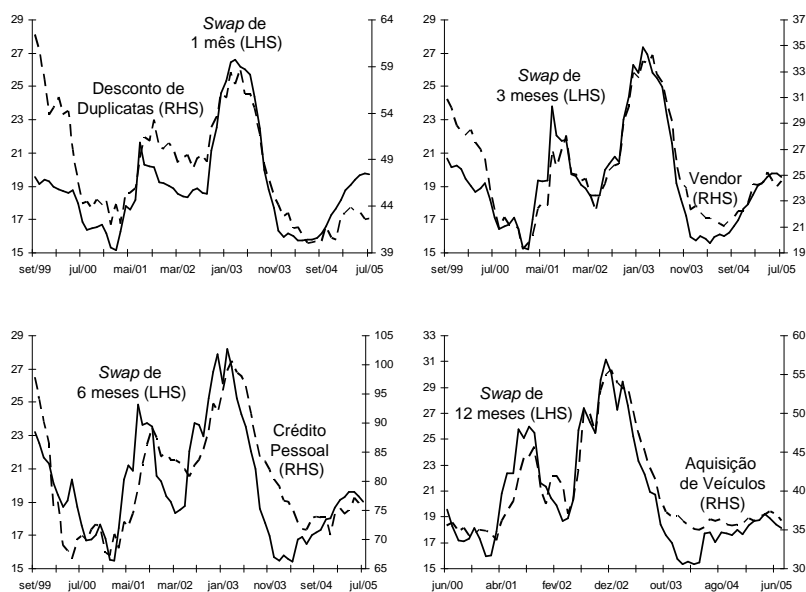


# 1 Introdução

## 1.1 Motivação

No Brasil, como na maioria dos países industrializados, o Banco Central utiliza como instrumento de política monetária a taxa de juros de curto-prazo. No entanto, são as taxas mais longas que interessam para a determinação da demanda agregada. Isto ocorre pois o custo de crédito dos agentes depende das taxas de diferentes prazos, como pode ser observado na figura 1.1. A estrutura a termo representa a relação entre as taxas de juros de diferentes maturidades para um dado instante no tempo, sendo dessa forma essencial a compreensão de sua dinâmica para entendermos de forma completa o mecanismo de transmissão da política monetária.

Figura 1.1: Taxa de juros e custo de crédito (%)



Uma forma de avaliarmos a eficácia desse mecanismo de transmissão seria verificarmos a presença de conteúdo informacional na curva de juros

sobre o nível de atividade econômica futura. Aumentos das taxas de médio-prazo com relação às taxas mais curtas indicariam o início de um processo de contração monetária e levariam conseqüentemente a uma redução do crescimento econômico futuro pelo crescimento do custo de crédito. Isto pôde ser efetivamente observado em diversos períodos da história recente brasileira como no início de 2001 ou meados de 2004. Além disso, em períodos de crise externa como no segundo semestre de 2002, observamos um forte aumento da inclinação da curva de juros devido à expectativa por um choque de juros para conter a depreciação cambial, que usualmente resulta em uma redução do crescimento econômico. Assim, tanto pelos canais tradicionais de transmissão de política monetária quanto pela resposta da curva de juros a crises externas, podemos obter informações sobre o crescimento futuro através da inclinação da estrutura a termo da taxa de juros.

Por outro lado, a teoria macroeconômica recente demonstra que a autoridade monetária determina a taxa básica respondendo aos diferentes choques macroeconômicos para atingir seu objetivo principal de estabilização da economia. Sendo assim, a parte curta da curva de juros deve ser fortemente influenciada por esses choques. Além disso, as taxas mais longas são determinadas pela expectativa futura das taxas de curto-prazo ajustadas pelo risco de reter estes títulos. Assim, caso tenhamos mudanças na expectativa quanto à condução da política monetária devido a uma modificação nas expectativas relacionadas às diferentes variáveis macroeconômicas, as taxas mais longas deveriam se modificar. Espera-se dessa forma que a trajetória das variáveis macroeconômicas tenha poder explicativo relevante sobre a dinâmica da curva de juros como um todo.

