

Tendenciosidade do Mercado Futuro de Câmbio: Risco Cambial ou Erros Sistemáticos de Previsão?

Daniel Chrity*

Márcio G. P. Garcia**

Marcelo C. Medeiros***

Resumo

A taxa de câmbio futura é amplamente utilizada em finanças internacionais sempre que se torna necessária a análise das expectativas em relação aos movimentos futuros da taxa de câmbio. O câmbio futuro também é útil na identificação da existência do prêmio de risco cambial. Uma proposição sobre o mercado cambial diz que a diferença entre a taxa de câmbio *spot* e a taxa futura seria uma previsão dos movimentos futuros da taxa de câmbio. No entanto essa previsão raramente é precisa. Esta tendenciosidade do câmbio futuro pode ser atribuída a um prêmio de risco cambial, que seria o diferencial esperado de retorno requerido pelos investidores para adquirir um título em moeda doméstica. Este viés das previsões, obtido via sinalização do mercado futuro de câmbio, pode também ser atribuído a um erro sistemático de previsão. Analisamos a eficiência e a racionalidade do mercado de câmbio futuro no Brasil no período entre abril de 1995 e dezembro de 1998, durante o qual vigorou um regime de câmbio administrado.

Palavras-chave: Risco-cambial; prêmio de risco; regressão; mercado futuro.

Códigos JEL: C29; F31; G15.

Abstract

The forward exchange rate is widely used in international finance whenever the analysis of the expected depreciation is needed. It is also used to identify currency risk premium. The difference between the spot rate and the forward rate (the forward premium) is supposed to be a predictor of the future movements of the spot rate. This prediction is hardly precise. The fact that the forward rate is a biased predictor of the future spot rate may be attributed to a currency risk premium. The bias can also be attributed to systematic errors in forecasting the future depreciation of the currency. This paper analyzes the nature of the risk premium and of the forecast errors in using the forward rate. We examine the efficiency and rationality of the futures market in Brazil from April 1995 to December 1998, a period of controlled exchange rates.

Keywords: Forward premium puzzle; exchange rate forecast errors; exchange rate risk premium; exchange rate futures market in Brazil.

Submetido in Novembro de 2005. Revisado in Maio de 2006. Pesquisa parcialmente financiada pelo CNPq. Os autores gostariam de agradecer os comentários e sugestões de Cristiano Fernandes, Tiago Couto Berriel e Bernardo Carvalho. Uma versão preliminar deste artigo foi apresentada no I Encontro Brasileiro de Finanças.

*Departamento de Economia, PUC-Rio. E-mail: dchrity@nobel.com.br

**Departamento de Economia, PUC-Rio. E-mail: mgarcia@econ.puc-rio.br

***Departamento de Economia, PUC-Rio. E-mail: mcm@econ.puc-rio.br

1. Introdução

Um tópico importante na literatura de finanças internacionais é a previsão da taxa de câmbio. No entanto, ainda não foi possível desenvolver modelos econométricos estruturais com capacidade preditiva satisfatória (Messe e Singleton, 1982, Meese e Rogoff, 1983a,b, Messe e Rose, 1991). Por exemplo, modelos baseados na paridade do poder de compra (PPC),¹ apesar de poderem funcionar razoavelmente a longo prazo, não têm se mostrado capazes de prever a evolução de curto prazo da taxa de câmbio. Por outro lado, há uma série de trabalhos que visam testar a capacidade preditiva contida nas cotações futuras do câmbio e se o chamado *forward premium* (a diferença entre as cotações à vista e futura do câmbio) é um previsor não tendencioso dos movimentos futuros da taxa de câmbio *spot*, como visto em Bilson (1981), Longworth (1981) e Frankel e Froot (1989). Entretanto, tais previsões raramente são precisas, de modo que surge a questão de como interpretar o viés do mercado futuro de câmbio no caso de sua existência.

Os trabalhos de Fama (1984) e Hodrick e Srivastava (1984) interpretam o viés não somente como evidência de um prêmio de risco não-nulo, mas também como evidência de que a variância do prêmio de risco é maior que a variância da depreciação esperada. Bilson (1981) expressa a forma extrema desse ponto de vista considerando a depreciação esperada sempre nula, de modo que mudanças no *forward premium* refletem mudanças no prêmio de risco. O trabalho de Meese e Rogoff (1983a) é normalmente citado como suporte a esse ponto de vista extremo, onde um simples *passeio aleatório* prevê consistentemente melhor a taxa de câmbio *spot* no futuro do que diversos modelos alternativos.

Neste artigo, buscamos identificar se o viés de previsão é indicação de um prêmio de risco cambial que varia no tempo ou uma violação das expectativas racionais dos agentes em relação aos movimentos do câmbio *spot*. Se considerarmos que os investidores são indiferentes ao risco, o componente do *forward premium* que sistematicamente excede às variações das taxas de câmbio seria evidência de uma quebra sistemática das expectativas racionais, uma vez que seriam cometidos erros sistemáticos na previsão do câmbio *spot*. Uma outra questão fundamental é como interpretar o viés das previsões dos movimentos das taxas de câmbio via *forward premium*: erros sistemáticos de previsão ou um prêmio de risco cambial. Portanto, também testamos se o viés deve-se unicamente a um desses fatores ou a uma combinação de ambos.² Neste artigo iremos dividir o *forward premium* em seus dois componentes: depreciação cambial esperada e o prêmio de risco cambial. Assim, torna-se possível analisar as propriedades de cada um desses componentes

¹Em linhas gerais a PPC mede quanto uma determinada moeda pode adquirir em termos internacionais (normalmente em dólar), já que bens e serviços têm diferentes preços de acordo com o país.

²Devemos ser um pouco céticos em relação à precisão dos dados sobre expectativas, permitindo a possibilidade de que tais dados não sejam medidas precisas das reais expectativas dos investidores. Utilizaremos as expectativas como se fossem homogeneamente tidas por todos os investidores. De fato, como os investidores possuem diferentes expectativas em relação aos movimentos futuros do câmbio, se realmente existe uma única expectativa, esta é medida com erro. Este erro de medida também pode surgir devido à própria volatilidade do câmbio *spot*.

separadamente. O prêmio de risco será estimado segundo a metodologia desenvolvida em Garcia e Olivares (1999).

