

PRÉMIO DE RISCO DAS TAXAS DE JURO DO EURO*

Sónia Costa**

Ana Beatriz Galvão***

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a hipótese de expectativas, as taxas de juro de longo prazo reflectem as expectativas dos participantes no mercado quanto às taxas de juro de curto prazo futuras. A informação da curva de rendimentos, que representa as taxas de juro num dado momento do tempo para os vários prazos, pode assim ser utilizada para extrair as expectativas de mercado. Com efeito, as expectativas de mercado para as taxas de juro são frequentemente medidas com base nas taxas de juro *forward* (i.e., taxas acordadas num dado momento do tempo para entrarem em vigor no futuro) implícitas na curva de rendimentos. Estas estimativas podem, contudo, não ser precisas, dada a possibilidade de existir um prémio de risco. Com efeito, num contexto de incerteza, os investidores podem exigir uma remuneração diferente da esperada para o futuro para se protegerem contra possíveis surpresas.

Este artigo demonstra que as taxas de juro *forward* da área do euro têm, de facto, um prémio de risco. Este prémio é estimado utilizando uma extensão do modelo de previsão da curva de rendimentos de Diebold e Li (2006). O primeiro passo desta metodologia consiste na aplicação da regressão de Nelson e Siegel (1987) para estimar os factores da curva de rendimentos (nível, inclinação e curvatura). Num segundo passo, estes factores são modelados, em conjunto com as variáveis macroeconómicas, com base num modelo auto-regressivo vectorial (VAR). Por fim, com base nas estimativas do VAR, são efectuadas previsões para os factores da curva de rendimentos, as quais são usadas na regressão de Nelson e Siegel (1987) para obter previsões para as taxas de juro. No momento t , a estimativa do prémio de risco de uma taxa de juro *forward* com um prazo τ para daí a h períodos é calculada como a diferença entre a taxa de juro *forward* com um prazo τ acordada em t para entrar em vigor no período $t + h$ e a previsão em τ da taxa de juro com um prazo τ que entrará em vigor em $t + h$.

Este artigo desenvolve ainda uma metodologia para calcular intervalos de confiança para o prémio *forward*. Estes intervalos permitem avaliar se o prémio de risco em cada momento no tempo é significativamente diferente de zero, ajudando assim a decidir se na origem de uma alteração da taxa de juro *forward* terá estado uma alteração do prémio *forward* ou das expectativas de mercado.

A amostra utilizada começa em 1999 e os dados de taxas de juro correspondem às taxas EURIBOR e a taxas de juro de *swaps* do euro¹. A utilização de dados relativos apenas ao período após a introdução do euro não tem sido muito explorada na literatura.

As estimativas do prémio *forward* são correlacionadas com as taxas de juro oficiais do BCE. Uma possível explicação para esta relação consiste no facto de a probabilidade que os agentes económicos atribuem a que as taxas de juro se venham a situar acima (abaixo) do seu valor esperado aumentar

* As opiniões expressas neste artigo são da responsabilidade das autoras e não coincidem necessariamente com as do Banco de Portugal. As autoras agradecem a Rita Lourenço o cálculo da assimetria implícita nas distribuições de probabilidades derivadas a partir das opções sobre contratos de futuros e os comentários e sugestões de Isabel Gameiro e João Sousa.

** Departamento de Estudos Económicos.

*** Departamento de Economia, *Queen Mary University of London*.

(1) Em Costa e Galvão (2007) é explorada igualmente uma amostra mais longa que engloba taxas de juro alemãs para o período anterior à introdução do euro. Com base nesses dados é identificada uma quebra na dinâmica da correlação entre os factores da curva de rendimentos no período 2000-2001. Esta quebra afecta as estimativas do prémio de risco considerando-se assim preferível a utilização de dados relativos apenas ao período após 1999.

(diminuir), quando as taxas de juro oficiais aumentam (se reduzem). Dado que a existência de taxas de juro mais elevadas do que esperado corresponde a uma má notícia, uma deslocação para a direita da distribuição de probabilidades das taxas de juro futuras pode implicar um aumento do prémio *forward*.

Na secção 2 é efectuada uma descrição das várias definições de prémio de risco e da hipótese de expectativas. A secção seguinte descreve o método utilizado no cálculo do prémio de risco. Na secção 4 demonstra-se que na área do euro as taxas de juro *forward* com um prazo de 3 meses são um previsor enviesado das taxas de juro a 3 meses e que isso se deve em parte à existência de um prémio de risco. A secção 5 apresenta as estimativas do prémio *forward*. Na secção 6 efectuam-se algumas considerações finais.

2. A HIPÓTESE DE EXPECTATIVAS E O PRÉMIO DE RISCO

Nesta secção apresentam-se alguns conceitos que são importantes para compreender as diferentes definições de prémio de risco. O prémio de risco das taxas de juro depende da definição da hipótese de expectativas da estrutura temporal das taxas de juro que é utilizada no cálculo da componente das taxas de juro que é neutra ao risco.

Cochrane (2001) define a taxa de rendibilidade de uma obrigação como “o valor anual de uma taxa de juro teórica, constante e conhecida que justifica o preço de uma obrigação, assumindo que a obrigação não entra em incumprimento” (pag. 348). A partir desta definição, a taxa de rendibilidade bruta de uma obrigação de cupão zero com prazo n e preço $P_t^{(n)}$ é $Y_t^{(n)}$ que satisfaz a condição $P_t^{(n)} = \frac{1}{[Y_t^{(n)}]^n}$.

