

1891

TEXTO PARA DISCUSSÃO

ESTIMANDO O DESALINHAMENTO CAMBIAL: METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE BANDAS DE PRECISÃO

Emerson Fernandes Marçal

ESTIMANDO O DESALINHAMENTO CAMBIAL: METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE BANDAS DE PRECISÃO*

Emerson Fernandes Marçal**

* Este artigo é produto do Projeto Regulação do Comércio Global, da Diretoria de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais (Dinte) do Ipea.

** Bolsista do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Ipea e coordenador do Centro de Macroeconomia Aplicada (CEMAP) da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (EESP-FGV) e do Centro de Ciências Sociais e Aplicadas (CCS) da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Governo Federal

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República**
Ministro interino Marcelo Côrtes Neri



Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Marcelo Côrtes Neri

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Luiz Cezar Loureiro de Azeredo

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
Renato Coelho Baumann das Neves

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Daniel Ricardo de Castro Cerqueira

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Cláudio Hamilton Matos dos Santos

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Rogério Boueri Miranda

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
Rafael Guerreiro Osorio

Chefe de Gabinete
Sergei Suarez Dillon Soares

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>
URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2013

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: F31; C32.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO7

2 METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO DESALINHAMENTO CAMBIAL.....7

3 DISCUSSÃO SOBRE METODOLOGIAS PARA CALCULAR BANDAS DE PRECISÃO
DAS ESTIMATIVAS DE DESALINHAMENTO CAMBIAL12

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS16

5 POSSÍVEIS REFINAMENTOS25

6 CONCLUSÃO27

REFERÊNCIAS27

SINOPSE

Este trabalho tem por objetivo discutir e apresentar uma metodologia para cálculo de bandas de precisão para as estimativas de desalinhamento cambial numa abordagem baseada em fundamentos. O desalinhamento cambial não é observado diretamente e depende de estimativas dos coeficientes que ligam os fundamentos à taxa de câmbio real. Tão logo sejam calculados, possuem um determinado nível de precisão. O trabalho utiliza para cálculo do desalinhamento cambial a metodologia econométrica desenvolvida em Alberola *et al.* (1999). Estes autores usam técnicas de cointegração e a metodologia de Gonzalo e Granger (1995) para decompor as séries em componentes transitórios e permanentes. O cálculo de bandas de precisão para estimativas de desalinhamento cambial é importante na medida em que explicita as limitações existentes em determinando exercício e facilita ao analista a discussão sobre a magnitude de desalinhamentos.

Palavras-chave: bandas de precisão; VECM; cointegração; desalinhamento.

ABSTRACTⁱ

This paper aims to discuss a methodology to calculate the error bands for exchange rate misalignments estimative. The exchange misalignment is not directly observed and its precision depends on the coefficients that link fundamentals to real effective exchange rate. The precision of exchange rate misalignments relies on standard errors of the parameters estimative. This paper bases its results on the econometric methodology developed by Alberola et al. (1999) to calculate misalignments and suggest a bootstrap approach to calculate error bands. The misalignment estimative is based on cointegration techniques and the permanent and transitory decomposition developed by Gonzalo e Granger (1995). The development of error bands is important to highlight the precision and the limitations of the misalignment exchange rate calculus exercise and allows the analysts to distinguish minor from relevant misalignments.

Keywords: error bands; VECM; cointegration; misalignment.

ⁱ *The versions in English of the abstracts of this series have not been edited by Ipea's editorial department.*
As versões em língua inglesa das sinopses (*abstracts*) desta coleção não são objeto de revisão pelo Editorial do Ipea.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo discutir e apresentar uma metodologia para cálculo de bandas de precisão para as estimativas de desalinhamento cambial numa abordagem baseada em fundamentos. O desalinhamento cambial não é observado diretamente e depende de estimativas dos coeficientes que ligam os fundamentos à taxa de câmbio real. Estas estimativas terão um determinado nível de precisão tão logo os fundamentos sejam calculados. Como as estimativas de desalinhamentos são aferidas utilizando-se tais parâmetros, sua precisão está ligada diretamente à precisão de tais avaliações.

Texto utiliza para definição do desalinhamento cambial a metodologia econométrica desenvolvida em Alberola *et al.* (1999). Os autores usam técnicas de cointegração e a metodologia de Gonzalo e Granger (1995) para decompor as séries em componentes transitórios e permanentes.

O cálculo de bandas de precisão para estimativas de desalinhamento cambial é importante na medida em que explicita as limitações existentes em determinando exercício e facilita ao analista a discussão sobre magnitude de desalinhamentos (Mccown, Pollard e Weeks (2007)).