Além desta Introdução, este artigo consta de oito seções. Na Seção 2 discutimos brevemente a intuição de por que as cotações do mercado futuro de câmbio não podem ser consideradas estimativas não-viesadas da cotação futura do câmbio à vista. Na Seção 3 apresentamos as ferramentas financeiras e os dados que são utilizados ao longo do artigo. Na Seção 4 estudamos a existência do viés no mercado futuro de câmbio por meio de uma análise econométrica. Posteriormente, na Seção 5, fazemos a decomposição desse viés em componentes atribuídos ao prêmio de risco cambial e a erros sistemáticos de previsão por parte dos agentes. A relação entre o viés do mercado cambial e o prêmio de risco é investigada na Seção 6. A mesma análise em relação aos erros de expectativa é feita na Seção 7. Na Seção 8 apresentamos um teste econométrico alternativo onde buscamos evidenciar a existência de especulação excessiva no mercado cambial. Finalmente, as conclusões deste artigo são apresentadas na Seção 9.

2. Análise da Existência da Condição de Paridade Coberta da Taxa de Juros via Arbitragem Juros/Câmbio

Freqüentemente as cotações do mercado futuro de dólar são tratadas como se representassem a previsão do mercado para o valor do dólar *spot* no dia de vencimento do contrato. Por exemplo, parece lógico concluir que o preço do contrato futuro de dólar americano cotado na BM&F seria uma boa estimativa corrente que o mercado faz do valor do dólar à vista na data do vencimento do contrato (o último dia útil de cada mês). Uma possível justificativa para tal conclusão é que o preço do dólar futuro seria uma média das estimativas para o valor do dólar à vista na data de vencimento do contrato. Ao agregar as diferentes expectativas quanto ao comportamento do dólar *spot* no futuro, o preço do dólar futuro representaria uma previsão do mercado em relação ao valor da moeda à vista. No entanto, tal afirmação em geral não é correta. Apenas por coincidência, o valor do dólar futuro coincidirá com a expectativa do mercado de dólar à vista no vencimento do contrato futuro.

A explicação acima deixa de levar em consideração a razão pela qual os agentes entram no mercado futuro de dólar. Três são as razões que movem os investidores a atuar em tal mercado: especulação, proteção (*hedge*) e arbitragem. Um especulador compra ou vende unicamente se espera ganhar com a transação. Já um *hedger* pode comprar ou vender com expectativa de perder dinheiro na referida transação, desde que a mesma lhe possibilite reduzir o risco de seu portfólio como um todo. Um arbitrador aproveita-se das eventuais diferenças entre os preços de um mesmo ativo em diferentes mercados para operar. O preço que vai efetivamente vigorar no mercado futuro, portanto, é resultante das ações de todos esses agentes, cujas expectativas e conjunto de informações podem inclusive diferir. Somente por coincidência o preço futuro refletiria a expectativa do mercado quanto à cotação futura do dólar *spot*.

A Figura 1 mostra o comportamento do dólar futuro em relação ao dólar *spot*. A análise refere-se ao período de câmbio controlado do Plano Real que vai até o final de 1998.³ A série em negrito (que corre por baixo) é a série do dólar à vista. As séries que correm por cima são os preços do dólar futuro. Estes mostram que, à medida que se aproxima a data de vencimento de um contrato futuro, o preço de tal contrato converge para o preço do dólar *spot*.

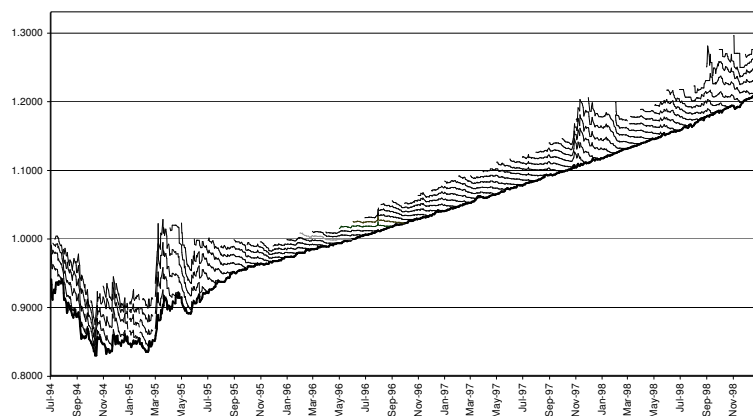


Figura 1
Dólar futuro e dólar *spot* (Jul94–Dez98)

A característica mais marcante da série observada na Figura 1 é o fato de que o dólar futuro está consistentemente acima do dólar à vista, para ele convergindo à medida que se aproxima do vencimento do contrato futuro. Note também que no último dia de negociação as duas séries apresentam o mesmo valor, como seria de se esperar. Afinal, no último dia de negociação do contrato futuro de câmbio se está negociando o valor do dólar no próprio dia.

Vale a pena ressaltar que o retorno do ativo “contrato futuro de dólar” apresenta uma correlação positiva com o risco agregado da economia brasileira, pois rende mais justamente quando a grande maioria dos demais ativos estaria sofrendo violentas perdas de valor devido à suposta catástrofe macroeconômica associada à desvalorização cambial. Em outras palavras, o contrato futuro de dólar também pode ser visto como um *hedge* contra o risco agregado. Logicamente, quanto mais distante do vencimento do contrato futuro estivermos, maior será o risco envolvido e, conseqüentemente, maior será o prêmio de seguro exigido pelos investidores. O prêmio de seguro diminui à medida que o vencimento do contrato se aproxima, como pode ser visto pela tendência declinante dos preços do dólar futuro na Figura 1. O prêmio de seguro é a cunha entre o preço do dólar futuro e a expectativa

³A decisão de alterar o regime cambial foi anunciada em 13 de janeiro de 1999.

do dólar pronto (*spot*) no vencimento do contrato. Tal cunha aumenta em períodos de maior incerteza e diminui em períodos menos conturbados da economia. Entretanto, dada a importância da âncora cambial no período analisado, tal cunha sempre é relevante.

Em relação à questão de se o dólar futuro é um bom previsor do dólar pronto no futuro, a figura deixa claro que, se o dólar futuro fosse efetivamente um previsor adequado do dólar à vista no futuro, o mercado deveria não somente errar, como deveria errar sistematicamente e na mesma direção.

3. Decomposição do *Forward Premium* e do *Forward Rate Forecast Error*

Nesta seção vamos fazer a decomposição do *forward premium* e do *forward rate forecast error* (ao qual vamos nos referir simplesmente como *forecast error*) em seus respectivos componentes. Vamos também estimar o prêmio de risco e a depreciação esperada.