Além de depender da expectativa da evolução futura da taxa Selic, as taxas mais longas possuem um componente de prêmio de risco associado à duração dos contratos, também conhecido como prêmio a termo. Caso este prêmio fosse constante no tempo (como argumenta a conhecida Hipótese das Expectativas), poderíamos argumentar que projeções de variáveis macroeconômicas como o hiato do produto e a inflação baseadas na evolução esperada da taxa Selic seriam bem próximas das projeções utilizando taxas mais longas e assim bastaria termos uma boa projeção para a taxa Selic para realizarmos projeções destas variáveis. No entanto, existem fortes evidências de que este prêmio não é invariante no tempo, ou seja, que a hipótese das expectativas não é válida no caso brasileiro<sup>1</sup>. Dessa forma, as taxas mais longas podem nos oferecer informações adicionais sobre o ambiente macroeconômico.

<sup>1</sup>A invalidade da Hipótese das Expectativas pode ser vista em Tabak e Andrade (2001), Lima e Issler (2003), Brito, Duarte e Guillén (2003) e Almeida (2004).

Apesar das diversas razões para a compreensão da dinâmica conjunta da estrutura a termo da taxa de juros e variáveis macroeconômicas, os trabalhos realizados até hoje no Brasil apresentam um enfoque limitado, embora tenham evoluído muito recentemente. Monteiro (2003), por exemplo, estima uma função para a curva de juros no Brasil, com um balanceamento entre o ajuste do modelo dentro e fora da amostra. Já Silveira e Bessada (2003) e Valli e Varga (2002), seguindo o trabalho seminal de Litterman e Scheinkman (1991), utilizam uma análise de componentes principais para identificar os fatores comuns que influenciam o comportamento da estrutura a termo. Tabak e Andrade (2001), Lima e Issler (2003) e Brito, Duarte e Guillén (2003) testam a Hipótese das Expectativas para o Brasil enquanto Tabak (2003) e Tabak e Tabata (2005) examinam as respostas da estrutura a termo a modificações na meta da taxa Selic. Almeida (2004) estima um modelo afim da curva de juros somente com variáveis latentes para avaliar sua adequação e aplicabilidade ao caso brasileiro. Finalmente, Silveira (2005) e Matsumara e Moreira (2005) são os primeiros artigos a utilizar explicitamente variáveis macroeconômicas num modelo de curva de juros para tentar explicar a dinâmica da estrutura a termo da taxa de juros no Brasil<sup>2</sup>. Uma potencial causa para esta incipiência é a ausência de aplicações de longo-prazo no Brasil devido à longa experiência inflacionária e instabilidade econômica. O próprio Banco Central ressaltou este fato ao justificar a tardia inclusão da inclinação da curva de juros em seu modelo estrutural (ver Banco Central do Brasil, Relatório de Inflação, Junho 2001).

## 1.2

### Evolução da Literatura

A análise do comportamento da curva de juros nos diferentes ciclos econômicos iniciou-se há muito tempo atrás em Mitchel (1913). Mais adiante, Kessel (1965) concentrou-se especificamente nos diferentes *spreads* de taxas de juros, tendo mostrado de forma gráfica que estes tendem a ser negativos em picos do ciclo econômico. Somente no final da década de 80 realiza-se uma avaliação mais formal desta relação, verificando-se o conteúdo informacional da estrutura a termo da taxa de juros sobre o estado futuro da economia. Nesta linha, Estrella e Hardouvelis (1991), Haubrich e Dombrosky (1996) e Hamilton e Kim (2002) mostraram que o *spread* entre a taxa de juros de longo e curto-prazo ajuda a prever o nível de atividade econômica para os Estados

<sup>2</sup>Silveira (2005) utiliza um modelo fatorial linear em conjunto com um modelo novo-keynesiano enquanto Matsumara e Moreira (2005) utilizam a abordagem macro-financeira para explicar a estrutura a termo do risco soberano.