O trabalho está dividido, além desta introdução, em mais cinco seções. A seção 2 contém uma breve descrição da metodologia para cálculo de desalinhamento cambial bem como o instrumental econométrico utilizado no trabalho. Na seção 3, apresenta-se uma discussão das diversas metodologias para cálculo de bandas para as estimativas de desalinhamento cambial também aqui utilizadas. Na seção 4, mostram-se os resultados das metodologias discutidas para o Brasil e os Estados Unidos. Possíveis extensões são apresentadas na seção 5. Por fim, na seção 6, as conclusões finais são realizadas.

2 METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO DESALINHAMENTO CAMBIAL

A literatura sobre desalinhamento cambial vem ganhando atenção recentemente. O avanço das técnicas econométricas e dos recursos computacionais permitiu aos economistas elaborar modelos mais complexos e precisos sobre diversos assuntos. O cálculo do

desalinhamento cambial ganhou espaço também por conta dos últimos avanços na área de séries de tempo.

Como o objetivo deste trabalho não é revisar a literatura de desalinhamento cambial, para quem interessar, sugere-se a consulta, por exemplo, a MacDonald (2000), Matteo e Alessandro (2010), Mccown, Pollard e Weeks (2007), Chinn (2006) e Driver e Westaway (2004). Uma comparação entre metodologias que utilizam técnicas de panel *vis-à-vis* a metodologia baseada em séries de tempo é feita em Hossfeld (2009). Montiel e Hinkle (1999) é um exemplo de livro sobre desalinhamento cambial. Eden e Nguyen (2012) fornecem uma visão mais crítica sobre a interpretação direta de que desalinhamentos cambiais implicam desequilíbrio e que estes devam ser combatidos necessariamente.

2.1 Quais variáveis utilizar como fundamentos?

Tendo como objetivo aferir o desalinhamento cambial, utilizou-se uma abordagem muito similar à feita por Alberola *et al.* (1999). Empregou-se o mesmo conjunto de variáveis para modelar a taxa de câmbio real: posição internacional de investimento sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e um indicador de produtividade relativa para controlar o denominado efeito Balassa-Samuelson (Balassa, 1964; Samuelson, 1964).

O primeiro passo consiste em avaliar a presença ou não de cointegração entre as variáveis listadas, na medida em que uma análise baseada em fundamentos implica a existência de cointegração entre taxa de câmbio real e as variáveis listadas como possíveis fundamentos e determinantes no longo prazo da taxa de câmbio.

$$RER_t = f(PII_t, BS_t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\frac{\partial f(PII_t, BS_t)}{\partial PII_t} > 0, \quad \frac{\partial f(PII_t, BS_t)}{\partial BS_t} < 0 \quad (2)$$

A equação (1) consiste na relação a ser estimada que liga a taxa de câmbio real (RER) aos fundamentos Posição Internacional de Investimento e o efeito Balassa e Samuelson (PII e BS). A equação (2) representa o desvio com relação ao equilíbrio com média zero e que segue algum processo estacionário e reversível à média com alguma memória temporal em geral.

A abordagem utilizada neste trabalho consiste em calcular a taxa de câmbio de equilíbrio a partir de um modelo econométrico empregando-se variáveis que explicam no médio e longo prazo a taxa de câmbio real.¹

O argumento teórico para incluir a posição internacional de investimento é feita em Faruqee (1995) e em Kubota (2009) entre outros. Já a argumentação para o efeito B-S diz respeito aos trabalhos clássicos dos autores (Balassa, 1964; Samuelson, 1964). Ambos dizem respeito ao efeito que diferentes taxas de crescimento de produtividade entre os setores de bens transacionáveis e não transacionáveis têm sobre a taxa de câmbio. À medida que um país vai crescendo, a demanda pelos bens vai aumentando, mas o fato de os bens transacionáveis terem um maior ritmo de crescimento da produtividade, e havendo arbitragem internacional, os preços dos bens transacionáveis caem relativamente aos preços dos bens não transacionáveis. Isto causa uma apreciação real da taxa de câmbio quando medida por índices de preços que contenham ambos os bens.

2.2 A econometria do desalinhamento

Nesta abordagem, empregou-se basicamente o ferramental de séries de tempo e modelos que utilizam cointegração. A literatura sobre este último tema é vasta e o conceito tem sido amplamente usado em economia (Maddala e Kim, 1998).

Optou-se por utilizar um modelo linear como ponto de partida da análise. Tem-se por objeto decompor as séries em componentes transitórios e permanentes como em Gonzalo e Granger (1995) e procura-se avaliar a precisão da estimativa obtida.