O *forward premium* (fp_t^k) é definido como:

$$fp_t^k = f_t^k - s_t \quad (1)$$

onde f_t^k é o logaritmo da cotação no dia t do câmbio futuro k -dias-à-frente e s_t é o logaritmo da cotação do câmbio à vista em t . Podemos fazer a seguinte decomposição em prêmio de risco e depreciação esperada:

$$\begin{aligned} fp_t^k = f_t^k - s_t &= f_t^k - s_t + \mathbb{E}(s_{t+k}) - \mathbb{E}(s_{t+k}) = [f_t^k - \mathbb{E}(s_{t+k})] \\ &+ [\mathbb{E}(s_{t+k}) - s_t] = rp_t^k + \Delta s_{t+k}^e \end{aligned} \quad (2)$$

onde $\mathbb{E}(\cdot)$ é a esperança de \cdot , rp_t^k é o prêmio de risco cambial e $\Delta s_{t+k}^e = \mathbb{E}(s_{t+k}) - s_t$ é a depreciação esperada. Portanto, o *forward premium* é a soma do prêmio de risco e da depreciação esperada da taxa de câmbio. Ao longo das próximas seções será interessante reescrever essa condição de igualdade como:

$$rp_t^k = fp_t^k - \Delta s_{t+k}^e \quad (3)$$

Definindo $\Delta s_{t+k} - \Delta s_{t+k}^e = (s_{t+k} - s_t) - [\mathbb{E}(s_{t+k}) - s_t] = s_{t+k} - \mathbb{E}(s_{t+k}) = \eta_{t+k}^k$. Temos então que $\Delta s_{t+k} - \Delta s_{t+k}^e = \eta_{t+k}^k$. Dessa forma, o termo η_{t+k}^k é o desvio do que realmente ocorreu no mercado cambial em termos de variação da taxa *spot* em relação as expectativas *a priori* sobre tais movimentos, ou seja, é componente esperado da depreciação cambial. Uma vez definido tal desvio das expectativas, podemos detalhar melhor outra ferramenta financeira que será largamente utilizada nesse artigo, o *forecast error*, fe_t^k :

$$\begin{aligned} fe_t^k = f_t^k - s_{t+k} &= f_t^k - s_{t+k} + \mathbb{E}(s_{t+k}) - \mathbb{E}(s_{t+k}) \\ &= [f_t^k - \mathbb{E}(s_{t+k})] + [\mathbb{E}(s_{t+k}) - s_{t+k}] \end{aligned} \quad (4)$$

Portanto,

$$fe_t^k = rp_t^k - \eta_{t+k}^k \quad (5)$$

A equação (5) expressa a igualdade entre o *forecast error* e a diferença entre o prêmio de risco cambial e o componente não esperado da depreciação cambial. Esta decomposição do *forward error* é importante pois possibilita a construção de métodos para a estimação tanto do prêmio de risco quanto da depreciação esperada, o que, por sua vez, é importante para evidenciar quais os fatores que mais influenciam o viés do mercado futuro de câmbio.

Uma forma alternativa de verificar a tendenciosidade do mercado futuro de câmbio consiste na percepção da importância relativa dos desvios dentro da decomposição do *forecast error*. O *forecast error* também pode ser representado como a diferença entre o *forward premium* e a variação efetivamente observada da taxa *spot*, $fe_t^k = f_t^k - s_{t+k} = (f_t^k - s_t) - (s_{t+k} - s_t) = fp_t^k - \Delta s_{t+k}$, ou, de forma sintética:

$$fe_t^k = fp_t^k - \Delta s_{t+k} \quad (6)$$

Torna-se necessário, então, extrairmos o prêmio de risco cambial. Garcia e Olivares (1999) fazem esta identificação para o mercado brasileiro através de um modelo de extração de sinal. Utilizando tal medida, foi possível também estimar a taxa de depreciação esperada. A metodologia aplicada foi desenvolvida em Wolff (1987) e utilizada também por Cheung (1993).

3.1 Os dados

Utilizamos a taxa de câmbio à vista e a cotação do dólar futuro para vencimento um mês à frente negociado na BM&F. As taxas correspondem ao primeiro dia útil do mês e estão cotadas em reais por dólar. A amostra possui 45 observações correspondentes ao período entre abril de 1995 e dezembro de 1998. A escolha do período foi feita para evitar a mistura de regimes cambiais distintos. Como se sabe, do início do Plano Real (julho de 1994) até março de 1995 vigorou um regime de flutuação cambial. De abril de 1995 a dezembro de 1998 vigorou um regime semelhante a um *crawling-peg*. Após janeiro de 1999 a livre flutuação voltou a vigorar. As séries são as mesmas utilizadas por Garcia e Olivares (1999).⁴

3.2 Estimação do prêmio de risco

O objetivo desta seção é apresentar de forma resumida a metodologia adotada por Garcia e Olivares (1999) para estimação do prêmio de risco.

O *forecast error* é utilizado para determinar o prêmio de risco que os agentes estão exigindo. Uma vez estimado o prêmio de risco, a série do *forward premium* é usada para estimar por diferença a taxa de depreciação esperada. Segundo Garcia

⁴Ver Seção 3.2 em Garcia e Olivares (1999) para estatísticas descritivas e maiores detalhes sobre as séries.

e Olivares (1999), podemos especificar o modelo em forma de espaço de estado da seguinte maneira:

$$fe_t^k = f_t^k - s_{t+k} = rp_t^k + \nu_{t+k} \quad (7)$$

$$rp_t^k = \alpha + \phi rp_{t-1}^k + z_t \quad (8)$$

onde

$$\begin{pmatrix} z_t \\ \nu_t \end{pmatrix} \sim \text{NID} \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Q^2 & 0 \\ 0 & R^2 \end{pmatrix} \right] \quad (9)$$

sendo $\nu_{t+k} = \Delta s_{t+k}^e - \Delta s_{t+k} = \mathbb{E}(s_{t+k}) - s_t - (s_{t+k} - s_t) = \mathbb{E}(s_{t+k}) - s_{t+k}$. O termo de erro da Equação (7) nada mais é do que $-\eta_{t+k}^k$.

A Equação (7) indica que o erro de previsão resultante da utilização da taxa do mercado futuro como um previsor da futura taxa à vista (*forecast error*) consiste em um componente de prêmio de risco e um componente de desvio do tipo *ruído branco*. A idéia é considerar o prêmio de risco cambial como sendo uma componente não-observável passível de ser estimada. Na terminologia dos modelos de extração de sinal, o componente de prêmio, rp_t^k , seria o sinal a ser identificado, enquanto o componente de desvio, $\nu_{t+k} = -\eta_{t+k}^k$ seria o ruído que é adicionado ao sinal. Uma vantagem importante desta metodologia é que torna-se desnecessária a modelagem explícita do valor esperado da taxa de câmbio à vista (Wolff, 2000).

