentes



O valor patrimonial dos fundos (adesão dos investidores) tem o primeiro grande salto de 74% entre 1995 e 1996, sob o efeito da Resolução do Banco Central de julho de 1995, provocando maior adesão dos investidores como resposta à expansão da oferta de fundos iniciada em 1994.

Desde então, a indústria de fundos tem se mantido viável e crescente. Apenas no ano de 2002 houve queda na demanda, quando os investidores tiveram de reconhecer o risco de mercado a que esse investimento está sujeito, por causa da marcação a mercado.

Em suma, tal análise vem na direção de que a diferença observada entre as taxas Selic e DI poderia, eventualmente, ter seu fundamento estrutural na evolução dos fundos financeiros. Os gestores e administradores dos fundos utilizam o DI como referência para seu desempenho de rentabilidade, ao mesmo tempo que a formação da taxa DI tem maior grau de liberdade em comparação à taxa Selic, pois a última tem um fator exógeno ao mercado que é a política monetária praticada pelo BC.

Uma última consideração diz respeito aos modelos financeiros de taxas de juros. Uma das justificativas que citamos para o estudo do prêmio de taxa de juros foi a necessidade de construção de cenários de curvas de rendimento para, no caso da dívida pública, por exemplo, subsidiar a formulação de estratégias de médio e longo prazos e análises de composição ótima. No entanto, há modelos financeiros de taxas de juros consagrados na literatura que supriam essas necessidades, e seria, portanto, natural sermos indagados sobre o porquê do não-uso desses modelos.

Os modelos de taxas de juros dividem-se basicamente em dois grandes grupos: modelos de equilíbrio e modelos de não-arbitragem. A diferença básica é que os modelos de não-arbitragem têm a ETTJ corrente como um insumo do modelo, enquanto nos modelos de equilíbrio as estruturas corrente e futura são produtos.

Dois dos mais famosos modelos de equilíbrio são aqueles de Vasicek e CIR, que podem ser expressos como:

$$dr_t = \alpha(\beta - r_t)dt + \sigma r_t^\gamma dz$$

em que  $\alpha$  é velocidade de reversão à média,  $\beta$  média de longo prazo,  $\sigma$  volatilidade,  $dz$  processo de Wiener.

Quando o expoente  $\gamma = 0$ , temos o modelo de Vasicek, e quando  $\gamma = 1/2$  temos o modelo CIR. Ambos os modelos apresentam reversão à média, característica desejável e intuitiva em se tratando de modelos de taxas de juros. A grande diferença é que o modelo CIR elimina a possibilidade de taxas negativas. Os dois têm um apelo prático muito grande, qual seja o de ter uma fórmula analítica para o preço dos títulos prefixados<sup>41</sup>. De outro modo, dados os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma$ , temos uma fórmula para o preço dos títulos prefixados, com o seguinte formato geral:

$$dr_t = \alpha(\beta - r_t)dt + \sigma r_t^\gamma dz$$

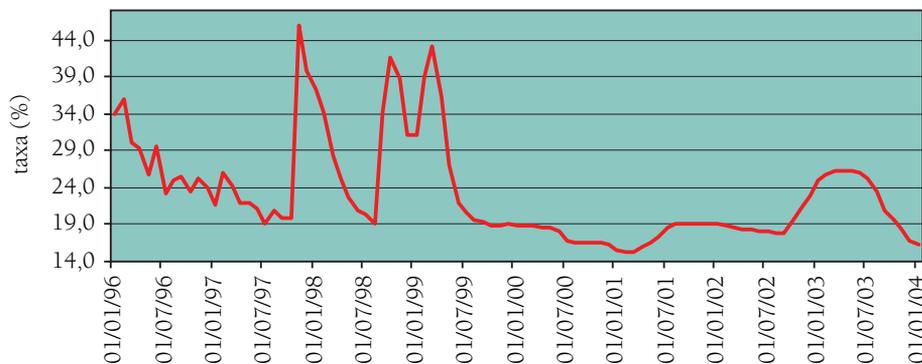
41 Outros modelos têm apenas a fórmula analítica do processo de difusão da taxa de juros, sendo necessária, para a construção das curvas de rendimento, a implementação de processos numéricos como os de árvores binomiais ou trinomiais.