2.2.1 Vetor autorregressivo com mecanismo de correção de erros – Vector Error Correction Model (Var/VECM)

A abordagem econométrica deste trabalho aplica o instrumental de séries de tempo e o conceito de cointegração desenvolvido inicialmente no trabalho clássico de Engle e Granger (1987). Os testes de cointegração foram inicialmente generalizados nos trabalhos de Johansen e Juselius (Johansen, 1988, 1995; Johansen e Juselius, 1990, 1992). Uma grande revisão da literatura de cointegração até meados dos anos 1990 é feita por Maddala e Kim (1998). Nos anos 2000 foi realizada uma série de aperfeiçoamentos ao

1. Ver, por exemplo, Alberola *et al.* (1999), Kubota (2009) e MacDonald (1997).

modelo básico de modo a permitir vários regimes, quebra estrutural e heterocedasticidade condicional e *outliers*. O trabalho de Hansen (2000, 2002, 2003) se destaca no que tange à quebra estrutural. Já Cavaliere, Rahbek e Taylor (2010) tratam de inferência robusta à heterocedasticidade condicional. Por fim, Santos, Hendry e Johansen (2008) desenvolvem um algoritmo de procura de possíveis *outliers* em séries.²

O modelo estimado é dado pela equação:

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta X_{t-k+1} + \alpha \beta' X_{t-1} + \Phi D_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

na qual ε_t é um vetor de variáveis aleatórias com média zero e matriz de variância-covariância constante.

O modelo acima permite a inclusão de *dummies* pontuais que não alteram, assintoticamente, os resultados obtidos por Johansen (1995) para a estatística do traço e máximo autovalor.

A estimação de (3) é feita aplicando-se o método da regressão de posto reduzido e a estimação do modelo dado por (3) usa os algoritmos propostos em Johansen (1995). A busca por *outliers* utiliza-se do algoritmo de procura desenvolvido no *software* Oxmetrics, cujo trabalho-base é de Santos, Hendry e Johansen (2008).

Após especificar o modelo a ser empregado como ponto de partida, e determinada a existência de cointegração ou não, cabe identificar e testar hipóteses sobre as relações de longo prazo estimadas. Para realizar isto, o procedimento utilizado segue os trabalhos de Johansen (2007), Juselius (2009) e Paruolo (2006).

2.2.2 Decomposição de Gonzalo e Granger

Uma série de decomposições foram propostas para separar um processo entre componentes transitórios e permanentes. Em geral, a decomposição tem a seguinte forma:³

2. No *software* Oxmetrics, o algoritmo está implementado em modelos multivariados.

3. β_{\perp} denota o vetor ortogonal a β de tal maneira que $\beta_{\perp}'\beta = \mathbf{0}$.

$$X_t = \beta_{\perp} (c' \beta_{\perp})^{-1} c' X_t + c_{\perp} (\beta' c_{\perp})^{-1} \beta' X_t \quad (4)$$

As decomposições variam de acordo com a escolha do vetor c . Uma condição para a existência da decomposição é que a matriz $(\beta' c_{\perp})$ tenha posto completo. Nem sempre isto está assegurado.

Gonzalo e Granger (1995) propuseram $c = \alpha_{\perp}$.⁴ Esta representação sempre existe para o caso de um VECM, de ordem 0. Neste trabalho faz-se uso das decomposições de Gonzalo e Granger (1995). Os autores demonstram que em sua decomposição os componentes transitórios não causam no sentido de Granger⁵ a variação dos componentes permanentes no longo prazo, ou seja, o desalinhamento não contém informação relevante para prever a variação dos componentes permanentes no longo prazo. A rigor, a não causalidade de Granger citada é que define se uma decomposição é do tipo proposto pelos autores.

2.2.3 Decomposições alternativas

Johansen (1995) propõe $c = \alpha_{\perp} \Gamma$. Esta decomposição sempre existe desde que no sistema haja variáveis cuja ordem de integração seja no máximo 1. Kaza propõe $c = \beta_{\perp}$. Outra possibilidade consiste em gerar previsões a partir do VECM estimado para cada um dos pontos. Os valores para os quais as séries convergirem são denominados fundamentos.⁶

Outra possível decomposição pode ser feita a partir da generalização do trabalho de Beveridge e Nelson (1981) para processos multivariados e cointegrados. Este ponto é discutido em Proietti (1997) e Hecq, Palm e Urbain (2000, 2002).

4. A decomposição de Gonzalo e Granger (1995) é implementada no *software* Matlab.

5. Ver Hendry (1995) para uma definição rigorosa de causalidade de Granger.

6. Neste caso, os componentes deterministas do modelo, como constante e tendência, devem estar restritos ao espaço de cointegração.

