

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituto Coppead de Administração

**Alessandra Pasqualina Viola**

**Estudo do impacto dos swaps cambiais ofertados pelo Banco Central na  
Estrutura a Termo de Cupom Cambial: uma análise utilizando a metodologia  
de Regressão de Componentes Principais**

**Dissertação de Mestrado**

Rio de Janeiro

Março 2009

**Estudo do impacto dos swaps cambiais ofertados pelo Banco Central na Estrutura a Termo de Cupom Cambial: uma análise utilizando a metodologia de Regressão de Componentes Principais.**

**Alessandra Pasqualina Viola**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração (M.Sc.)

Orientadora: Margarida Sarmiento Gutierrez

Co-orientador: Octávio Bessada Lion

Rio de Janeiro

Março de 2009

Viola, Alessandra Pasqualina.

Estudo do impacto dos swaps cambiais ofertados pelo Banco Central na estrutura a termo de cupom cambial: uma análise utilizando a metodologia de regressão de componentes principais / Alessandra Pasqualina Viola. – Rio de Janeiro, 2009.

95 f.: Il.

Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração, 2009.

Orientadora: Margarida Sarmiento Gutierrez.

1. Finanças 2. Taxa de câmbio 3. Análise de componentes principais. 4. Regressão linear de componentes principais 5. Administração – Teses. I. Gutierrez, Margarida Sarmiento. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto COPPEAD de Administração. III. Título.

**Estudo do impacto dos swaps cambiais ofertados pelo Banco Central na Estrutura a Termo de Cupom Cambial: uma análise utilizando a metodologia de Regressão de Componentes Principais.**

**Alessandra Pasqualina Viola**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração (M.Sc.)

Aprovada por:

---

Prof<sup>a</sup>. Margarida Maria Gomes Pereira Sarmiento Gutierrez, D.Sc. (COPPEAD/UFRJ)

---

Prof. Prof. Octavio Manuel Bessada Lion, D.Sc. (BANCO CENTRAL DO BRASIL)

---

Prof. André Luiz Carvalhal da Silva, Ph.D. (COPPEAD/UFRJ)

---

Prof. Claudio Barbedo, D.Sc. (BANCO CENTRAL DO BRASIL)

**Rio de Janeiro  
2009**

*“Non ti curar di loro, ma guarda avanti e passa”  
Dante Alighieri*

*A meu pai (in memoriam) e minha mãe*

*“Que piscina gostosa mamãe! Vamos fazer chuva?  
Chuva de amor?”*

*A minha Cici*

*“Mamãe onde está o Cristo? Hoje está chovendo, ele  
está atrás das nuvens... Não mãe, ele foi ao shopping!”*

*A meu Brunão*

*Ao Laduccio, junto a quem tudo é possível*

## Agradecimentos

À Vida, valioso presente em todos os tempos conjugais.

Ao Banco Central do Brasil pelo incentivo pioneiro na Administração Pública com o programa de Pós Graduação *Strictu Sensu*.

À professora Margarida Gutierrez pela objetividade, clareza e precisão nas colocações.

À Patrícia Dias, Alan Mendes, Alan Cosme, queridos amigos do Banco Central que, com seus comentários e/ou auxílio em bancos de dados colaboraram e muito, tornando mais eficiente a elaboração deste trabalho.

A Eugênio Ribeiro, pessoa rara, competente e serena.

Ao professor Caio Ibsen e ao professor André Carvalhal, por suas recomendações, sintéticas, porém de pertinência inigualável.

À grande amiga Elvira Cruvinel Ferreira Ventura e família, que tão bem nos acolheram.

Um agradecimento especial a Octávio Bessada que floreu e iluminou meu caminho acadêmico, transformando-o em desbravamento instigante do conhecimento.

A Cláudio Barbedo minha eterna gratidão por ouvir, comentar, ensinar, orientar e, acima de tudo, acreditar em uma idéia que muitos duvidaram ser possível.

A meus pais, início de tudo, minhas raízes e que tantos valores me ensinaram.

A meu pai, Nicola Viola, que despejava em toda ação, palavra e *pasta asciutta* amor tal que plantou no coração de cada um dos cinco irmãos a sensação de filhos únicos e especiais, tamanha proteção e aconchego de sua calorosa paternidade.

A minha mãe, Ivone Viola, por sua heróica e poética luta pela vida. Avó fantástica e incomparável.

A meus irmãos, Assunta, Ana, Angela e Arturo, cujas conversas sempre me instigaram intelectualmente.

A meus três amores que me tornaram protagonista de minha própria vida.

A meus filhos, Cecília e Bruno, que coloriram e abrilhantaram meu viver, para quem eu vivo e somente por quem viveria mais cem anos.

E, principalmente, a meu marido, José Antônio Guedes Ladosky, brilhante repentista. Repentinamente, lembra-se das mais belas falas de clássicos cinematográficos, musicais, literários e as reinventa quando as encaixa em situações absolutamente apropriadas. Companheiro, cúmplice e visionário que me ensinou que “o vento nunca é frio onde se é feliz”. E, cá está ele a me lançar ao vento, dando-me linha para voar cada vez mais alto, acreditando, apoiando e, sempre, ponderando sabiamente. Sem ele, esse trabalho jamais seria possível.

## RESUMO

VIOLA, Alessandra Pasqualina. **Estudo do impacto dos swaps cambiais ofertados pelo Banco Central na Estrutura a Termo de Cupom Cambial: uma análise utilizando a metodologia de Regressão de Componentes Principais**. Orientadora: Margarida Sarmiento Gutierrez. Co-orientador: Octávio Bessada Lion. Instituto Coppead de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Março de 2009. Dissertação (Mestrado em Administração).

A aplicação da chamada Análise de Componentes Principais (ACP) é objeto de estudo em várias pesquisas nacionais e internacionais na área de Finanças. Já o uso da Regressão de Componentes Principais é, ainda, mais disseminado em outras áreas que não a Financeira. Este trabalho utiliza a regressão linear de componentes principais de duas formas. Na primeira delas as componentes principais são variáveis dependentes. Na segunda, as componentes principais substituem as variáveis originais na regressão. O objetivo é verificar, com base na Teoria de Equilíbrio de *Portfólio*, qual o impacto das ofertas pelo Banco Central do Brasil dos *swaps* cambiais e *swaps* cambiais reversos nos atributos referentes à Estrutura a Termo do Cupom Cambial.

Três componentes principais são responsáveis pela explicação de parcela maior do que 99% da variação dos dados originais, em conformidade com os resultados encontrados na literatura. Eles foram associados a mudanças em nível, inclinação e curvatura da estrutura a termo de taxa de juros do cupom cambial.

Com base nos resultados anteriores, foram efetuadas regressões lineares, com periodicidade semanal para cada uma das componentes contra as atuações do Banco Central, participação líquida da posição dos investidores estrangeiros no mercado de cupom cambial futuro (DDI) e Embi br. Como análise complementar, também foram estudadas as volatilidades da curva de cupom cambial e da taxa de câmbio à vista.

Para o período analisado, os resultados referentes aos *swaps* cambiais estão de acordo com o esperado, ressaltando-se, porém, que seu efeito pode ter sido potencializado pela tendência da época. Quanto às variáveis Embi br e posição dos investidores estrangeiros, estas geram mudanças significativas em todos os atributos da curva, além de influenciar a volatilidade da curva e da taxa de câmbio à vista. Já para os *swaps* cambiais reversos, os resultados apontam que sua oferta por parte do Banco Central não gerou impacto no mercado de cupom cambial, ao contrário do esperado pela teoria. Uma das causas pode estar no fato de tais atuações afetarem variáveis macroeconômicas fortemente correlacionadas com a percepção do risco país. Tal fato é ainda reforçado pela forte mudança no cenário econômico doméstico e internacional no decorrer do período analisado, com isso, um estudo complementar poderia ser realizado para períodos menores.

*Palavras-chave:* Estrutura a termo de cupom cambial, Análise de Componentes Principais, Regressão Linear de Componentes Principais, Teorias de Determinação da Taxa de Câmbio.

## ABSTRACT

VIOLA, Alessandra Pasqualina. **Study of the impact of the foreign exchange swaps offered by the Central Bank of Brazil on the local foreign exchange interest rate term structure: an analysis using the principal component regression methodology.** Academic Advisor: Margarida Sarmiento Gutierrez. Co-advisor: Octávio Bessada Lion. Instituto Coppead de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, March 2009. Dissertation (Masters in Administration).

The application of the Principal Components Analysis (PCA) is object of study in a lot of the national and international research in the Financial area. However, the use of the Principal Component Regression is still more disseminated in other areas rather than Finance. This study uses principal component regression in two different ways. In the first one, the principal components are dependent variables. In the second, the principal components substitute for the original independent variables in the regression. The purpose of this dissertation is to verify, based on the portfolio balance exchange rate determination theory, the impact of the offer of the foreign exchange swaps by the Central Bank of Brazil on the attributes of the local foreign exchange interest rate term structure.

Three components explain more than 99% of the variation of the original data set, as the results found in the references show. They were associated with level, slope and curvature of the local foreign exchange interest rate term structure.

With these results in hand, linear regressions were made on a weekly basis, for each of the components as dependent variables, and the independent variables were the Central Bank interventions, the participation of the foreign investors' net holdings in the local foreign exchange interest rate market (DDI) and Embi br. As a complementary analysis the volatility of the local foreign exchange interest rate term structure and the volatility of the foreign exchange spot were studied.

For the time period analysed, the results concerning the foreign exchange swaps were in accordance with those expected by the theory. Some attention may be given to this because the results could be stressed by the trend of the period. The variables Embi br and foreign investors' net holdings impact all the attributes of the curve, in addition to its influence on the volatility of local foreign exchange interest rate term structure and on the volatility of the foreign exchange spot. The swaps known as reversal foreign exchange swaps showed results that point out that the offer of this product by the Central Bank had no impact on the local foreign exchange interest rate market. One of the possible factors can be explained by the way these swaps affect macroeconomic variables that are strongly correlated with the country risk perception. This is also reinforced by the strong change in the domestic and international economy during the years analysed in this study. It is interesting to study this impact in smaller periods.

Keywords: Local foreign exchange, local foreign exchange interest rate term structure, Principal Components Analyses, Principal Component Regression, Exchange rate determination theories.



## ÍNDICE

1.	Introdução.....	1
2.	Resenha Bibliográfica.....	5
2.1	Modelos de determinação da taxa de câmbio.....	5
2.2	A Estrutura a Termo das Taxas de Juros - Método <i>Cubic Spline</i> de Interpolação das Curvas.....	12
2.3	Componentes Principais.....	15
2.3.1	Conceito.....	15
2.3.2	Definição.....	16
2.3.3	Componentes Principais em Análise de Regressão.....	20
2.3.4	A interpretação das componentes principais em uma curva de juros.....	21
3.	Cenário Econômico – Janeiro de 2003 a Setembro de 2008.....	23
4.	Base de dados e modelo empírico.....	34
4.1	Mercado cambial no Brasil, o contrato futuro de dólar da BM&F e o Cupom Cambial.....	34
4.1.1	O Contrato de DDI e o FRA de Cupom Cambial.....	37
4.2	Base de dados.....	40
4.3	Cálculo das Componentes Principais.....	47
4.4	Modelo Empírico.....	49
5.	Resultados.....	60
5.1	Resultado das Componentes Principais.....	60
5.1.1	ACP Aplicada sobre a Estrutura a Termo de Cupom Cambial.....	60
5.1.2	ACP Aplicada sobre Embi br e Posição Líquida dos Estrangeiros nos contratos de DDI da BM&F.....	62
5.2	Análise das atuações do Banco Central, da aversão ao risco (Embi br e dos investidores estrangeiros) na curva de cupom cambial.....	65
5.3	Análise do impacto das atuações do BACEN e da aversão ao risco (Embi br e investidores estrangeiros) na volatilidade da ETCC e na volatilidade	

do dólar à vista.....	69
6. Conclusão e trabalhos futuros.....	77
Referência Bibliográfica.....	81
Anexo I.....	84
Anexo II.....	85
Anexo III.....	87

## 1 Introdução

“O Banco Central do Brasil e o *Federal Reserve* (banco central dos Estados Unidos da América) anunciam o estabelecimento de uma linha de swap de dólares americanos por reais no montante de US\$ 30 bilhões, válida até 30 de abril de 2009. Esta linha não implica condicionalidades de política econômica e será utilizada para incrementar os fundos disponíveis para as operações de provisão de liquidez em dólares pelo BC.”

Esta notícia, divulgada em 29 de outubro de 2008 no site do Banco Central do Brasil (BACEN), reflete a preocupação mundial com a volatilidade das taxas de câmbio em vários países após o acirramento da crise financeira desencadeada nos Estados Unidos em meados de setembro de 2008.

A determinação da taxa de câmbio tem interessado economistas e financistas mais fortemente desde o fim do padrão-ouro. De lá para cá várias são as condicionantes da taxa de câmbio. Entre elas destacam-se as de origem financeira, como a arbitragem dos investidores entre as taxas de juros dos países, as intervenções das autoridades monetárias e o risco de crédito associado a cada país, o chamado risco país.

No início de 1999, o Brasil adotou o Regime de Metas para Inflação, e, com isso, o regime cambial passou a ser flutuante, durante o qual a variação cambial sofreu momentos de maior e menor volatilidade. Mas, certamente, seu comportamento foi bastante diverso do apresentado no período em que predominou o chamado *crawling peg* do Plano Real.<sup>1</sup> Portanto, a formação de preço da taxa de câmbio apresentou contornos diferentes dos existentes naquela época, fazendo com que novos estudos surgissem para explicar seu movimento.

No Brasil, as atuações do BACEN no mercado de câmbio à vista e no mercado de cupom cambial suscitaram vários estudos e comentários acerca de seus efeitos. Imprensa, agentes econômicos e pesquisadores questionam desde a eficiência das atuações do BACEN no mercado cambial, até a real adoção do

---

<sup>1</sup> Regime de *crawling peg* é um regime cambial com mudanças periódicas na taxa de câmbio que incorporam a inflação ou mesmo a taxa de juros doméstica.

Sistema de Metas que, em sua forma absoluta não permitiria intervenções da autoridade no valor da taxa de câmbio.

Tais ações da autoridade monetária, nos últimos anos, estariam modificando a taxa do dólar, ou, ainda sua volatilidade? Seriam elas reais intervenções no mercado de câmbio?

Uma das limitações na análise dos dados referentes às atuações do BACEN no mercado interbancário de câmbio – mercado à vista – refere-se à falta de dados diários, ou semanais dos montantes negociados em cada um dos leilões de compra/venda de moeda estrangeira.

Sendo assim, optou-se, neste trabalho, por analisar somente os dados referentes aos *swaps* cambiais e *swaps* cambiais reversos, ofertados em leilão.<sup>2</sup> Por estas operações o BACEN atua diretamente no chamado cupom cambial, que seria a taxa de juros em dólar. Na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), o cupom cambial começou a ser negociado pelo contrato de DDI. E, posteriormente, por conta da volatilidade cambial do primeiro dia de negociação, surgiu o *Foward Rate Agreement* para o cupom cambial – FRC – que é uma operação sintética de dois contratos de DDI.<sup>3</sup>

Além dos agentes econômicos nacionais procurando proteção contra o risco de mercado, dos especuladores e das próprias instituições financeiras, os investidores estrangeiros também atuam no mercado de cupom cambial da BM&F. Estes podem arbitrar entre a taxa interna e a taxa externa, dependendo do nível de

---

<sup>2</sup> Swap cambial: operação de swap registrada na BM&F, na forma de “contrato de swap cambial com ajuste periódico – SCC”, em que BACEN compra o contrato (ponta cupom cambial) e as instituições contempladas tomam a posição vendedora em DI. É uma operação equivalente ao BACEN vender dólar futuro, e comprar DI.

Swap cambial reverso: operação em iguais moldes à operação anterior, mas na qual o BACEN assume a ponta vendedora de cupom cambial (vende contrato) e as instituições contempladas assumem a posição de compradora de DI. É uma operação equivalente ao BACEN comprar dólar futuro, e vender DI.

<sup>3</sup> No período anterior ao surgimento do DDI, vendia-se contrato futuro de dólar e comprava-se a taxa de DI (venda de PU) para se obter uma posição sintética de compra de cupom cambial. Para maiores detalhes desta operação vide Capítulo 4, item 4.1.1.

risco do país e de sua disposição ao risco, ou proteger-se do risco cambial quando efetuam investimentos em outros segmentos econômicos no Brasil.

Configuram-se, desta forma, dois agentes importantes que exercem influência na estrutura a termo de cupom cambial (ETCC), o BACEN e os investidores estrangeiros, e, portanto, são as variáveis independentes que foram consideradas na análise realizada neste trabalho.

Como, além do diferencial de taxas, o risco país influencia na aplicação de recursos no país, o Embi br - indicador que reflete tal risco – foi incluído no estudo.

Por se tratar de uma estrutura a termo, com as taxas em cada vértice altamente correlacionadas, e, ainda, por possibilitar uma abordagem interpretativa, utilizou-se um método de Análise de Dados Multivariados denominado Análise por Componentes Principais (ACP), como também se fez uso da Regressão de Análise de Componentes Principais (RACP).

Como análise complementar mensurou-se o impacto das variáveis anteriormente mencionadas na volatilidade da ETCC e na volatilidade do dólar à vista, ou seja, a volatilidade da PTAX<sup>4</sup>.

Os resultados revelam que para o período analisado, os swaps cambiais e o fator risco expresso pelos investidores estrangeiros e pelo Embi br apresentaram impacto na curva de cupom cambial, bem como sobre sua volatilidade e a volatilidade do dólar à vista na direção prevista.

Já os *swaps* cambiais reversos não se mostraram estatisticamente significativos para explicar a variação da curva, ou mesmo de sua volatilidade, tão pouco a volatilidade do dólar à vista. Isto, como se verificará neste trabalho, decorre do fato de referidos *swaps* produzirem efeitos em direções contrárias. Se por um

---

<sup>4</sup> A taxa de câmbio de referência é conhecida no mercado financeiro por PTAX e é a taxa média ponderada pelo volume dos negócios realizado no mercado interbancário de câmbio com liquidação em dois dias úteis, calculada e divulgada diariamente pelo BACEN conforme Comunicado n. 6.815/99.

lado, o BACEN modifica as condições de arbitragem demandando ou ofertando variação cambial, por outro, a melhoria nas condições de solvência, como mudança no perfil da dívida pública (os *swaps* cambiais reversos diminuem a dívida pública passiva em dólar), levam a uma queda na percepção que gera impacto em toda a ETCC e o mercado cambial. Tal melhoria foi ainda reforçada pela farta liquidez mundial havida no período analisado, pela melhora dos termos de troca ocasionada pelo forte crescimento mundial, além de fatores domésticos como maior disciplina fiscal e manutenção da inflação dentro das metas estabelecidas.

Por fim, calculou-se o impacto da volatilidade da curva na volatilidade do dólar à vista. Os resultados deste último exame são interessantes e está em linha com a correlação que se verifica entre a formação do preço do dólar futuro e do dólar à vista.

O presente trabalho está assim organizado. Segue-se a esta introdução, uma descrição do referencial teórico referente à determinação da taxa de câmbio, ao método de interpolação da curva e à ACP. No tópico 3 traça-se o cenário econômico no Brasil, no período sob a análise, no qual está incluída a explicação sumária sobre o mercado cambial e de cupom cambial. O tópico 4 versa sobre o modelo empírico e os dados utilizados nesta dissertação. No tópico 5 os resultados são apresentados e discutidos à luz do cenário econômico previamente delineado. O tópico 6 inclui a conclusão bem como as sugestões para trabalhos futuros.

## **2 Resenha Bibliográfica**

Por se tratar de um estudo acerca da taxa de câmbio, o pilar teórico do presente trabalho centra-se em uma das principais teorias econômicas de determinação da taxa de câmbio, qual seja, a teoria da paridade coberta da taxa de juros, modificada pela teoria de equilíbrio de portfólio.

Contudo, ressalta-se que dois métodos matemáticos fundamentaram o modelo empírico estudado. O primeiro deles é a chamada Análise de Componentes Principais (ACP) e o segundo, apenas complementar, é o método Cubic Spline de Interpolação. O segundo será brevemente abordado. Já para a ACP dispensou-se especial atenção uma vez que os resultados podem ser melhores compreendidos e analisados através de um bom entendimento de referido método e das interpretações por ele possibilitadas. Com isso, a parte referente à ACP possui subitens relacionados à álgebra utilizada para seu cálculo, à regressão por componentes principais, e, por fim, à interpretação financeira da ACP aplicada à taxa de juros. Interpretação esta efetuada em trabalho seminal de Litterman & Sheinckman (1991).

Este tópico inicia-se com as teorias de determinação da taxa de câmbio, em seguida discorre brevemente sobre o método de interpolação *Cubic Spline*, finalizando com o subitem sobre Análise de Componente Principais.

### **2.1 Modelos de determinação da taxa de câmbio**

A taxa de câmbio de uma economia tem sido objeto de estudo de várias escolas ao longo dos anos, principalmente após o fim de Bretton Woods em que a volatilidade no mercado de câmbio tornou-se preocupação para os diversos formuladores de política econômica e investidores em geral.

Valente (2007) apresenta alguns dos principais modelos para estimação do câmbio, entre os quais, destacam-se:

- i. Paridade do Poder de Compra
- ii. Paridade descoberta/coberta da taxa de juros
- iii. Modelo de Equilíbrio Portfólio
- iv. Modelo de Microestrutura para o Câmbio (desenvolvido mais recentemente).

i. Paridade de Poder de Compra - PPC

Amplamente estudada e testada em diversos países e no Brasil, a PPC é uma teoria de determinação da taxa de câmbio nominal. A partir desta taxa nominal, a estabilidade da taxa de câmbio real é atingida. Baseada na lei do preço único, a versão absoluta da PPC propõe que a taxa de câmbio nominal equivaleria àquela que iguala o nível de preços (poder de compra) de um país com o nível de preços de um país estrangeiro. Essa visão trata, então, a taxa de câmbio como um equalizador do mercado de bens comercializáveis – *tradables*. Caso o preço fosse diferente em situações de isenção de impostos, custos transacionais entre outros, haveria condições para arbitragem. Houve modificações nesta teoria, como a PPC relativa (que relaxa a hipótese do preço único), para incorporar os bens não comercializáveis – *non tradables*. Neste caso, tem-se que a variação da taxa de câmbio se iguala à diferença entre os logaritmos dos índices de preços domésticos e estrangeiros. Não obstante os ajustes, os resultados são dúbios, e testes empíricos não conseguem equacionar a alta volatilidade do câmbio com a longa meia vida da taxa de câmbio de equilíbrio, obtida em trabalhos publicados. Rogoff, em 1983, afirma que o passeio aleatório (*random walk*) ainda seria o melhor modelo para a previsão dessas duas



variáveis estudadas.<sup>5</sup> Um estudo nacional (Baltar, 2005) também não comprova a PPC.

ii. Paridade descoberta/coberta da taxa de juros

Em um sistema financeiro internacional cada vez mais globalizado e os fluxos de capitais à procura de maiores retornos e de diversificação de carteiras, fazendo com que movimentos de curto prazo na taxa de câmbio sejam pouco correlacionados com a economia real, a Lei do Preço Único e sua hipótese de arbitragem é estendida ao mercado de ativos financeiros, resultando na condição de paridade para as taxas de juros. A taxa de câmbio recebe, aqui, um tratamento de ativo financeiro.