Assumindo que o preço de uma obrigação na data da vencimento é 1 ($P_t^{(0)} = 1$), o retorno de deter uma obrigação com prazo n até à maturidade corresponde a $R_t^{(n)} = \frac{1}{P_t^{(n)}}$. Definindo estas variáveis em

logaritmos, verifica-se que o logaritmo da taxa de rendibilidade de uma obrigação de cupão zero $y_t^{(n)} = -\frac{P_t^{(n)}}{n}$ corresponde ao logaritmo do retorno até à maturidade por período $\left(y_t^{(n)} = \frac{r_t^{(n)}}{n}\right)^2$. Para

além da taxa de rendibilidade e do retorno, o *holding period return* e a taxa de juro *forward* são também obtidos a partir do preço em logaritmos de uma obrigação de cupão zero. O *holding period return* corresponde ao retorno que se obtém por deter uma obrigação com prazo n durante o próximo período (i.e, de t para $t+1$): $hpr_{t+1}^{(n)} = p_{t+1}^{(n-1)} - p_t^{(n)}$. A taxa de juro *forward* com prazo de um período é a taxa de juro de uma operação acordada hoje para começar daqui a n períodos e ser finalizada daqui a $n+1$ períodos, ou seja, $f_t^{(n,n+1)} = p_t^{(n)} - p_t^{(n+1)}$, o que pode igualmente ser escrito como $f_t^{(n,n+1)} = y_t^{(n+1)} + n(y_t^{(n+1)} - y_t^{(n)})$.

“A curva de rendimentos” é a representação das taxas de rendibilidade de obrigações de cupão zero em função da seu prazo (Cochrane, 2001, pag. 352). Na maior parte dos casos, a curva de rendimentos é positivamente inclinada. Partindo da definição da taxa de juro *forward* com base nas taxas de

(2) No resto do artigo, a taxa de rendibilidade de uma obrigação de cupão zero será designada apenas por taxa de rendibilidade ou simplesmente por taxa de juro. Na notação de Cochrane (2001), a taxa de rendibilidade (e o retorno) corresponde a 1 mais a taxa de juro, ou seja, à taxa de juro bruta. Em logaritmos, esta distinção não é relevante pois $\ln(1+i) \approx i$. É igualmente importante notar que $y_t^{(n)}$ corresponde à taxa de juro continuamente composta. Isto é assim porque a relação entre a taxa de juro continuamente composta (i^c) e o preço de uma obrigação com maturidade n é $e^{ni^c} = \frac{1}{P_t^{(n)}}$, e que a relação entre i^c e uma taxa de juro anualmente composta (i^a) é $i^c = \ln(1+i^a)$.

rendibilidade, mostra-se que a taxa de juro *forward* com prazo de um período para daqui a n períodos está acima da taxa de juro à vista com prazo n se a curva de rendimentos for positivamente inclinada.

A hipótese de expectativas descreve a relação entre as rendibilidades de obrigações de diferentes maturidades, baseando-se na ideia de que as expectativas quanto às taxas de juro futuras afectam os níveis correntes das taxas de juro de longo prazo. De acordo com Cox, Ingersoll e Ross (1981) existem quatro formulações alternativas para a hipótese de expectativas:

(i) A taxa de rendibilidade de uma obrigação com prazo n é igual à média dos valores esperados das taxas de rendibilidade das obrigações com prazo de um período (*yield to maturity hypothesis*):

$$y_t^{(n)} = \frac{1}{n} E_t \left(y_t^{(1)} + y_{t+1}^{(1)} + \dots + y_{t+n-1}^{(1)} \right)$$

(ii) O retorno até à maturidade de uma obrigação com prazo n é igual ao valor esperado dos retornos de deter uma série de obrigações com prazo de um período (*return to maturity hypothesis*):

$$r_t^{(n)} = E_t \left(r_t^{(1)} + r_{t+1}^{(1)} + \dots + r_{t+n-1}^{(1)} \right)$$

(iii) A taxa de juro *forward* com prazo de um período para daqui a n períodos é igual ao valor esperado da taxa de juro à vista com prazo de um período que estará em vigor daqui a n períodos (*unbiased expectations hypothesis*):

$$f_t^{(n, n+1)} = E_t \left(y_{t+n}^{(1)} \right)$$

(iv) O valor esperado do *holding period return* de uma obrigação com prazo n é igual à taxa de juro corrente com prazo de um período (*local expectations hypothesis*):

$$E_t \left(hpr_{t+1}^{(n)} \right) = y_t^{(1)}$$

Na prática estas relações não se verificam necessariamente. Assim, a diferença entre o lado esquerdo e o lado direito das expressões acima é designado por prémio de risco. Se a hipótese de expectativas se verificar na sua forma pura, o prémio de risco será zero. Contudo, em geral considera-se que a hipótese de expectativas se verifica se o prémio de risco for constante no tempo. Os testes empíricos à hipótese de expectativas baseiam-se em grande parte dos casos na definição (i). Isso decorre de, neste caso, os testes poderem ser efectuados facilmente impondo restrições num VAR para as taxas de juro à vista de diferentes prazos e/ou utilizando a análise de cointegração. Em geral, os resultados dependem da dimensão do n . Para um n grande, a hipótese de um prémio de risco constante não é, em geral, aceite.

As quatro formulações alternativas da hipótese de expectativas originam diferentes medidas do prémio de risco (variável no tempo). O prémio derivado a partir da definição (i) é frequentemente designado por *yield premium*, *term premium* ou *rollover term premium*. Os prémios que decorrem das definições (iii) e (iv) são designados por (*one-period*) *forward premium* e (*one-period*) *holding premium*. Por fim, o prémio de risco correspondente à definição (ii) não é habitualmente calculado. A nomenclatura dos diferentes prémios de risco é por vezes confusa. Com efeito, muitos autores (como, por exemplo, Singleton, 2006) usam a designação *term premium* para se referirem genericamente ao prémio de risco, uma vez que este decorre da existência de diferentes prazos na curva de rendimentos. Neste artigo, os prémios derivados a partir das definições (i) a (iv) são designados respectivamente por *yield premium*, *return premium*, (*one-period*) *forward premium* (prémio *forward* de uma taxa de juro com prazo de um período) e (*one-period*) *holding premium*.

Em Costa e Galvão (2007) mostra-se que, neste caso particular em que as taxas de juro estão em logaritmos e o tempo está definido de forma discreta, as quatro definições da hipótese de expectativas são matematicamente equivalentes. Nestas circunstâncias, o *yield premium* de uma obrigação com prazo n é igual ao *return premium* dividido por n à média dos *(one-period) forward premia*, e dos *(one-period) holding premia*.