Os parâmetros  $A(t,T)$  e  $B(t,T)$  ainda envolvem a estimação de um parâmetro adicional: o prêmio de risco. Poderíamos então estimar os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma$  a partir da série histórica da taxa Selic, e o prêmio poderia ser calibrado de tal forma que as curvas iniciais se aproximassem daquelas observadas no mercado.

Fizemos a estimação dos modelos CIR e Vasicek pelos métodos Generalized Method of Moments (GMM) e Mínimos Quadrados usando diferentes janelas de dados para a taxa Selic, de janeiro de 1996 a janeiro de 2004. Entretanto, para a maior parte das estimações, algum parâmetro, mais frequentemente a velocidade de reversão à média, não era significativo. Além disso, em muitos casos a média de longo prazo estimada superava os 20%. Tais resultados não são absolutamente surpreendentes. Primeiramente, observemos o comportamento da taxa Selic (média mensal) nesse período:

### Gráfico 28

#### Taxa Selic mensal acumulada (anualizada)



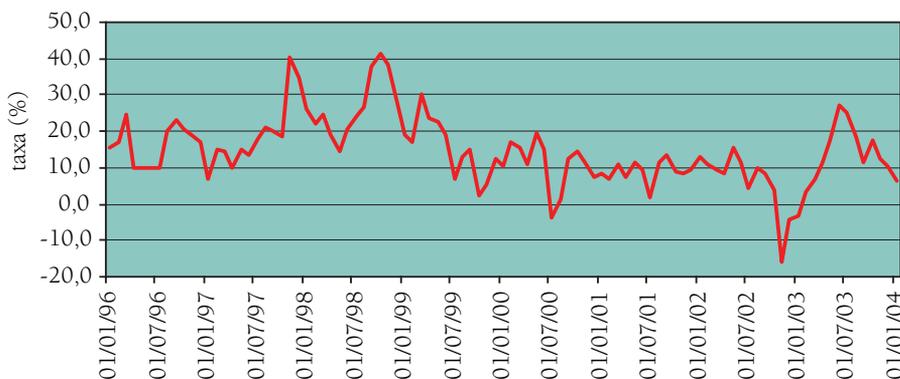
Observando o Gráfico 28, fica evidente o porquê de os parâmetros dos modelos Vasicek e CIR não serem significativos na maior parte dos períodos. Apenas se isolarmos breves momentos de tranquilidade e queda nas taxas, como o período julho de 1999 a junho de 2000 ou de julho de 2003 a janeiro de 2004, é que conseguimos resultados razoáveis de estimação com todos os parâmetros significativos e com médias razoáveis de longo prazo. O que estamos tentando defender é que, apesar de estes serem modelos consagrados e que parecem funcionar bem para taxas de juros de países desenvolvidos, observando a história recente da taxa básica de juros da economia brasileira,

fica evidente que esses modelos não são capazes de representar ou capturar a realidade até aqui. Além disso, talvez em uma perspectiva otimista, estamos sempre imaginando que o que aconteceu há alguns anos não se repetirá e que daqui para a frente teremos uma trajetória de taxa de juros bem mais suave e que venha a atingir níveis bem menores do que os observados.

Uma possível idéia para contornar esse problema seria tentarmos trabalhar com taxas de juros reais, em vez de nominais. Mas o Gráfico 29, que ilustra essa taxa real, calculada deflacionando a Selic pelo IPCA, mostra que o comportamento da série torna-se ainda mais errático, também não parecendo adequado a um modelo-padrão de taxa de juros, como os citados anteriormente.