Unidos. Outros estudos, como Fama (1990), Mishkin (1990 e 1991) e Jorion e Mishkin (1991), encontraram uma relação entre o *spread* e a variação de inflação no futuro. Estrella e Mishkin (1997) estenderam esta abordagem para países da Europa e encontraram resultados igualmente robustos.

Apesar de informativos, esses estudos não permitiam a utilização de toda a informação contida na curva de juros devido à presença de uma grande quantidade de taxas. Além disso, em mercados financeiros de grande tamanho e altamente integrados, é evidente a ausência de oportunidades de arbitragem. Para endereçar esta questão, a literatura de finanças utiliza fatores não-observáveis para representar a dinâmica da curva de juros. As primeiras tentativas englobaram modelos de um único fator, em geral a taxa de curto-prazo, como os de Vasicek (1977) e Cox, Ingersoll e Ross (1985). No entanto, estes modelos levam a resultados muito ruins, tanto com relação ao formato da curva de juros num dado instante do tempo quanto à evolução temporal das taxas.

Por outro lado, Litterman e Scheinkman (1991) e outros estudos posteriores encontraram, através de uma análise de componentes principais, que dois ou três fatores são suficientes para sumarizar praticamente toda a variação da curva de juros. Assim, podemos utilizar a abordagem de modelos de fatores, generalizada na chamada classe de modelos afim introduzida por Duffie e Kan (1996), para entender a dinâmica da estrutura a termo da taxa de juros incorporando explicitamente a restrição de ausência de arbitragem. A popularidade desses modelos é decorrente da presença de soluções fechadas, já que caso contrário as taxas teriam que ser computadas através de simulações de Monte Carlo ou métodos de solução de equações diferenciais parciais, ambos extremamente custosos em termos computacionais. Além disso, como pode ser visto em Dai e Singleton (2002), esses modelos são capazes de capturar a invalidez da Hipótese das Expectativas através da presença de um prêmio de risco variante no tempo, o que leva a resultados empíricos muito mais satisfatórios.

No entanto, apesar de apresentarem uma boa descrição do comportamento da estrutura a termo, os modelos de fatores não fornecem informações sobre a natureza econômica das variações da curva de juros, sendo assim de pouca utilidade para uma análise mais estrutural da sua dinâmica. Por esta razão, surgiu recentemente a abordagem macro-financeira, que visa identificar os fatores macroeconômicos fundamentais responsáveis pela variação da curva de juros dentro do arcabouço dos modelos afim. Motivados pela abordagem VAR estrutural, utilizada em Evans e Marshall (1998 e 2001) e altamente difundida na literatura macroeconômica, esta abordagem impõe a restrição de ausência de arbitragem e descreve o comportamento da estrutura a termo como

um todo incorporando no modelo afim variáveis macroeconômicas em conjunto com variáveis latentes. O trabalho pioneiro nesta linha é o de Ang e Piazzesi (2003), que basicamente estende o vetor de estados do modelo fatorial padrão incluindo variáveis referentes ao nível de atividade econômica e inflação. Outros estudos, como Rudebusch e Wu (2005), Hordahl, Tristani e Vestin (2005) e Bekaert, Cho e Moreno (2005), ampliaram esta abordagem utilizando modelos estruturais novo-keynesianos em conjunto com um modelo afim da curva de juros. Finalmente, Ang, Dong e Piazzesi (2005) conseguem mostrar que qualquer versão da regra de Taylor (padrão, *backward-looking* e *forward-looking*) é compatível com a especificação de um modelo afim para a curva de juros.