A estimação do modelo composto pelas Equações (7)–(9) é feita pelo método de Máxima Verossimilhança em conjunto com o Filtro de Kalman. A Figura 2 deixa claro o fato de que a estimativa do prêmio de risco não é mais do que a série do *forecast error* suavizada. Observe que, embora o *forecast error* tenha sido negativo em alguns meses, o prêmio de risco foi sempre positivo. A série de prêmio de risco estimada tem uma média de 0,34 e desvio-padrão de 0,35 pontos percentuais por mês.

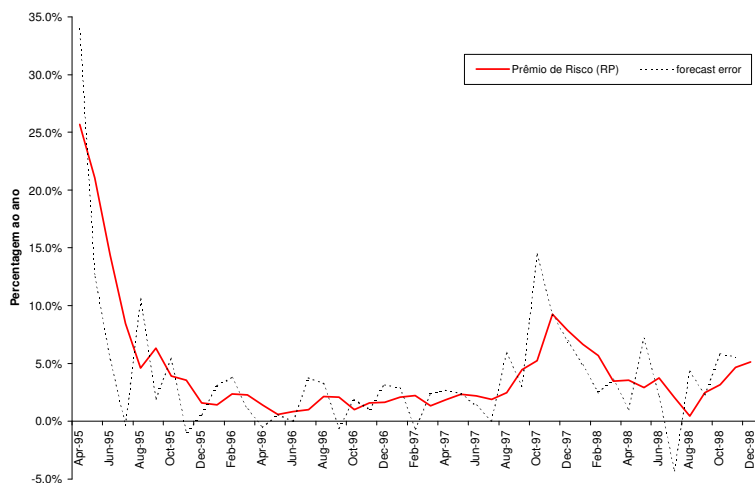


Figura 2
Prêmio de risco estimado pelo Filtro de Kalman

A queda observada a partir de abril de 1995 pode ser explicada como uma redução do prêmio de risco cambial associada a ganhos de credibilidade do novo regime de *crawling-peg*. Ao longo de 1996 e do primeiro semestre de 1997, o prêmio de risco manteve-se estável. No segundo semestre, com o início da crise na Ásia, o prêmio de risco aumentou, alcançando o seu pico em novembro de 1997. A partir dessa data, o prêmio de risco começa a cair novamente, alcançando o seu nível mais baixo em agosto de 1998. No período entre setembro de 1998 e dezembro de 1998 o prêmio de risco cambial cresce, o que é coerente com a deterioração das perspectivas quanto às economias emergentes (período que se seguiu à moratória russa, antecedendo a crise que levou à adoção do regime de taxa de câmbio flutuante em janeiro de 1999). Observe que a evolução do prêmio de risco é perfeitamente compatível com a explicação de que ele é reflexo do grau de instabilidade macroeconômica.

A partir da série de valores observados do *forward premium* e da série de valores estimados do prêmio de risco cambial é possível, por diferença, estimar uma série de valores para a taxa de depreciação esperada. A Figura 3 mostra o resultado dessa decomposição.

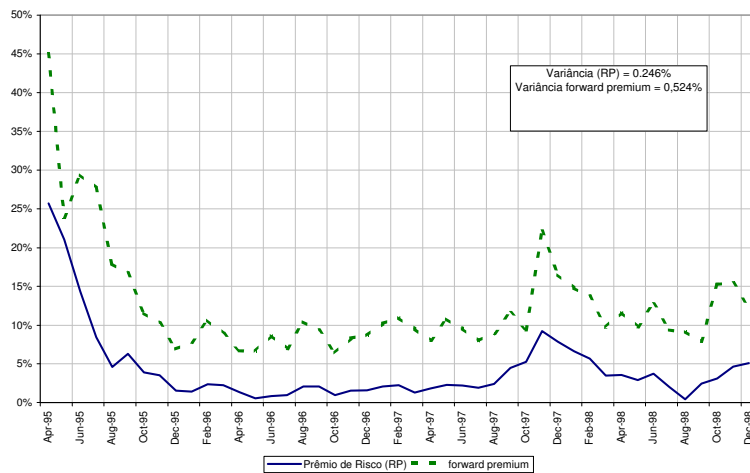


Figura 3
Prêmio de risco versus erro de previsão da taxa *forward*

Podemos observar que a expectativa de depreciação explica a maior parte do *forward premium*, tendo um comportamento mais estável do que o prêmio de risco. A média e o desvio-padrão da expectativa de depreciação foi de (8,27%; 3,33%). A média e o desvio-padrão do prêmio de risco foi de (4,33%; 4,96%). A depreciação média que de fato ocorreu no período foi de 8,19%, e o desvio-padrão foi de 4,89%. Este resultado é compatível com o regime de *crawling-peg* vigente no Brasil durante o período de análise.

4. A Regressão do Viés do Mercado Futuro de Câmbio

O teste mais popular da não tendenciosidade do mercado de câmbio futuro consiste em uma regressão da variação na taxa de câmbio à vista sobre o *forward premium*:

$$\Delta s_{t+k} = \alpha + \beta fp_t^k + u_{t+k}^k \quad (10)$$

onde Δs_{t+k} é a depreciação percentual do câmbio (a variação no logaritmo da taxa *spot*) durante k períodos e fp_t^k é o atual *forward premium* por k períodos (logaritmo da taxa de câmbio *forward* menos o logaritmo da taxa de câmbio, $(f_t^k - s_t)$). A evidência de que o coeficiente do *forward premium* é diferente de zero implicaria que o prêmio a termo observado em t tem informação sobre a variação futura da taxa à vista, a ser observada em $t + k$.

A hipótese nula é $H_0 : \beta = 1$. Alguns autores consideram a seguinte hipótese nula: $H_0 : \beta = 1, \alpha = 0$. Em outras palavras, a taxa de câmbio à vista efetivamente verificada no futuro seria igual à taxa *forward* mais um termo de erro puramente aleatório u_{t+k}^k .