**Gráfico 29**

### Taxa de juros real



## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, procuramos nos debruçar sobre algumas questões relativas ao mercado de taxa de juros brasileiro, como a questão dos prêmios de risco embutidos na ETTJ e seus determinantes, as expectativas de mercado coletadas pelo Banco Central, a agilidade da política monetária e o prêmio de risco governo, embutido nos títulos prefixados de responsabilidade do Tesouro Nacional.

Com base na metodologia proposta por Wolf para a medição do risco cambial, que se utiliza do algoritmo do filtro de Kalman, estimamos os prêmios de taxas de juros brasileiros para os prazos de um, seis e doze meses. As estimativas foram bastante coerentes com o que esperávamos. Por um lado, a média do prêmio cresce com o prazo, conforme a previsão da teoria dos prêmios de risco, refletindo um prêmio maior por estarmos sujeitos a um risco maior. Por outro, a volatilidade do prêmio também aumenta com o prazo, refletindo o aumento da incerteza e da sensibilidade do prêmio a ela.

Uma questão com relação a essa metodologia não abordada anteriormente pela literatura é que, uma vez de posse dos prêmios de risco estimados, podemos estimar também as expectativas *ex ante* dos agentes com relação às taxas de juros futuras. Essas expectativas estimadas também se mostraram aderentes à realidade, refletindo uma maior volatilidade no período eleitoral do segundo semestre de 2002 e a curva de juros invertida a partir de abril de 2003. Esse fato corroborou a tese de que a estimação capturou com sucesso as propriedades do prêmio de risco de taxa de juros no período analisado.

Tendo as expectativas de mercado estimadas, pudemos comparar com as expectativas informadas ao BC no Sistema Banco Central de Expectativas de Mercado. Chegamos à conclusão de que as expectativas do SBCEM são uma boa aproximação das reais expectativas de mercado em momentos de tranqüilidade, mas distanciam-se destas em momentos de estresse ou incerteza. Além disso, as expectativas do SBCEM tendem a demorar um pouco a responder a mudanças conjunturais, seja por aspectos técnicos referentes ao método de coleta, seja por outras questões que envolvem o incentivo das instituições a declarar suas expectativas verdadeiras e a heterogeneidade entre as instituições participantes.

Examinamos ainda o poder de previsão das expectativas do SBCEM comparadas com as taxas do mercado futuro. Observamos que, para os prazos considerados e no período em estudo, embora com resultados bastante semelhantes, a taxa do mercado futuro tem uma acurácia maior na previsão da taxa futura do que as expectativas expressas no SBCEM. Voltamos a afirmar também a tese de que as expectativas consolidadas no SBCEM parecem representar bem a realidade em momentos de tranqüilidade dos mercados.

Usamos a metodologia descrita para a estimação do prêmio de risco, partindo do princípio de que essa é uma variável não-observável diretamente, exatamente porque não conhecemos as expectativas do mercado. No entanto, temos no Brasil, desde 2001, dados públicos e diários do Sistema Banco Central de Expectativas de Mercado. Acreditando que tais expectativas de fato refletem as expectativas do mercado, podemos realizar uma nova medição do

prêmio de risco, fazendo a diferença entre a taxa do mercado futuro e essas expectativas. Comparando os prêmios calculados desse modo com aqueles estimados anteriormente, concluímos que o formato e a evolução dos dois para os três prazos em análise são muito parecidos, especialmente fora dos períodos de estresse.

Na tentativa de identificarmos os determinantes do prêmio de risco, destacamos três variáveis significativas: prazo, taxa Selic corrente e incerteza dos agentes. No entanto, as regressões não mostraram alto poder explicativo. Além disso, verificamos que o prêmio exibe alta persistência ao longo do tempo, em linha com a literatura sobre prêmio de risco cambial.