A teoria de paridade de taxa de juros afirma que se um país tem taxa de juros maior do que outro, em equilíbrio, deve haver uma expectativa de que sua moeda irá se depreciar, de modo a igualar o rendimento das aplicações. Tal afirmação pode ser expressa pela seguinte igualdade:

$$i_t = i_t^* + E_t(s_{t+k}) - s_t \quad 2.1$$

Em que:  $i_t$  é a taxa de juros doméstica em t,  $i_t^*$  é a taxa de juros internacional em t,  $E_t(s_{t+k})$  é a expectativa da taxa do dólar pronto no tempo t+k e  $s_t$  é o dólar pronto em t.

A mobilidade perfeita de capital e a indiferença ao risco são as duas hipóteses que baseiam essa teoria. Isso faz com que os ativos domésticos e estrangeiros sejam substitutos perfeitos. A primeira hipótese pode estar mais próxima à realidade que a hipótese da PPC que admitia que os mercados de bens eram perfeitamente integrados, entretanto a mobilidade ainda é imperfeita. A segunda hipótese foi modificada pela teoria da Paridade Coberta de Juros e pela

---

<sup>5</sup> Meia vida do processo é o tempo que leva para que metade de um choque seja dissipado.

teoria do Efeito de Portfólio, uma vez que, mesmo em economias desenvolvidas, a paridade descoberta de taxa de juros não é empiricamente constatada.

O que comumente se observa é a já citada Paridade Coberta de Juros. Pode-se exemplificar com a seguinte situação: um investidor que toma dólar emprestado à taxa de juros internacional e aplica seus recursos à taxa de juros doméstica. Para tal, vende seus dólares no mercado e compra reais. Ao final do período de aplicação, seu rendimento dependerá não somente da diferença entre essas duas taxas de juros, como também da variação entre as duas moedas. Se a moeda de origem se valorizou em relação à moeda na qual aplicou seus recursos, essa diferença entre as taxas diminuiu, podendo, inclusive, tal ganho ser revertido em perda. Visando proteger-se do risco cambial, o investidor compra dólar futuro no país, a denominada taxa *forward*. E, assim, a condição de não arbitragem nesse mercado é expressa na seguinte formulação:

$$i_t = i_t^* + f_t \quad 2.2$$

A equivalência entre a paridade descoberta e coberta de juros ocorre quando a taxa esperada futura e a taxa à vista (*spot*) no futuro forem iguais.

### iii. Modelo de Equilíbrio de Portfólio

Conforme mencionado neste trabalho, o modelo de equilíbrio de portfólio assume que os ativos domésticos e estrangeiros não são perfeitamente substituíveis. Assim, o câmbio não é somente determinado pelo equilíbrio do mercado monetário, como pela oferta e demanda de ativos de toda a Economia.

Pelo equilíbrio de portfólio por exemplo, se o mercado demanda mais moeda estrangeira e sua oferta é mais limitada, os agentes que ofertam a proteção cambial exigirão um maior prêmio de risco de aplicação no ativo doméstico. Mas, o que seria esse prêmio de risco cambial? Tal prêmio pode ser definido como um seguro contra

o risco da economia como um todo e está altamente correlacionado ao risco país. A formação do preço futuro incorpora esse prêmio graças a três tipos de participantes que nele negociam por razões diversas. O primeiro deles, que pagaria por tal seguro, seria o *hedger*. O segundo seria o especulador, que cobraria por esse seguro (cobraria pelo risco que corre de o mercado futuro não representar o dólar pronto na data futura negociada). E o terceiro seria o arbitrador, que entraria no mercado para lucrar sem correr risco, negociando o mesmo ativo em mercados diferentes.

Esse seguro cambial está diretamente relacionado à oferta de ativos denominados em moeda estrangeira. Quanto maior o volume de oferta, menor esse prêmio de risco, e menor o *forward premium*.

Assim, a taxa *forward premium* pode ser expressa da seguinte forma:

$$f_t = E_t (s_{t+k}) - s_t + p_t \quad 2.3$$

Em que  $p_t$  é o prêmio de risco comentado anteriormente.

Substituindo (2.3) em (2.2):

$$i_t = i_t^* + [E_t (s_{t+k}) - s_t + p_t] \quad 2.4$$

Há estudos internacionais que questionam a existência desse prêmio de risco variável no tempo e atribui à racionalidade das expectativas dos agentes o viés na taxa futura de câmbio como instrumento de previsão. Verschoor & Wolff (2008) apontam alguns desses autores, entre os quais destacam-se os mais recentes: Gan e Wong (1993), Sobiechowwski (1996), Lim e McKenzie (1998).

No Brasil, a maioria dos estudos concentrou-se na formulação das equações considerando a existência de um prêmio de risco cambial. Testes empíricos foram efetuados sob esta hipótese, sendo que os testes de Takami e Leme (2003) não conseguiram validar a paridade coberta de juros para o período estudado, mesmo

ajustando ao prêmio de risco país. Já Garcia (2000) calcula o prêmio de risco para o período do Plano Real, com o regime de *crawling peg*. Diógenes (2007) utiliza a premissa do prêmio de risco cambial para estudar as intervenções esterilizadas do BACEN no mercado de câmbio.

Resta, aqui, acrescentar um comentário acerca do cupom cambial, a ser melhor detalhado no item 4. Dados e Modelo Empírico. Pela teoria do portfólio, o investidor pode não ser indiferente ao risco. Como consequência existe não somente o prêmio de risco cambial, como o próprio risco país, que poderia ser entendido como um risco de crédito relacionado a sua solvência, ou a condição de sua estrutura judiciária, exemplo. Sendo assim, pode-se acrescentar uma última equação para a determinação da taxa de câmbio, que seria o risco país.

$$i_t = i_t^* + [E_t(s_{t+k}) - s_t + p_t] + r_p \quad 2.5$$

Em que  $r_p$  é o risco país.

#### iv. Modelo de Microestrutura para o Câmbio

Resta mencionar o modelo de microestrutura cujas pesquisas vêm crescendo nos anos recentes e pretendem responder algumas questões até então em aberto sobre o mercado de câmbio, entre as quais, destacam-se: a alta volatilidade da taxa de câmbio quando comparada à sua estimação pelos fundamentos a ela relacionados (Frankel e Rose, 1995 in Verschoor & Wolff (2008)) e as taxas futuras não se apresentarem como estimadores racionais das taxas à vista.

Nesses estudos volta-se a atenção para a interação entre os fluxos de informação, volatilidade do preço, volume do comércio e heterogeneidade das expectativas dos agentes.

A análise de vários aspectos da microestrutura do mercado de câmbio parece ser útil para explicar algumas de suas anomalias.

Se os participantes de mercado possuíssem expectativas homogêneas, a liquidez atual do mercado de câmbio não poderia ser explicada.

A heterogeneidade é um conceito usado de diversas maneiras na literatura do mercado de câmbio. Há, comumente, duas explicações para sua existência. A primeira argumenta que a dispersão nas opiniões ocorre porque há assimetria de informação. Diferentes participantes do mercado assumem possuir diversos conjuntos de informações, onde parte da informação é comum a todos eles e parte é privada. A assimetria na informação pode ser causada pela rigidez na transmissão de informação pública, de forma que a heterogeneidade das opiniões dos agentes é causada por pressupostos de informações artificiais.

Outra linha na literatura assume que todos os participantes do mercado possuem opiniões diferentes, mesmo quando a informação é pública a todos. A diferença, então, está na interpretação da informação.

Verschoor & Wolff (2008) afirmam que Kurs, em 1994 argumenta pela existência das diferentes interpretações porque os agentes econômicos não conhecem as relações estruturais da economia. Tais participantes econômicos somente têm informações ou “conhecimento empírico”. Os agentes formam suas opiniões sobre o futuro, geralmente, sobre distribuições de probabilidade de eventos passados.

A quantidade de métodos para testar a heterogeneidade é pequena, devido à falta de dados individuais.

Segundo Verschoor & Wolff (2008), a constatação da heterogeneidade sistemática dos agentes pode ser encontrada em estudos de 1999 de Elliott e Ito e foi confirmada em 2003 por Bénassy Queré *et al* (2003). Um estudo mais antigo de 1996 de MacDonald e Marsh foi também citado em referido artigo.

De posse dos dados desagregados, poder-se-iam estudar, por exemplo, os volumes comerciais com base nos contratos futuros de câmbio e efetuar um estudo de Granger para causalidade.

Verschoor & Wolff (2008) destacam ainda outro estudo de Beine de 2006 que investiga se a intervenção do banco central tem um impacto na dispersão das opiniões das previsões da taxa de câmbio. Eles mostram que há impacto, independentemente se tais intervenções são ou não são esperadas. Como os testes requerem fluxos de ordens, o mais indicado seria um sistema de negociação eletrônica do câmbio, do qual, ainda, o mercado de câmbio brasileiro não dispõe.

## 2.2 A Estrutura a Termo das Taxas de Juros - Método *Cubic Spline* de Interpolação das Curvas

A estrutura a termo das taxas de juros (ETTJ) expressa a relação, em determinado instante, entre a taxa de juros e o prazo de vencimento da aplicação/captação. Os diversos agentes econômicos observam e se utilizam da curva a termo, seja para precificação de portfólios – valoração dos títulos a mercado – seja para verificação das expectativas futuras com relação a variáveis macroeconômicas, como inflação ou taxa de juros básica da economia.

No tocante às características da ETTJ, esta pode ser positivamente inclinada – o mais comum – quando as taxas de curto prazo são menores que as de longo prazo. Neste caso, os agentes esperam um aumento da taxa de juros básica da economia, vislumbrando maior inflação, por exemplo. A ETTJ pode ainda apresentar rentabilidade fixa, com as taxas de curto e longo prazos praticamente equalizadas. Esta situação pode ocorrer, por exemplo, quando as expectativas dos agentes econômicos vislumbram estabilidade inflacionária, ou com a autoridade monetária mantendo as taxas de juros básicas da economia. E, por fim, a curva pode ser

negativamente inclinada. Circunstância em que as taxas de curto prazo são maiores que as de longo prazo. Neste caso, por exemplo, os agentes esperam que a inflação a curto prazo seja maior que a de longo prazo.

Essa descrição é importante, pois, uma das características da curva estudada neste trabalho refere-se à inclinação da curva e ao movimento da curva em torno de um ponto de rotação, o chamado *twist*.

Para a construção de uma curva a termo da taxa de cupom cambial (ETCC), utilizou-se o mercado de DDI de cupom, que é uma taxa à vista (*spot*)<sup>6</sup>. A maioria dos artigos acadêmicos utiliza-se da taxa de FRA de cupom cambial<sup>7</sup>. Como se verá adiante, o principal motivo da utilização do DDI reside no fato de que este contrato informa a taxa à vista (*spot*), isto é, a expectativa de taxa da data de referência até o vencimento. Conforme verificado no item das teorias de determinação da taxa de câmbio, os preços presente e futuro do ativo cambial se relacionam pelas taxas *spot*. Estas considerações serão discutidas no item 4.2 Base de dados.

A ETCC considera a maturidade em que haja ou houve negociação de taxas de juros em dólar. Para os prazos em que não houve referida negociação, utilizam-se alguns métodos de interpolação divididos em métodos gerais ou por partes. Nestes últimos, destacam-se o método *foward* e o método *cubic-spline*. Vale destacar que a utilização, neste trabalho, pelo método do *cubic spline* se deve a dois fatores importantes: o primeiro deles é teórico matemático. A curva obtida por este método não apresenta saltos, como, por exemplo a curva obtida através do método de taxa *foward*. O segundo motivo refere-se a seu uso em larga escala tanto nos estudos acadêmicos como no mercado financeiro como um todo.

---

<sup>6</sup> Produto DDI é um contrato futuro de cupom cambial negociado na BM&F-Bovespa. Sua introdução foi anterior ao FRA de cupom cambial. Em sua especificação, o DDI utiliza-se da PTAX de D-1 e por isto o cupom calculado pelo DDI é chamado de cupom sujo.

<sup>7</sup> FRA de cupom cambial ou FRC é uma operação sintética que utiliza dois contratos de DDI para retirar a variação cambial do dia anterior, e, conforme linguagem utilizada no mercado, tal operação limpa o cupom sujo do DDI. A taxa resultante é uma taxa *foward*, livre da volatilidade diária da taxa de câmbio.

Varga (2000) calculou a estrutura a termo para o caso brasileiro a partir de taxas extraídas da Resenha da Andima, para cinco prazos diferentes das LTN's. Há vários trabalhos, Bessada & Silveira (2004), Santos (2005), que se utilizam do mercado futuro de DI para a construção da ETTJ. Em Almeida *et al* (2007) o FRC é utilizado para a construção da ETCC. Isto porque os papéis de renda fixa no Brasil não possuem ainda uma gama de vencimentos a partir dos quais se possa construir uma curva a termo.

Conforme exposto em Araújo, Barbedo e Bessada (2005), os seguintes critérios devem ser adotados para a construção do algoritmo de cálculo que garanta a suavização da curva.

I – as curvas polinomiais possuem grau três, ou seja:

$$y_i = f_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3 \quad 2.6$$

Em que:

$$x \in [0,1]$$

$y_i$  = função polinomial do intervalo  $i$

II – as curvas passam por todos os pontos conhecidos e são contínuas.

Matematicamente tem-se que:

$$f_i(1) = f_{i+1}(0) = y_i \quad 2.7$$

III – a derivada de primeira e segunda ordem das curvas são iguais no mesmo ponto. Isso garante a suavização e mudança da curvatura. E pode ser expresso da seguinte forma:

$$f_i'(1) = f_{i+1}'(0) \quad 2.8$$

$$f_i''(1) = f_{i+1}''(0) \quad 2.9$$



Para a solução do sistema de equações há necessidade de mais duas condições obtidas através de uma das três aproximações, quais sejam, *spline* natural, *spline* cúbico *Knot-a-knot* e o *spline* cúbico completo. O *spline* natural será adotado neste trabalho e esta aproximação adota a segunda derivada do primeiro e do último ponto conhecido como zero.

Para este trabalho, foi utilizado um módulo de *Visual Basic* Aplicado ao Excel (VBA) para formar as matrizes a partir das condições, e então encontrar os coeficientes das equações polinomiais cúbicas.

## 2.3 Componentes Principais

### 2.3.1 **Conceito**

A análise de componentes principais (ACP) é uma das mais antigas técnicas de análise multivariada e passou a ser utilizada em larga escala com o advento dos computadores. Seu uso é amplamente disseminado em ramos como química, genética entre outras áreas e, em finanças, ganhou força a partir de um artigo de Litterman & Sheinckman de 1991.

A idéia central da ACP é reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados que são correlacionados, enquanto mantém a variação contida em tal grupo. Esse resultado é obtido calculando-se um novo conjunto de variáveis que são ortogonais entre si e que são ordenadas de tal forma que a primeira componente retém a maior variação possível dos dados, a segunda componente retém a segunda maior variação e assim sucessivamente. Sendo assim, consegue-se, a partir de  $p$  variáveis, calcular um número reduzido de  $k$  componentes principais que carregam a maior parte da variabilidade de todo o conjunto das  $p$  variáveis.

As  $k$  componentes principais podem, com isso, substituir as  $p$  variáveis iniciais, e o conjunto de dados original que consistia em  $n$  observações de  $p$

variáveis, é reduzido para um conjunto de dados que consiste de iguais  $n$  observações, mas agora, com  $k \ll p$  componentes principais que possuem a maior variabilidade. Há que se notar, entretanto, que o número total de componentes principais é igual ao número de variáveis originais.

Segundo Johnson e Wichern (1998) a ACP geralmente revela relações as quais não poderiam ser observadas diretamente, o que facilita em muito seu uso interpretativo. Soma-se a isso a alegação de Jolliffe (1986) quanto ao objetivo da ACP. Para ele, a ACP é utilizada como um passo intermediário para investigações maiores. Com isto, as componentes principais podem servir como dados de entrada em regressões múltiplas, ou análise de *cluster*.

### 2.3.2 Definição

Suponha  $\mathbf{x}$  um vetor de  $p$  variáveis randômicas, e, que suas variâncias, bem como as covariâncias entre estas  $p$  variáveis, sejam de interesse. A menos que  $p$  seja pequeno, ou a estrutura bastante simples, geralmente não é muito útil simplesmente olhar as  $\frac{1}{2}p*(p-1)$  covariâncias ou variâncias. Uma alternativa é avaliar um conjunto de  $k$  variáveis, em que  $k$  muito menor que  $p$ , que retenha a maioria da informação dada pelas variâncias, covariâncias/correlações.

A determinação das componentes principais é obtida da seguinte forma:<sup>8</sup>

1º passo: procurar a seguinte função linear:

$$\boldsymbol{\alpha}'_1 \cdot \mathbf{x} \quad 2.10$$

dos elementos de  $\mathbf{x}$  que contém a variância máxima.

---

<sup>8</sup> Para explicação de componentes principais obtidas a partir de variáveis normalizadas vide ANEXO I.

Em que:

$\mathbf{a}_1$  : é um vetor de  $p$  constantes  $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \dots, \alpha_{1p}$

$\mathbf{a}'_1$  : é vetor transposto de  $\mathbf{a}_1$

E assim:

$$\mathbf{a}'_1 \cdot \mathbf{x} = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \dots + \alpha_{1p}x_p = \sum_{j=1}^p \alpha_{ij}x_j \quad 2.11$$

2º passo: procurar uma função linear não relacionada a  $\mathbf{a}'_1 \cdot \mathbf{x}$ , que possui variância máxima. E assim por diante.

O número de componentes principais é o número  $p$  de variáveis randômicas, entretanto, espera-se que a maior parte da variação de  $\mathbf{x}$  será demonstrada pelas  $k$  variáveis em que  $k \ll p$ .

Para calcular as componentes principais é necessário conhecer a matriz  $\Sigma$  de covariância/correlação das variáveis originais.

Para  $k = 1, 2, \dots, p$ ,  $\mathbf{z}_k = \mathbf{a}'_k \cdot \mathbf{x}$  e variância de  $\mathbf{z}_k$  é aqui denotada por  $Var[\mathbf{z}_k]$ . Deseja-se maximizar:

$$Var[\mathbf{z}_k] = Var[\mathbf{a}_k \cdot \mathbf{x}] \quad 2.12$$

Considere ainda que:

$$Var[\mathbf{z}_1] = Var[\mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{x}] = \mathbf{a}'_1 \Sigma \mathbf{a}_1 \quad 2.13$$

Com  $\mathbf{a}_1$  maximizando  $Var[\mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{x}]$ . Impõe-se nesta formulação a restrição de normalização de  $\mathbf{a}_1$ , sem a qual não é possível encontrar uma variância máxima finita. Matematicamente tem-se que:

$$\mathbf{a}'_1 \cdot \mathbf{a}_1 = 1 \quad 2.14$$

Esse é um problema típico de maximização, sujeito a uma restrição. Neste caso, utiliza-se a Lagrangeana, sendo  $\lambda$  o multiplicador de Lagrange. E assim, deseja-se maximizar a seguinte função:

$$\mathbf{a}'_1 \Sigma \mathbf{a}_1 - \lambda * (\mathbf{a}'_1 \mathbf{a}_1 - 1) \quad 2.15$$

Diferenciando-se 2.15 com relação a  $\mathbf{a}_1$  e lembrando que  $\mathbf{a}'_1$  é transposto de  $\mathbf{a}_1$  segue que:

$$\Sigma \mathbf{a}_1 - \lambda * \mathbf{a}_1 = \mathbf{0} \quad 2.16$$

Ou:

$$(\Sigma - \lambda \mathbf{I}_p) * \mathbf{a}_1 = \mathbf{0} \quad 2.17$$

Em que:

$\mathbf{I}_p$  é a matriz identidade de ordem p.

Com isto, verifica-se que  $\lambda$  é o autovalor de  $\Sigma$  e  $\mathbf{a}_1$  é o correspondente autovetor.

Há que se notar a seguinte relação:

$$\mathbf{a}'_1 \Sigma \mathbf{a}_1 = \mathbf{a}'_1 \lambda \mathbf{a}_1 = \lambda \mathbf{a}'_1 \mathbf{a}_1 = \lambda \quad 2.18$$

Da relação acima, verifica-se que  $\lambda$  deverá ser o maior possível para a componente 1. E  $\mathbf{a}_1$  é o autovetor correspondente ao maior autovalor de  $\Sigma$ .

A segunda componente principal  $\mathbf{z}_2 = \mathbf{a}'_2 \cdot \mathbf{x}$  maximiza  $\mathbf{a}'_2 \Sigma \mathbf{a}_2$  sujeita a duas restrições. São elas:

$$\mathbf{a}'_2 \cdot \mathbf{a}_2 = 1 \quad 2.19$$

$$Cov[\mathbf{a}'_1 \mathbf{x}, \mathbf{a}'_2 \mathbf{x}] = \mathbf{0} \quad 2.20$$

Em que 2.19 denota a covariância entre duas variáveis  $\mathbf{z}_1$  e  $\mathbf{z}_2$ .

Para uso da restrição na Lagrangeana, deve-se observar o seguinte:

$$Cov[\alpha_1' \mathbf{x}, \alpha_2' \mathbf{x}] = \alpha_1' \Sigma \alpha_2 = \alpha_2' \Sigma \alpha_1 = \alpha_2' \lambda_1 \alpha_1 = \lambda_1 \alpha_2' \alpha_1 = \lambda_1 \alpha_1' \alpha_2 \quad 2.21$$

E assim qualquer uma dessas equações pode ser utilizada na Lagrangeana, cujo desenvolvimento não será demonstrado neste trabalho. Para tal vide Jolliffe (1986).

Apenas para fins de melhor entendimento do que será utilizado no tópico a seguir e na apresentação do modelo empírico, vale fornecer a nomenclatura com as definições de cada uma das grandezas matemáticas utilizadas, com os respectivos símbolos:

Símbolo	Nomenclatura	Definição
$Z_k$	K-ésima Componente Principal – o valor de $Z_k$ é denominado <b>Score</b>	O valor da componente principal é produto escalar (combinação linear) do autovetor encontrado pela Lagrangeana com os vetores das variáveis originais.
$\lambda_k$	É o autovalor da componente $Z_k$ .	Conforme demonstrado acima é a própria variância da componente principal $Z_k$
$\alpha_k$	É o autovetor da componente $Z_k$	Também chamado de <b>loading</b> na literatura corrente, ou <b>carga</b> das componentes.

Há que se ressaltar que na literatura observa-se, comumente, o uso de variáveis padronizadas para o cálculo das componentes principais. O próprio software S-plus utilizado efetua o cálculo dos scores com as variáveis padronizadas. Para sua definição vide Anexo I.

### 2.3.3 Componentes Principais em Análise de Regressão

Segundo Jolliffe (1982), a idéia de se utilizar componentes principais em regressão data de 1957, quando Kendall sugeriu tal técnica em seu livro de Análise Multivariada. O uso da ACP em regressão linear em alguns autores se referia a

substituir as variáveis independentes da regressão por suas componentes principais, evitando, assim, o problema da multicolinearidade, ao lado disto facilitaria o problema que havia na época de cálculos para várias variáveis. Matematicamente pode-se provar a possibilidade de tal substituição e isto está contido no Anexo II.

Uma das preocupações na literatura acerca do uso das componentes principais nas regressões múltiplas refere-se à regra para determinação de qual componente principal incluir em referida regressão.