Uma vez estimada a regressão (10) podemos testar a hipótese nula de não tendenciosidade do *forward premium*, $H_0 : \beta = 1$. Podemos inclusive testar se não somente $\beta = 1$ como se $\beta = 0$, algo que diversos outros autores também concluíram. Os resultados da estimação são

$$\Delta s_{t+k} = \underset{(0.01)}{0.04} + \underset{(0.14)}{0.33} f p_t^k \quad (11)$$

$$\hat{\sigma} = 0.04 \quad R^2 = 0.23 \quad JB < 1 \times 10^{-7}$$

$$LM(1) = 0.43 \quad LM(2) = 0.22 \quad LM(3) = 0.10 \quad LM(4) = 0.16,$$

$$ARCH(1) = 0.94 \quad ARCH(2) = 0.00 \quad ARCH(3) = 0.00 \quad ARCH(4) = 0.00$$

onde $\hat{\sigma}$ é o desvio-padrão dos resíduos, R^2 é o coeficiente de determinação do modelo estimado, JB é o p -valor do teste de Jarque-Bera para normalidade dos resíduos e $LM(i)$ é o p -valor do teste Multiplicador de Lagrange (LM) para correlação serial de i -ésima ordem nos resíduos. $ARCH(i)$ é o p -valor do teste LM para efeitos ARCH (heterocedasticidade condicional) de i -ésima ordem nos resíduos. O número entre parênteses embaixo dos coeficientes estimados é o erro padrão dos estimadores robusto à heterocedasticidade (correção de White). Podemos notar pelo resultado do teste LM que os resíduos não são correlacionados. Por outro lado, há evidência de não-normalidade e heterocedasticidade. No entanto, isso não afeta a consistência dos estimadores e a inferência continua válida dado que utilizamos erros-padrão robustos. A estimativa de β é positiva e significativa, porém estatisticamente menor do que 1 (estatística $t = -29,06$), indicando tendenciosidade do mercado.

Na literatura não existe uma visão única sobre a razão desse viés. Bilson (1981) e Longworth (1981), por exemplo, assumem que não existe prêmio de risco (os investidores são neutros ao risco) de forma que o *forward premium* mede de forma precisa as expectativas dos investidores em relação aos movimentos do câmbio *spot*. Dessa forma eles interpretam o viés como uma quebra da hipótese das expectativas racionais. Bilson (1981) descreve o fato de β menor que um como um sinal de especulação excessiva, significando que os investidores poderiam se beneficiar se reduzissem a magnitude das suas expectativas em relação à variação da taxa de câmbio, pois eles a estariam super-estimando. Por outro lado, Hsieh (1984) considera que os investidores não cometem erros sistemáticos na amostra, de modo que o viés é evidência de um prêmio de risco que varia no tempo. No caso especial de $\beta = 0$, a taxa de câmbio segue um “passeio aleatório” e os investidores se beneficiariam se escolhessem como previsor $\Delta s_{t+k}^e = 0$. Um coeficiente β positivo porém menor do que 1 implica que a previsão ótima da taxa de câmbio *spot* coloca um peso positivo tanto na taxa *spot* corrente quanto na taxa *forward*. Por outro lado, se $\beta < 0$ há indícios que a taxa *spot* tende a se mover na direção oposta à prevista via *forward premium*.

Os resultados obtidos nos levaram a rejeitar a hipótese nula de não-tendenciosidade do mercado futuro de câmbio no Brasil. Existe um viés no mercado em

relação às previsões via *forward premium*. Cabe agora identificar a origem desse viés.

Podemos apresentar o resultado anterior de uma segunda forma equivalente, na qual especificamos uma regressão do *forecast error*, que consiste na diferença entre o *forward premium* e a variação na taxa *spot* ($f e_t^k = f p_t^k - \Delta s_{t+k}$), sobre o *forward premium*:

$$f p_t^k - \Delta s_{t+k} = \alpha_1 + \beta_1 f p_t^k + u_{t+k}^k \quad (12)$$

onde $\alpha_1 = -\alpha$ e $\beta_1 = 1 - \beta$. A hipótese nula passa a ser $H_0 : \alpha_1 = \beta_1 = 0$. O termo u_{t+k}^k é o erro da equação. Os resultados da estimação da Equação (12) são

$$f p_t^k - \Delta s_{t+k} = \underset{(0.01)}{-0.04} + \underset{(0.14)}{0.67} f p_t^k \quad (13)$$

$$\hat{\sigma} = 0.04 \quad R^2 = 0.57 \quad JB < 1 \times 10^{-7}$$

$$LM(1) = 0.43 \quad LM(2) = 0.22 \quad LM(3) = 0.10 \quad LM(4) = 0.16,$$

$$ARCH(1) = 0.94 \quad ARCH(2) = 0.00 \quad ARCH(3) = 0.00 \quad ARCH(4) = 0.00$$

Pela análise dos resultados acima fica claro que não há evidência de autocorrelação nos resíduos. No entanto, há fortes indícios de não-normalidade e heterocedasticidade condicional. Novamente, os erros-padrão apresentados são aqueles robustos à heterocedasticidade.

Os coeficientes dessa nova equação respeitam as relações $\alpha_1 = -\alpha$ e $\beta_1 = 1 - \beta$. Nossas conclusões qualitativas, como não poderia deixar de ocorrer, se mantiveram e continuamos a rejeitar a hipótese de não-tendenciosidade do mercado futuro de câmbio em favor da hipótese de que o mercado futuro é um previsor viesado das mudanças futuras na taxa de câmbio *spot*. Ambos os coeficientes são estatisticamente diferentes de zero. Pela rejeição da hipótese nula podemos concluir que existe especulação excessiva no sentido de Bilson (1981) no mercado de câmbio futuro.

5. Decomposição do Coeficiente do Viés do *Forward Premium*

Vamos decompor o *forward premium* de forma direta. Podemos alocar parte do desvio da hipótese nula de $\beta = 1$ a cada uma das alternativas: erros sistemáticos e presença de um prêmio de risco cambial. O coeficiente β na equação (10) pode ser escrito da seguinte forma:

$$\beta = \frac{\text{Cov}(\Delta s_{t+k}, f p_t^k)}{\mathbb{V}(f p_t^k)} \quad (14)$$

onde $\mathbb{V}(\cdot)$ é a variância de \cdot e $\text{Cov}(\cdot, \cdot)$ é a covariância entre duas variáveis. Para incluir as expectativas na análise re-escrevemos (14) como

$$\beta = \frac{\text{Cov}(\Delta\eta_{t+k}^k, fp_t^k) + \text{Cov}(\Delta s_{t+k}^e, fp_t^k)}{\mathbb{V}(fp_t^k)} \quad (15)$$

Este é o limite em probabilidade que iremos utilizar para nossa análise, onde η_{t+k}^k é o desvio das expectativas dos participantes do mercado, e Δs_{t+k}^e é a expectativa dos movimentos futuros do câmbio feita pelo mercado. Com um pouco de álgebra podemos escrever o coeficiente β como sendo 1 (a hipótese nula $H_0 : \beta = 1$) menos um termo que surge da falha das expectativas racionais e menos um outro termo que surge do prêmio de risco. Dessa forma podemos analisar como se comporta a parte responsável pelo desvio da hipótese nula e o que esse viés realmente representa:

$$\beta = 1 - b_{re} - b_{rp} \quad (16)$$

onde

$$b_{re} = \frac{-\text{Cov}(\eta_{t+k}^k, fp_t^k)}{\mathbb{V}(fp_t^k)}$$

e

$$b_{rp} = \frac{\mathbb{V}(rp_t^k) + \text{Cov}(\Delta s_{t+k}^e, rp_t^k)}{\mathbb{V}(fp_t^k)}$$