Os resultados destes trabalhos indicam que a inclusão de variáveis macroeconômicas melhora consideravelmente o poder de previsão dos modelos (considerado uma falha do modelo afim, como pode ser visto em Duffee (2002)) e que as variáveis macroeconômicas cíclicas (hiato do produto e inflação) explicam boa parte da variação das taxas, especialmente na parte mais curta da curva. No entanto, a parte mais longa da curva continuava a ser explicada basicamente por variáveis latentes, interpretadas em alguns dos estudos como uma meta de inflação de médio-prazo variante no tempo. Somente o trabalho de Dai e Phillipon (2004), que inclui também variáveis fiscais, consegue explicar a variação das taxas de longo-prazo através de variáveis observáveis. De qualquer forma, a inclusão de variáveis macroeconômicas no modelo afim da estrutura a termo da taxa de juros mostra-se extremamente útil, já que fornece maior intuição sobre as causas fundamentais das movimentações da curva de juros e permitem uma melhor adequação da parte curta da curva.

### 1.3

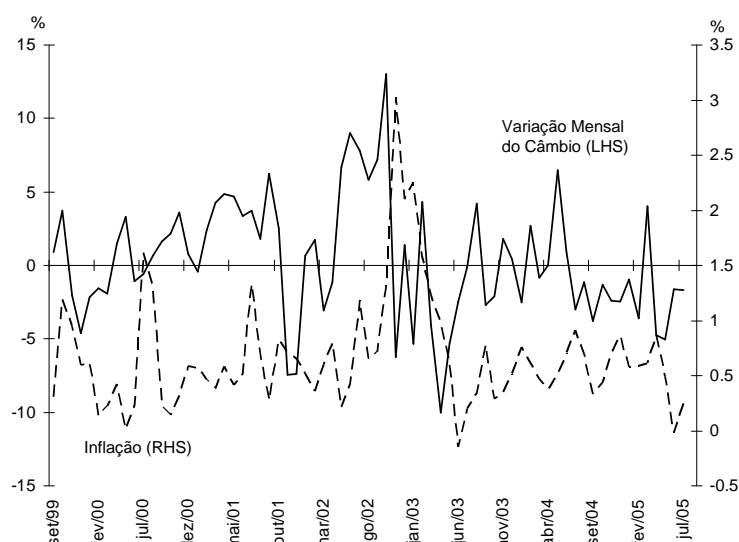
#### Uma Primeira Visão sobre o Caso Brasileiro

O período selecionado para estudar o caso brasileiro foi de setembro de 1999 a julho de 2005, após o choque de juros necessário para conter a inflação decorrente da crise que levou à massiva desvalorização do real no início de 1999 e da consolidação do regime de metas de inflação, adotado oficialmente em 21 de Junho de 1999<sup>3</sup>. Neste novo regime, substituiu-se oficialmente a âncora cambial por uma âncora nominal explícita para os preços, a meta de inflação, utilizando como instrumento para fazer a inflação convergir para a meta a taxa de juros de curto-prazo.

<sup>3</sup>Inicia-se a análise somente em setembro de 1999 pois a condução da política monetária nos meses de julho e agosto foi contaminada pelos reajustes das tarifas públicas, ainda sofrendo o impacto da desvalorização. Para maiores detalhes sobre a condução da política monetária no início do regime de metas de inflação, ver Fachada (2001).

O período estudado foi marcado por uma série de choques, especialmente nos anos de 2001 e 2002, quando o banco central não conseguiu manter a inflação dentro da banda para a meta<sup>4</sup>. No ano de 2001, a autoridade monetária teve que lidar com a crise energética, os ataques terroristas de 11 de Setembro e a crise argentina, enquanto no ano de 2002 ocorreu a crise eleitoral. A crise de confiança de 2002 foi particularmente crítica, com uma violenta depreciação cambial devido às incertezas com relação à performance futura da economia aliadas a um aumento da aversão ao risco internacional. A presença desta grande quantidade de choques num curto período demonstra a dificuldade da condução da política monetária em economias emergentes, sujeitas a grande vulnerabilidade externa. A evolução da taxa de inflação e da variação do câmbio nominal no período podem ser vistas na figura 1.2.