Alguns autores alegam que a regra básica seria a análise do percentual da variância. Sendo assim, em alguns casos somente a primeira e segunda componentes deveriam ser utilizadas. Há autores, segundo Jolliffe (1982) que afirmam que as componentes principais com menor variância não assumem importância alguma, e portanto podem/devem ser desprezadas na regressão.

Jolliffe (1982), entretanto, cita exemplos de pesquisas que encontram que componentes principais com pequena variância podem fazer diferença, pois estão elas fortemente relacionadas com as variáveis originais. Ressalta-se que esta dependência pode ser verificada através de cada um dos *loadings* – autovetores que relacionam as componentes com as variáveis originais.

Em seu artigo, Jolliffe argumenta que haveria duas determinantes para a escolha das componentes principais a serem utilizadas na regressão, seriam elas a interpretação de cada uma das componentes e sua relação com as variáveis originais.

#### **2.3.4 A interpretação das componentes principais em uma curva de juros**

Scheinckman & Litterman (1991) relacionaram as três primeiras componentes principais a três atributos importantes de uma curva de juros: nível, inclinação e curvatura. Um dos objetivos do artigo refere-se ao *hedge* de determinado portfólio

composto de papéis atrelados à taxa de juros. Este ponto é bastante interessante e fornece subsídios para um bom entendimento das componentes principais encontradas. Em um exemplo bastante elucidativo, o artigo demonstra que ao se efetuar o *hedge* somente com a primeira componente, qual seja, o nível da curva, estar-se-ia utilizando apenas a mudança linear da taxa de juros. Conceito este relacionado à duração (*duration*) de um ativo ou carteira de ativos, a qual mede a sensibilidade da carteira à variação paralela das taxas de juros.

A componente dois – inclinação – está relacionada a essa segunda variável que captura os movimentos de rotação da curva de juros. O exemplo utiliza a segunda componente e demonstra como há melhora na precisão do *hedge* quando da variação não paralela das taxas de juros.

O artigo vai mais além e explora a terceira componente principal que foi interpretada como curvatura.

O foco do presente trabalho está na natureza interpretativa de componentes principais, encontradas em Litterman & Scheinkman (1991), e no Brasil, Bessada & Silveira (2003), Almeida *et al* (2007) entre outros. Coloca-se, então, a seguinte questão: se respectivas componentes representam esses atributos da curva de juros, seria possível verificar o que ocorre com tais atributos quando da existência de determinados choques no mercado financeiro ou nas variáveis macroeconômicas?

Para essa análise, tomou-se a primeira, a segunda e a terceira componente principal, respectivamente, nível, inclinação e curvatura, como variável dependente, e isto será melhor explorado no item 4. Base de dados e modelo empírico.

### 3 Cenário Econômico - Janeiro de 2003 a Setembro de 2008

O período analisado tem início em 02 de janeiro de 2003 finalizando em 30 de setembro de 2008.

O ano de 2003 iniciava com várias incógnitas na economia doméstica e internacional. Após um biênio conturbado, com forte queda no crescimento mundial, crise argentina, atentados nos EUA, baixa liquidez internacional e crise de confiança por parte dos investidores quando das eleições presidenciais brasileiras de 2002, os indicadores de risco do país bem como o câmbio precipitavam a desconfiança na economia brasileira.

A resposta ao baixo crescimento, dada pelo *Federal Open Market Committee* (FOMC) foi a diminuição da taxa de juros básica da economia norte americana, saindo de um patamar de 6% em janeiro de 2001 para 1,75% em dezembro daquele ano. Em novembro de 2002 os EUA diminuem mais 0,5 ponto a taxa dos chamados *FED Funds* que finaliza em 1,25% a.a..

Além da diminuição das taxas de juros, o crescimento mundial é impulsionado pelo comércio mundial cujos vetores de sua expansão são principalmente a Índia e a China, apresentando elevados índices no aumento de suas exportações, enquanto os EUA mostram-se como um dos maiores consumidores mundiais.

A demanda por commodities metálicas, agrícolas, além da liquidez internacional decorrente das baixas taxas de juros internacionais criaram, até início de 2008, condições satisfatórias na balança comercial brasileira. Conforme pode ser verificado no gráfico 3.1 a seguir.



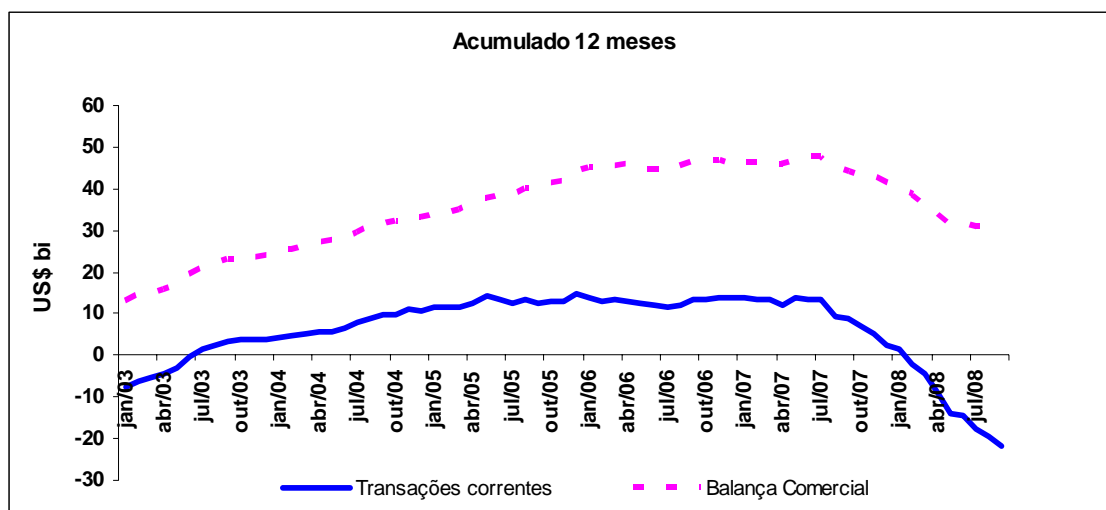


Gráfico 3.1. Saldo acumulado de 12 meses de transações correntes e balança comercial.  
Fonte: Banco Central

Alguns estudos sobre o comportamento do mercado de câmbio em regime flutuante (Hoff, 2005) retratam a economia brasileira como possuidora do que na literatura denomina-se por “pecado original” que seria a incapacidade do país de se financiar em sua própria moeda. Nesse período, entretanto, o Brasil passa a viver uma situação inédita: lançamento, no mercado internacional, de títulos soberanos denominados em reais.

Internamente, o novo governo necessitou provar austeridade fiscal e comprometimento com as metas inflacionárias. E a inflação recuou de um patamar de 2 dígitos de 2002 para 1 dígito em 2003. E, desde então, a convergência para a meta inflacionária vem praticamente sendo mantida, conforme se pode verificar na tabela 3.1.

Ano	Norma	Data	Meta (%)	Banda (p.p.)	Limites Inferior e Superior (%)	Inflação Efetiva (IPCA % a.a.)
<b>1999</b>			8,00	2,0	6 - 10	8,94
<b>2000</b>	Resolução 2.615	30/06/1999	6,00	2,0	4 - 8	5,97
<b>2001</b>			4,00	2,0	2 - 6	7,67
<b>2002</b>	Resolução 2.744	28/06/2000	3,50	2,0	1,5 - 5,5	12,53
<b>2003<sup>1/</sup></b>	Resolução 2.842	28/06/2001	3,25	2,0	1,25 - 5,25	
	Resolução 2.972	27/06/2002	4,00	2,5	1,5 - 6,5	9,30
<b>2004<sup>1/</sup></b>	Resolução 2.972	27/06/2002	3,75	2,5	1,25 - 6,25	
	Resolução 3.108	25/06/2003	5,5	2,5	3 - 8	7,60
<b>2005</b>	Resolução 3.108	25/06/2003	4,5	2,5	2 - 7	5,69
<b>2006</b>	Resolução 3.210	30/06/2004	4,5	2,0	2,5 - 6,5	3,14
<b>2007</b>	Resolução 3.291	23/06/2005	4,5	2,0	2,5 - 6,5	4,46
<b>2008</b>	Resolução 3.378	29/06/2006	4,5	2	2,5 - 6,5	5,90

Tabela 3.1 – Histórico de Metas para a Inflação no Brasil

<sup>1/</sup> A Carta Aberta, de 21/01/2003, estabeleceu metas ajustadas de 8,5% para 2003 e de 5,5% para 2004.

Fonte: bcb.gov.br – www.bcb.gov.br/histmet

Com maior disciplina fiscal, aumentou-se a meta de superávit primário para 4,5%. A balança comercial apresentou superávits em decorrência não somente do cenário internacional brevemente delineado nos parágrafos anteriores, como também pela cotação dólar real elevada durante o ano de 2003 – consequência ainda da crise de confiança de 2002, início de 2003. Com a queda da taxa internacional já mencionada, e a recomposição da credibilidade no governo, inicia-se um período, no segundo trimestre de 2003, de queda da taxa de juros básica da economia, a chamada SELIC.

O gráfico 3.2 demonstra o movimento das taxas básicas das economias brasileira e norte-americana.

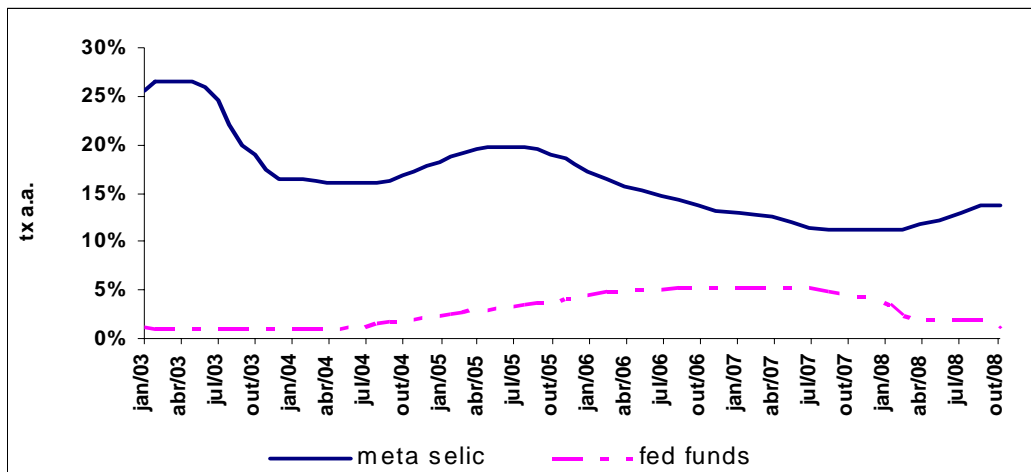


Gráfico 3.2 – Evolução das taxas de juros básicas das economias norte-americana (*Fed funds*) e brasileira (Meta Selic). Fonte: [www.federalreserve.gov](http://www.federalreserve.gov) e [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)

As taxas de juros domésticas também mudaram de nível desde o início do período sob análise. Pode ser facilmente observado no gráfico 3.3 - que retrata as ETTJ's - como já no primeiro ano do novo governo as taxas de juros mudaram de patamar, em conformidade com as decisões do Copom retratadas no gráfico 3.2 anterior. Nota-se, ainda, que a ETTJ não só mudou de nível já no início de 2004, como apresentou queda em sua inclinação.

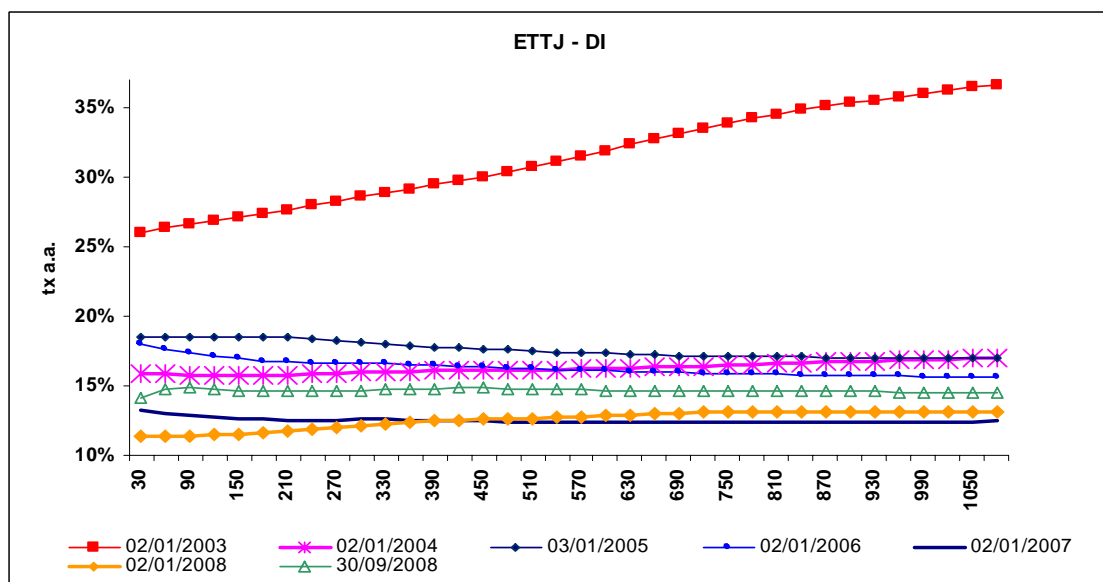


Gráfico 3.3: a curva de jan/2003 apresenta-se bastante inclinada e em nível bem superior às curvas de juros a termo dos anos posteriores, denotando mudança nas expectativas dos agentes já no primeiro ano do governo Lula. Fonte: BM&F

Há que se notar que o governo iniciou seu mandato aumentando a taxa básica da economia. Em maio de 2003, a Selic atingiu seu patamar máximo no período, com o valor de 26,5% a.a., mas já em meados de 2003, com a convergência para a meta de inflação, os objetivos de superávits primários sendo cumpridos e, por conseguinte a diminuição da percepção do risco país, atingindo 463 pontos em dezembro de 2003, o BACEN adota cortes sucessivos da taxa de juros. A postura de cumprimento da meta da inflação sempre balizou as decisões do Copom, e assim, em dezembro de 2004 e 2005 vê-se a resposta da autoridade monetária frente a pressões inflacionárias, seja de demanda, aumento dos preços das commodities e aumento do preço de petróleo que saiu de um patamar de US\$30,00 para US\$120,00 em junho de 2008.

Com a dissipação da incerteza dos preços, o BACEN inicia novamente um ciclo de baixa, até o período em que o mercado imobiliário norte americano chama a atenção da comunidade financeira internacional.

Com as taxas de juros internacionais, em 2003, em níveis historicamente baixos, com a demanda por papéis de países emergentes, e as taxas de juros mais elevadas do mundo, o Brasil assistiu a uma valorização nominal do real de praticamente 18% em 2003. Situação que se perdurou até o início da recente crise financeira internacional.

O câmbio refletiu a melhora nas contas externas e nos fundamentos internos e, assim, apresentou valorização praticamente ininterrupta durante esse período, conforme se pode constatar no gráfico 3.4 a seguir.

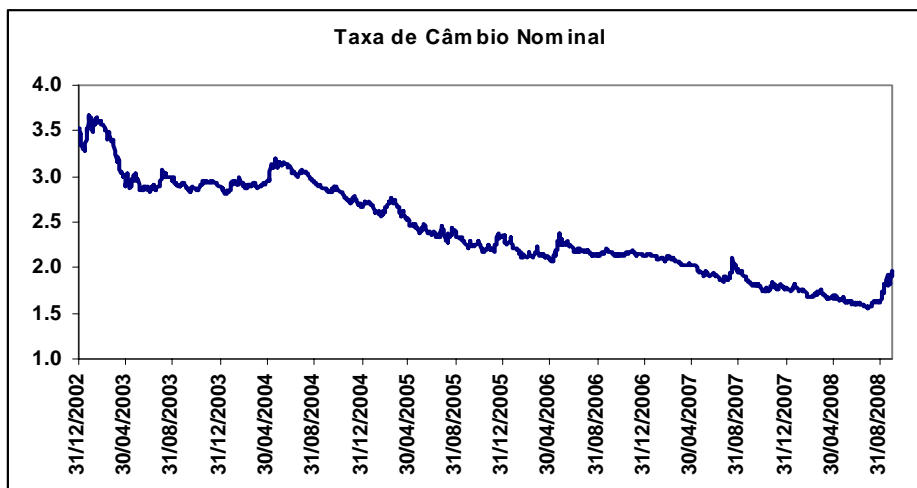


Gráfico 3.4. Taxa de câmbio nominal diária. De 02/01/2003 a 30/09/2008, o real valorizou-se 46% frente ao dólar.

Fonte: Banco Central do Brasil.

Diante desse cenário favorável, o governo adotou medidas de melhoria de suas contas externas e de seu perfil da dívida interna, iniciando um movimento de recomposição das reservas e de melhoria do perfil da dívida interna, aumentando a participação de papéis pré-fixados, diminuindo a participação de papéis pós-fixados e atrelados ao câmbio.

A recomposição das reservas internacionais foi anunciada em janeiro de 2004 e a operacionalização se deu via leilões eletrônicos de compra de dólar no mercado interbancário de câmbio. Uma vez que o Brasil adotou o regime de metas para a inflação com regime de câmbio flutuante, a tais compras seguiram-se ofertas de papéis da dívida pública, caso houvesse necessidade para manter a meta SELIC.

O saldo de reservas internacionais apresenta crescimento relativamente contínuo, saindo de um patamar de US\$ 37,7 bilhões para um montante superior a US\$ 200 bilhões, conforme pode ser constatado no gráfico 3.5 a seguir.



Gráfico 3.5 – Reservas internacionais, conceito de liquidez internacional.  
Fonte: Banco Central do Brasil

Quanto à mudança do perfil da dívida concernente à parcela atrelada ao dólar, esta se deu em grande parte via os chamados swaps cambiais reversos, nos quais o BACEN vende contratos de cupom cambial, ficando passivo em juros DI e ativo em dólar mais cupom cambial. Ressalta-se que na crise de confiabilidade em 2002 e até final de 2004, o BACEN atuou nos swaps cambiais na ponta inversa, aumentando sua posição passiva cambial na dívida pública.

Tais ações da autoridade monetária foram chamadas de intervenções esterilizadas do BACEN e estudos recentes procuraram mensurar o impacto de tais intervenções na cotação do dólar à vista, Diógenes (2007), como também procuraram mensurar, através da variação das reservas, (Hoff, 2005) se o BACEN praticava o regime flutuante “sujo”.

Os swaps cambiais reversos somados ao vencimento de papéis cambiais ou swaps cambiais não renovados resultaram em uma mudança bastante significativa do perfil da dívida pública brasileira. Tal mudança é facilmente visualizada no gráfico 3.6 a seguir.

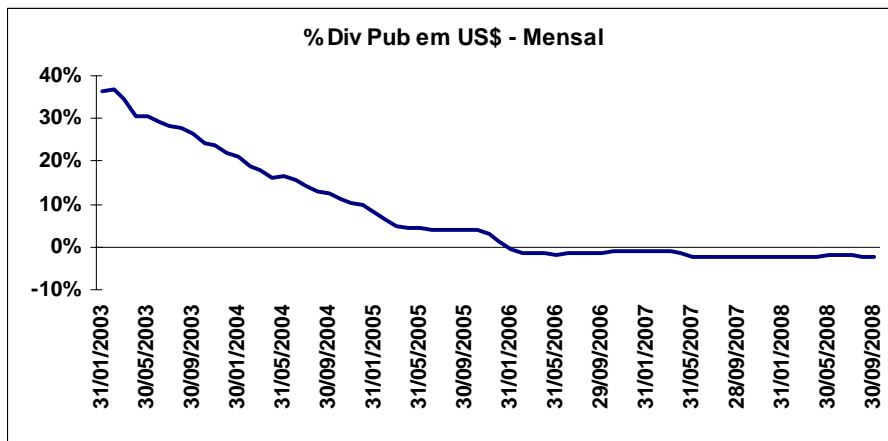


Gráfico 3.6 – Percentual de dívida pública passiva em dólar. Fonte bcb.gov.br

Vale destacar que a mudança do perfil da dívida ocorreu não somente no câmbio, como também nas taxas pós-fixadas – SELIC – e taxas pré-fixadas. O gráfico 3.7 ilustra a mudança do perfil da dívida nesse período.

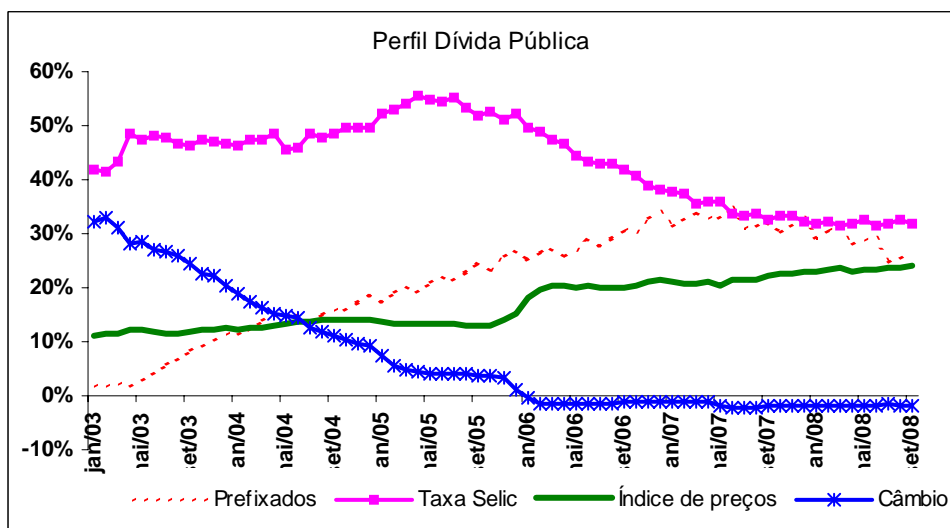


Gráfico 3.7 – Perfil da dívida pública exceto o fator de risco TR. Fonte www.bcb.gov.br

O Embi Br que mensura o risco país refletiu a melhoria nas contas internas e externas brasileiras, a melhor solvência do país e a credibilidade do governo. Há que se ressaltar que não obstante a diminuição generalizada da percepção do risco país entre os países emergentes, a relação do Embi br com o Embi + (índice geral dos países emergentes) também caiu, conforme se pode verificar no gráfico 3.8.

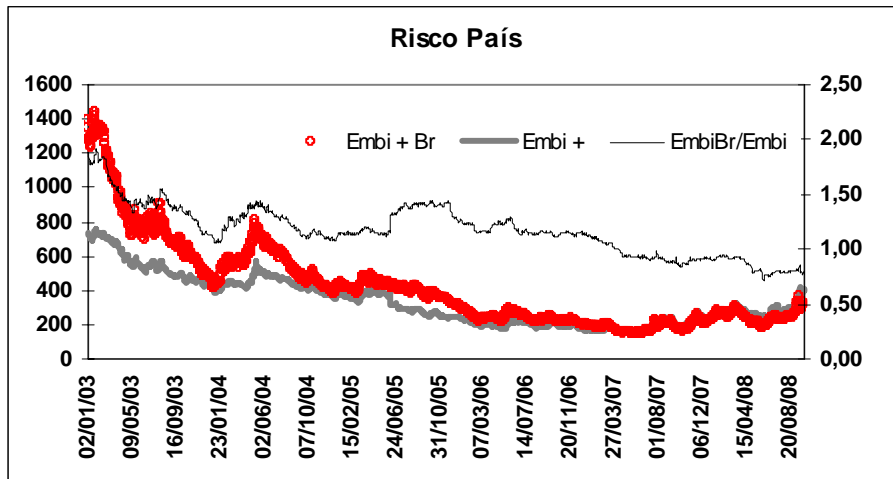


Gráfico 3.8. Evolução do Embi+ Brasil, Embi+ e da relação entre os índices. A relação Embi Br/Embi+ apresentou queda de 1,88 em 02/01/2003 para 0,77 em 30/09/2008. Fonte: Bloomberg

Finalmente, o cupom cambial apresentou um movimento de queda acompanhando a diminuição do risco país e movimento das taxas de juros internacionais. Tal movimento pode ser observado no gráfico 3.9.