3 DISCUSSÃO SOBRE METODOLOGIAS PARA CALCULAR BANDAS DE PRECISÃO DAS ESTIMATIVAS DE DESALINHAMENTO CAMBIAL

Um primeiro ponto no debate econométrico sobre o cálculo do desalinhamento cambial diz respeito à escolha da decomposição entre fatores permanentes e transitórios. Um segundo ponto importante reside na elaboração de cálculo do grau de precisão das estimativas de desalinhamento cambial. Nos itens que se seguem, discutem-se formas alternativas de construir medidas do grau de precisão das estimativas de desalinhamento cambial feito a partir da decomposição de Gonzalo e Granger (1995).

3.1 Metodologia tradicional para cálculo de desalinhamento

A estimação do desalinhamento é dada por alguma variante das equações (5) e (6). As diversas estimativas de desalinhamento diferem por conta da escolha da forma da função $g(\cdot)$.

$$des_t = y_t - F_t \quad (5)$$

$$F_t = g(X_t) \quad (6)$$

No caso da decomposição de Gonzalo e Granger (1995):

$$F_t = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \beta_{\perp} (\alpha'_{\perp} \beta_{\perp})^{-1} \alpha'_{\perp} X_t = b' X_t \quad (7)$$

$$\alpha = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \alpha (\beta' \alpha)^{-1} \beta' \quad (8)$$

Como os parâmetros são não observados, devem ser substituídos por estimativas, então:

$$\hat{b}' = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \hat{\beta}_{\perp} (\hat{\alpha}'_{\perp} \hat{\beta}_{\perp})^{-1} \hat{\alpha}'_{\perp} \quad (9)$$

$$\hat{\alpha} = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \hat{\alpha} (\hat{\beta}' \hat{\alpha})^{-1} \hat{\beta}' \quad (10)$$

E logo o desalinhamento estimado é calculado a partir de (11) e (12):

$$\widehat{des}_t = y_t - \hat{F}_t = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \hat{\alpha} (\hat{\beta}' \hat{\alpha})^{-1} \hat{\beta}' X_t \quad (11)$$

$$\hat{F}_t = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \hat{\beta}_\perp (\hat{\alpha}'_\perp \hat{\beta}_\perp)^{-1} \hat{\alpha}'_\perp X_t \quad (12)$$

Após alguns cálculos é possível se obter que a precisão da estimativa do desalinhamento é dada pela seguinte fórmula:

$$\text{Var}(\widehat{des}_t) = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^j \text{cov}(\hat{\alpha}_i; \hat{\alpha}_j) X_{it} X_{jt} \quad (13)$$

Alberola *et al.* (1999, apêndice I) mostram que o desvio da estimativa do desalinhamento cambial com relação ao desalinhamento tem distribuição assintótica normal com média zero e variância que converge para zero a taxa dada pela raiz quadrada do tamanho da amostra. Desta forma, caso a equação (3) seja uma boa representação do processo gerador dos dados, o desalinhamento será calculado com grande precisão para uma amostra grande.

3.2 O algoritmo para cálculo das bandas

Nesta subseção, descrevem-se os algoritmos utilizados para a construção das bandas de precisão das estimativas. No primeiro algoritmo, supõe-se que os erros do VECM dados por (3) são homocedásticos e não correlacionados temporalmente. No segundo e terceiro algoritmos, os erros são supostos como possivelmente heterocedásticos. A diferença entre o segundo e o terceiro algoritmo é dada pela forma como a estimativa das bandas é realizada.

3.2.1 Algoritmo 1: *bootstrap* tradicional

Passo 1:

Estimar o desalinhamento cambial utilizando a metodologia descrita na subseção 2.2.2.

Passo 2:

Gerar uma amostra artificial usando os valores estimados para os parâmetros do VECM. Os erros artificiais são gerados a partir de:

$$\tilde{\varepsilon}_t = \hat{\Omega}^{-1/2} \varepsilon_t \quad (14)$$

na qual $\hat{\Omega}_t$ é a estimativa da matriz de variância e covariância dos erros e ε_t são erros gerados artificialmente com média zero e variância dada pela matriz identidade.

Passo 3:

Estimar os parâmetros do VECM para a amostra artificial e calcular o desalinhamento, empregando tal estimativa e os dados verdadeiros utilizando (7) e (9). Coletar os resultados.

$$\widehat{\Psi}_{1t} = \hat{\alpha}_1 X_t - \overline{\hat{\alpha}_1 X_t} + \widehat{des}_t, \quad (15)$$

Passo 4:

Repetir os passos 2 e 3 um número N grande de vezes.⁷

Passo 5:

Construir um histograma para $\widehat{\Psi}_{1t}$ para cada período de tempo e as bandas são computadas.

3.2.2 Algoritmo 2: *wild bootstrap* – Cavaliere, Rahbek e Taylor (2010)

Passo 1:

Estimar o desalinhamento cambial utilizando a metodologia descrita na subseção 2.2.2.