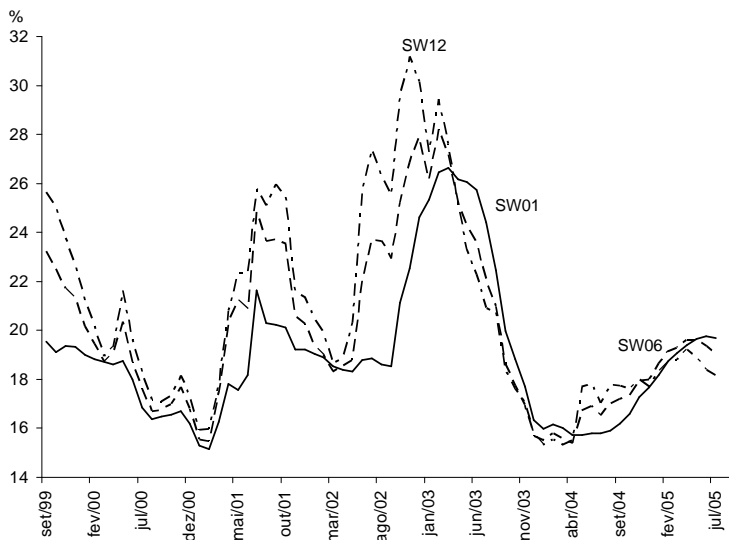
Figura 1.2: Evolução da taxa de inflação e variação mensal do câmbio nominal



Apesar da redução após o abandono do regime de câmbio fixo, podemos observar que a grande volatilidade dos fundamentos macroeconômicos faz com que ainda tenhamos uma grande variação nas taxas de juros de diferentes maturidades na medida em que a autoridade monetária tenta estabilizar a economia e estas respondem às variações nas expectativas após os choques. A evolução das taxas de diferentes maturidades no período podem ser observadas na figura 1.3.

<sup>4</sup>Para uma análise detalhada do período, ver Minella e outros (2003).

Figura 1.3: Evolução das taxas para diferentes maturidades



Podemos observar que houve um descolamento entre a taxa de 1 mês e as taxas mais longas em 4 períodos: (i) início de 2001, em virtude da crise argentina e potencial crise cambial brasileira; (ii) segundo semestre de 2002, com a crise eleitoral e antecipação pelo mercado da aceleração inflacionária e consequente aperto monetário; (iii) segundo trimestre de 2003, com a inversão da curva de juros pela antecipação da desaceleração da inflação e relaxamento monetário que seria realizado pela autoridade monetária; e (iv) segundo semestre de 2004, com nova antecipação do arrefecimento do processo inflacionário. Também fica clara a grande volatilidade das taxas nesse período, associada a períodos de volatilidade nas variáveis macroeconômicas. Dessa forma, parece natural avaliarmos de forma conjunta a dinâmica da estrutura a termo da taxa de juros e do ambiente macroeconômico.

Para sumarizar a curva de juros, utilizamos médias mensais das taxas referenciais de *swaps* DI prefixada da BM&F para maturidades de 1, 2, 3, 4, 6 e 12 meses. A taxa *swap* DI prefixada é cotada como um *zero coupon bond*, tomando como base uma maturidade fixa  $n$ . Para resumir o ambiente macroeconômico, foram utilizadas variáveis relacionadas ao nível de atividade, inflação e setor externo. Assim, utilizou-se como *proxy* para o hiato do produto o índice de base fixa mensal da produção física com ajuste sazonal (Base: Média 2002 = 100) do IBGE após a retirada de uma tendência linear<sup>5</sup>. Para a inflação, utilizamos a taxa de inflação medida pelo IPCA, fornecida pelo IBGE.

<sup>5</sup>A retirada de uma tendência estimada pelo filtro HP apresenta resultados muito similares.

Finalmente, utilizamos a variação do logaritmo da taxa de câmbio nominal com relação ao dólar americano (multiplicada por 100) fornecida pelo BACEN. As tabelas 1.1 e 1.2 apresentam um resumo das estatísticas relacionadas a cada uma das variáveis e a estrutura de correlação entre elas.