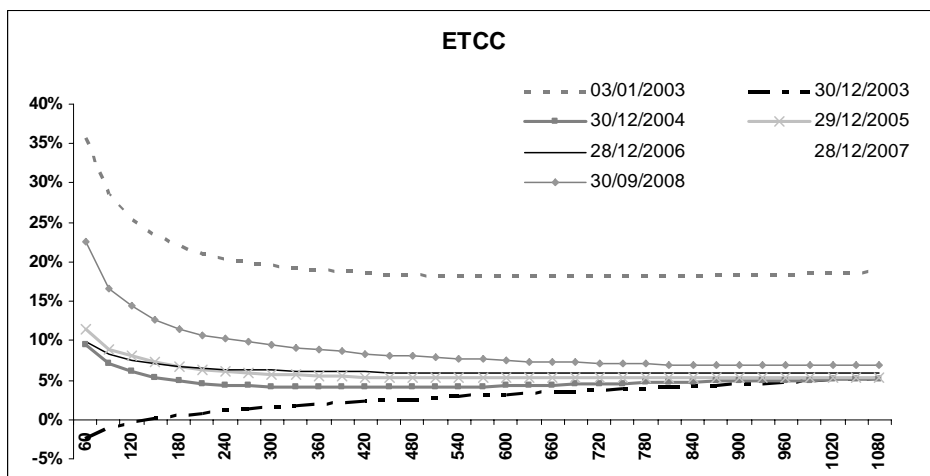


Gráfico 3.9. Estrutura a termo do cupom cambial limpo a partir dos contratos de DDI transformadas em cupom limpo pela Eq. 4.1. Fonte: BM&F

O gráfico anterior é bastante interessante para se analisar o comportamento da taxa de cupom cambial e sua relação com a taxa de juros internacional. Historicamente, a taxa de juros dos EUA esteve mais baixa no final de 2003 até 2004, quando se inicia uma leve alta. Pela paridade de juros, o cupom cambial no Brasil, para continuar atrativo deveria aumentar, o que pode ser verificado no gráfico



3.9 que indica um ligeiro aumento do nível da ETCC de 2004 para 2005 e 2006, por exemplo.

Outro ponto interessante refere-se à correlação do Embi br com o cupom cambial que não se apresenta positiva durante todo o período analisado, conforme se verifica no gráfico 3.10, a seguir. Observa-se que até dezembro de 2004 ambos indicadores apresentavam correlação positiva. Já, a partir desse período, a correlação apresentou-se negativa.

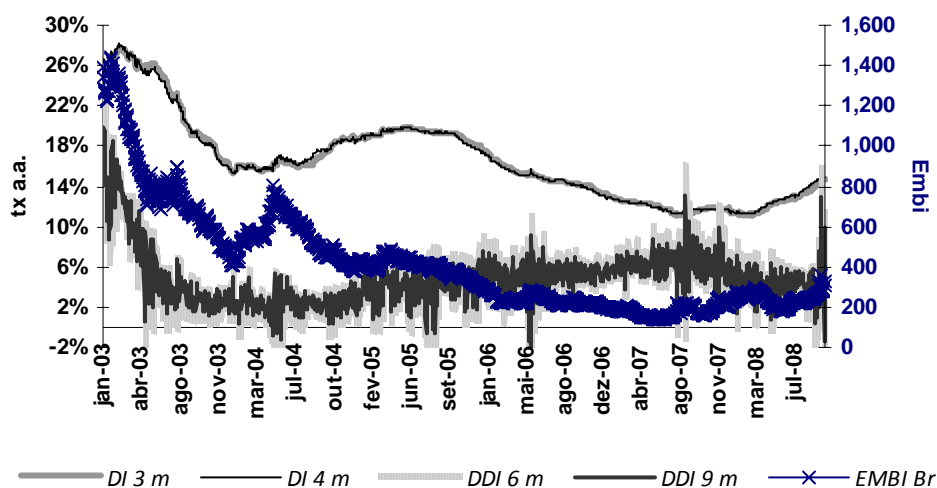


Gráfico 3.10. Evolução dos Mercados futuros de DI, Mercado Futuro de Cupom Cambial e Embi+ Brasil. Fonte: BM&F e Bloomberg

Uma das explicações reside na expectativa de menor variação cambial, seja pela taxa de juros menor no Brasil ou pela própria queda do Embi br que impulsiona novos investimentos estrangeiros no país – em títulos da dívida pública interna, ou em títulos emitidos no exterior – fazendo com que a variação da cotação dólar/real diminua, e o cupom aumente. Outro ponto, conforme já alertado, é concernente ao fato de que, a partir de julho de 2004, a taxa básica da economia norte americana - denominada *Fed Funds* - inicia um movimento de alta, pressionando para cima as taxas de juros internacionais. Assim, pelo princípio da não arbitragem, o cupom cambial no Brasil deveria aumentar. No final de 2007 e já em 2008, a crise no setor

imobiliário já se mostra maior e se inicia um novo ciclo na economia internacional, repercutindo nas taxas de cupom e na variação cambial, e dos indicadores de risco.

Com o objetivo de se sintetizar os indicadores aqui comentados no final dos anos do período analisado, procedeu-se à elaboração de duas tabelas.

A tabela 3.2 mostra a evolução de alguns indicadores econômicos do Brasil. Os dados informados referem-se à data inicial do período sob análise, às datas de final de dezembro de cada ano e à data de 30/09/2008. A tabela 3.3 retrata indicadores de solvência externa e interna, bem como o risco país.

<b>Tabela 3.2 – Indicadores Gerais</b>							
	<b>02/01/03</b>	<b>Dez/03</b>	<b>Dez/04</b>	<b>Dez/05</b>	<b>Dez/06</b>	<b>Dez/07</b>	<b>Set/08</b>
<b>Taxa Selic a.a. (a)</b>	25.00%	16.50%	17.75%	18.00%	13.25%	11.25%	13.75%
<b>Bal. Comercial (*) bilhão (a)</b>	13.1	24.8	33.8	44.9	46.5	40.0	28.7
<b>Transações Correntes (*) (a)</b>	-7.6	4.2	11.7	15.5	13.6	1.7	-25.2
<b>Cotação Dólar/Real (a)</b>	3.5224	2.8892	2.6544	2.3407	2.138	1.7713	1.9143
<b>Variação Cambial no período</b>		-18.0%	-8.1%	-11.8%	-8.7%	-17.2%	8.1%
<b>Variação Cambial acumulada</b>		-18.0%	-24.6%	-33.5%	-39.3%	-49.7%	-45.7%
<b>Cupom Cambial – 6 meses (c) (d)</b>	17.3%	1.9%	2.6%	4.3%	5.5%	5.0%	6.0%

<b>Tabela 3.3 – Indicadores de Solvência</b>							
	<b>02/01/03</b>	<b>Dez/03</b>	<b>Dez/04</b>	<b>Dez/05</b>	<b>Dez/06</b>	<b>Dez/07</b>	<b>Set/08</b>
<b>Embi Brasil (b)</b>	1,387	463	382	311	192	222	304
<b>Reservas Internacionais em bi (a)</b>	37.7	49.3	52.9	53.8	85.8	180.3	206.4
<b>Dívida Pública (dólar) (a)</b>	33.6%	20.5%	9.3%	1.1%	-1.0%	-2.0%	-1.9%

(\*) - Acumulado 12 meses.

(a) Fonte: Banco Central do Brasil

(b) Fonte: Bloomberg

(c) Fonte: BM&F

(d) Uma vez que a volatilidade do DDI é muito alta, optou-se pelas taxas FRA, já que as tendências de baixa e de alta do DDI seguem as do FRA conforme gráficos 4.1 e 4.2 do capítulo 4.

Os valores mensais de indicadores relativos a 02/01/2003 referem-se ao mês de dezembro 2002.

## 4 Base de dados e modelo empírico

### 4.1 Mercado cambial no Brasil, o contrato futuro de dólar da BM&F e o Cupom Cambial

Apesar de ainda não ser considerado um mercado maduro, o mercado de câmbio vem apresentando expressivo desenvolvimento a partir da estabilidade econômica adquirida no Plano Real, principalmente quando se consideram os produtos derivativos que não sofrem a rigidez regulamentar do mercado de câmbio à vista negociado no mercado interbancário.

Em um trabalho pioneiro, Garcia (2004) retrata a operacionalização do mercado de câmbio, dispensando atenção à determinação da taxa de câmbio.

Pode-se descrever o mercado interbancário de câmbio originando-se no mercado primário, onde se relacionam, de um lado, os ofertantes de divisas (exportadores, investidores internacionais), ou demandantes de divisas (importadores, aplicadores no exterior), e de outro os bancos autorizados a operar câmbio, comprando ou vendendo as divisas. É no mercado primário que se inicia a determinação da taxa de câmbio. Dessas operações e de negociações com títulos cambiais, por exemplo, o banco negocia no mercado interbancário, no qual somente participantes permitidos pela regulamentação atuam. São eles:

- Banco Central do Brasil: participa como liquidante, como ofertador ou demandador da moeda, atualmente, através de leilões eletrônicos, efetuados diretamente com os *dealers* de câmbio. Ainda, o Banco Central pode atuar no mercado de câmbio não negociando diretamente a moeda norte-americana, mas sim, negociando ativos atrelados à variação cambial, como títulos públicos cambiais e os swaps cambiais.
- Bancos: com os quais os agentes econômicos em geral devem fechar contratos de câmbio. São as operações primárias, em sua maioria, que

alteram as contas no Balanço de Pagamentos, alterando o nível das reservas internacionais. Para nivelar suas posições e atender suas necessidades funcionais de *hedger*, especulador e arbitrador, eles praticam operações entre si no chamado mercado interbancário, que é um mercado de jogo de soma zero.

- **Sociedades Corretoras:** As sociedades corretoras participam do mercado interbancário de câmbio como centros de negociação. Sua atuação se modificou com a introdução da roda do pronto da BM&F e novas mudanças de negociação poderão retirá-las do mercado.
- **Bancos correspondentes no exterior:** a relação destes com os bancos domésticos vai desde manutenção de contas correntes até emissão de títulos privados de crédito.
- **Clearing de Câmbio BM&F:** Com o novo Sistema de Pagamentos Brasileiro – SPB - a *clearing* passou a atuar como contraparte central para efeito de liquidação do pronto. A liquidação é efetuada por entrega contra pagamento, não havendo risco de *default*, mas havendo risco da volatilidade da taxa, e, assim, deposita-se garantia calculada pela *Clearing*.

O mercado interbancário de câmbio, também conhecido como mercado de câmbio secundário, é aquele no qual os bancos praticam entre si operações de compra e venda de moedas estrangeiras. Tais operações têm três objetivos: *hedge*, arbitragem, e especulação.

Os bancos mantêm uma posição cambial que é o resultado do saldo do dia anterior com o somatório de todas as operações de câmbio contratadas em uma mesma data, independentemente das datas de liquidação. Seu volume pode se

alterar em decorrência da diferença entre as taxas de juros interna e externa, pois, caso os bancos acreditem que o dólar futuro está caro, comparado à taxa de juros interna, eles arbitram, vendendo futuro, ficando comprados no pronto, financiados pela taxa de juros doméstica. Isso, nada mais é que arbitrar a diferença do cupom cambial e o valor de dólar futuro. Essa relação foi testada e comprovada por Diógenes (2007), sem causalidade reversa. Percebe-se que essa arbitragem se dá com o auxílio do mercado futuro. Diante desse mecanismo de estoque de dólares em sua posição ou não, os bancos são, assim, os *market makers* do preço da taxa de câmbio no mercado à vista. Tal movimento também é percebido nos derivativos, entretanto, neste caso, os investidores não residentes e outros participantes podem influenciar o movimento do câmbio futuro. Com isto, o estudo dos mercados futuro de dólar e de cupom cambial pode fornecer maiores informações sobre a determinação da taxa de câmbio.

Entretanto, essa grande liquidez do mercado futuro de dólar concentra-se no primeiro e segundo vencimentos. A partir daí, a liquidez do mercado cambial futuro se dá pelo chamado FRA de cupom cambial. Contudo, tal operação é sintética do contrato DDI (vide item 4.1.1. para maiores detalhes), e como mencionado, este último será utilizado nesta pesquisa.

Como um ativo financeiro, o dólar é influenciado pela taxa de juros e sua estrutura a termo. Com isto, para entender o mercado de câmbio atualmente, faz-se necessário o estudo da chamada Estrutura a Termo de Cupom Cambial (ETCC). Destaca-se aqui que os participantes no mercado futuro não se restringem apenas aos *dealers* do mercado interbancário. Investidores estrangeiros podem participar diretamente, pessoas jurídicas não financeiras e pessoas físicas. Todas operando através das corretoras autorizadas a negociar no pregão da BM&F. Além do próprio Banco Central atuando no mercado de *swap* cambial.

#### 4.1.1 O Contrato de DDI e o FRA de Cupom Cambial

Seja  $i_t(\tau)$  a taxa de juros doméstica acumulada do período  $t$  ao período  $\tau$ , seja  $\Delta u_t(\tau)$  a variação cambial acumulada em igual período. Define-se cupom cambial  $c_t(\tau)$ , pela diferença entre o rendimento de  $i_t(\tau)$  e  $\Delta u_t(\tau)$ .

No Brasil, o cupom cambial é negociado na BM&F, pelo contrato DDI. Como é utilizada a cotação do dólar do dia útil anterior à negociação, e não a cotação da operação ou do dólar de fechamento do dia, a taxa do DDI não reflete a verdadeira variação cambial, formando assim, o que passou a ser denominado pelos negociadores de cupom sujo. Para contornar essa distorção a BM&F, em fevereiro de 2001 lançou o FRA de cupom cambial – FRC. Por meio dessa operação, as partes assumem uma posição (comprada ou vendida) no vencimento do FRA – que corresponde ao vencimento do contrato futuro de cupom cambial (DDI) – e, automaticamente, a Bolsa abre uma posição inversa (comprada ou vendida) no primeiro vencimento em aberto no DDI (desde que haja mais de dois dias úteis de prazo para o vencimento). Assim, essa taxa é uma taxa *forward* do primeiro vencimento ao vencimento idêntico ao DDI.<sup>9</sup>

Cabe ainda observar uma característica operacional importante das operações de FRC. A resenha BM&F 144 apresenta a seguinte explicação:

*“toda vez em que se gerarem posições no FRC, estas serão transformadas, automaticamente, pelo sistema BM&F, em duas outras operações, agora no mercado futuro de DDI: – para o vencimento de DDI idêntico ao vencimento negociado no FRC (ponta longa); – para o primeiro vencimento de DDI (ponta curta) de natureza inversa à operação anterior.”*

A taxa expressa no contrato de DDI é uma taxa à vista (*spot*). Isto é, reflete o cupom cambial da data da negociação até o vencimento, enquanto a taxa FRC

---

<sup>9</sup> Para maiores detalhes vide Resenha BM&F n. 144

refere-se à data de vencimento do primeiro contrato até o vencimento real do DDI negociado.

Pela paridade coberta de juros a relação direta se dá pela taxa *spot* e taxa futuro – isto é – a taxa na data  $t$  até o vencimento. Uma vez que se pretende analisar a influência da curva, do ponto de vista de sua volatilidade, na taxa da PTAX, a taxa *spot* seria a mais recomendável.

A utilização de uma taxa *spot* poderia ser efetuada de duas formas, ou multiplicando-se a taxa do primeiro vencimento do DDI pela taxa *forward*, ou tomando-se a taxa diretamente dos contratos de DDI registrados a partir das operações de FRC negociadas, já que, conforme explicado anteriormente, são esses os contratos efetivamente registrados na BM&F.

Tomando os vértices de 6 e 9 meses do DDI e do FRC verificamos, conforme os gráficos 4.1 e 4.2, respectivamente, que o DDI apresenta maiores variações diárias que o segundo. No entanto, a tendência de longo prazo é bastante semelhante.

Para este trabalho, optou-se por se utilizar as taxas constantes nos contratos de DDI. Os prazos utilizados, bem como os procedimentos adotados constam no subitem 4.2. Base de Dados.

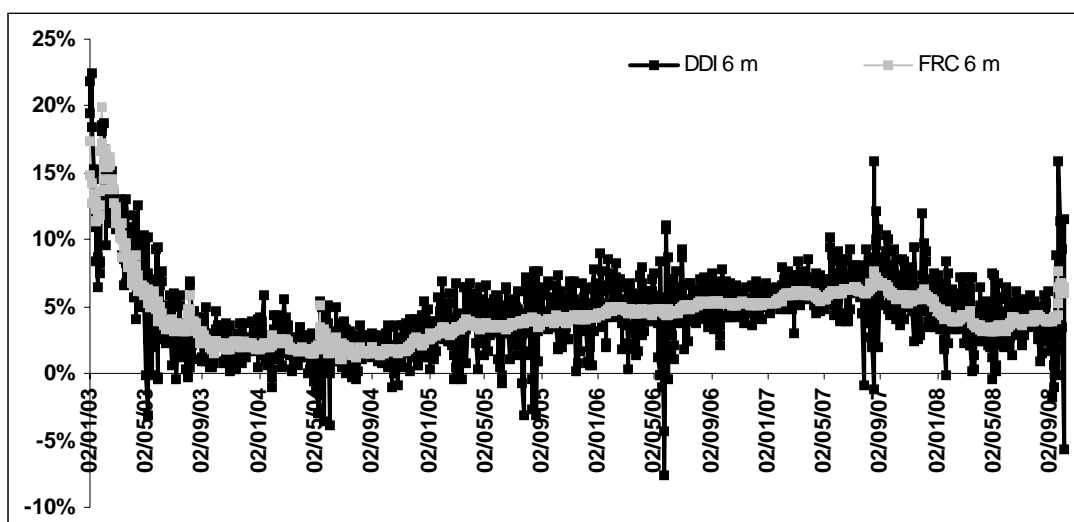


Gráfico 4.1. Oscilação diária vértice 6 meses FRC e DDI

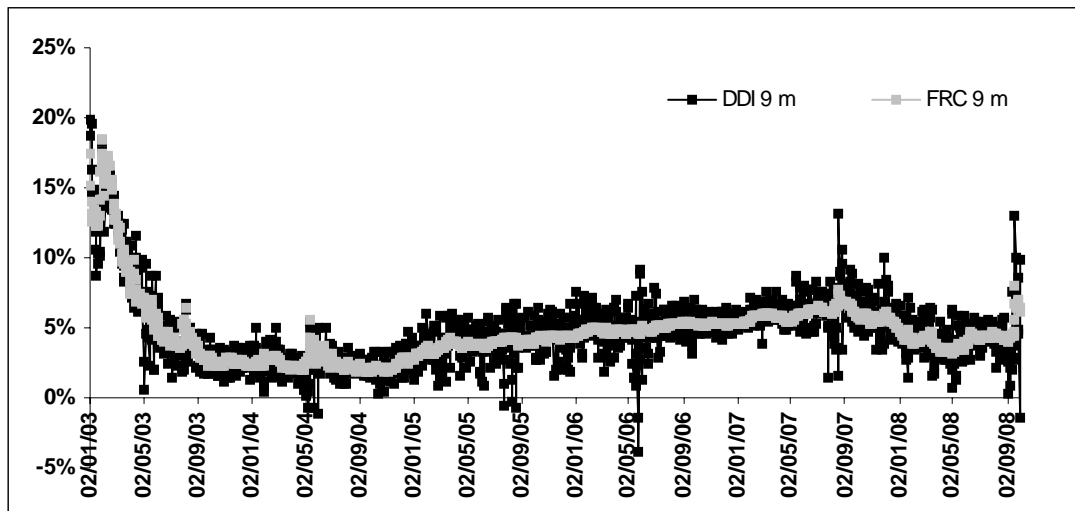


Gráfico 4.2. Oscilação diária vértice 9 meses FRC e DDI



#### 4.2 Base de dados

Os dados brutos são os valores de ajuste dos contratos de DDI – cupom cambial em aberto da BM&F para o período de 02/01/2003 a 30/09/2008. No total de 1426 observações – dias úteis.

O critério de seleção dos vértices utilizados para a interpolação baseou-se na utilização da própria taxa divulgada pela BM&F. Isto porque, pela explicação da equipe técnica daquela entidade, apesar de não haver negociação, pode ter havido apregoação sem fechamento do negócio. Ou ainda, houve apregoação nos horários diversos aos do pregão – *call* de abertura, *call* de fechamento, *after market*, por exemplo. Toma-se, assim, que as taxas divulgadas espelham melhor o mercado e agregam informação ao cálculo da estrutura a termo.

Escolheram-se, para construção da curva e para as regressões lineares, os vértices de 60 dias até 1080 dias, com intervalos de 30 dias corridos, perfazendo o total de 3 anos, em 35 vértices. Com isso, o primeiro vértice que se analisará refere-se a 60 dias de prazo. Foram calculadas 1426 curvas interpoladas pelo método *cubic spline* para os 35 vértices.

Conforme já relatado, o cupom cambial negociado no contrato de DDI é o chamado “cupom sujo”, pois na especificação do contrato a taxa base para o cálculo da variação cambial é a taxa PTAX do dia anterior ( $PTAX_{d-1}$ ). Deste modo, há que se proceder ao ajuste de forma que a variação cambial reflita a variação da data  $d$  até o vencimento. Uma vez que se tenha a taxa ao ano do chamado cupom cambial sujo, o cupom cambial limpo é obtido pela seguinte relação<sup>10</sup>:

$$C_l = 1 - \left[ \left( \frac{Ptax_d}{Ptax_{d-1}} \right) * (1 + C_s) \right] \quad 4.1$$

<sup>10</sup> Vide Araújo, Barbedo e Bessada para maiores detalhes

Em que:

$C_l$  = cupom limpo expresso em taxa linear, base 360

$C_s$  = cupom sujo expresso em taxa linear, base 360

$P_{tax_d}$ : cotação média do dólar à vista divulgado pelo BACEN do dia de referência (d).

$P_{tax_{d-1}}$ : cotação média do dólar à vista divulgado pelo BACEN do dia anterior (d-1).

As curvas a termo foram construídas para os vértices de 60 a 1080 dias. Para efeito ilustrativo, construiu-se o Gráfico 4.3, já apresentado no item de cenário macroeconômico. Sua utilização neste tópico busca analisar as modificações nos atributos da curva estudados por Litterman & Scheinkman (1991), quais sejam nível, inclinação e curvatura.