Passo 2:

Gerar uma amostra artificial usando os valores estimados para os parâmetros do VECM. Os erros artificiais são gerados por:

$$\tilde{\varepsilon}_t = w_t \hat{\varepsilon}_t, \quad (16)$$

na qual w_t é um escalar com distribuição Normal com média zero e variância 1.

Passo 3:

Estimar os parâmetros do VECM para a amostra artificial e calcular o desalinhamento usando tal estimativa e os dados verdadeiros. Coletar os resultados.

7. Nas aplicações que se seguem utilizou-se $N = 2.000$.

$$\widehat{\Psi}_{2t} = \hat{\alpha}_2 X_t - \overline{\hat{\alpha}_2 X_t} + \widehat{des}_t \quad (17)$$

Passo 4:

Repetir os passos 2 e 3 um número N grande de vezes.

Passo 5:

Construir um histograma para cada período de tempo e computar as bandas.

3.2.3 Algoritmo 3: *wild bootstrap* com bandas do tipo Hall

Passo 1:

Estimar o desalinhamento cambial utilizando a metodologia descrita na subseção 2.2.2.

Passo 2:

Gerar uma amostra artificial usando os valores estimados para os parâmetros do VECM. Os erros artificiais são gerados por:

$$\tilde{\varepsilon}_t = w_t \hat{\varepsilon}_t \quad (18)$$

na qual w_t é um escalar com distribuição Normal com média zero e variância 1.

Passo 3:

Estimar os parâmetros do VECM para a amostra artificial e calcular o desalinhamento empregando a seguinte fórmula:

$$\widehat{\Psi}_{3t} = \hat{\alpha}_3 X_t - \overline{\hat{\alpha}_3 X_t} + \widehat{des}_t \quad (19)$$

Coletar os resultados.

Passo 4:

Repetir os passos 2 e 3 um número N grande de vezes.

Passo 5:

Construir um histograma para cada período de tempo e computar as bandas.

Em princípio, as bandas calculadas a partir do terceiro algoritmo seriam preferíveis, pois o procedimento é robusto a eventuais não constâncias na variância dos erros do VECM estimado e ainda há a correção proposta utilizada por Schreiber (2011) no cálculo das bandas que evitaria bandas desnecessariamente grandes seguindo a sugestão de Sims e Zha (1999). A combinação realizada no algoritmo 3 é inovação deste trabalho.

Os procedimentos aqui apresentados são relativamente complexos e intensivos em computação na medida em que exige o desenvolvimento de programação tanto na construção da base de dados artificiais como na estimação e cálculo do desalinhamento para cada uma destas. Entretanto, há mais ganhos potenciais no procedimento do que formas alternativas como proposta em Alberola *et al.* (1999) e Schreiber (2011).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os resultados dos desalinhamentos cambiais estimados para alguns países selecionados. Os casos brasileiro e norte-americano são analisados em detalhe.

4.1 Caso brasileiro

A construção das variáveis segue estritamente Alberola *et al.* (1999). Os dados foram coletados em diversas fontes: International Financial Statistics (IFS)-International Monetary Fund (IMF), Banco Central do Brasil (BCB), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Lane e Milesi-Ferretti (2007). Os dados de posição internacional de investimento foram obtidos em Lane e Milesi-Ferretti (2007) até 2000. A partir de então na base do IFS-IMF. A evolução temporal das séries pode ser vista no gráfico 1.

Inicialmente estimou-se um VECM contendo as variáveis câmbio real, posição internacional de investimento, fator B-S e termos de troca. Detectou-se um vetor de cointegração a partir das estatísticas do traço e máximo-autovalor.⁸

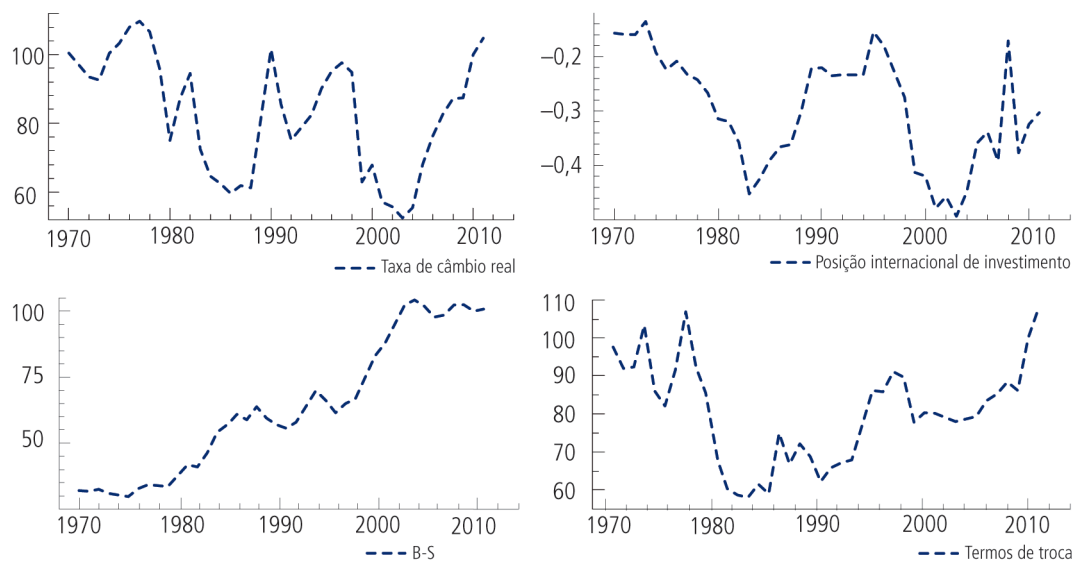
O gráfico 2 mostra a evolução temporal das bandas estimadas para o desalinhamento cambial brasileiro utilizando o algoritmo 1. O gráfico 3 mostra as bandas construídas a partir do algoritmo 2. O gráfico 4 mostra as bandas construídas a