3. METODOLOGIA DE CÁLCULO DO PRÉMIO FORWARD

Na secção anterior descreveram-se quatro formulações alternativas para a hipótese de expectativas e os prémios de risco que lhes estão subjacentes. Nesta secção descreve-se a metodologia que será utilizada no cálculo do prémio de risco.

O método usado neste artigo consiste numa extensão da abordagem de Diebold e Li (2006), a qual se baseia no ajustamento do modelo paramétrico de Nelson e Siegel (1987) à curva de rendimentos. Será efectuada uma aplicação ao cálculo do prémio *forward*, embora a metodologia possa ser utilizada para calcular as outras definições de prémio de risco. A ênfase no prémio *forward* decorre do facto de querermos utilizar a informação da curva de rendimentos para obter expectativas de mercado para as taxas de juro futuras.

Em geral, pode existir interesse em prever taxas de juro com prazo maior que um período. A taxa de juro *forward* com um prazo τ , i.e., a taxa de juro de uma operação contratada hoje para entrar em vigor daqui a n períodos e ser liquidada daqui a $n + \tau$ períodos, corresponde a:

$$f_t^{(n, n+\tau)} = \frac{1}{\tau} \left[\tau y_t^{(n+\tau)} + n \left(y_t^{(n+\tau)} - y_t^{(n)} \right) \right] = \frac{1}{\tau} \left[(n + \tau) y_t^{(n+\tau)} - n y_t^{(n)} \right]. \quad (1)$$

O prémio *forward* de uma taxa de juro com prazo de τ períodos é:

$$frp_t^{(n, n+\tau)} = f_t^{(n, n+\tau)} - E_t \left(y_{t+\tau}^{(\tau)} \right). \quad (2)$$

As taxas de juro *forward* $f_t^{(n, n+\tau)}$ podem ser calculadas utilizando as taxas de juro à vista $y_t^{(n+\tau)}$ e $y_t^{(n)}$. Contudo, os prazos das taxas à vista existentes no mercado podem não corresponder aos necessários para o cálculo das taxas *forward* que nos interessam. Assim, ajusta-se uma curva às taxas à vista observadas, com base na qual se obtêm as taxas à vista necessárias para calcular as taxas *forward* para qualquer maturidade e horizonte desejados. A metodologia seguida para estimar a curva de rendimentos consiste na abordagem paramétrica de Nelson e Siegel (1987). A equação de Nelson e Siegel para as taxas de juro à vista com prazo τ num dado momento t corresponde a:

$$y_t^{(\tau)} = \beta_{1t} + \beta_{2t} \left(\frac{1 - e^{-\theta_t \tau}}{\theta_t \tau} \right) + \beta_{3t} \left(\frac{1 - e^{-\theta_t \tau}}{\theta_t \tau} - e^{-\theta_t \tau} \right), \quad (3)$$

em que β_{1t} , $\beta_{1t} + \beta_{2t}$ e θ_t são positivos. Os parâmetros β_{1t} , β_{2t} e β_{3t} são designados como factores da curva de rendimentos e são interpretados como o nível (L_t) o simétrico da inclinação ($-S_t$) e a curvatura (C_t) da curva. θ_t é o parâmetro que mede a taxa de queda exponencial dos segundo e terceiro *factor loadings*. Um θ_t menor implica uma queda mais lenta. Este parâmetro também define a maturidade para a qual β_{3t} têm o maior peso. Seguindo Diebold e Li (2006) θ_t é fixado no valor que faz com que β_{3t} tenha o maior *factor loading* no caso da maturidade de quase 3 anos.³ Uma vantagem de fixar θ_t é que os factores da curva de rendimentos podem ser estimados com base no método dos mí-

(3) Em Costa e Galvão (2007) são igualmente utilizados outros métodos para ajustar a curva de rendimentos: Nelson e Siegel (1987) sem θ_t fixo e Svensson (1994). A melhoria no ajustamento da curva de se usarem estes métodos alternativos é pequena, não sendo suficiente para reduzir significativamente o erro de se usarem as taxas *forward* para prever as taxas de juro à vista.

nimos quadrados ordinários. Diebold e Li (2006) argumentam ainda que as estimativas dos factores são mais estáveis no tempo quando θ_t é mantido constante, o que é vantajoso quando se está interessado em prever os factores.

Para estimar o prémio *forward* de uma taxa de juro com prazo τ , é ainda necessário ter $E_t(y_{t+n}^{(\tau)})$, o qual pode ser estimado como a previsão n -passos à frente para a taxa de juro à vista com prazo τ ($\hat{y}_{t+h|t}^{(\tau)}$, em que $h = n$). A abordagem de Nelson e Siegel (1987) para ajustar a curva de rendimentos pode ser utilizada para prever taxas de juro à vista com diferentes prazos. Substituindo os factores pelos seus nomes e fixando θ_t , a regressão de Nelson e Siegel para prever h -passos à frente uma taxa de rendibilidade com prazo τ , condicional na informação em t , é:

$$\hat{y}_{t+h|t}^{(\tau)} = \hat{L}_{t+h|t} - \hat{S}_{t+h|t} \left(\frac{1 - e^{-\bar{\theta}\tau}}{\bar{\theta}\tau} \right) + \hat{C}_{t+h|t} \left(\frac{1 - e^{-\bar{\theta}\tau}}{-\bar{\theta}\tau} - e^{-\bar{\theta}\tau} \right). \quad (4)$$

Diebold e Li (2006) sugerem que seja estimado um modelo auto-regressivo de ordem 1 (AR(1)) para cada factor, com base no qual se podem calcular $\hat{L}_{t+h|t}$, $\hat{S}_{t+h|t}$ e $\hat{C}_{t+h|t}$. Contudo, dado que existem correlações dinâmicas importantes entre o nível, a inclinação e a curvatura consideramos que a estimação de um modelo VAR(1) é mais adequada. Utilizando os factores estimados em cada momento no tempo ($t = 1, \dots, T$), o VAR(1) para modelar o vector $x_t = (\hat{L}_t \quad -\hat{S}_t \quad \hat{C}_t)'$ corresponde a:

$$x_t = c + \Phi_1 x_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (5)$$

As previsões dos factores h -passos à frente geradas com base no VAR estimado correspondem a:

$$\hat{x}_{t+h|t} = \left(1 + \hat{\Phi}_1 + \dots + (\hat{\Phi}_1)^{h-1} \right) \hat{c}_t + (\hat{\Phi}_1)^h x_t. \quad (6)$$