Tabela 1.1: Sumário das estatísticas dos dados utilizados (1999:09 - 2005:07)

	$i_t^{(1)}$	$i_t^{(2)}$	$i_t^{(3)}$	$i_t^{(4)}$	$i_t^{(6)}$	$i_t^{(12)}$	$y$	$\pi$	$\Delta e$
Média	19,03	19,24	19,46	19,72	20,04	20,81	0,00	0,67	0,33
Mediana	18,76	18,91	19,20	19,24	19,30	19,33	0,31	0,59	0,02
Mínimo	15,16	15,18	15,23	15,35	15,42	15,35	-7,21	-0,15	-10,01
Máximo	26,63	27,00	27,38	27,70	28,23	31,18	5,94	3,02	13,00
Desvio-padrão	2,90	2,96	3,04	3,13	3,33	4,06	2,76	0,52	4,20
Assimetria	1,17	1,04	0,89	0,74	0,67	0,78	-0,58	2,02	0,26
Curtose	3,84	3,52	3,20	2,85	2,60	2,62	2,93	8,53	3,27
Autocorrelação	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,91	0,84	0,60	0,37

Tabela 1.2: Estrutura de correlação entre as variáveis (1999:09 - 2005:07)

	$i_t^{(1)}$	$i_t^{(2)}$	$i_t^{(3)}$	$i_t^{(4)}$	$i_t^{(6)}$	$i_t^{(12)}$	$y$	$\pi$	$\Delta e$
$i_t^{(1)}$	1,00								
$i_t^{(2)}$	0,99	1,00							
$i_t^{(3)}$	0,97	0,99	1,00						
$i_t^{(4)}$	0,93	0,97	0,99	1,00					
$i_t^{(6)}$	0,86	0,92	0,96	0,99	1,00				
$i_t^{(12)}$	0,73	0,80	0,86	0,92	0,97	1,00			
$y$	-0,70	-0,67	-0,63	-0,59	-0,52	-0,41	1,00		
$\pi$	0,38	0,43	0,46	0,48	0,52	0,56	-0,00	1,00	
$\Delta e$	-0,21	-0,15	-0,08	-0,02	0,06	0,19	0,14	-0,15	1,00

Numa primeira visão sobre os dados podemos observar que, apesar de termos instantes em que a curva de juros foi negativamente inclinada (como no segundo semestre de 2003), a curva média da taxa de juros é positivamente inclinada no período, assim como a curva de volatilidade. As taxas e o hiato do produto são altamente correlacionadas, com a variação do câmbio nominal e a inflação apresentando menor correlação (em termos absolutos). Além disso, um importante fato estilizado é que as taxas próximas são bastante correlacionadas entre si e a correlação com a taxa de inflação aumenta com a maturidade, enquanto a com o hiato do produto diminui (em termos absolutos). A correlação das taxas com a variação do câmbio nominal é inicialmente negativa e posteriormente positiva, identificando as defasagens do *pass-through* da variação do câmbio para a inflação.



Portanto, diversos fatos estilizados demonstram uma relação bastante próxima entre a curva de juros e a dinâmica macroeconômica brasileira. Neste contexto, o objetivo dessa dissertação é dar um passo adiante na compreensão da dinâmica da curva de juros no Brasil, respondendo às seguintes questões:

(i) Existe conteúdo informacional sobre a atividade econômica futura na curva de juros?

(ii) Quais variáveis macroeconômicas são relevantes para explicar a dinâmica da curva de juros num contexto de uma economia emergente?

(iii) Como os choques nas variáveis macroeconômicas afetam a dinâmica das taxas de diferentes maturidades e qual proporção da variação das taxas pode ser atribuída a estas variáveis?

No capítulo 2, verificaremos a presença de conteúdo informacional na estrutura a termo da taxa de juros brasileira com relação a diferentes medidas de nível de atividade. No capítulo 3, estimaremos um modelo afim da curva de juros somente com variáveis latentes, incluindo posteriormente variáveis macroeconômicas para compreendermos sua dinâmica conjunta. Finalmente, concluímos no capítulo 4.