8. Os resultados dos testes não são reportados e podem ser requisitados ao autor.

partir do algoritmo 3. Já o gráfico 5 mostra as bandas construídas a partir de todos os algoritmos num mesmo gráfico, o que facilita a comparação.

GRÁFICO 1

Dados utilizados no modelo brasileiro para estimar o desalinhamento cambial

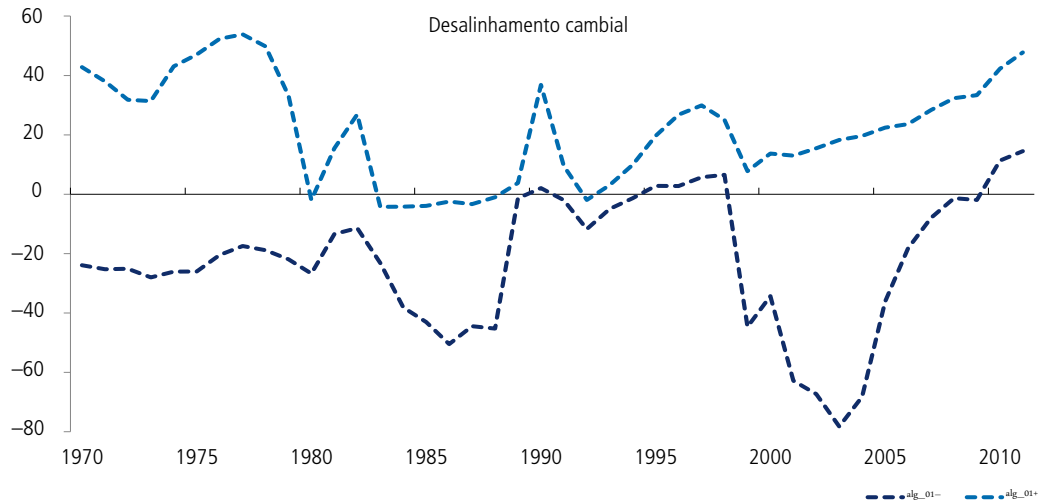


Elaboração do autor.

GRÁFICO 2

Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial brasileiro: algoritmo 1

(Em %)



Elaboração do autor.

GRÁFICO 3
Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial brasileiro: algoritmo 2

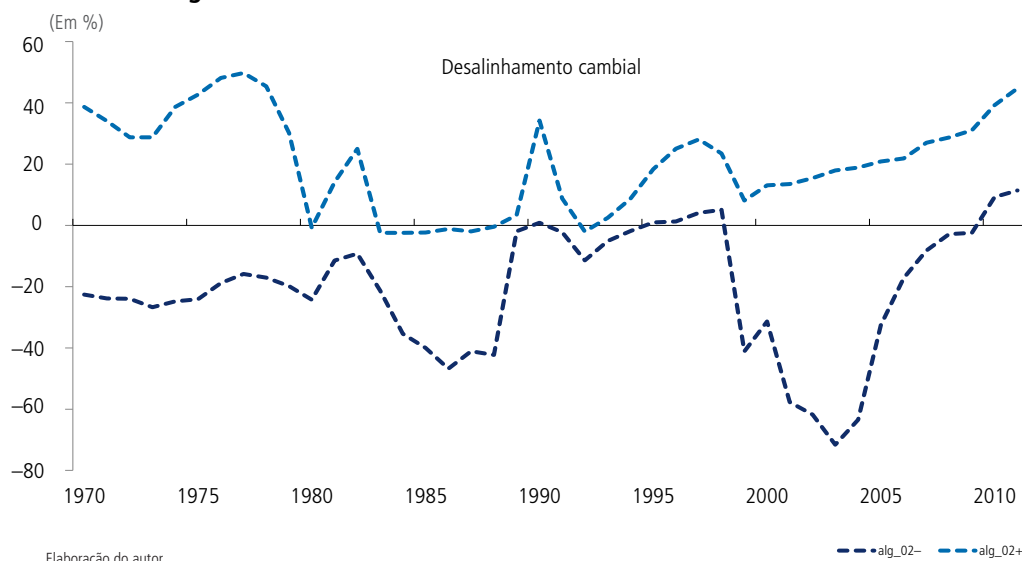


GRÁFICO 4
Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial brasileiro: algoritmo 3