Existem uma série de trabalhos recentes sobre a relação entre os factores da curva de rendimentos e algumas variáveis macroeconómicas importantes (alguns exemplos são Ang e Piazzesi, 2003; Diebold *et al*, 2006; Rudebush e Wu, 2004; Hordahl *et al*, 2006). Uma forma simples de adicionar informação das variáveis macroeconómicas para prever os factores da curva de rendimentos é aumentar o VAR da equação (5) com um pequeno grupo de variáveis. Neste artigo são estimadas duas especificações do VAR: uma apenas com os factores da curva de rendimentos e outra incluindo também a inflação e o crescimento real da actividade. Estas variáveis foram escolhidas por existir evidência na literatura que aponta para que tenham uma forte relação dinâmica com os factores financeiros⁴.

Uma alternativa à abordagem seguida neste artigo de estimar os factores num primeiro passo e a relação dinâmica entre os factores no segundo passo consiste na metodologia utilizada em Diebold *et al* (2006). Diebold *et al* (2006) obtêm conjuntamente os factores da curva de rendimentos (eq. 3) e os coeficientes de um VAR para os factores da curva e para as variáveis macroeconómicas (eq. 5), usando um modelo de espaço-estados, o qual é estimado com base no filtro de *Kalman* e no método da máxima verosimilhança. Uma desvantagem da estimação conjunta dos parâmetros e dos três factores não observados (os quais estão relacionados de forma não linear com as taxas de rendibilidade observadas) é o facto de esta envolver um processo de optimização numérica complicado. Além disso, a relação inter-temporal entre os factores pode ser captada mesmo que estes sejam estimados separadamente para cada momento no tempo, uma vez que as taxas de rendibilidade têm uma persistência elevada. Refira-se ainda que a inclusão das variáveis macroeconómicas praticamente não

(4) Para evidência empírica no caso da área do euro e de alguns países da área veja-se, por exemplo, Estrella *et al* (2003), Moneta (2003), Duarte *et al* (2005), Hordahl *et al* (2006) e Capiello *et al* (2006).

afecta a estimação dos factores, uma vez que estes explicam a maior parte da variação das taxas de rendibilidade. Contudo, quando se utiliza o VAR para prever os factores da curva de rendimentos, é importante considerar a relação dinâmica entre estes e as variáveis macroeconómicas. Com base nos argumentos anteriores, considera-se que a abordagem de dois passos seguida neste artigo poderá gerar previsões para as taxas de juro semelhantes às que seriam obtidas com base no modelo de Diebold *et al.* (2006). Além disso, o facto de se utilizar um método menos exigente em termos computacionais reduz o problema de se ter uma amostra relativamente curta, como aquela que está disponível para o período após a introdução do euro. Carriero *et al.* (2006) e Favero e Kaminska (2006) utilizam abordagens de dois passos semelhantes à utilizada neste artigo.

Com base nas previsões para as taxas de rendibilidade $y_{t+h|t}^{(\tau)}$ e nas taxas de juro *forward*, o prémio *forward* pode ser calculado usando a equação (2). No entanto, o cálculo do prémio *forward* não fornece indicação sobre se este é estatisticamente diferente de zero em cada momento no tempo. Mesmo que a hipótese de expectativas seja rejeitada para a amostra completa, pode acontecer que não se possa excluir que o prémio *forward* não seja estatisticamente significativo para um momento específico no tempo. Neste contexto, propõe-se um procedimento de *bootstrap* para calcular intervalos de confiança para as estimativas do prémio *forward* em cada momento no tempo. O procedimento, que é descrito em detalhe em Costa e Galvão (2007), baseia-se na distribuição de probabilidades empírica de $y_{t+h|t}^{(\tau)}$, a qual traduz a maior fonte de incerteza associada à estimação do prémio *forward*.

4. EXISTIRÁ UM PRÉMIO FORWARD?

Nesta secção começa por se avaliar o ajustamento da curva de rendimentos estimada. De seguida são calculadas as taxas de juro *forward* a 3 meses implícitas na curva de rendimentos estimada e é avaliado o seu enviesamento na previsão das taxas de juro a 3 meses observadas. Por fim, com base no método descrito na secção anterior, calculam-se previsões para as taxas de juro a 3 meses e comparam-se as médias dos erros de previsão que lhes estão associados com aquelas que se obtêm com as taxas de juro *forward*.

A amostra utilizada começa em Janeiro de 1999 e termina em Junho de 2006. Os dados para as taxas de juro correspondem às taxas EURIBOR para os prazos 1, 3, 6, 9 e 12 meses e a taxas de juro de *swaps* para todos os anos entre os 2 e os 10 anos. A fonte para os dados das taxas de juro de *swaps* é a *Thomson Financial DataStream*. As taxas EURIBOR foram transformadas em taxas continuamente compostas de modo a serem compatíveis com a especificação de Nelson e Siegel (1987). As taxas de juro estão definidas em valores de fim de mês. A taxa de inflação corresponde à taxa de variação homóloga do índice harmonizado de preços no consumidor para a área do euro e o crescimento real da actividade à taxa de variação homóloga do índice de produção industrial, excluindo a construção, para a área do euro. A fonte de ambas as séries é o Eurostat.

O Quadro 1 apresenta, para várias maturidades, a raiz quadrada da média do quadrado dos resíduos associados à estimação da curva de rendimentos com o método de Nelson e Siegel (1987) com θ_t fixo em 0.0542, (o que implica que o maior *factor loading* da curvatura ocorre no prazo de 3 anos)⁵. Os piores ajustamentos da curva estimada ocorrem no prazo de 1 mês e em alguns prazos intermédios (1 e 2 anos) mas o erro máximo é de apenas 6 pontos base.