Com a ajuda dos dados sobre as expectativas, ambos os termos são observáveis. Se não existirem erros sistemáticos de previsão teremos que $b_{re} = 0$, de forma que os investidores possuem expectativas que são racionais e são formadas de forma consistente com o real processo através do qual a taxa de câmbio *spot* é determinada. Se não existir prêmio de risco (ou de forma mais fraca, se o prêmio de risco for descorrelatado do *forward premium*) temos que $b_{rp} = 0$, ou seja, os investidores consideram ativos denominados em diferentes moedas como substitutos perfeitos.

De acordo com nossos dados, calculando as equações acima, encontramos $\hat{b}_{re} = 0,05$ e $\hat{b}_{rp} = 0,63$. Os valores positivos para b_{re} sugerem a possibilidade de que os investidores tendem a dar importância demasiada a outros fatores, no sentido de que eles poderiam ter melhorado a qualidade das suas previsões se dessem maior importância à taxa de câmbio corrente e menos importância à taxa futura. Pelos valores encontrados, podemos perceber que no mercado de câmbio futuro, o desvio da não-tendenciosidade encontrado pode ser alocado tanto à existência de um prêmio de risco quanto à quebra das expectativas racionais dos agentes (especulação excessiva), sendo o componente referente ao prêmio risco mais importante.

Os resultados aqui obtidos através dessa decomposição são interessantes, mas gostaríamos de saber se são estatisticamente significantes. Queremos inferir em que medida o prêmio de risco e/ou erros sistemáticos de previsão explicam o viés do *forecast error*.

6. O Prêmio de Risco Explica o Viés do Mercado Futuro de Câmbio?

Nesta seção vamos analisar em que medida o prêmio de risco é capaz de explicar o viés do mercado futuro de câmbio. Vamos testar a validade da hipótese da paridade descoberta da taxa de juros, de modo que, caso esta seja rejeitada, estaríamos dizendo que não existe uma relação de substituição perfeita entre ativos denominados em diferentes moedas.

Através da decomposição do coeficiente em $\beta = 1 - b_{re} - b_{rp}$ fomos capazes de obter estimativas para os componentes do viés da taxa *forward*. Agora é chegado o momento de analisar mais formalmente se o prêmio de risco cambial tem correlação com o *forward premium*. Na próxima seção, faremos o mesmo teste só que envolvendo os erros sistemáticos de previsão e o *forward premium*.

Considere a regressão da depreciação esperada sobre o *forward premium*:

$$\Delta \hat{s}_{t+k}^e = \alpha_2 + \beta_2 f p_t^k + \varepsilon_t^k. \quad (17)$$

A hipótese nula de que a correlação entre o prêmio de risco e o *forward premium* é zero implica que $\beta_2 = 1$. Temos que:

$$\beta_2 = \frac{\text{Cov}(\Delta s_{t+k}^e, f p_t^k)}{\text{V}(f p_t^k)}. \quad (18)$$

Logo $\beta_2 = 1 - b_{rp}$. Como $\beta_2 = 1 - b_{rp}$, então $\beta = 1 - b_{re} - b_{rp} = \beta_2 - b_{re}$. Dessa forma $\beta_2 = 1$ implica que as nossas estimativas para a parte do viés atribuída ao prêmio de risco via decomposição do coeficiente β não são estatisticamente diferentes de zero, o que por sua vez implica que todo o viés pode ser estatisticamente atribuído à quebras das expectativas racionais dos agentes.

Além da hipótese de que não existe um prêmio de risco que varia no tempo, a equação (17) também nos permite testar a hipótese de que o prêmio de risco tem média zero: $\alpha_2 = 0$. A hipótese de que o prêmio de risco é igual a zero é dada por $\Delta s_{t+k}^e = f p_t^k$.

Resta a saber como interpretar o erro da regressão (ε_t^k). Como explicamos anteriormente, estamos utilizando o tratamento tradicional existente na literatura referente a expectativas onde estas são tidas como uma única expectativa homogeneamente tida por todos os agentes. Dessa forma, o erro da regressão é um componente aleatório de erro da pesquisa das expectativas, $\Delta \hat{s}_{t+k}^e = \Delta s_{t+k}^e + \varepsilon_t^k$, onde Δs_{t+k}^e é a não observável real expectativa dos agentes em relação à variação da taxa de câmbio *spot*. Note que no teste de (17), usando os nossos dados sobre expectativas, as propriedades do termo de erro ε_t^k serão invariantes a qualquer problema do peso que possa afetar a distribuição *ex-post* da variação da taxa de

câmbio *spot* que efetivamente aconteceu. Esse problema refere-se a uma situação na qual um evento parece coerente com a distribuição *ex-post* da variação da taxa de câmbio, porém não é detectável *ex-ante* pela ausência do evento estatístico na amostra. Os resultados encontrados foram:

$$\Delta \widehat{s}_{t+k}^e = \underset{(0.01)}{0.04} + \underset{(0.06)}{0.37} f p_t^k \quad (19)$$

$$\widehat{\sigma} = 0.02 \quad R^2 = 0.65 \quad JB < 1 \times 10^{-7}$$

$$LM(1) = 0.30 \quad LM(2) = 0.10 \quad LM(3) = 0.16 \quad LM(4) = 0.22,$$

$$ARCH(1) = 0.88 \quad ARCH(2) = 0.00 \quad ARCH(3) = 0.00 \quad ARCH(4) = 0.00$$

De acordo com os resultados apresentados na Equação (19) foi possível rejeitar que o prêmio de risco tenha média zero. A hipótese de que a correlação entre o prêmio de risco e o *forward premium* é zero ($\beta_2 = 1$) também é rejeitada, sendo o coeficiente estatisticamente menor do que um (estatística $t = -9,95$).

A Equação (17) também pode ser interpretada como um teste direto da paridade descoberta da taxa de juros. Se eliminarmos a possibilidade de oportunidades de arbitragem vale a Paridade Coberta da Taxa de Juros (UIP – *Uncovered Interest Parity*), ou seja, $F = S e^{(i-i^*)(T-t)}$, onde F é a cotação futura do câmbio, S é a cotação à vista do mesmo e $(i - i^*)$ é a diferença entre a taxa de juros doméstica e externa.