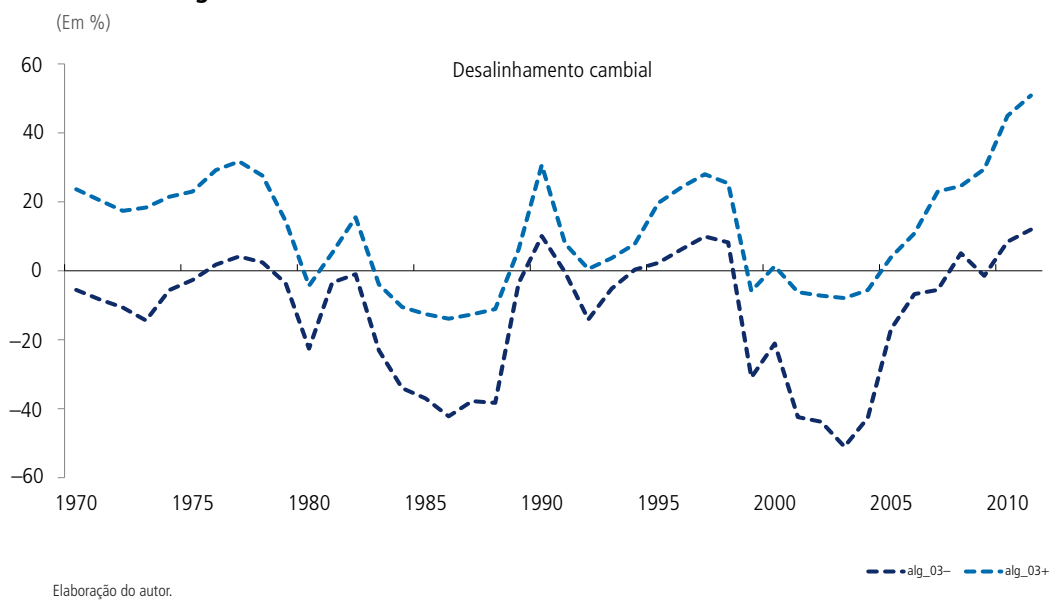
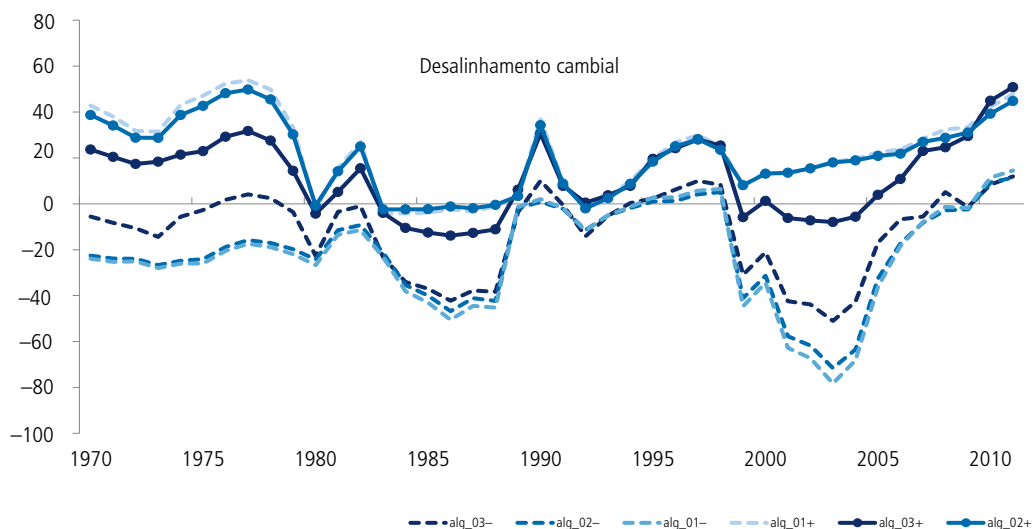


GRÁFICO 5

Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial brasileiro: algoritmos 1, 2 e 3

(Em %)