Com base nas taxas de juro estimadas e utilizando a expressão (1) calcularam-se as taxas de juro *forward* a 3 meses ($\tau = 3$) para os horizons até 3 anos (n corresponde a $h = 3, 6, \dots, 36$). O Quadro 2 inclui o erro médio de utilizar as taxas de juro *forward* para prever as taxas de juro a 3 meses. As taxas de

(5) As estimativas da curva foram obtidas com o programa Gauss CML *package* (com BFGS).

Quadro 1

AJUSTAMENTO DA CURVA DE RENDIMENTOS ESTIMADA COM NELSON AND SIEGEL (1987) COM θ FIXO

Raiz quadrada da média do quadrado dos resíduos.

| t (maturidade, medida em meses) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 | 120 |
| 0.061 | 0.039 | 0.033 | 0.046 | 0.052 | 0.053 | 0.032 | 0.030 | 0.036 | 0.031 | 0.017 | 0.009 | 0.022 | 0.036 |

juro *forward* e as taxas de juro a 3 meses observadas $y_{t+h}^{(3)}$ foram convertidas em taxas de juro anualmente compostas por forma a serem compatíveis com a forma habitual de apresentação destas taxas. Os valores em negrito no horizonte de 3 meses e nos horizontes superiores a 1 ano significam que as estatísticas t , calculadas utilizando os valores estimados e os seus desvios padrão, são maiores que 2, o que implica a rejeição da hipótese nula de que o erro de previsão é zero.

O enviesamento das taxas de juro *forward* na previsão das taxas de juro à vista futuras pode resultar da existência de um prémio de risco ou de erros na previsão determinados por choques não esperados. Nesta situação, iremos avaliar o enviesamento das previsões para as taxas de juro a 3 meses obtidas com base na abordagem descrita na secção anterior. Caso estas previsões sejam igualmente enviesadas para os horizontes longos, considerar-se-á que isso se deve à existência de erros de previsão. De facto, variações não esperadas nas taxas de juro afectam durante mais tempo os erros das previsões efectuadas para horizontes longos, uma vez que demora mais tempo até que estas alterações das taxas sejam efectivamente observadas.

Para o cálculo das previsões estimou-se um VAR (eq. 5) para os factores da curva de rendimentos $(x_t = (\hat{L}_t - \hat{S}_t \hat{C}_t)')$ e outro considerando adicionalmente o crescimento real da actividade (g_t) e a taxa de inflação (π_t) $(x_t = (\hat{L}_t - \hat{S}_t \hat{C}_t g_t \pi_t)')$. Com base nos VAR estimados calcularam-se então as previsões h -passos à frente para a taxa de juro a 3 meses (eq. 6 e eq. 4).

O Quadro 3 apresenta a média dos erros de previsão das taxas de juro a 3 meses para os horizontes entre 3 e 36 meses. As previsões foram efectuadas utilizando os coeficientes do VAR estimados com base na amostra completa, mas factores estimados com base na informação das taxas de juro apenas até t . Os valores em negrito indicam novamente a rejeição da hipótese nula de que o erro de previsão médio seja nulo. Existe alguma evidência de enviesamento em horizontes longos, mas este é em média três a cinco vezes mais pequeno do que quando se usam as taxas de juro *forward*. A inclusão de variáveis macroeconómicas melhora apenas ligeiramente a qualidade das previsões.

Quadro 2

ERROS DE PREVISÃO MÉDIOS DAS TAXAS DE JURO FORWARD A 3-MESES^(a)

| t+h (h corresponde ao horizonte de previsão medido em meses) | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| t+3 | t+6 | t+9 | t+12 | t+15 | t+18 | t+21 | t+24 | t+27 | t+30 | t+33 | t+36 |
| 0.131 | 0.278 | 0.457 | 0.673 | 0.900 | 1.164 | 1.450 | 1.741 | 2.004 | 2.240 | 2.426 | 2.548 |
| (0.061) | (0.149) | (0.262) | (0.365) | (0.441) | (0.464) | (0.450) | (0.414) | (0.374) | (0.327) | (0.297) | (0.294) |

Nota: (a) Por exemplo, para um horizonte de 12 meses corresponde à diferença entre a taxa de juro *forward* a 3 meses acordada em t para entrar em vigor em $t+12$ e a taxa a 3 meses observada em $t+12$. Os valores entre parêntesis correspondem aos desvios padrão dos erros de previsão calculados usando o estimador de Newey-West com uma truncagem dos desfasamentos em $h-1$.

Quadro 3

| ERROS DE PREVISÃO MÉDIOS OBTIDOS COM A EXTENSÃO DA ABORDAGEM DE DIEBOLD AND LI (2006) ^(a) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| t+h (h corresponde ao horizonte de previsão medido em meses) | | | | | | | | | | | |
| t+3 | t+6 | t+9 | t+12 | t+15 | t+18 | t+21 | t+24 | t+27 | t+30 | t+33 | t+36 |
| -0.008 (0.062) | -0.045 (0.137) | -0.061 (0.237) | -0.040 (0.328) | 0.003 (0.396) | 0.094 (0.419) | 0.223 (0.410) | 0.372 (0.380) | 0.508 (0.341) | 0.629 (0.284) | 0.713 (0.225) | 0.743 (0.180) |
| Resultados com variáveis macroeconómicas | | | | | | | | | | | |
| -0.011 (0.056) | -0.046 (0.105) | -0.064 (0.171) | -0.056 (0.231) | -0.040 (0.279) | 0.016 (0.303) | 0.105 (0.310) | 0.213 (0.302) | 0.313 (0.286) | 0.403 (0.251) | 0.463 (0.208) | 0.476 (0.174) |

Nota: (a) Por exemplo, para um horizonte de 12 meses corresponde à diferença entre a previsão 12 meses à frente para a taxa de juro a 3 meses, obtida com a extensão da abordagem de Diebold and Li (2006), e a taxa de juro a 3 meses observada em t+12. No caso dos resultados com variáveis macroeconómicas, o VAR utilizado na previsão inclui para além dos factores da curva de rendimentos também a taxa de inflação e o crescimento da actividade. Os valores entre parêntesis correspondem aos desvios padrão dos erros de previsão calculados usando o estimador de Newey-West com uma truncagem dos desfasamentos em h-1.