Nota-se, em referido gráfico, a modificação do nível da curva – o nível do cupom cambial ao longo do período analisado apresentou queda – sua inclinação, a qual, após diminuir em 2003, apresentou certa estabilidade com a curva apresentando-se mais achatada (*flat*). Finalmente, observa-se como a curvatura modificou-se ao longo do período, oscilando, inclusive, a forma da curva no curto prazo, ora apresentando-se côncava, ora convexa. O início de 2003 apresenta taxas de cupom muito acima das taxas praticadas em meados daquele ano até o fim do período estudado. Dois motivos podem ser destacados para essa situação. O valor do dólar atingira seu pico na turbulência da eleição presidencial e a perspectiva era, senão de baixa, de certa estabilidade cambial a partir de janeiro. Além disso, conforme verificado na seção de cenário macroeconômico, em meados de 2003 o Comitê de Política Monetária (COPOM) inicia movimento de baixa da taxa de juros básica da economia. À medida que o real apresenta rápida valorização, a expectativa de desvalorização nesses prazos também aumenta. Assim, com a

diminuição da taxa de juros doméstica, e a perspectiva de valorização cambial, a partir de meados de 2003, o cupom cambial inicia processo de diminuição de nível. Estas considerações serão retomadas na parte de resultados.

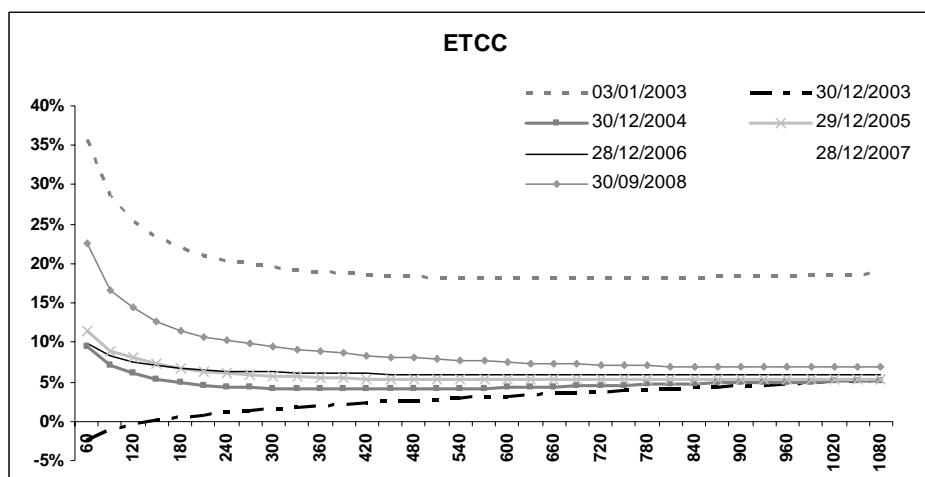


Gráfico 4.3: Estrutura a termo do cupom cambial limpo a partir dos contratos de DDI transformadas em cupom limpo pela Eq. 4.1

Os dados foram utilizados em nível para cálculo das componentes principais utilizadas como variáveis dependentes nas regressões. A fim de se estudar a estacionariedade dos dados constantes na amostra coletada, efetuou-se o teste de raiz unitária para todos os vértices da curva, aplicando-se a técnica *Augmentet Dickey-Fuller*, utilizando-se o pacote estatístico e econométrico *Eviews*.

Os testes foram aplicados para as três situações previstas pela técnica utilizada. Tais situações encontram-se descritas a seguir:

$$\text{i) } H_0: y_t = y_{t-1} + u_t \quad H_1: y_t = \phi y_{t-1} + u_t, \phi < 1 \quad 4.2$$

Testa-se aqui a existência de raiz unitária por  $H_0$ , versus uma série estacionária AR(1). Este teste equivale ao teste do *Eviews* em que não há intercepto ou tendência temporal.

$$\text{ii) } H_0: y_t = y_{t-1} + u_t \quad H_1: y_t = \phi y_{t-1} + \mu + u_t, \phi < 1 \quad 4.3$$

Aqui, deseja-se testar a hipótese nula de raiz unitária versus a existência de uma constante – o chamado *drift*  $\mu$  - na série temporal somada ao passeio aleatório (*random walk*). No *Eviews* corresponde ao teste ADF com intercepto.

$$\text{iii) } H_0: y_t = y_{t-1} + u_t \quad H_1: y_t = \phi y_{t-1} + \mu + \lambda t + u_t, \phi < 1 \quad 4.4$$

Neste último caso, testa-se a hipótese de haver além de o intercepto, uma tendência temporal. No pacote estatístico *Eviews* é o teste ADF com intercepto e com tendência.

A Tabela 4.1 mostra o percentual dos vértices em cada um dos níveis de significância de rejeição da Hipótese Nula para as defasagens de 1 a 3, bem como o percentual de vértices em que não se pode rejeitá-la, e, portanto haveria indícios de não estacionariedade no período sob análise. Conforme se verifica, os resultados das taxas de cupom obtidas a partir dos valores de ajuste do DDI apresentam estacionariedade, no período sob análise, para o nível de significância de 1% para todos os vértices, nas defasagens um e dois. Já na defasagem 3, os dados, em sua maioria, apresentam-se estacionários para o nível de 1%, e 26% dos dados podem ser considerados estacionários para o nível de 5% para o teste sem intercepto. Portanto, as hipóteses nulas foram todas rejeitadas.

N.o Defasa- gens	<u>Sem intercepto</u>				<u>Com intercepto</u>				<u>Com intercepto e tendência</u>			
	1%	5%	10%	Aceita Ho	1%	5%	10%	Aceita Ho	1%	5%	10%	Aceita Ho
1	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
2	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
3	74%	26%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	77%	23%	0%	0%

Tabela 4.1 - Resumo dos resultados para os testes de raiz unitária com até 3 defasagens.

Os dados dos swaps cambiais e swaps cambiais reversos foram obtidos no site do BACEN, e referem-se às intervenções efetuadas por este no período de 02/01/2003 a 30/09/2008. Vale destacar que as datas utilizadas nas regressões são as datas de leilão, e não as datas de liquidação ou de anúncio, pois o mercado passa a precificar uma nova curva a partir da data do leilão e não de sua liquidação.

As intervenções de swap cambial concentram-se no primeiro semestre de 2003, sendo que há algumas operações no decorrer de 2003. Já os chamados swaps reversos ocorrem a partir de fevereiro de 2005.

Os vencimentos de swap não foram considerados como variáveis, pois seu acontecimento é esperado pelo mercado, sendo seu impacto dissipado ao longo da maturação da operação. As renovações foram consideradas novas operações por se tratarem de operações com prazos diferentes, novas taxas em um também novo cenário – nível de taxa, expectativas dos agentes econômicos entre outros pontos que constituem o cenário econômico de cada novo leilão.

Outro aspecto a ser considerado é o tratamento dado aos swaps cambiais. Embora pelo efeito de portfólio tanto as intervenções de compra como de venda tenham o mesmo efeito, é comum na literatura tratá-las de forma diferenciada.

Segundo Diógenes (2006), *“Embora pelo efeito de portfólio ambas tenham o mesmo efeito, o conteúdo informacional das duas pode ser diferente, e levar a movimentos diferentes sobre a taxa de câmbio. Por exemplo, em um processo de acumulação de reservas, uma intervenção de compra é consistente com maiores intervenções de compra no futuro, enquanto uma intervenção de venda pode sinalizar uma desaceleração do processo de acumulação de reservas, e, portanto, sinalizar que haverá menos intervenções de compra no futuro.”*

Ishii *et al* (2006) encontra efeitos assimétricos para intervenções de compra e venda. Uma vez que os swaps cambiais podem ser entendidos como uma intervenção no mercado de câmbio futuro, através de derivativos, neste trabalho adotou-se, também, a diferenciação entre intervenção de compra e de venda de cupom cambial.

O Gráfico 4.4 contém as frequências diárias dos leilões de swap do BACEN. Os valores positivos referem-se aos leilões de swap cambial, nos quais o Banco Central compra os contratos de cupom cambial, os valores negativos referem-se aos chamados swaps cambiais reversos, nos quais o BACEN é vendedor dos contratos, ficando comprado em variação cambial.

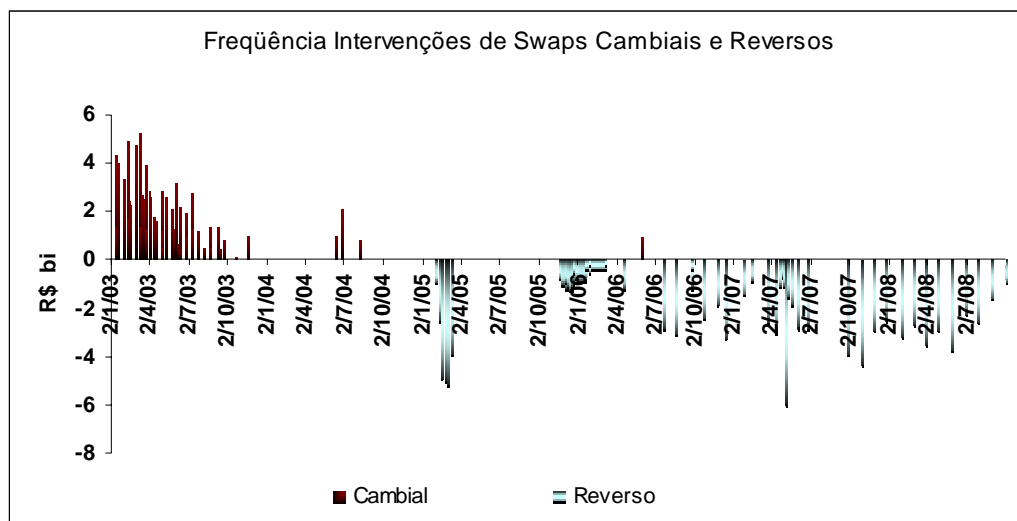


Gráfico 4.4 – Leilões de Swap Cambial (positivos) e swap cambial reverso (valores negativos).  
Fonte: Banco Central do Brasil

Conforme se pode observar, os leilões não são realizados diariamente, havendo extensos períodos sem a intervenção do BACEN, sendo este um dos motivos pelos quais se optou efetuar a regressão em bases semanais, conforme mencionado no item 4.3 – Modelo Empírico.

No período, o BACEN ofertou R\$ 95,09 bi de swap cambial e R\$ 164,36 bi de swap cambial reverso. A média diária no período total, incluindo os dias em que não houve leilão no cálculo, para o swap cambial é de R\$ 66,68 mi, e, para o swap reverso, R\$ 115,26 mi. Vale notar que, se considerarmos apenas o período de janeiro de 2003 a janeiro de 2005 quando houve efetivamente, os leilões de swap cambial, essa média se eleva para o patamar de R\$ 179,70 mi, já, para os swaps reversos, considerando o período de fevereiro de 2005 a setembro de 2008, a média diária é próxima à média dos swaps cambiais, com o montante de R\$181,01 mi.

Os dados da posição de estrangeiros foram obtidos em pesquisa no site da BM&F, sem diferenciação de prazo. Os dados inseridos no modelo empírico referem-se à participação percentual líquida no mercado da posição dos investidores

estrangeiros nos contratos de DDI, doravante denominada posição DDI estrangeiros<sup>11</sup>.

O gráfico 4.5 está expresso em taxa de cupom cambial, e não em contrato (PU) de DDI. Assim, um valor positivo refere-se à posição líquida comprada em taxa. Para fins das regressões, contudo, utilizou-se a taxa da posição vendida, apenas invertendo-se o sinal.

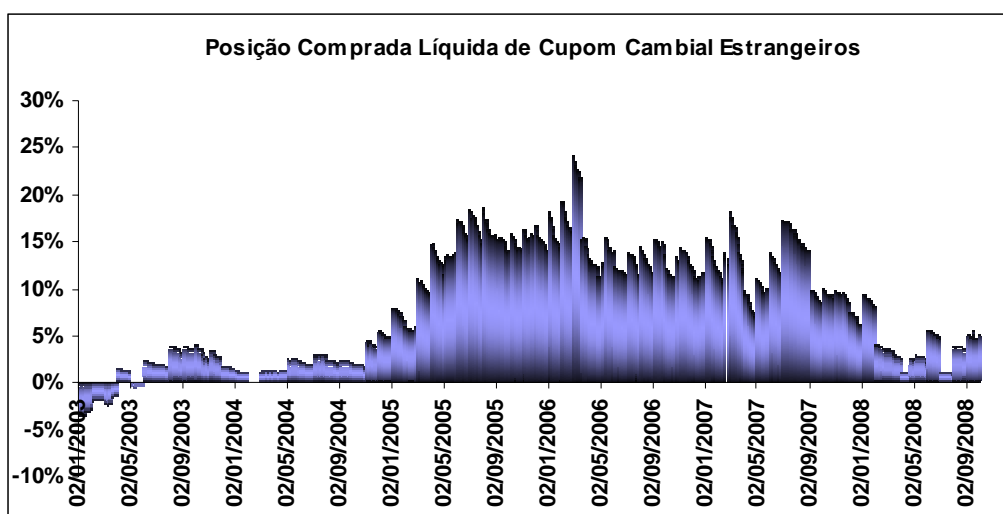


Gráfico 4.5 – O gráfico aponta a posição comprada em taxa de cupom cambial. Como o contrato de DDI está expresso em PU, esta é a posição vendida líquida em contratos de DDI.

Conforme já citado no presente trabalho, pela teoria de equilíbrio de portfólio, os investidores não são neutros ao risco País, e assim, o modelo empírico não pode prescindir desta variável, representada neste trabalho pelo EMBI br<sup>12</sup>. Foram coletados os dados do Embi br a partir da base de dados da Bloomberg. Para as datas em que não havia cotação do Embi br, mas havia negociação da BM&F, repetiram-se os valores do dia anterior. Foram efetuadas 4 inclusões na base diária (1426 observações), e apenas uma inclusão na base semanal (301 observações).

<sup>11</sup> Obteve-se da BM&F a posição comprada dos estrangeiros em relação à posição comprada total e a posição vendida dos estrangeiros em relação à posição vendida total. Tais informações expressas em percentuais. Subtraíu-se uma posição da outra dia a dia e obteve-se assim a posição líquida dos estrangeiros no mercado de DDI. A posição comprada líquida em DDI equivale à posição vendida líquida em cupom cambial, uma vez que o contrato de DDI é expresso em PU, e não em taxa.

<sup>12</sup> Nos últimos anos tem ganhado força o Credit Default Swap (CDS) como medida de risco país. Entretanto, como este trabalho envolve um período de mais de cinco anos, optou-se por utilizar o Embi br.

Uma vez que o fluxo de capital estrangeiro está correlacionado com o risco país, efetuou-se o cálculo da correlação entre essas duas variáveis. O resultado está a seguir transcrito.

	<i>Posição Líquida Comprada em Cupom Cambial - Estrangeiros</i>	<i>Embi Br</i>
<i>Posição Líquida Comprada em Cupom Cambial – Estrangeiros</i>	1	
<i>Embi BR</i>	-0.6305	1

O resultado está de acordo com o esperado, pois quando aumenta o risco país, os investidores estrangeiros são mais cautelosos e investem menos na aplicação do cupom cambial. Vale destacar que é uma correlação significativa, mas há ainda praticamente 37% não correlacionado. A esse ponto específico voltar-se-á quando da interpretação da ACP aplicada sobre essas duas variáveis.

#### 4.3 Cálculo das Componentes Principais

O método de componentes principais utilizado foi o método robusto, com uso de matriz de correlação.<sup>13</sup> A partir das 1426 curvas interpoladas, obtiveram-se as componentes principais, e, assim, não houve a divisão entre dentro da amostra e fora da amostra, uma vez que a natureza deste trabalho é de interpretação e explicação de eventos passados, e não preditivo.

Dos vários métodos utilizados para o estudo sobre as estruturas a termo de taxas de juros, no Brasil as componentes principais foram utilizadas recentemente no caso da ETCC (Almeida *et al*, 2007), em cujo trabalho é utilizada a metodologia de fatores latentes - que guardam relação com as três componentes principais encontradas em Litterman & Scheinkman (1991).

<sup>13</sup> No Software S-plus, pode-se optar pelo modo automático, pelo qual, a partir de determinados critérios relacionados à quantidade dos dados, o software escolhe aquele a ser utilizado. Para este trabalho tal opção foi feita. Dadas as características da amostra, o programa utilizou o *fast MCD (Minimum Covariance Determinate Estimator)*.



Bessada & Silveira (2003) aplicam componentes principais funcionais para a curva de spread das taxas de juros doméstica DI. Para este trabalho, as taxas foram utilizadas em nível sem considerar o spread, uma vez que a taxa de cupom cambial já é uma taxa composta por duas variáveis: taxa de juros doméstica menos a variação cambial. Conforme Bessada & Silveira (2003) constataram, os resultados obtidos pela análise de componentes principais em sua forma funcional ou sua forma discreta são bastante próximos e, assim, optou-se, neste trabalho, pela ACP em sua forma discreta.

O cálculo foi efetuado com base na matriz de correlação entre os vértices. Cabe aqui breve digressão sobre o uso de matriz de covariância contrapondo-se ao uso da matriz de correlação. Jolliffe (1986) reporta algumas desvantagens para o uso da matriz de covariância em detrimento da matriz de correlação. Dentre as desvantagens destaca-se que a estrutura das componentes principais pode ser completamente modificada se houver diferentes unidades de medidas. Em um exemplo usando dados em centímetros e milímetros o autor demonstra que as componentes principais poderiam expressar estruturas muito díspares. Isso se agrava se as variáveis tiverem unidades das mais diversas como temperatura, peso entre outros – caso de aplicação em ciências naturais.

Outra desvantagem concernente ao uso da matriz de covariância é revelada quando da comparação entre componentes principais (CP) calculadas. O tamanho das variâncias das CP's possui as mesmas implicações para diferentes matrizes de correlação. Entretanto, tal equivalência não se verifica quando do uso da matriz de covariância.

Como desvantagem da matriz de correlação, Jolliffe (1986) alega que o uso de uma matriz de correlação equivale a fazer uma escolha arbitrária das unidades de medida. Para as componentes principais obtidas com base nas ETCC's isso pode

ser uma desvantagem. Entretanto para as componentes principais obtidas das séries de Embi br e posição DDI estrangeiros, o uso da matriz de correlação torna-se necessário. O autor alega, ainda, que para a regressão de componentes principais, utiliza-se, geralmente, a matriz de correlação. Tal argumento corrobora o uso da matriz de correlação neste trabalho, uma vez que a análise baseia-se na regressão linear de componentes principais. Além disso, a aplicação da ACP nas variáveis Embi br e posição dos estrangeiros nos contratos de DDI deve ser efetuada com matriz de correlação posto que seus desvios padrões são proporcionais a suas unidades de medida que são diferentes – caso análogo a exemplo dos centímetros e milímetros previamente citado.

Conforme se mostrará nos resultados, as 3 componentes principais da curva de DDI estão de acordo com a literatura e representam o total, neste trabalho, de 99,83% da variabilidade da curva. Na seção de modelo empírico relata-se o uso de três dessas componentes para analisar os dados dos leilões de swap cambial do BACEN e dos dados ortogonalizados do Embi br e dos investidores estrangeiros.

Utilizou-se o software S-plus para o cálculo das componentes principais.

#### 4.4 Modelo empírico

Na dinâmica de maior globalização e baixa taxa de juros internacionais vivenciada a partir de 2001, previamente comentada, insere-se a teoria de paridade descoberta de taxa de juros, uma vez que os agentes internacionais procuram maior rentabilidade nos chamados países emergentes. E assim, retomando-se a equação 2.1, tem-se

$$i_t = i_t^* + E_t(s_{t+k}) - s_t \quad 4.5$$

Em que:  $i_t$  é a taxa de juros doméstica em  $t$  até  $t+k$ ,  $i_t^*$  é a taxa de juros internacional em  $t$  até  $t+k$ ,  $E_t(s_{t+k})$  é a expectativa da taxa do dólar pronto no tempo  $t+k$  e  $S_t$  é o dólar pronto em  $t$ .

Conforme mencionado, a equação assim descrita afirma que se um país tem taxa de juros maior do que outro, em equilíbrio deve haver uma expectativa de que sua moeda irá se depreciar, de modo a igualar o rendimento das aplicações, o que pressupõe mobilidade perfeita de capital e indiferença ao risco. Isso faz com que os ativos domésticos e estrangeiros sejam substitutos perfeitos.

A segunda hipótese foi alterada pela teoria da Paridade Coberta de Juros e o pela teoria do Efeito de Portfólio, uma vez que, mesmo em economias desenvolvidas, a paridade descoberta de taxa de juros não é empiricamente comprovada.

A já citada Paridade Coberta de Juros, que leva em consideração a proteção do risco da variação cambial é a teoria mais observada empiricamente. A condição de não arbitragem nesse mercado é expressa na formulação 2.2; equação rerepresentada a seguir:

$$i_t = i_t^* + f_t \quad 4.6$$

Lembrando que, pela teoria do efeito de portfólio, tem-se

$$f_t = E_t(s_{t+k}) - s_t + p_t \quad 4.7$$

Em que  $p_t$  é o prêmio de risco comentado anteriormente. Tal variável não será objeto de estudo econométrico deste trabalho.

A equação 4.6 acima poderia ser reescrita da seguinte forma:

$$i_t - f_t = i_t^* \quad 4.8$$

Retomando a definição de cupom cambial, qual seja, a taxa de juros doméstica expurgada da variação cambial, temos que:

$$\text{Cupom}_{\text{Cambial}} = i_t^* \quad 4.9$$

Novamente, aqui, o pressuposto de arbitragem é modificado pela teoria de Portfólio, e, tomando-se por base a não neutralidade ao risco dos agentes quando da escolha do país a investir, a equação 4.9 pode ser modificada, introduzindo-se o risco país ( $r_p$ ). Tal situação pode ser matematicamente descrita da seguinte forma:

$$\text{Cupom}_{\text{Cambial}} = i_t^* + r_p \quad 4.10$$

Verifica-se, com isso, que a taxa de juros que os investidores estrangeiros realmente arbitram é a taxa de cupom cambial, considerando-se o risco país.

De acordo com Valente (2007) estudos recentes revelam que a volatilidade afeta negativamente o crescimento econômico, principalmente em países em desenvolvimento. Países mais integrados financeiramente, se, por um lado possuem vantagem de novas fontes de financiamento, por outro, tais canais apresentam um ponto extra de causa de volatilidade, com a entrada e saída de fluxos financeiros vultuosos.

Um dos canais desses fluxos é exatamente a arbitragem financeira entre as taxas de juros doméstica e internacional. E uma das formas das atuações do Banco Central é justamente nessa curva.

As justificativas estabelecidas nas informações ao mercado revelam a preocupação do BACEN com a volatilidade da moeda norte americana. Um mercado que apresenta alta volatilidade apresenta imperfeições e alimenta inseguranças em seus participantes que podem levar à ineficiência dos demais setores econômicos.

Estudar quais os efeitos das atuações do BACEN na curva pode ser de grande auxílio para o entendimento do mercado futuro de dólar, o qual apresenta liquidez maior até o segundo mês de vencimento, sendo, após esse prazo, negociado via a operação sintética FRA de cupom cambial, conforme comentado.

Caso o BACEN efetue intervenções esterilizadas, estas não afetam a taxa de juros da economia. As intervenções no mercado de derivativos, mais especificamente, de swap cambial não alteram a taxa de juros, tendo um efeito das intervenções esterilizadas. Isto porque, conforme exposto na seção referente ao cenário econômico, o BACEN utiliza a meta de taxa de juros diária para operacionalizar o regime de metas para a inflação. Uma intervenção de compra de moeda estrangeira, por exemplo, não esterilizada poderia levar a uma queda de taxa de juros abaixo da meta do Copom. Se isto ocorrer, a autoridade monetária deverá intervir ofertando títulos públicos e enxugando a liquidez. O uso do instrumento de derivativo por si só não altera a base monetária e, teoricamente, não haveria necessidade da oferta de títulos para manter a meta SELIC fixada.