Buscamos calcular o prêmio governo como a diferença entre as taxas dos títulos prefixados do Tesouro Nacional e os contratos prefixados equivalentes no mercado. Apontamos pelo menos três motivos para a existência desse prêmio: (i) diferenças de liquidez; (ii) diferenças quanto ao desembolso de caixa pelas instituições; e (iii) risco de crédito do governo. Constatamos que o risco de crédito do governo destacou-se e teve grande influência sobre as taxas das LTN no segundo semestre de 2002, em razão das incertezas quanto ao compromisso do novo governo em honrar a dívida pública. Observamos ainda que essas incertezas se dissiparam no início de 2003, tendo o prêmio governo retornado a níveis parecidos àqueles antes da volatilidade eleitoral. Constatamos também a proximidade do prêmio governo com os deságios das LFT, sugerindo que o preço das LFT sirva de fato como balizador para o preço dos outros títulos do governo, como a LTN. Vimos que o prêmio governo, medido pela diferença de taxas entre a LTN e o contrato equivalente de mercado (taxa pré-Reuters), é bem explicado pelos deságios das LFT no mercado secundário e por uma persistência temporal de ordem dois, além de alguns termos de médias móveis.

Tentamos investigar ainda o fato de que, curiosamente, a taxa DI tem sido sistematicamente inferior à taxa Selic, apesar de argumentos teóricos como risco e liquidez caminharem na direção contrária. Tal fato pode estar ligado à própria evolução da indústria de fundos no Brasil.

Finalmente, tecemos alguns comentários sobre alguns dos modelos mais conhecidos na literatura de taxas de juros, a saber: CIR e Vasicek. Pudemos observar que tais modelos não se ajustam à realidade brasileira dos últimos anos.

## Referências

- CAMPBELL, J. Some lessons from the yield curve. *Journal of Economic Perspectives*, v. 9, p. 129-152, 1995.
- COOK, T.; HAHN, T. Interest rate expectations and the slope of the money market yield curve. *Federal Reserve Bank of Richmond Economic Review*, v. 76, p. 3-26, 1990.
- ENDERS, W. *Applied econometric time series*. Nova York: John Wiley & Sons, 1994.
- GARCIA, M.; OLIVARES, G. O prêmio de risco da taxa de câmbio no Brasil durante o Plano Real. *Revista Brasileira de Economia*, 2001.
- GRAVELLE, R.; MORLEY, J. A K. Filter approach to characterizing the Canadian Term Structure of Interest Rates. *Journal of Applied Econometrics*, 2003.
- HAMILTON, J. D. *Time series analysis*. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- IYER, S. Time-varying term premia and the behaviour of forward interest rate predictions errors. *Journal of Financial Research*, v. 20, p. 503-507, 1997.
- JAMES, J.; WEBBER, N. *Interest rate modelling*. Nova York: John Wiley & Sons, 2000.
- KOZICKI, S.; TINSLEY, P. A. Term premia: endogenous constraints on monetary policy. *Federal Reserve Bank of Kansas City, Research Division, RWP 02-07*, 2002.
- KRIPPNER, L.; GORDON, M. Market expectations of the official cash rate. *Reserve Bank of New Zealand Bulletin*, v. 64, n. 2, p. 25-39, 2001.
- MARQUES, A.; FACHADA, P.; CAVALCANTI, D. *Sistema Banco Central de Expectativas de Mercado*. Nota Técnica n. 36. Banco Central do Brasil, 2003.
- MELINO, A. The term structure of interest rates: evidence and theory. *Journal of Economic Surveys*, v. 2, p. 335-366, 1988.
- QUEIROZ, M. F. *Gerenciamento das reservas bancárias: risco de contágio, previsibilidade e expectativas*. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- SHILLER, R. The volatility of long-term interest rates and expectations model of the term structure. *Journal of Political Economy*, v. 87, p. 1190-1219, 1979.
- \_\_\_\_\_. The term structure of interest rates. *Handbook of Monetary Economics*, v. 1, 1990.
- WOLF, C. C. P. Forward foreign exchange rates, expected spot rates, and premia: a signal-extraction approach. *The Journal of Finance*, v. 42, Issue 2, 1987.