Em resumo, os resultados indicam que a nossa abordagem gera previsões não enviesadas para horizontes inferiores a dois anos e meio, enquanto as taxas de juro *forward* são enviesadas na previsão em horizontes maiores que 1 ano. Isto sugere que o enviesamento das taxas de juro *forward* é em parte causado pela existência de um prémio *forward*. Nos horizontes longos, parte do enviesamento decorre de alterações não esperadas nas taxas de juro. As estimativas do enviesamento para o horizonte de 3 anos apresentadas no Quadro 3 sugerem que cerca de 1/4 do enviesamento decorrente da utilização das taxas de juro *forward* é causado por choques não esperados, enquanto cerca de 3/4 do enviesamento pode ser explicado pelo prémio *forward*.

5. O PRÉMIO FORWARD DAS TAXAS DE JURO DO EURO

Os resultados da secção anterior apontam para que exista um prémio *forward* nas taxas de juro a 3 meses da área do euro. Na primeira parte da presente secção apresentam-se estimativas para o prémio *forward* médio em diferentes horizontes. Na segunda parte, o comportamento do prémio ao longo da amostra é avaliado, com base nos intervalos de confiança estimados, e comparado com a taxa de juro oficial do BCE e com o enviesamento da distribuição de probabilidades para os futuros de taxas de juro implícita nas opções sobre os mesmos.

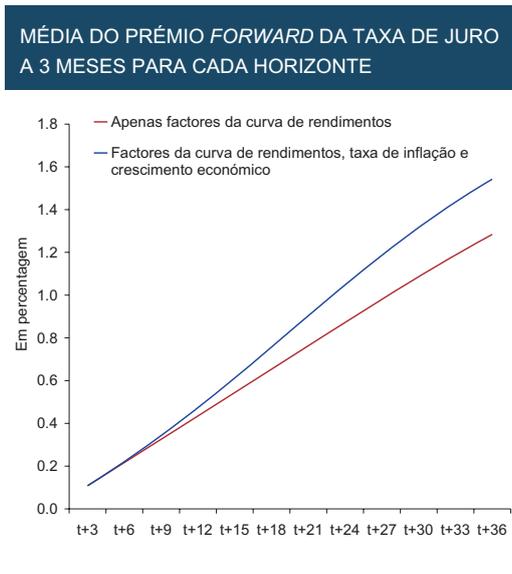
5.1. Prémio *forward* para diferentes horizontes

O prémio *forward* da taxa de juro a 3 meses para cada horizonte é calculado como a diferença entre a taxa de juro *forward* a 3 meses, implícita na curva de rendimentos estimada, e a previsão para a taxa de juro a 3 meses obtida com a extensão da abordagem de Diebold e Li (2006):

$$\hat{frp}_t^{(h,h+3)} = \hat{r}_t^{(h,h+3)} - \hat{y}_{t+h|t}^{(3)}$$

O Gráfico 1 apresenta a média na amostra dos prémios *forward* para a taxa de juro a 3 meses estimados para os horizontes entre 3 e 36 meses, com e sem a inclusão de variáveis macroeconómicas. O prémio *forward* aumenta com o horizonte. O facto do prémio de risco aumentar com a maturidade é um resultado standard igualmente obtido para dados da Alemanha e da área do euro em Hordahl *et al* (2006) e Capiello *et al* (2006).

Gráfico 1



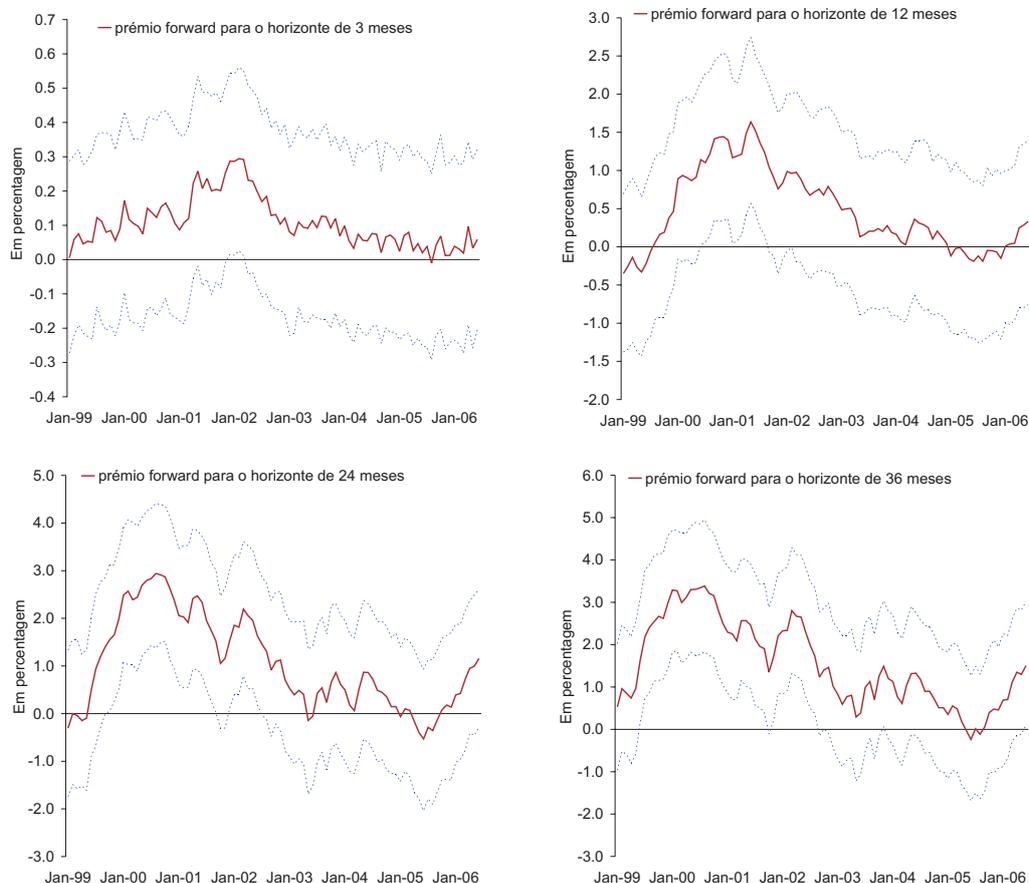
A inclusão de variáveis macroeconómicas aumenta a média do prémio *forward* estimado. Contudo, em geral, como referido na avaliação do Quadro 3, as reduções no enviesamento positivo de se incluir variáveis macroeconómicas são marginais. A inclusão destes factores adicionais origina igualmente reduções marginais na variância dos choques utilizados no cálculo dos intervalos de confiança para o prémio *forward* ao longo do tempo. Nestas circunstâncias, daqui para a frente, apresentam-se apenas as estimativas do prémio *forward* obtidas com a inclusão de variáveis macroeconómicas. Os resultados não se alteram qualitativamente quando estas variáveis são excluídas do VAR.