Ao atuar no mercado de cupom cambial o BACEN modifica a oferta de taxa de juros e de dólar indiretamente, já que tal cupom é integrado por ambas variáveis macro-financeiras. Sendo assim, quando o BACEN compra cupom, está comprando taxas de juros e vendendo dólares. Quando vende cupom, está vendendo taxas de juros e comprando dólares. Dessa forma ele muda a condição de mercado na equação de arbitragem.

Outro agente econômico a ser estudado são os próprios investidores estrangeiros.

Conforme mencionado, além desses dois agentes, pelo equilíbrio de portfólio, o risco país modifica a valoração da taxa de cupom e assim será considerado no modelo empírico.

A análise da curva de cupom cambial, como descrito, será baseada em regressão linear utilizando a ACP, tomando-se as intervenções do BACEN como variáveis independentes a serem regredidas nas componentes 1, 2 e 3 calculadas. Outra variável independente será a componente 1 obtida pela ACP aplicada ao Embi

br e posição DDI estrangeiros já que, como visto, as duas variáveis apresentam correlação linear de 63%, o que poderia causar problema de multicolinearidade nas regressões testadas.

Vale destacar que, para o estudo da volatilidade da PTAX, a regressão por componentes principais foi utilizada diretamente.

Conforme explicitado nas seções 2.3.2 e 2.3.3, que tratam respectivamente da definição de ACP e da RACP, os valores das componentes principais – chamados *scores* - são, na verdade, combinações lineares de cada *loading* (carga, ou autovetor) com as respectivas taxas de cada vértice. São os *scores* calculados, assim, que serão as variáveis dependentes a serem regredidas pelos swaps cambiais, swaps cambiais reversos, posição DDI estrangeiros. Esta modelagem não guarda relação direta com a regressão de componentes principais utilizada em Brière e Ielpo (2007), ou explicitada em Jolliffe (1986). Em tais trabalhos, as componentes principais substituem as variáveis independentes originais. A inovação desta pesquisa está no uso das componentes principais obtidas nas curvas de juros - nível, inclinação e curvatura - como variáveis dependentes sobre as quais BACEN, investidores estrangeiros e risco país podem ou não exercer influência.

O argumento matemático para o uso das componentes principais obtidas para as curvas de juros como variáveis dependentes é a própria regressão por componentes principais. Pois, se a  $CP_i$  é ortogonal às outras  $CP_k$ s, com  $K$  diferente de  $i$ , podem-se verificar os efeitos de variáveis independentes separadamente em cada uma delas. Não obstante o fato de as CPs não serem observáveis, o estudo das variáveis que podem gerar impacto em tais componentes pode fornecer subsídios sobre o comportamento total da curva. E, para quantificar tal comportamento uma transformação inversa se faria necessária. Tal transformação

não será objeto de estudo deste trabalho, mas será novamente citada no item 6 - Conclusão e Trabalhos futuros.

Um segundo passo é a aplicação direta da regressão por componentes principais, e nele se verifica relação dessas componentes com a volatilidade da curva e da volatilidade da PTAX.

Os valores foram calculados em bases semanais já que em base diária havia vários dias sem atuação do BACEN, conforme se constata no gráfico 4.4. Operacionalmente, a regressão foi efetuada da seguinte forma. Primeiramente, calcularam-se as componentes principais diárias. Tomaram-se as componentes 1, 2 e 3 da ETCC do último dia útil da semana e regrediu-se contra a soma dos swaps cambiais e swaps cambiais reversos existentes na semana e contra o valor (*score*) do último dia da semana da componente 1 obtida pela ACP sobre Embi br e posição DDI estrangeiros.

As equações para esta primeira análise estão a seguir descritas:

$$Comp1_t = \alpha + \beta_1cambial_s + \beta_2reverso_s + \beta_3cp1embistr_t + \varepsilon \quad 4.11$$

$$Comp2_t = \alpha + \beta_1cambial_s + \beta_2reverso_s + \beta_3cp1embistr_t + \varepsilon \quad 4.12$$

$$Comp3_t = \alpha + \beta_1cambial_s + \beta_2reverso_s + \beta_3cp1embistr_t + \varepsilon \quad 4.13$$

Em que:

*Comp1<sub>t</sub>*: *score* da componente 1 no último dia da semana. Conforme interpretação corrente da literatura seria o nível da curva.

*Comp2<sub>t</sub>*: *score* da componente 2 no último dia da semana. Conforme interpretação corrente da literatura é a inclinação da curva.

*Comp3<sub>t</sub>*: *score* da componente 3 no último dia da semana. Conforme interpretação corrente da literatura, corresponde à curvatura da curva.

*cambial<sub>s</sub>*: somatório dos swaps cambiais (venda de dólar) na semana finda em t, expresso em R\$ bilhão.

$reverso_s$ : somatório dos swaps cambiais reversos (compra dólar futuro de dólar) na semana finda em  $t$  expresso em R\$ bilhão.

$Cp1embiestr_t$ : score do último dia útil da semana da componente 1 obtida pela aplicação da ACP das variáveis Embi br e posição DDI estrangeiros.

A volatilidade da curva foi calculada a partir da componente principal 1 do último dia útil da semana, conforme Bühler et al (1999), aplicando egarch (1,1) sobre tal componente<sup>14</sup>.

A volatilidade semanal da curva foi regredida contra as variáveis já utilizadas na modelagem anterior, quais sejam, swaps cambiais, swaps cambiais reversos e posição DDI estrangeiros no mercado de cupom cambial. A forma da regressão é transcrita a seguir.

$$Volcurva_t = \alpha + \beta_1cambial_s + \beta_2reverso_s + \beta_3cp1embiestr_t + \varepsilon_t \quad 4.14$$

Em que  $Volcurva_t$  é a volatilidade semanal da curva de cupom cambial calculada por egarch (1,1) a partir da componente 1.

A precificação dos títulos cambiais é efetuada a partir das taxas de cupom cambial. O mercado de câmbio, assim, influencia e é influenciado pela estrutura a termo de cupom cambial. Diante disso, pode-se analisar qual o impacto da curva na volatilidade do dólar à vista. Ao lado disto, incluiu-se a componente 1 referente ao Embi br e à posição DDI dos estrangeiros.

$$Volptax_t = \alpha + \beta_1Comp_1 + \beta_2Comp_2 + \beta_3Comp_3 + \beta_4cp1embiestr + \varepsilon \quad 4.15$$

A volatilidade da PTAX semanal foi calculada pelo egarch(1,1) a partir da PTAX do último dia útil de cada semana.

A inclusão do Embi Br, especificamente, é interessante, pois as atuações do BACEN geram impacto em duas direções distintas, a primeira modificando as

---

<sup>14</sup> Utilizou-se o egarch por dois motivos. Em Valente (2007) mostrou-se um método mais preciso. O segundo fator decorre do fato de tgarch não ter apresentado a convergência exigida.



condições de arbitragem, com maior ou menor oferta de ativos cambiais, e, a segunda muda as condições de solvência do Brasil, pois modificam o perfil da dívida pública e, no caso de atuações no mercado à vista da taxa de câmbio, aumentam o volume das reservas internacionais.

Até que ponto essas mudanças poderiam impactar o indicador de risco país, o Embi br? A resposta a esta questão pode ser obtida pela análise dos gráficos 4.5 e 4.6 a seguir.

A elevada correlação positiva entre a série mensal do Embi Br e o percentual da dívida pública atrelada ao dólar em comparação ao montante total da dívida pública sugere uma maior análise do efeito do Embi br sobre a volatilidade da PTAX, do comportamento da curva em seus atributos estudados, quais sejam nível – componente1 -, inclinação – componente2 -, curvatura – componente 3 - e, ainda sobre a volatilidade da curva. Esta informação será utilizada à frente quando da análise dos resultados.

A correlação negativa entre o saldo das reservas internacionais e Embi br também indica que as compras do BACEN no mercado à vista geram impacto no risco país, no período sob análise.

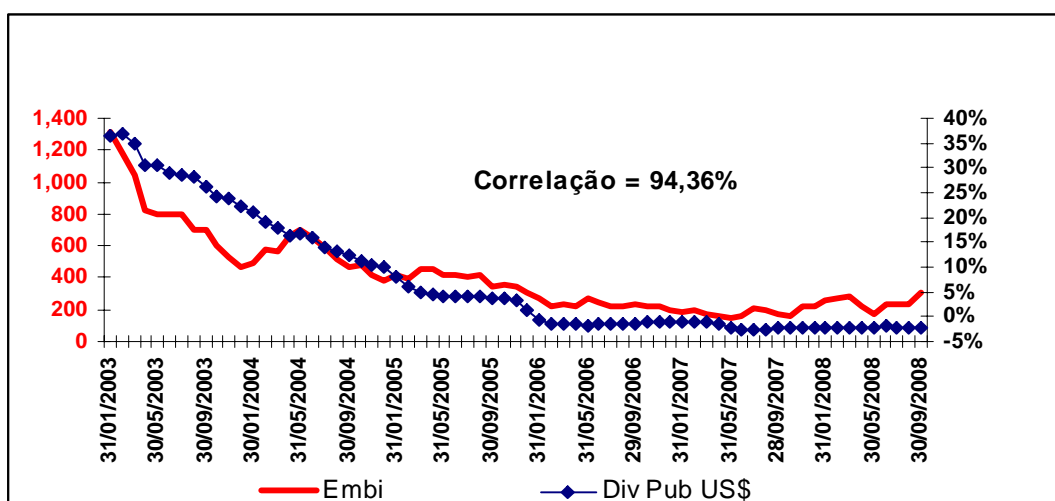


Gráfico 4.5 Evolução do Embi Br e da participação da parcela da dívida pública atrelada à variação cambial. Base Mensal. Fonte: Blomberg e Banco Central respectivamente.

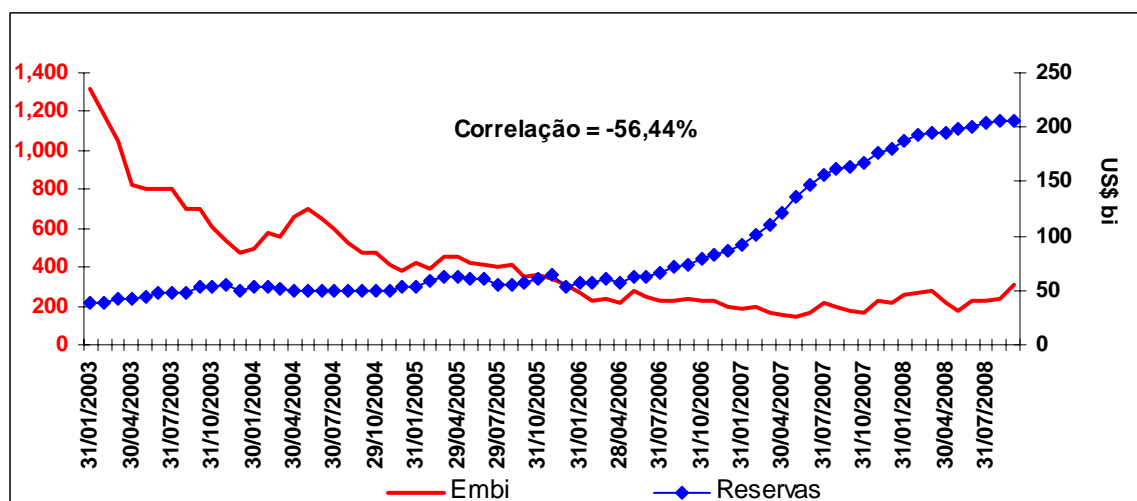


Gráfico 4.6 Evolução do Embi Br e do saldo em US\$ das Reservas Internacionais.  
Fonte: Bloomberg e Banco Central respectivamente.

Outra análise refere-se à relação entre a volatilidade semanal da curva e a volatilidade semanal da PTAX – cotação dólar/real à vista. A volatilidade da curva afetaria a volatilidade da PTAX? Tem-se, a seguir, a regressão linear que expressa essa relação:

$$Volptax_t = \alpha + Volcurva_t + \varepsilon_t \quad 4.16$$

As equações 4.15 e 4.16 devem ser analisadas sob o ponto de vista de causalidade reversa, afinal, um mercado à vista líquido que forma o mercado futuro, e não o contrário. Procedeu-se, assim, ao teste de causalidade de Granger. A tabela 4.1 mostra os resultados para a equação 4.15, qual seja, o teste de Granger da volatilidade da PTAX com relação às três componentes principais da curva a termo de cupom cambial. A tabela 4.2 mostra os resultados do teste de Granger para a equação 4.16.

Os resultados para as três primeiras componentes principais da curva e a volatilidade da PTAX indicam que, para a defasagem de uma semana, as componentes da curva causam a volatilidade da PTAX no sentido de Granger, e que a volatilidade da PTAX causa, no sentido de Granger, as três primeiras componentes principais da curva. Entretanto, para a defasagem de duas semanas, a

volatilidade da PTAX não causa, no sentido de Granger, a componente 1. Estes resultados serão comentados à frente.

Teste de Causalidade de Granger (1 defasagens, 300 observações)		
Hipótese Nula	Estatística-F	Probabilidade
COMP1 does not Granger Cause VOLPTAX	8.06127	0.00483
VOLPTAX does not Granger Cause COMP1	5.08034	0.02493
COMP2 does not Granger Cause VOLPTAX	24.7667	1.1E-06
VOLPTAX does not Granger Cause COMP2	10.9048	0.00108
COMP3 does not Granger Cause VOLPTAX	5.98949	0.01497
VOLPTAX does not Granger Cause COMP3	17.8724	3.1E-05

Tabela 4.1

Teste de Causalidade de Granger (2 defasagens, 300 observações)		
Hipótese Nula	Estatística-F	Probabilidade
COMP1 does not Granger Cause VOLPTAX	4.1436	0.01680
VOLPTAX does not Granger Cause COMP1	1.7125	0.18221
COMP2 does not Granger Cause VOLPTAX	13.2747	3.0E-06
VOLPTAX does not Granger Cause COMP2	5.9048	0.00626
COMP3 does not Granger Cause VOLPTAX	4.0002	0.01932
VOLPTAX does not Granger Cause COMP3	5.7544	0.00354

Tabela 4.2

Verifica-se que a volatilidade da curva de cupom cambial causa, no sentido de Granger, a volatilidade da taxa de câmbio à vista para a defasagem de um e dois períodos, ou seja, uma e duas semanas. Para uma defasagem, ou seja, em uma semana, a volatilidade da PTAX não causa, no sentido de Granger, a volatilidade da curva. Já para a defasagem de duas semanas, a volatilidade da PTAX causa a volatilidade da curva.

Teste de Causalidade de Granger ( 1 defasagem, 301 observações)		
Hipótese nula	F-Statistic	Probability
Volcurva não causa no sentido de Granger Volptax	15.7754	3.8E-06
Volptax não causa no sentido de Granger Volcurva	0.62575	0.42955

Tabela 4.3

Teste de Causalidade de Granger ( 2 defasagens, 301 observações)		
Hipótese nula	F-Statistic	Probability
Volcurva não causa no sentido de Granger Volptax	11.9066	1.1E-05
Volptax não causa no sentido de Granger Volcurva	4.51576	0.01170

Tabela 4.4

Os resultados concernentes às componentes principais não permitem concluir influência da curva na volatilidade da PTAX, sem a causalidade reversa, a menos da componente 1 em duas defasagens. Com base neste último resultado, realizar-se-á a regressão da volatilidade da PTAX com relação apenas à componente um – o nível da curva de cupom cambial.

Já, quanto à volatilidade da curva versus a volatilidade da PTAX, os resultados refletem a liquidez dos produtos cambiais no mercado futuro da BM&F. Neste, grandes agentes econômicos têm permissão para negociar, conferindo-lhe maior liquidez, o que o torna um fórum de apreçamento mais dinâmico que o mercado interbancário de câmbio.

## 5 Resultados

### 5.1 Resultado das Componentes Principais

#### 5.1.1 ACP aplicada sobre a ETCC

Conforme Tabela 5.1 a seguir, as três primeiras componentes principais representam, cumulativamente, 99,83% da variação total da curva. Os gráficos das cargas (*loadings*) de cada componente constata a interpretação corrente da literatura (Litterman & Scheinkman, 1991), Bessada & Silveira (2004) e Canedo (2006). Retomando referida interpretação, constata-se que a componente 1, que responde pela maior variabilidade dos dados, está relacionada ao nível da curva, uma vez que os coeficientes para cada vértice original da curva (valor de cada posição do autovetor) são bastante próximos, conforme se verifica no gráfico 5.1. A segunda componente representa a inclinação da curva, sendo que seu ponto de rotação localiza-se no meio do período estudado (gráfico 5.2). A terceira componente está relacionada à curvatura da ETCC, como se pode observar no gráfico 5.3.

<b>Importância das Componentes</b>			
	<b>Componente 1</b>	<b>Componente 2</b>	<b>Componente 3</b>
<b>Proporção da Variância</b>	92.09%	6.04%	1.7%
<b>Proporção acumulada</b>	92.09%	98.13%	99.83%

Tabela 5.1 – Proporção acumulada da variância das três primeiras componentes principais.

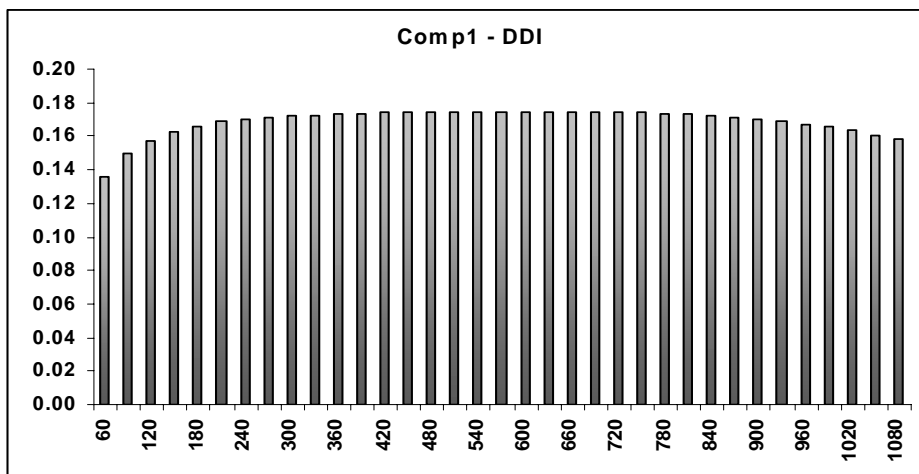


Gráfico 5.1: Os pesos (cargas) de cada vértice são bastante próximos, configurando um valor geral, médio da curva, interpretado por Litterman & Sheinckman como nível da curva.

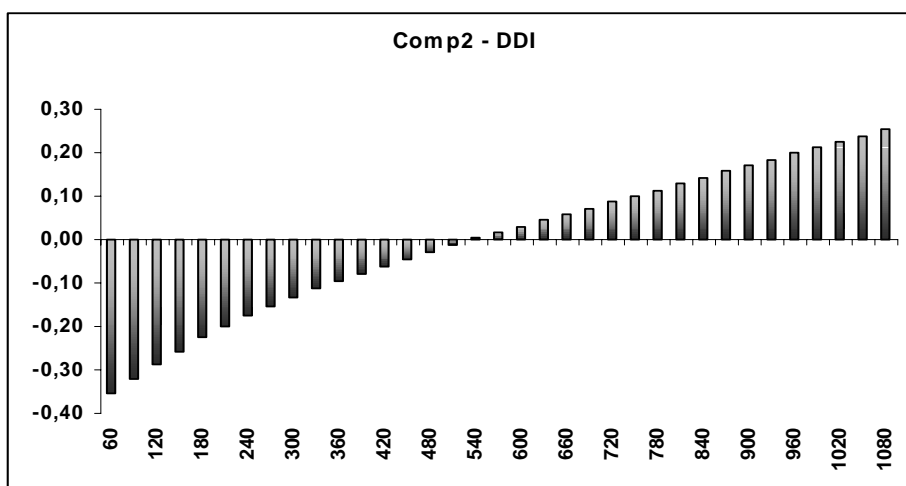


Gráfico 5.2: Componente dois, que pode ser interpretada como a inclinação da curva.

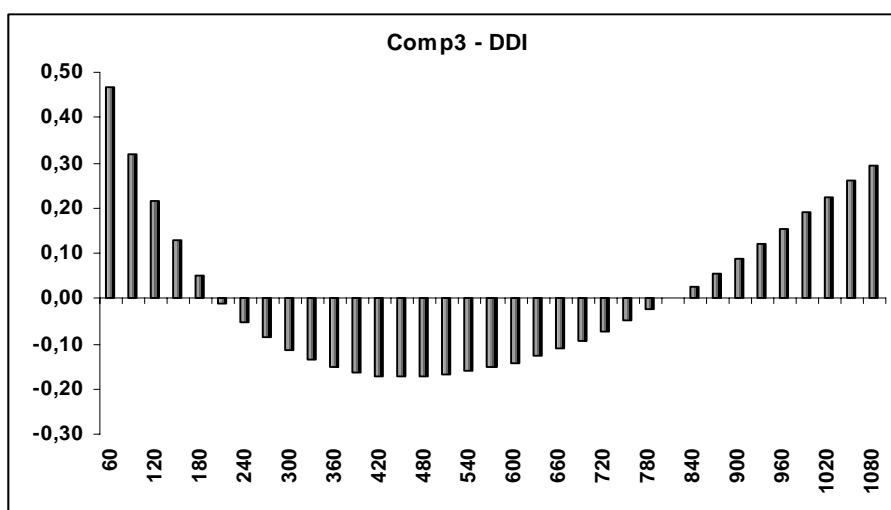


Gráfico 5.3: Componente três: curvatura.

O gráfico 5.4 mostra a evolução dos valores (scores) da componente 1 ao longo do período analisado.

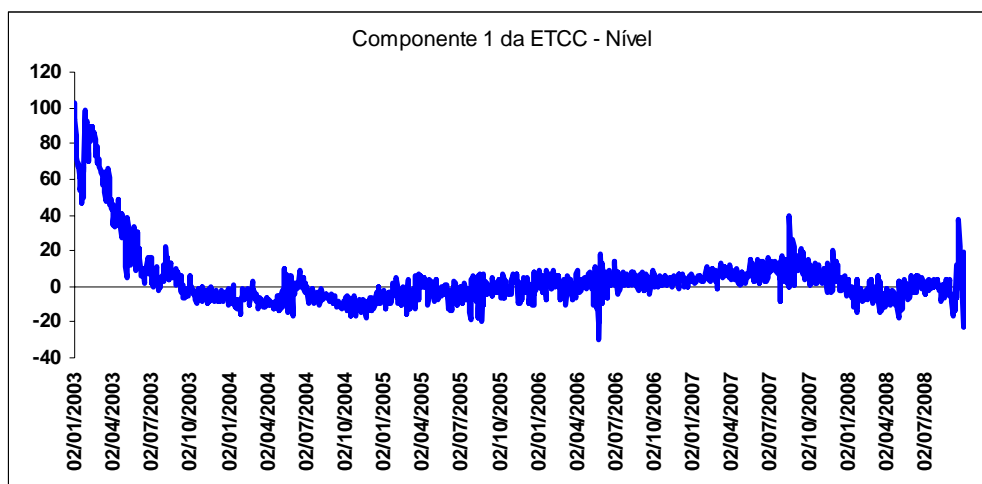


Gráfico 5.4: Evolução dos valores (scores) da componente 1 da ETCC

Ao se comparar o gráfico 5.4 com o gráfico 4.3 – curvas da ETCC entre 02/01/2003 e 30/09/2008 - o nível da ETCC no início de 2003 mostrou-se maior que o nível de todos os outros anos, inclusive ao da ETCC do final de 2003. Verifica-se como isso é capturado pela componente 1 que acompanha, aproximadamente, essa evolução.