Na paridade descoberta da taxa de juros, em vez de usarmos o mercado futuro de câmbio, a relação de igualdade entre as taxas de juros doméstica e internacional é dada pelo valor esperado do câmbio *spot* no futuro $\frac{S e^{i(T-t)}}{\mathbb{E}(S_{t+k})} = e^{i^*(T-t)}$. Reorganizando a equação e tirando o logaritmo, chegamos então a $s_{t+k}^e - s_t = \Delta s_{t+k}^e = i_t^k - i_t^{*k}$. Assim, o *forward premium* é exatamente igual à diferença entre as taxas de juros nominal doméstica e estrangeira. Isso é facilmente verificado. Podemos tirar o logaritmo dessa igualdade em ambos os lados da equação, de forma que $\ln(F) = \ln(S e^{(i-i^*)(T-t)})$, para simplificar a análise vamos considerar $T - t = 1$, de forma que $f = s + i - i^*$.

Assim, temos então que $f - s = f p_t^k = i_t^k - i_t^{*k}$. A hipótese nula ($\beta_2 = 1$) torna-se então uma afirmação da paridade descoberta das taxas de juros: $\Delta s_{t+k}^e = i_t^k - i_t^{*k}$. Em outras palavras, os investidores são tão sensíveis à diferenças nas taxas de retorno esperado que acabam por eliminar tais diferenças via variações na taxa de câmbio à vista. Uma outra forma de expressar a hipótese nula é que ativos domésticos e estrangeiros são substitutos perfeitos no portfólio dos investidores.

Os dados demonstram evidência de que os ativos denominados em diferentes moedas não são substitutos perfeitos. Colocando em termos mais familiares ao nosso estudo, encontramos evidência de que realmente existe um prêmio de risco exigido pelos investidores para reter títulos em diferentes moedas, sendo esse prêmio o diferencial de rendimento entre tais títulos. Rejeitamos fortemente a hipótese de paridade coberta da taxa de juros.

Existe ainda evidência de um termo constante no prêmio de risco: α_2 é significativamente maior do que zero. Os testes rejeitam a relação de paridade descoberta a um nível de significância que é menor do que 1%. Isso indica que existe um risco cambial associado ao mercado futuro, pois como evidenciamos anteriormente, a paridade descoberta pressupõe a inexistência do risco cambial.

Podemos visualizar o aparente termo constante do prêmio de risco apresentando em um mesmo gráfico a evolução do prêmio de risco e do *forecast error* (Figura 3). Dessa forma podemos ver um prêmio de risco relativamente constante e um *forecast error* mais variável.

7. Os Erros de Expectativas Explicam o Viés do *Forward Premium*?

Nesta seção vamos testar formalmente a hipótese de que existem erros sistemáticos de previsão que possam explicar o viés nas previsões dos movimentos da taxa de câmbio via *forward premium*. Vamos analisar a possibilidade de existência de uma especulação excessiva por parte dos investidores, ou, de forma análoga, estaremos analisando a hipótese da validade do princípio das Expectativas Racionais.

Provavelmente o teste mais potente de expectativas racionais é o que pergunta se os investidores estariam melhor se dessem maior ou menor importância à taxa de câmbio *spot* contemporânea ao invés de outras variáveis no seu conjunto informacional. Frankel e Froot (1989) testam se as expectativas alocam pouca importância ao câmbio à vista e muita importância às outras variáveis específicas, como a taxa de câmbio *spot* defasada, a taxa de câmbio de equilíbrio de longo prazo e a taxa de câmbio esperada defasada.

Vamos então analisar a seguinte equação:

$$\Delta \widehat{s}_{t+k}^e - \Delta s_{t+k} = \alpha + \lambda \Delta \widehat{s}_{t+k}^e + \nu_{t+k}^k. \quad (20)$$

Essa é a equação que Bilson (1981) e outros autores tinham em mente, que já denominamos como teste de especulação “excessiva” (Equação (10)), com a diferença de que estamos agora medindo a expectativa de depreciação dos investidores pelos dados referentes às suas expectativas e não via *forward premium*.

A hipótese nula é $\alpha = 0$ e $\lambda = 0$. O termo de erro é a medida de erro na pesquisa sobre expectativas menos as mudanças inesperadas na taxa de câmbio à vista, $\nu_{t+k}^k = \varepsilon_t^k - \nu_{t+k}^k$.

$$\Delta \widehat{s}_{t+k}^e - \Delta s_{t+k} = \underset{(0.01)}{0.02} - \underset{(0.12)}{0.22} \Delta \widehat{s}_{t+k}^e \quad (21)$$

$$\widehat{\sigma} = 0.03 \quad R^2 = 0.07 \quad JB < 1 \times 10^{-7}$$

$$LM(1) = 0.19 \quad LM(2) = 0.39 \quad LM(3) = 0.13 \quad LM(4) = 0.23,$$

$$ARCH(1) = 0.68 \quad ARCH(2) = 0.80 \quad ARCH(3) = 0.34 \quad ARCH(4) = 0.18$$

Como não há evidência de heterocedasticidade os erros-padrão são os usuais. Os resultados obtidos somente foram capazes de nos levar a rejeitar a hipótese nula de $\lambda = 0$, mesmo assim a um nível de significância em torno de 9%. Os testes indicam que $\lambda < 0$. Dessa forma, os investidores poderiam, em média, ficar em melhor situação se dessem maior peso à taxa de câmbio *spot* contemporânea e menor peso a outras informações que eles consideram pertinentes (entre elas o *forward premium*) como indicador dos movimentos futuros do câmbio. Em outras palavras, não conseguimos rejeitar a hipótese de especulação excessiva. Resultados desse tipo parecem constituir uma rejeição da hipótese de racionalidade nas expectativas. Existe um componente de quebra de expectativas no sentido de que os agentes cometem erros sistemáticos de previsão, porém tais erros não são capazes sozinhos de explicar todo o viés da não tendenciosidade do mercado futuro de câmbio.