5.2. Prémio *forward* e intervalos de confiança ao longo do tempo

O Gráfico 2 apresenta os prémios *forward* estimados para os horizontes de previsão de 3, 12, 24 e 36 meses e os seus intervalos de confiança a 90 por cento. O prémio *forward* não é significativamente diferente de zero para o horizonte de 3 meses, embora a previsão pontual seja em geral positiva. Nos restantes horizontes de previsão, o prémio *forward* é significativamente positivo em alguns períodos entre 1999:6 e 2002:10, sendo a duração destes períodos maior nos horizontes mais longos. A variabilidade do prémio aumenta com o horizonte, uma vez que a variabilidade das previsões para as taxas de juro efectuadas com a extensão da abordagem de Diebold e Li (2006) se reduz com o horizonte. O aumento da variabilidade com o horizonte é igualmente obtido em Hordahl et al (2006) com um modelo *affine* para a estrutura temporal das taxas de juros aumentado com um modelo macroeconómico estrutural.

O comportamento ao longo do tempo dos prémios *forward* estimados é relativamente semelhante ao dos *yield premia* estimados em Werner (2006) com base num modelo *affine* para a estrutura temporal das taxas de juro. Para os horizontes mais longos, os prémios aumentam em 1999, começam a diminuir em 2000, e apenas revertem a tendência decrescente em meados de 2005. Os nossos resultados são igualmente semelhantes ao do *yield premium* para o prazo de um ano estimado com dados para o período a partir de 1999 em Capiello et al (2006). O facto de a nossa medida para o prémio *forward* não diferir significativamente das que são obtidas na literatura com base em modelos *affine* para a estrutura temporal das taxas de juro sustenta a utilização do nosso método, o qual é menos exigente em termos computacionais.

Gráfico 2

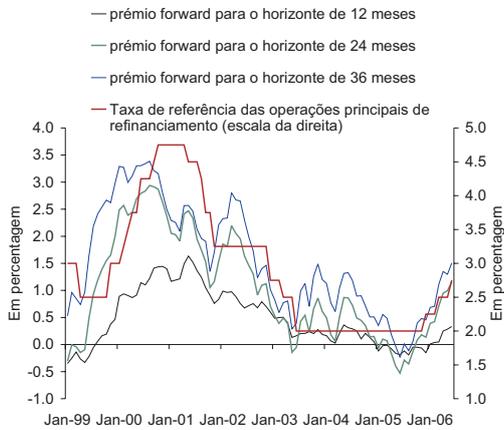
ESTIMATIVAS PARA O PRÉMIO *FORWARD* DA TAXA DE JURO A 3 MESES E INTERVALOS DE CONFIANÇA A 90 POR CENTO

O Gráfico 3 mostra que os prémios *forward* estimados estão positivamente correlacionados com a taxa de juro oficial do BCE. Capiello *et al* (2006) encontram igualmente, no período desde 1999, uma correlação positiva entre o *yield premium* para o prazo de um ano e as taxas de juro de curto prazo. Uma interpretação económica para a relação entre o prémio de risco e as taxas de juro de curto prazo pode assentar na existência de uma relação entre os movimentos das taxas de juro oficiais e a probabilidade atribuída pelos participantes de mercado a que as taxas de juro no futuro se situem acima do seu valor esperado (Vähämaa, 2004). Em particular, é de esperar que os investidores exijam uma maior protecção face a perdas de capital potenciais se a aumentar a probabilidade que atribuem a que as taxas de juro no futuro se situem acima do seu valor esperado.

Uma forma de avaliar esta explicação é através da análise da assimetria da distribuição de probabilidades para as taxas de juro esperadas. Para o efeito utilizaram-se dados de opções sobre contratos de futuros relativos à taxa de juro EURIBOR. Em particular, calculou-se para o nosso período amostral as assimetrias das distribuições de probabilidades implícitas nas opções sobre os contratos de futuros da taxa EURIBOR a 3 meses para aproximadamente um ano à frente. Por exemplo, em Janeiro de 1999 utilizaram-se os dados das opções sobre o contrato de futuros para Dezembro de 2000, e em Fevereiro, Março e Abril de 1999 sobre os contratos de futuros para Março de 2000. A assimetria foi medida pelo coeficiente de *Fisher*, o qual corresponde ao rácio entre o terceiro momento da distribuição e o cubo do desvio padrão. O coeficiente de *Fisher* assume um valor positivo (negativo) quando a

Gráfico 3

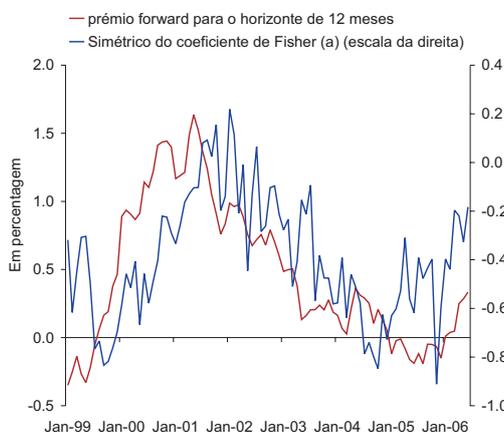
PRÉMIO *FORWARD* DA TAXA DE JURO A 3 MESES
E TAXA DE JURO DO BCE



distribuição é assimétrica positiva (negativa), ou seja, quando é atribuída uma maior probabilidade a valores abaixo (acima) da média da distribuição do que acima (abaixo). O Gráfico 4 mostra que a assimetria é negativamente correlacionada com o prémio *forward* da taxa de juro a 3 meses para o horizonte de um ano. Quando a assimetria se reduz, a distribuição de probabilidades movimenta-se para a direita, o que corresponde a um acréscimo da probabilidade atribuída a que a taxa de juro se venha a situar acima do seu valor esperado. Na interpretação destes resultados é importante levar em consideração que os contratos de futuros utilizados na estimação das distribuições podem igualmente incorporar um prémio de risco. Assim, um aumento da probabilidade atribuída a que a taxa de juro se