### 5.1.2 ACP aplicada sobre Embi br e Posição Líquida dos Estrangeiros nos contratos de DDI da BM&F

Conforme exposto anteriormente, as variáveis Embi br e posição líquida comprada em taxa dos investidores estrangeiros possui correlação negativa em torno de 63%. Caso modificássemos para posição vendida em taxa, tal correlação seria positiva. Tal afirmação se faz necessária tendo em vista que a ACP sobre as variáveis foi aplicada para a posição vendida em taxa. Como se verá a seguir, isso facilita a interpretação das componentes encontradas. Por ora, vale mencionar que a primeira componente representa praticamente 82% da variabilidade dos dados originais e a segunda componente 18%.

Importância das Componentes		
	Componente 1	Componente 2
Proporção da Variância	81.53%	18.47%
Proporção acumulada	81.53%	100.00%

Tabela 5.2 – Proporção acumulada da variância das três primeiras componentes principais.

As cargas (*loadings*) de cada uma das componentes não foram ajustadas pelo desvio padrão das variáveis originais (não obstante o cálculo efetuado com a matriz de correlação), pois para fins desse trabalho, a mensuração do peso exato de cada uma das variáveis não é o objetivo, já que não se utilizará para análise quantitativa dos impactos gerados sobre os dados originais. O que interessa é a direção relativa de cada uma das variáveis originais com relação às componentes. Isso será melhor compreendido com a observação dos gráficos a seguir.

O gráfico 5.5 retrata a componente 1 obtida e o gráfico 5.6 revela as cargas (*loadings*) da componente 2.

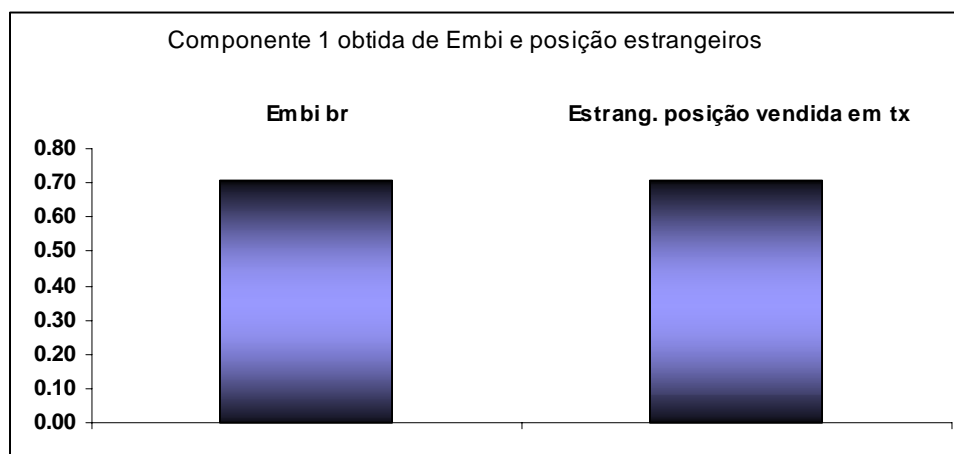


Gráfico 5.5 Componente 1 obtida pela ACP sobre Embi e posição líquida vendida dos investidores estrangeiros no mercado dos contratos de DDI da BM&F.



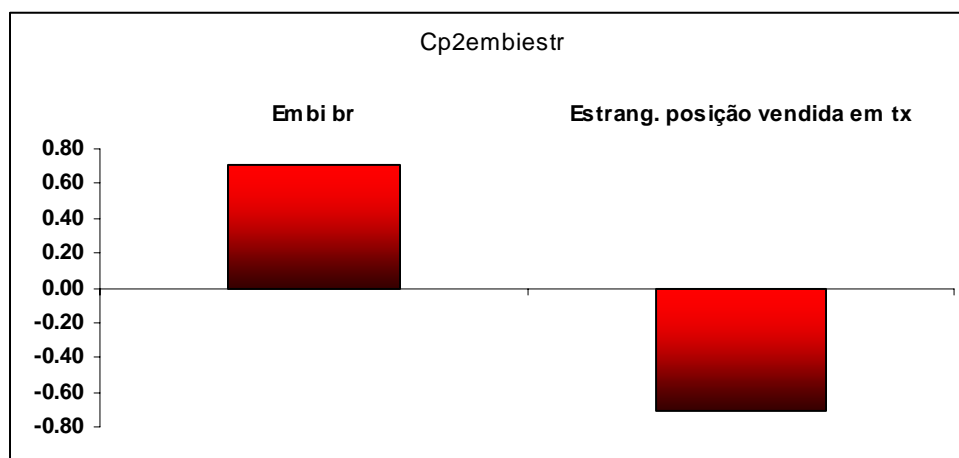


Gráfico 5.6 Componente 2 obtida pela ACP sobre Embi e posição líquida vendida dos investidores estrangeiros no mercado dos contratos de DDI da BM&F.

A aplicação da ACP nas variáveis originais Embi br e posição DDI estrangeiros resultou em duas componentes que possuem interpretações interessantes. Da maneira encontrada, pode ser entendida como “apetite pelo risco”, pois quanto maior a vontade pelo risco, maior o Embi e maior a taxa vendida. Multiplicando-se tal variável por -1, temos seu oposto que seria a aversão ao risco, e foi este valor utilizado na regressão, e os gráfico 5.5 retrata a aversão ao risco. Quanto maior a aversão ao risco maior o Embi br e maior a posição vendida em taxa de cupom cambial – isto é, os investidores estrangeiros não aplicam nas taxas do país, diminuindo sua posição comprada em taxa.

A segunda componente estaria associada ao apetite pelo retorno. Isto é, quanto maior o Embi br, maior o retorno, e menor a posição vendida, ou seja, maior a posição comprada, maior o investimento. Ambas ortogonais entre si. Conforme Fomby (1977), a seleção das variáveis para a regressão de componentes principais deve ser efetuada de acordo com sua relação entre a componente e a variável dependente, e se a inclusão desta variável melhora substancialmente o resultado do  $R^2$  ajustado. Ainda, segundo Jolliffe (1982), a facilidade para interpretação também deve considerar a escolha da variável. Como, para este trabalho, a componente 2 encontrada pela ACP sobre Embi br e sobre posição DDI estrangeiros não agregou

resultados significativos à regressão e seu uso complicaria em muito a interpretação, excluiu-se tal componente das regressões.

## 5.2 Análise das atuações do Banco Central, da aversão ao risco (Embi br e investidores estrangeiros) na curva de cupom cambial

Os resultados obtidos a partir dos testes sobre as equações 5.1, 5.2 e 5.3 a seguir, estão demonstrados na Tabela 5.3.

$$Comp1_t = \alpha + \beta_1 cambial_s + \beta_2 reverso_s + \beta_3 cp1embiestr_t + \varepsilon_t \quad 5.1$$

$$Comp2_t = \alpha + \beta_1 cambial_s + \beta_2 reverso_s + \beta_3 cp1embiestr_t + \varepsilon_t \quad 5.2$$

$$Comp3_t = \alpha + \beta_1 cambial_s + \beta_2 reverso_s + \beta_3 cp1embiestr_t + \varepsilon_t \quad 5.3$$

Em que:

*Comp1<sub>t</sub>*: score da componente 1 (nível da curva) no último útil dia da semana.

*Comp2<sub>t</sub>*: score da componente 2 (inclinação) no último dia útil da semana.

*Comp3<sub>t</sub>*: score da componente 3 (curvatura) no último dia útil da semana.

*cambial<sub>s</sub>*: somatório dos swaps cambiais (venda de dólar) na semana finda em t, expresso em R\$ bilhão.

*reverso<sub>s</sub>*: somatório dos swaps reversos (compra futuro de dólar) na semana finda em t expresso em R\$ bilhão.

*Cp1embiestr<sub>t</sub>*: componente 1 obtida pela ACP efetuada para Embi br e da posição DDI dos estrangeiros, interpretada como aversão ao risco. Foi utilizado o score da componente 1 do último dia útil da semana.

$\varepsilon_t$ : termo de erro

	<b>Resultados Regressão Comp. 1 – “Nível”</b>		<b>Resultados Regressão Comp. 2 – “Inclinação”</b>		<b>Resultados Regressão Comp. 3 – “Curvatura”</b>	
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>
$\alpha$	1.4699	0.0941	1.9818	0.0000	0.8263	0.0000
$\beta_1$ – Cambial	0.0073	0.0000	0.0027	0.0000	0.0004	0.0000
$\beta_2$ – Reverso	Não sig.		Não sig		Não sig	
$\beta_3$ – Aversão a Risco	2.4591	0.0010	3.095	0.0000	1.1350	0.0000
$R^2$ – Ajustado	0.3682		0.6484		0.6810	

Tabela 5.3 – Resultado Regressão periodicidade semanal

Os resultados revelam que não se pode afirmar que as atuações do Banco Central efetuadas na ponta comprada de variação cambial, ou seja, as ofertas de swap cambial reverso tenham gerado impacto na ETCC, seja em seu nível geral, sua inclinação, ou curvatura.

Em contrapartida, os swaps cambiais produziram impacto nos três atributos analisados da curva de cupom cambial.

O aumento no nível geral da curva de cupom cambial está em linha com a modificação da arbitragem, uma vez que ofertando dólares e demandando taxa, a autoridade contribui para o aumento do cupom cambial.

O impacto positivo na inclinação da curva revela que, ao atuar via swaps cambiais, o Banco Central diminui as taxas de cupom de curto/médio (60 a 540 dias) prazo e eleva as taxas de longo prazo, mais precisamente entre os prazos de 540 dias e 1080 dias.

A componente 3 – a curvatura – também é influenciada positivamente pelos swaps cambiais, revelando que os swaps cambiais influenciam o aumento das taxas de médio prazo, e diminuição das taxas de curto e longo prazos.

Deve-se lembrar que tais componentes são ortogonais, e, assim, os movimentos em cada uma das componentes se sobrepõem, e podem ser somados

diretamente, para o caso de se desejar efetuar análise quantitativa no formato final da curva. Entretanto, uma modificação em  $t$  no nível pode influenciar em  $t+1$ ,  $t+2$ , e assim sucessivamente, a inclinação ou curvatura e vice e versa. Mas isto não é o objeto de estudo deste trabalho. Como exemplo, pode-se citar Bliss (1997) que constatou empiricamente a influência intertemporal entre as componentes.

Vale notar que para este trabalho não foi calculado o impacto geral de cada componente na curva, ou seja, não se calculou uma nova curva a partir dos coeficientes de cada regressão para cada componente principal. Sobre isto, vide o item 6 - Conclusão e trabalhos futuros.

Quanto à chamada aversão ao risco, sua influência na ETCC é positiva em todos os atributos da curva. Aqui cabem algumas considerações. Primeiramente, retomando a interpretação desta componente principal, ela aumenta quando EMBI br e posição DDI estrangeiros aumentam. Vale ressaltar que um aumento de posição vendida tenderia a diminuir as taxas de cupom. Como interpretado anteriormente, a componente principal denominada aversão ao risco representa a parte desta posição que considera as aplicações no país mais arriscadas, e, portanto, para nele investir exigem-se maiores retornos.

Efetuaram-se regressões complementares. Uma delas somente com a variável Embi br e a outra com a posição de estrangeiros. É interessante notar que a regressão efetuada somente com os estrangeiros indicou que estes não influenciam os atributos da ETCC. Enquanto o Embi br impacta tais atributos em igual direção à componente 1 – aversão ao risco.

Há que se ressaltar que a correlação EMBI e DDI de 3 e 4 meses (curto prazo) se alterou ao longo do período estudado conforme o gráfico 5.7 evidencia. Isso pode parecer, à primeira vista, incoerente com os resultados apresentados. Entretanto, ao se observar os valores obtidos nas regressões, percebe-se que a

aversão ao risco (ou seja, EMBI br e posição DDI estrangeiros) é positivamente relacionada com o nível, com a inclinação e com a curvatura. Isso significa que ela atua em diferentes direções e seria necessário somar todos os efeitos para verificar o efeito líquido, caso haja interesse na predição dos valores.

Neste trabalho, o foco é mais interpretativo, e, assim, veja-se o que ocorre. Uma vez que o risco aumenta, o nível geral da curva se eleva, como se espera. Sua inclinação também aumenta, isto é, por ser uma aplicação mais arriscada, a diferença entre as aplicações de taxas de curto e longo prazo tende ser maior. Efeito de maior inclinação. Já, para a curvatura, tal atributo, quando aumenta, reforça a diferença entre os prazos, diminuindo mais as taxas de curto prazo e aumentando as de médio prazo, voltando a diminuir as de prazo mais longo.

A Tabela 5.4 resume os coeficientes, expressos em percentual, obtidos em cada uma das variáveis independentes para a regressão de cada uma das componentes, com a finalidade de se verificar conjuntamente a influência das operações do BACEN, os estrangeiros e o risco país (expressos na aversão ao risco) em todas as componentes analisadas.

	<b>Swap cambial</b>	<b>Swap Reverso</b>	<b>Aversão ao Risco</b>
<b>Componente 1 Nível</b>	0.730%	N. Signif	245.91%
<b>Componente 2 Inclinação</b>	0.270%	N. Signif	309.53%
<b>Componente 3 Curvatura</b>	0,040%	N. Signif	113,50%

Tabela 5.4 coeficientes em bases semanais

Como explicar os resultados das regressões relativos aos swaps reversos, cuja oferta pelo Banco Central se deu em maior volume no período analisado, e que modificam a condição de arbitragem? Esta questão está relacionada com as fortes mudanças nas variáveis econômicas e condições de solvência existentes no período

e será examinada em conjunto com a volatilidade da ETCC e da PTAX, no item 5.3 subsequente.

### 5.3 Análise do impacto das atuações do BACEN, e da aversão ao risco (Embi br e investidores estrangeiros) na volatilidade da ETCC e na volatilidade do dólar à vista

Uma análise complementar refere-se ao impacto das variáveis independentes na volatilidade da curva. A equação abaixo representa a relação pesquisada.

$$Volcurva_t = \alpha + \beta_1cambial_s + \beta_2reverso_s + \beta_3Cplembaliestr_t + \varepsilon_t \quad 5.4$$

Em que:

$Volcurva_t$  volatilidade semanal da curva de cupom cambial calculada por egarch (1,1) a partir da componente 1 obtida da ETCC.

As demais variáveis independentes são as descritas no item 5.2.

A tabela 5.5 contém os resultados encontrados.

	<b>Resultados Regressão</b>	
	<b>Volatilidade Semanal da Curva de Cupom Cambial</b>	
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>
$\alpha$	11.635	0.0000
$\beta_1 - Cambial$	0.0045	0.0000
$\beta_2 - Reverso$	Não sig.	
$\beta_3 - Aversão ao Risco$	3.144	0.0000
$R^2 - Ajustado$	0.5747	

Tabela 5.5 – Volatilidade Semanal da Curva pelas variáveis independentes selecionadas

Verifica-se, pelo resultado que, novamente, o swap reverso não apresenta impacto. Neste caso, na volatilidade, swaps cambiais bem como posição DDI estrangeiros e Embi br adicionam volatilidade à curva. Vale destacar o expressivo  $R^2$  ajustado, indicando o poder explicatório das variáveis utilizadas para a volatilidade da curva.

Outra questão refere-se à relação da volatilidade do dólar à vista com a volatilidade da curva de cupom cambial. E a equação formulada para essa análise é a que segue.

$$Volptax_t = \alpha + Volcurva_t + \varepsilon_t \quad 5.5$$

$Volptax_t$ : volatilidade semanal da taxa de câmbio calculada por egarch (1,1).

<b>Resultados Regressão</b>		
<b>Volatilidade Semanal da PTAX pela Volatilidade da ETCC</b>		
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>
$\alpha$	0.033	0.0000
$\beta_1 - Volcurva$	0.0009	0.0000
$R^2 - Ajustado$	0.491	

Tabela 5.6 – Volatilidade semanal da PTAX e sua relação com a volatilidade da curva de cupom cambial

Conforme se pode verificar, a cada ponto percentual adicional da volatilidade da curva, adiciona-se 0,009% da volatilidade da PTAX. Um resultado interessante é o  $R^2$  ajustado de 49,1%. Conforme já descrito, o teste de Granger, a partir da segunda defasagem aponta causalidade reversa, indicando a forte correlação entre essas duas variáveis. Mas em uma semana, é ainda a volatilidade da curva que explica a volatilidade do ativo à vista, denotando a já comentada liquidez no mercado futuro de dólar.

Resta ainda verificar a relação da volatilidade da PTAX com o nível da curva, já que esta variável não apresentou causalidade reversa para a defasagem 1 (lembrando que a defasagem é de uma semana). As outras componentes não foram consideradas na regressão uma vez que apresentaram causalidade reversa com a volatilidade da PTAX.

$$Volptax_t = \alpha + Comp1_t + \varepsilon_t \quad 5.6$$

Os resultados serão apresentados na tabela 5.7 a seguir:

<b>Resultados Regressão</b>		
<b>Volatilidade Semanal da PTAX pela Componente 1</b>		
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>
$\alpha$	0.04	0.0000
$\beta_1 - \text{Comp1}$	0.0004	0.0000
$R^2 - \text{Ajustado}$	0.330	

Tabela 5.7 – Volatilidade semanal da PTAX e sua relação com o nível da ETCC

É interessante notar que somente a componente 1 já poderia explicar 33% da volatilidade da PTAX, no nível de significância de 1%. O coeficiente da regressão aponta para uma influência de 0.004% de adição caso o *score* da componente 1 (nível da curva) aumente em uma unidade. Como a volatilidade aqui é semanal, esse valor chega a ser significativo em termos anuais.

Outra relação a ser testada refere-se à volatilidade da PTAX com a aversão ao risco. Uma regressão que incluía as duas componentes - nível da curva e aversão ao risco - não foi efetuada, pois elas se mostraram com correlação linear pelas regressões anteriores, indicando, assim, problemas de multicolinearidade.

O resultado da tabela 5.8 a seguir está de acordo com o esperado, qual seja, a aversão ao risco é significativa e quanto maior a aversão ao risco, maior a volatilidade da PTAX.

<b>Resultados Regressão</b>		
<b>Volatilidade Semanal da PTAX pela Cp1emiestr – aversão ao risco</b>		
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>
$\alpha$	0.0064	0.0000
$\beta_1 - \text{Aversão1}$	0.0421	0.0000
$R^2 - \text{Ajustado}$	0.3674	

Tabela 5.8 – Volatilidade semanal da PTAX e sua relação aaversão ao risco



<b>Resultados Regressão</b>		
<b>Cp1emiestr – aversão ao risco com % Dívida Pública em dólar sobre Dívida Total</b>		
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>
$\alpha$	-0.6291	0.0000
$\beta_1 - \%Div US\$$	9.1310	0.0000
$R^2 - Ajustado$	0.8192	

Tabela 5.9 – Aversão ao risco e sua relação com percentual da dívida pública atrelada em dólar sobre a dívida total.

Observa-se na tabela 5.9 anterior que quanto maior a parcela da dívida pública atrelada ao dólar, maior a variável aversão ao risco calculada a partir da ACP aplicada sobre Embi br e posição DDI estrangeiros.

Os resultados encontrados estão resumidos na tabela 5.10 a seguir que contém apenas se há impacto por parte das variáveis independentes, nas variáveis dependentes (componentes um, dois e três da ETCC, volatilidade semanal da ETCC e volatilidade semanal da PTAX), e qual a direção deste impacto, se positiva ou negativa.

<b>Variáveis Dep.</b>	<b>Nível ETCC</b>	<b>Inclinação ETCC</b>	<b>Curvatura ETCC</b>	<b>Aversão ao Risco (mensal)</b>	<b>Volat. ETCC</b>	<b>Volat. PTAX</b>
<b>Variáveis Indep.</b>						
<b>Swp Cambial</b>	P	P	P		P	
<b>Swp Cambial Reverso</b>	NS	NS	NS		NS	
<b>Aversão ao risco (semanal)</b>	P	P	P		P	P
<b>Nível (semanal)</b>						P
<b>Volatilidade da ETCC (semanal)</b>						P
<b>Div Pública US\$ / Div. Pública Total (%)</b>				P		

Tabela 5.10 Resumo dos impactos em cada variável sob estudo

Em que:

P = Positivo

NS = Não Significativo

N = Negativo

A partir de 2004, a política declarada do BACEN de recompor reservas, e, posteriormente, a reversão da dívida interna passiva em dólar em taxas pós-fixadas ou pré fixadas, foi entendida por muitos agentes do mercado financeiro, por economistas e por pesquisadores como intervenções da autoridade monetária no mercado de câmbio.

Indubitavelmente, tais atuações da autoridade monetária modificam as condições de arbitragem. Sendo as ofertas de swap cambial reverso mais volumosas no período analisado, como explicar o resultado das regressões acima?

Antes de partir para a análise dos resultados com base em uma das variáveis chaves, qual seja, a aversão ao risco, vale discorrer sobre a relação entre o Embi br e o cupom cambial, em dois vértices bastante líquidos e de curto prazo.

Conforme se pode verificar no gráfico 5.7 a seguir, até meados de 2003, o cupom cambial de 3 e 4 meses apresentava correlação positiva com o Embi br e a taxa DI. A partir de janeiro/fevereiro de 2005, o cupom cambial começa a apresentar alta, enquanto o Embi br e DI continuam com sua tendência de queda.

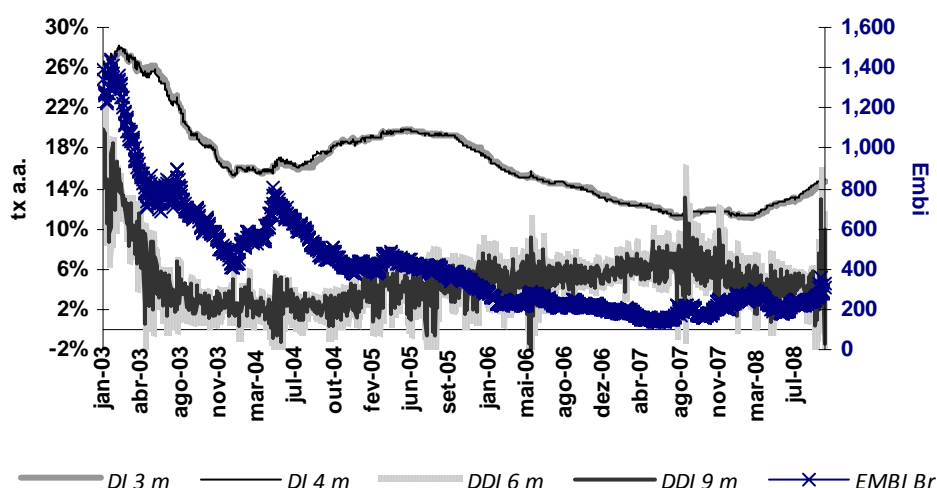


Gráfico 5.7. Evolução dos Mercados futuros de DI, Mercado Futuro de Cupom Cambial e Embi+ Brasil

Ainda, como o cupom cambial, conforme verificado no item de modelo empírico, deve se igualar à taxa internacional como condição de não arbitragem,

quando os Estados Unidos passam a aumentar sua taxa, mesmo que o *spread* do risco país tenha diminuído, o cupom deve aumentar. Tal situação pode ser verificada no gráfico 5.8.