8. Outro Teste de Especulação Excessiva

Outro teste de expectativas racionais, que está livre do problema dos erros de medida (pois os erros de medida aleatórios das expectativas na equação (20) também apareceram do lado direito da equação, de forma que, sob a hipótese nula, os erros de medida geram um viés das nossas estimativas de λ), consiste em substituir $\Delta \hat{s}_{t+k}^e$ no lado direito da equação (20) pelo *forward premium* fp_t^k :

$$\Delta \hat{s}_{t+k}^e - \Delta s_{t+k} = \alpha_1 + \beta_1 fp_t^k + \nu_{t+k}^k \quad (22)$$

Existem diversas razões para fazer a substituição sugerida em (22). Sabemos, pelos resultados anteriores, que a depreciação esperada é altamente correlacionada com o *forward premium* (essa correlação é igual a 0,81). Como fp_t^k está livre de erros de medida, esse instrumento é um bom candidato para uma variável de controle. A hipótese nula, de expectativas racionais consiste em $\alpha_1 = 0$ e $\beta_1 = 0$. O termo de erro é a medida de erro na pesquisa sobre expectativas menos as mudanças inesperadas na taxa de câmbio à vista. Sob hipótese nula, continuamos a ter que $\nu_{t+k}^k = \varepsilon_t^k - \eta_{t+k}^k$.

Os resultados dessa regressão não possibilitaram rejeitar a hipótese nula de expectativas racionais.

$$\Delta \hat{s}_{t+k}^e - \Delta s_{t+k} = \underset{(0.01)}{-0.005} + \underset{(0.06)}{0.04} fp_t^k \quad (23)$$

$$\hat{\sigma} = 0.03 \quad R^2 = 0.01 \quad JB < 1 \times 10^{-7}$$

$$LM(1) = 0.02 \quad LM(2) = 0.03 \quad LM(3) = 0.004 \quad LM(4) = 0.007,$$

$$ARCH(1) = 0.56 \quad ARCH(2) = 0.09 \quad ARCH(3) = 0.00 \quad ARCH(4) = 0.00$$

Como há tanto evidência de autocorrelação quanto heterocedasticidade nos resíduos, os erros-padrão reportados são os robustos tanto à heterocedasticidade quanto à autocorrelação (correção de Newey-West). Mostramos que o *forward*

premium não contém informação significativa sobre a diferença entre a variação esperada pelos investidores e a variação efetivamente ocorrida da taxa de câmbio *spot*. Dessa forma não é possível afirmar que os investidores, em alguma medida, utilizam a informação fornecida pelo *forward premium* para construir suas expectativas em relação aos movimentos futuros do câmbio.

A Equação (22) tem uma relevância adicional no contexto da nossa decomposição da regressão de não tendenciosidade da taxa de câmbio futura na Seção 2, pois o coeficiente β_1 é igual ao desvio da não tendenciosidade devido a erros sistemáticos de previsão, b_{re} . Dessa forma, a Equação (22) pode nos ajudar a analisar se valores altos achados para b_{re} são estatisticamente significantes.

De acordo com os resultados, as estimativas de b_{re} puderam ser medidas com precisão. Os dados continuam não rejeitando a hipótese de expectativas racionais. De acordo com as estimativas de que b_{re} é estatisticamente igual a zero, não podemos rejeitar a hipótese de que todo o viés é atribuído ao prêmio de risco. Esses resultados indicam que o mercado futuro de câmbio e os agentes envolvidos não cometem erros sistemáticos de previsão.

9. Conclusão

Mostramos no artigo que o mercado futuro de câmbio é um previsor viesado dos movimentos futuros do câmbio *spot* e que parte do viés pode ser explicado pela existência de um prêmio de risco (variante no tempo) que separa a rentabilidade esperada dos diversos agentes em diferentes mercados. Logo, os investidores requerem um retorno esperado mais elevado para adquirir títulos em moeda doméstica, ou seja, os agentes possuem uma percepção da existência de risco cambial. Acaba surgindo assim um *spread* entre os rendimentos dos títulos em diferentes moedas. Por outro lado, há forte indícios de que, ao contrário do que é suposto na prática convencional, os erros de previsão não capturam somente um prêmio de risco que varia no tempo. Existem expectativas em relação aos movimentos futuros do câmbio que são, possivelmente, especulativas. Isso pôde ser inferido pela rejeição da racionalidade das expectativas dos agentes em um dos testes realizados. No entanto, testes posteriores não foram capazes de nos levar à rejeição da hipótese de racionalidade no mercado cambial, sendo que, econometricamente, mostramos que o componente do viés, oriundo dos erros sistemáticos de previsão, não é estatisticamente diferente de zero. Esse tipo de resultado é coerente com o período analisado, onde a regra de variação do câmbio era mais previsível. Portanto, além do prêmio de risco, há outros fatores que influenciam o viés no mercado futuro de câmbio, mas que não estão relacionados a erros sistemáticos de previsão.

Referências

- Bilson, J. (1981). The speculative efficiency hypothesis. *Journal of Business*, LIV:435–451.
- Cheung, Y.-W. (1993). Exchange rate risk premiums. *Journal of International Money and Finance*, 12:182–194.
- Fama, E. F. (1984). Forward and spot exchange rates. *Journal of Monetary Economics*, 14:319–338.
- Frankel, J. A. & Froot, K. A. (1989). Forward discount bias: Is it an exchange risk premium? *Quarterly Journal of Economics*.
- Garcia, M. G. P. & Olivares, G. (1999). O prêmio de risco da taxa de câmbio no Brasil durante o Plano Real. *Revista Brasileira de Economia*, 55:151–182.
- Hodrick, R. & Srivastava, S. (1984). An investigation of risk and return in forward foreign exchange. *Journal of International Money and Finance*, III:5–30.
- Hsieh, D. (1984). Tests of rational expectations and no risk premium in forward exchange markets. *Journal of International Economics*, XVII:173–184.
- Longworth, D. (1981). Testing the efficiency of the Canadian-U.S. exchange market under the assumption of no risk premium. *The Journal of Finance*, 36:43–49.
- Meese, R. & Rogoff, K. (1983a). Empirical exchange rate models of the seventies: Do they fit out of sample? *Journal of International Economics*, XIV:3–24.
- Meese, R. & Rogoff, K. (1983b). The out-of-sample failure of empirical exchange rate models: Sampling error or misspecification? In Frenkel, J., editor, *Exchange Rates and International Macroeconomics*, pages 67–105. NBER and University of Chicago Press.
- Messe, R. & Rose, A. K. (1991). An empirical assessment of non-linearities in models of exchange rate determination. *Review of Economic Studies*, 58:603–619.
- Messe, R. & Singleton, K. J. (1982). On unit roots and the empirical modeling of exchange rates. *Journal of Finance*, 37:1029–1035.
- Wolff, C. C. P. (1987). Forward foreign exchange rates, expected spot rates, and premia: A signal-extraction approach. *The Journal of Finance*, 42:395–406.
- Wolff, C. C. P. (2000). Measuring the forward exchange risk premium: Multi-country evidence from unobserved components models. *Journal of International Financial Markets, Institutions, and Money*, 10:1–8.