Gráfico 4

PRÉMIO *FORWARD* DA TAXA DE JURO A 3 MESES
E ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO DE
PROBABILIDADES IMPLÍCITA NAS OPÇÕES
SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS DA TAXA
EURIBOR A 3 MESES



Nota: (a) Coeficiente de *Fisher* da distribuição de probabilidades para as taxas de juro implícitas nos contratos de futuros sobre a taxa EURIBOR a 3 meses para $t+12$.

venha a situar acima do seu valor esperado pode resultar de um aumento dessa probabilidade no caso dos participantes no mercado serem neutros ao risco ou de um aumento da aversão ao risco.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresenta-se evidência de que as taxas de juro *forward* a 3 meses são previsores enviesados das taxas de juro na área do euro e de que isso se deve, pelo menos em parte, à existência de um prémio de risco. As estimativas efectuadas mostram que o nível e a variabilidade desse prémio aumentam com o horizonte de previsão.

Embora em média na amostra os prémios *forward* para os horizontes entre os 3 e os 36 meses sejam positivos, os intervalos de confiança estimados para os prémios ao longo do tempo indicam que estes são estatisticamente iguais a zero em alguns períodos. Os prémios *forward* são positivamente correlacionados com a taxa de juro oficial do BCE. Uma razão para a existência desta relação positiva pode ser o facto de que, quando a política monetária se torna mais restritiva, a percepção do mercado altera-se no sentido de ser atribuída uma maior probabilidade ao cenário de “más notícias”, o qual corresponde a taxas de juro mais elevadas no futuro do que o seu valor esperado.

Para além destes resultados empíricos, este artigo contribui com um método competitivo para a estimação do prémio *forward* e dos seus intervalos de confiança. Estes intervalos são necessários para se conseguir avaliar se uma variação da taxa de juro *forward* se deve a alterações na compensação exigida pelo risco ou nas expectativas de mercado. A abordagem proposta é fácil de estimar e flexível, no sentido em que permite incorporar outra informação para além da relativa à curva de rendimentos. Embora não sejam impostas restrições de não arbitragem, o método sugerido permite captar o comportamento do prémio *forward* ao longo do tempo que é estimado em Capiello *et al* (2006) e Werner (2006), com base em modelos dinâmicos para a estrutura temporal das taxas de juro. Uma outra vantagem da abordagem utilizada é o facto do prémio de risco e dos intervalos de confiança poderem ser calculados diariamente.

REFERÊNCIAS

- Ang A. e Piazzesi M. (2003). “A no-arbitrage vector autoregression of term structure dynamics with macroeconomic and latent variables”. *Journal of Monetary Economics*, 50: 745-787.
- Cappiello L., Hördahl P., Kadareja A. e Maganelli S. (2006). “The impact of the Euro on financial markets”. European Central Bank. *Working Paper* n. 598.
- Carriero A., Favero C. A. e Kaminska I. (2006). “Financial factors, macroeconomic information and the expectations theory of term structure interest rates”. *Journal of Econometrics*, 131: 339-358.
- Cochrane J. H. (2001). *Asset Pricing*. Revised Edition. Princeton: Princeton University Press.
- Costa S. e Galvão A. B. (2007). “The forward premium of euro interest rates”. *Working Paper* nº 2, Banco de Portugal.
- Cox J. C., Ingersoll J. E. and Ross S. A. (1981). “A re-examination of traditional hypotheses about term structure of interest rates”. *The Journal of Finance*, 36: 769-799.
- Diebold F. X. e Li, C. (2006). “Forecasting the term structure of government bond yields”. *Journal of Econometrics*, 130: 337-364.

- Diebold F.X., Rudebusch G.D. e Aruoba S. B. (2006). "The macroeconomy and the yield curve: a dynamic latent factor approach". *Journal of Econometrics*, 131: 309-338.
- Duarte A., Venetis I. A. e Paya I. (2005). "Predicting real growth and the probability of recession in the euro area using the yield spread". *International Journal of Forecasting*, 21: 261-277.
- Estrella A., Rodrigues A. P. e Schich S. (2003). "How stable is predictive power of the yield curve? Evidence from Germany and the United States". *The Review of Economics and Statistics*, 85 (3): 629-644.
- Favero C. e Kaminska I. (2006). "Measuring term premium. Evaluating alternative dynamic term structure models". Bocconi University, *mimeo*.
- Hordahl P., Tristani O. e Vestin D. (2006). "A joint econometric model of macroeconomic and term-structure dynamics". *Journal of Econometrics*, 131: 405-444.
- Moneta F. (2003). "Does the yield spread predict recessions in the euro area?" European Central Bank. *Working Paper* n. 294.
- Nelson C. R. e Siegel, A. F. (1987). "Parsimonious modelling of yield curves". *Journal of Business*, 60: 473-489.
- Rudebusch G. D. e Wu T. (2004). "A macro-finance model of the term structure, monetary policy and the economy". Federal Reserve Bank of San Francisco. *Working Paper Series*. Working Paper n. 2003-17.
- Singleton K. J. (2006). *Empirical dynamic asset pricing: model specification and econometric assessment*. Princeton: Princeton University Press.
- Svensson L. E. O. (1994). "Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994. National Bureau of Economic Research". *Working Paper* n. 4871.
- Vähämaa, S. (2004) "Option-implied asymmetries in bond market expectations around monetary policy actions of the ECB". European Central Bank. *Working Paper* n. 315.
- Werner T. (2006). "Term premia developments in the euro area: an affine term structure model estimated with survey data". European Central Bank. *mimeo*.