Com a diminuição da taxa de juros doméstica acompanhando o Embi br e o aumento das taxas de juros internacionais, o cupom cambial aumenta pela diminuição da variação cambial, acirrando a tendência de queda da taxa de câmbio.

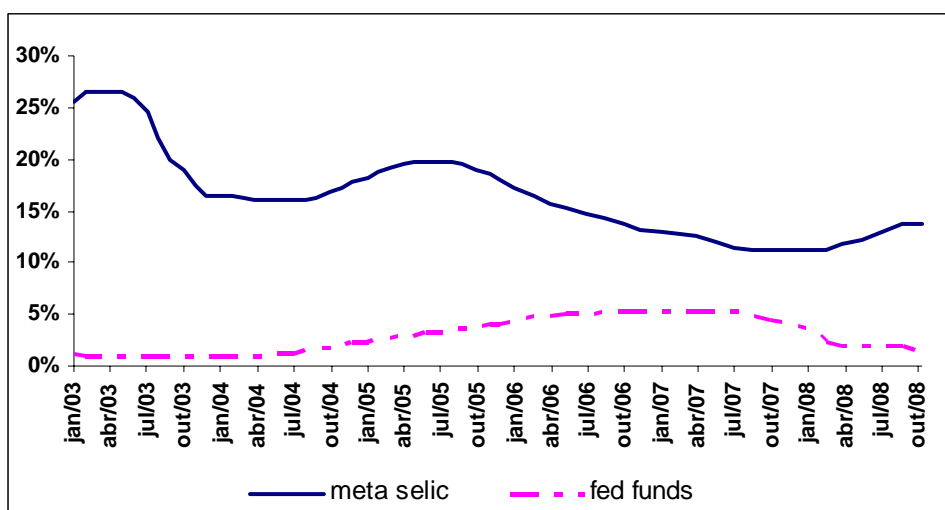


Gráfico 5.8 – Evolução das taxas de juros básicas das economias norte-americana (fed-funds) e brasileira (meta selic). Fonte: [www.federalreserve.gov](http://www.federalreserve.gov) e [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)

Quando se utiliza a componente principal obtida pela ACP sobre Embi br e posição DDI estrangeiros, obtém-se o que, neste trabalho foi interpretado como “aversão ao risco” e sua utilização auxilia bastante na compreensão dos resultados obtidos. Analisando-se o resultado da regressão da variável aversão ao risco com a participação do total da dívida pública em dólar sobre a dívida pública total, verifica-se que a diminuição de tal participação diminui a aversão ao risco, esta, por sua vez, influencia positivamente a volatilidade da ETCC, volatilidade do câmbio e a própria ETCC em todos os seus atributos (nível, inclinação e curvatura).

Cabe aqui retomar o resultado da correlação Embi br e reservas internacionais (-56,44%) e da correlação Embi br e parcela da dívida pública atrelada ao dólar sobre dívida pública total (94,36%). Como verificado em item

anterior, as reservas apresentaram crescimento contínuo no período analisado, assim como a parcela da dívida pública atrelada ao dólar apresentou expressiva queda a partir de 2005. Isso contribuiu fortemente para a queda do Embi br.

A variável aversão ao risco (componente 1 obtida pela ACP sobre Embi br e posição vendida de estrangeiros) é direta e positivamente proporcional ao Embi br, ou seja, este apresentando queda, segue que a aversão ao risco também apresenta queda, contribuindo para a diminuição das componentes estudadas da ETCC, além de diminuir sua volatilidade e a volatilidade do dólar à vista. Ainda, a posição DDI de estrangeiros (posição vendida em taxa de cupom) também é direta e positivamente proporcional à variável “aversão ao risco” e esta também diminuiu, ou seja, a posição comprada por parte dos estrangeiros aumentou, com as especulações efetuadas ao longo desse período, quando a liquidez internacional mostrou-se deveras abundante.

Diante dos resultados, o que se observa para o período analisado é que, se, por um lado o BACEN modifica as condições de arbitragem levando a impactos significativos nas taxas de cupom cambial, por outro, suas atuações no mercado de swap cambial e mercado de dólar à vista provocam efeitos na dívida pública e nas reservas internacionais, respectivamente, contrários aos efeitos esperados pela teoria de portfólio. Tais efeitos são reforçados pela melhoria do perfil da dívida pública como um todo, conforme já citado no item de 3 - Cenário Econômico - Janeiro de 2003 a Setembro de 2008 (vide gráfico 3.7), pela diminuição paulatina das taxas de juros decorrente da queda da inflação, pela forte liquidez internacional presente em grande parte do período sob análise, ao lado da melhoria dos termos de troca em decorrência do crescimento do comércio mundial, na melhoria nas condições de solvência do país e, portanto, maior confiança dos investidores no Brasil.

## **6 Conclusão e trabalhos futuros**

Conforme demonstrado ao longo deste trabalho o cupom cambial é a própria taxa de arbitragem que influencia e é influenciada pelo dólar, pela diferença entre as taxas de juros domésticas e internacionais e pelo risco país.

Este trabalho se propôs a estudar dois dos participantes - BACEN e investidores estrangeiros - em um dos mercados que influenciam a taxa de câmbio: o mercado de cupom cambial. Ao lado das duas citadas variáveis, estudou-se o risco país e sua influência da ETCC.

No Brasil, vários foram os estudos recentes sobre componentes principais em curvas de juros, sejam eles domésticos ou os juros sobre o valor em dólar (ETCC). Os resultados obtidos estavam de acordo com os obtidos por Litterman & Scheikmann (1991).

De lá para cá, alguns avanços na aplicação da ACP podem ser notados, como seu uso no cálculo do VaR (Santos, 2005), entre outros. Entretanto, a aplicação da regressão por ACP para o melhor entendimento de fatores econômico-financeiros, além de outras interpretações, se mostram ainda pouco desenvolvidas.

Este trabalho buscou avançar sobre os estudos dos atributos da interpretação efetuada por Litterman & Scheikmann (1991), corrente na literatura em finanças, e, assim, estudaram-se os impactos em tais atributos causados pelas atuações do Banco Central e pelo movimento dos investidores estrangeiros no mercado futuro de cupom cambial.

Os resultados comprovam a teoria do portfólio quando se consideram as variáveis de aversão ao risco (obtida pela ACP sobre EMBI br e participação da posição líquida de estrangeiros no mercado futuro de DDI) e swaps cambiais. Uma vez que a aversão ao risco está relacionada ao risco país e à arbitragem dos estrangeiros, a teoria de equilíbrio de portfólio prevê exatamente a relação das taxas

de juros internacionais, em conjunto com o risco país. Ao lado disto, os swaps cambiais se mostraram significativos. Já os swaps cambiais reversos não se mostraram significativos em todas as regressões.

Alguns fatos existentes nesse período podem explicar essa situação. Primeiramente tomou-se um período bastante longo em que houve mudanças fortemente favoráveis no cenário internacional (farta liquidez internacional e vigoroso crescimento do comércio mundial) e no cenário doméstico (metas de inflação sendo atingidas, maior disciplina fiscal, com sucessivos superávits primários, melhora no perfil da dívida).

Nesse período, as atuações do BACEN no câmbio levaram a uma recomposição das reservas internacionais para níveis elevados que contribuíram para a melhora na condição de solvência. Soma-se a isso o fato de os swaps cambiais reversos interferirem na diminuição da participação da parcela da dívida pública atrelada ao dólar sobre a dívida total. Como demonstrado, a evolução de ambas variáveis resultou em queda do risco país e, portanto, da aversão ao risco de aplicar no país. Com isso, diminuiu-se a volatilidade da curva de cupom, a volatilidade do dólar à vista.

Pode ter ocorrido, portanto, que as modificações ocasionadas pelas intervenções do Banco Central nas condições de arbitragem do mercado de cupom cambial tenham sido minimizadas pelos efeitos das atuações do BACEN na melhoria das condições de solvência, somados às mudanças favoráveis no cenário econômico externo e interno.

Conforme exposto no decorrer deste trabalho, foi utilizado o cunho interpretativo da ACP.

Um trabalho interessante e complementar que pode ser efetuado seria o de recompor a ETCC a partir das mudanças indicadas pelos coeficientes das

regressões lineares efetuadas para cada um de seus atributos, isto é, para nível, inclinação e curvatura.

Outra linha a seguir refere-se à outra metodologia de análise multivariada, a chamada Análise de Fatores, a qual estaria mais interessada na componente obtida pela aplicação da metodologia do que nos dados originais em si. E, assim, obter variáveis como aversão ao risco, ou busca por retorno, como efetuado neste trabalho com o uso da ACP, e estudar os impactos gerados por choques econômicos ou informações sobre elas pode ser um caminho a ser trilhado em estudos de Finanças Comportamentais.

## **Referência Bibliográfica**

Almeida, Caio & Pinheiro, Felipe & Vicente, José; **Um Modelo de Fatores Latentes com Variáveis Macroeconômicas para a Curva de Cupom Cambial**; Revista Brasileira de Finanças 2007 Vol. 5, No. 1, pp. 79–92.

Araújo, Gustavo & Barbedo, Cláudio & Bessada, Octávio; **Mercado de Derivativos no Brasil. Conceitos, Operações e Estratégias**; Editora Record. 2005.

Bjørnland, C. Hilde & Hungnes, Håvard; **Fundamental determinants of the long run real exchange rate: The case of Norway**. Department of Economics, University of Oslo.

Bühler, Wolfgang et al; **An empirical Comparison of Forward Rate and Spot Rate Models for Valuing Interest Rate Options**. The Journal of Finance, Vol. Liv., No. 1. February, 1999.

Baltar, de P. Gustavo; **Taxa de Câmbio de Equilíbrio no Brasil: Um estudo**. Dissertação Mestrado Coppead/UFRJ, 2005.

Bessada, Octavio & Silveira B. Getúlio; **Análise de Componentes Principais de Dados Funcionais: Uma aplicação às Estruturas a Termo de Taxas de Juros**; Trabalhos para Discussão n.73. Banco Central do Brasil. Maio, 2003.

Bliss, Robert R.; **Movements in the term structure of interest rates**; Federal Reserve Bank of Atlanta; Economic Review; Fourth Quarter 1997.

**Boletim de Conjuntura Econômica** – Instituto de Economia – UFRJ. Vários.

Brière, Marie. & Ielpo, Florian; **Yield curve reaction to macroeconomic news in Europe: disentangling the US influence**. Working Papers CEB (Centre Emile Bernheim); 2007.

Chrity, Daniel & Garcia, G. P. Márcio & Medeiros, Marcelo; **Tendenciosidade do Mercado Futuro de Câmbio: Risco Cambial ou Erros Sistemáticos de Previsão?** Puc-Rio; Maio 2006.

Diógenes, C. D. Felipe; **Efeitos sobre o câmbio das intervenções cambiais esterilizadas – O caso brasileiro de 2003 a 2006**; Puc-Rio; Abril 2007.

Equipe Técnica BM&F; **O Mecanismo do FRA de Cupom**. Resenha BM&F nº 144, março-abril/2001.

Fomby, B. Thomas & Johnson S. R. & Hill, R. Carter; **Component Selection Norms for Principal Components Regression**. Communications in Statistics - Theory and Methods, Vol. 6 Issue 4, 309-334;1977.

Garcia, G. P. Márcio; **A Macroeconomia do dólar futuro**; junho 1997.

Garcia, G. P. Márcio & Olivares, Gino; **O Prêmio de Risco da Taxa de Câmbio no Brasil durante o Plano Real**. RBE Rio de Janeiro 55(2)-151-182 Abr/Jun. 2001.



Garcia, G. P. Márcio & Urban, Fabio; **O Mercado Interbancário de Câmbio no Brasil**; março 2004.

Gutierrez, C. Maria; **Indexação da Taxa de Câmbio: justificativa Teórica e Implicações Macroeconômicas**. Notas Técnicas do Banco Central do Brasil, n. 29; outubro 2002.

Hoff, Cecília R.; **Determinantes das Intervenções Cambiais no Brasil**, Dissertação de Mestrado IE/UFRJ; Setembro 2004.

Ishii, Shogo; Canales-Kriljenko, Jorge Ivan; Guimarães, Roberto; Karacadag, Cem; **Official Foreign Exchange Intervention**; Occasional Paper, 249. IMF. Washington DC. 2006

Jolliffe, I.T.; **A note on the Use of Principal Components in Regression**; Applied Statistics Vol. 31 No. 3, pp.300-303; 1982.

Jolliffe, I.T.; **Principal Component Analysis**. Springer-Verlag New York; 1986.

Johnson, R.A & Wichern, Dean W.; **Applied multivariate statistical analysis**; 4<sup>th</sup> ed.; Upper Saddle River: Prentice-Hall; 1998.

Litterman, R. & Scheinkman, J.; **Common Factors affecting Bond Returns**. Journal of Fixed Income, 1:54–61; 1991.

Leme, S. C. Maria & Takami Y. Marcelo; **Estudo das Relações de Paridade de Juros para a Economia Brasileira no Período recente**; 2003.

Noves, Walter & Oliveira de, N. Fernando; **Intervenção no Mercado Cambial: Eficácia de Derivativos e de Outros Instrumentos**; abril 2005.

Pinheiro, F. C. Felipe; **Modelos de Previsão da estrutura a Termo do Cupom Cambial**; Ibmec-RJ; setembro 2006.

Rochman, R. Ricardo; **Fatores que Influenciam a Estrutura temporal de Cupom Cambial: Uma aplicação da Análise de Componentes Principais**. In: 7o. Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2007, São Paulo: USP, 2007. v. 1. p. 1-16.

Santos, A. L. E. Francisco; **Aplicação da metodologia de Componentes principais na análise da Estrutura a Termo de Taxa de Juros Brasileira e no Cálculo de Valor em Risco**. Dissertação de Mestrado/Coppead -UFRJ 2005.

**Relatório Trimestral de Inflação** – Banco Central do Brasil. Vários.

Resumo Semanal Operações BM&F in:  
[http://www.BM&F.com.br/portal/pages/boletim1/VolumeGeral/VolumeGeral.asp/março de 2008](http://www.BM&F.com.br/portal/pages/boletim1/VolumeGeral/VolumeGeral.asp/março%20de%202008)

Valente, P. Oliveira; **Modelos de volatilidade aplicados ao câmbio no Brasil: Uma análise Comparativa**. Dissertação de Mestrado/IE-UFRJ/2007.

Varga, G; **Interpolação por Cubic Spline para a Estrutura a Termo Brasileira**. Resenha BM&F No 140, pp. 29-35, jul-ago/2000.

Vasconcellos, Marco Antônio et al; **Economia Brasileira Contemporânea**. 4<sup>o</sup>. Edição. Ed. Atlas. São Paulo 2002.

Vasconcellos, Marco Antônio et al; **Economia Brasileira Contemporânea**. 7<sup>o</sup>. Edição. Ed. Atlas. São Paulo 2008.

Verschoor, F.C. Willem & Wolff, C. P., Christian; **Foreign exchange rate expectations: Survey and Synthesis**. *Journal of Economic Surveys* (2008) vol. 22 No. 1, pp 140-165.

## ANEXO I - Componentes Principais a partir de Variáveis padronizadas

Tomem-se os valores:

$$W_1 = \frac{(X_1 - \mu_1)}{\sqrt{\sigma_{11}}} \quad \text{I.1}$$

$$W_2 = \frac{(X_2 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_{22}}} \quad \text{I.2}$$

⋮

$$W_p = \frac{(X_p - \mu_p)}{\sqrt{\sigma_{pp}}} \quad \text{I.3}$$

Em notação matricial temos:

$$\mathbf{W} = (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} (\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})$$

Em que

$\mathbf{V}^{1/2}$  é a matriz diagonal do desvio padrão.

$\mathbf{X}$  é o vetor das variáveis originais

$\boldsymbol{\mu}$  é a média das variáveis originais

Há dois resultados importantes que facilitam o uso de variáveis padronizadas para o cálculo de componentes principais. Ambos estão a seguir elencados:

(i)  $E(\mathbf{W}) = \mathbf{0}$

(ii)  $\text{Cov}(\mathbf{W}) = (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} \boldsymbol{\Sigma} (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} = \boldsymbol{\rho}$

Com isso, as componentes principais de  $\mathbf{W}$  podem ser obtidas dos autovalores da matriz de correlação  $\boldsymbol{\rho}$  de  $\mathbf{X}$ .

## **ANEXO II - Componentes Principais em Regressão Linear**

Considere a seguinte regressão multilinear:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{II.1}$$

Em que  $\mathbf{y}$  é um vetor de  $n$  observações da variável dependente, centrada na média,  $\mathbf{X}$  é uma matriz ( $n \times p$ ) cujo elemento da  $i$ -ésima linha e  $j$ -ésima coluna é o valor do  $j$ -ésimo regressor para a  $i$ -ésima observação,  $\boldsymbol{\beta}$  é o coeficiente da regressão e  $\boldsymbol{\varepsilon}$  é o vetor de termo de erro e são independentes e homoscedásticos.<sup>15</sup>

Os valores das componentes principais para cada observação são dados por:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{X}\mathbf{A} \quad \text{II.2}$$

Em que o  $(i,k)$  ésimio elemento de  $\mathbf{Z}$  é o chamado score da  $k$ -ésima CP para a  $i$ -ésima observação, e  $\mathbf{A}$  é a matriz ( $p \times p$ ) cuja  $k$ -ésima coluna é o  $k$ -ésimo autovetor de  $\mathbf{X}$ .

Como  $\mathbf{A}$  é ortogonal, então  $\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$  pode ser reescrita da seguinte forma  $\mathbf{X}\mathbf{A}\mathbf{A}'\boldsymbol{\beta} = \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma}$ , sendo  $\boldsymbol{\gamma} = \mathbf{A}'\boldsymbol{\beta}$ .

A equação II.1 pode, então ser substituída pela equação abaixo:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{II.3}$$

Verifica-se que em tal equação as variáveis preditivas originais foram substituídas, simplesmente, por suas componentes principais.

Para fins de simplicidade e conforme descrito ao longo do trabalho, no que concerne à multicolinearidade, uma das grandes contribuições da regressão por CP reside na diminuição da quantidade de variáveis preditivas na regressão múltipla. A regressão por componentes principais em sua forma resumida pode ser assim descrita:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Z}_m\boldsymbol{\gamma}_m + \boldsymbol{\varepsilon}_m \quad \text{II.4}$$

---

<sup>15</sup> Na literatura é convenção utilizar as variáveis preditivas também centradas na média. Entretanto, segundo Jolliffe (1986), as derivações seguintes são similares. Assim, neste trabalho optou-se por não centrar as variáveis independentes da regressão para melhor interpretação dos resultados.

Em que  $\gamma_m$  é um vetor de  $m$  elementos, subconjunto dos  $p$  elementos de  $\gamma$ ,  $\mathbf{Z}_m$  é uma matriz ( $n \times m$ ) subconjunto da matriz  $\mathbf{Z}$ , e  $\varepsilon_m$  é o termo de erro.

Utilizar o método de mínimos quadrados para estimar  $\gamma$  na equação (II.4), e em seguida encontrar uma estimativa para  $\beta$  da equação  $\beta = \mathbf{A}\gamma$ , equivale encontrar o  $\beta$  aplicando mínimos quadrados diretamente em (II.1).

### **Anexo III – Outputs eviews**

Dependent Variable: COMP1

Method: Least Squares

Sample: 1 301

Included observations: 301

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAMBIAL	0.007338	0.000809	9.070966	0.0000
REVERSO	-0.000220	0.000600	-0.366214	0.7145
CP1EMBIEN	2.459098	0.742385	3.312428	0.0010
C	1.469938	0.875309	1.679337	0.0941
R-squared	0.374470	S.D. dependent var		16.88393
Adjusted R-squared	0.368152	Akaike info criterion		8.044695
S.E. of regression	13.42085	Schwarz criterion		8.093959
Durbin-Watson stat	0.857089	F-statistic		59.26580
Mean dependent var	3.914693	Prob(F-statistic)		0.000000

Dependent Variable: COMP2

Method: Least Squares

Sample: 1 301

Included observations: 301

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAMBIAL	0.001809	0.000244	7.425937	0.0000
REVERSO	-0.000103	0.000171	-0.603901	0.5464
CP1EMBIE	-3.525089	0.214925	-16.40146	0.0000
CP2EMBIE	4.207156	0.386065	10.89754	0.0000
C	2.249422	0.250307	8.986656	0.0000
R-squared	0.751588	S.D. dependent var		7.611848
Adjusted R-squared	0.748231	Akaike info criterion		5.534517
S.E. of regression	3.819364	Schwarz criterion		5.596097
Durbin-Watson stat	0.772567	F-statistic		223.8924
Mean dependent var	2.829885	Prob(F-statistic)		0.000000

Dependent Variable: COMP3

Method: Least Squares

Sample: 1 301

Included observations: 301

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAMBIAL	0.000279	7.35E-05	3.801531	0.0002
REVERSO	7.47E-05	5.15E-05	1.450468	0.1480
EMBIBR	0.006298	0.000330	19.06321	0.0000
C	-1.715558	0.148946	-11.51797	0.0000
R-squared	0.726870	S.D. dependent var		2.193971
Adjusted R-squared	0.724111	Akaike info criterion		3.134745
S.E. of regression	1.152385	Schwarz criterion		3.184009
Durbin-Watson stat	1.117959	F-statistic		263.4652
Mean dependent var	0.926878	Prob(F-statistic)		0.000000

Dependent Variable: VOLCURVA  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/21/09 Time: 03:15  
 Sample: 1 301  
 Included observations: 301

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CP1EMBIEN	3.144128	0.381014	8.252009	0.0000
CAMBIAL	0.004561	0.000415	10.98539	0.0000
REVERSO	-0.000198	0.000308	-0.642044	0.5213
C	8.940398	0.449234	19.90143	0.0000
R-squared	0.578928	S.D. dependent var		10.56163
Adjusted R-squared	0.574675	Akaike info criterion		6.710629
S.E. of regression	6.887968	Schwarz criterion		6.759893
Durbin-Watson stat	0.833796	F-statistic		136.1144
Mean dependent var	10.49757	Prob(F-statistic)		0.000000

Dependent Variable: VOLPTAX  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/27/09 Time: 01:07  
 Sample: 1 301  
 Included observations: 301

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CP1EMBIEN	0.006431	0.000486	13.23966	0.0000
C	0.042111	0.000618	68.17831	0.0000
R-squared	0.369582	S.D. dependent var		0.013474
Adjusted R-squared	0.367474	Akaike info criterion		-6.227558
S.E. of regression	0.010716	Schwarz criterion		-6.202926
Durbin-Watson stat	0.236018	F-statistic		175.2886
Mean dependent var	0.042127	Prob(F-statistic)		0.000000

Dependent Variable: VOLPTAX  
 Method: Least Squares  
 Date: 02/02/09 Time: 01:12  
 Sample: 1 301  
 Included observations: 301

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
COMP1	0.000460	3.77E-05	12.20160	0.0000
C	0.040326	0.000653	61.80107	0.0000
R-squared	0.332409	S.D. dependent var		0.013474
Adjusted R-squared	0.330176	Akaike info criterion		-6.170266
S.E. of regression	0.011027	Schwarz criterion		-6.145634
Durbin-Watson stat	0.274048	F-statistic		148.8791
Mean dependent var	0.042127	Prob(F-statistic)		0.000000