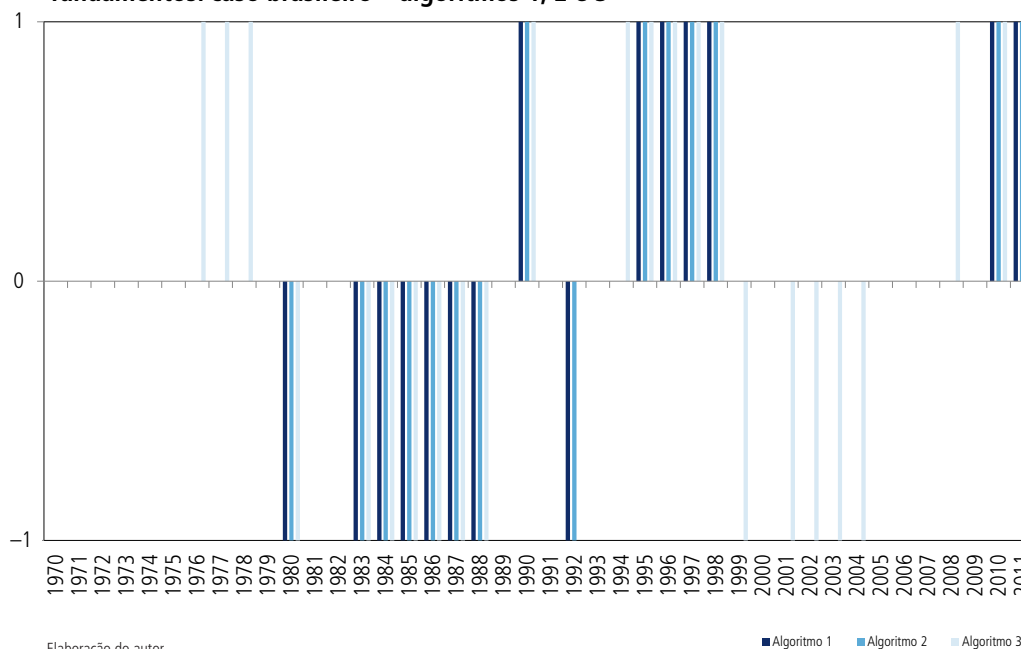
Elaboração do autor.

Os resultados estão dentro do esperado. As bandas calculadas a partir dos algoritmos 1 e 2 tendem a ser maiores em amplitude comparadas com os resultados do algoritmo 3. O que está fazendo diferença na construção das bandas não é a forma como os resíduos são gerados (procedimentos robustos ou não robustos à heterocedasticidade) e sim na correção das bandas proposta por Schreiber (2011). A diferença é bem grande para alguns períodos específicos. Apenas ao longo dos anos 1990 e no final da amostra (a partir do final dos anos 2000) as bandas estão muito próximas. Nos demais períodos as bandas calculadas a partir do algoritmo 3 tendem a ser bem menores. Ao final da amostra, as bandas estão muito próximas.

O gráfico 6 mostra os pontos em que a banda inferior é maior que zero, a banda superior é menor que zero, e em que a banda superior é maior que zero e a inferior é menor que zero. Cada um dos casos representa respectivamente episódios de apreciação acima dos fundamentos (+1 no gráfico 6), depreciação além dos fundamentos (-1 no gráfico 6) e moeda em equilíbrio (0 no gráfico 6).

GRÁFICO 6

Período em que a moeda esteve depreciada, apreciada ou em linha com os fundamentos: caso brasileiro – algoritmos 1, 2 e 3



Os anos de 1980, 1983 a 1988 apresentam episódios de depreciação além dos fundamentos por todos os critérios. O ano de 1992 teria sido de depreciação pelos fundamentos pelas bandas calculadas nos algoritmos 1 e 2 e de equilíbrio, no algoritmo 3. Já os anos de 1999, 2001 a 2005 teriam sido de depreciação além dos fundamentos pelo algoritmo 3 e o câmbio estaria em equilíbrio pelos demais.

Os anos de 1990, 1995 a 1998, 2010 e 2011 teriam sido momentos em que o câmbio brasileiro estaria apreciado excessivamente por todos os critérios. Pelo critério estabelecido a partir do algoritmo 3 os anos de 1976 a 1978, 1994 e 2008 também teriam sido de apreciação excessiva. A área em cada cauda é de 10%.

A datação dos episódios de apreciação e depreciação além dos fundamentos a partir do algoritmo 3 parece ser mais intuitiva. A datação do algoritmo 3 é a única que classifica os períodos de 1999, 2001 a 2005 como de depreciação excessiva, momento de notória instabilidade macroeconômica e de ajustes importantes de desequilíbrio externo na economia brasileira. Os anos de 1976 a 1978, pontos em que o país teria postergado ajustamento externo importante, também são apresentados como de desequilíbrio apenas pelo algoritmo 3.

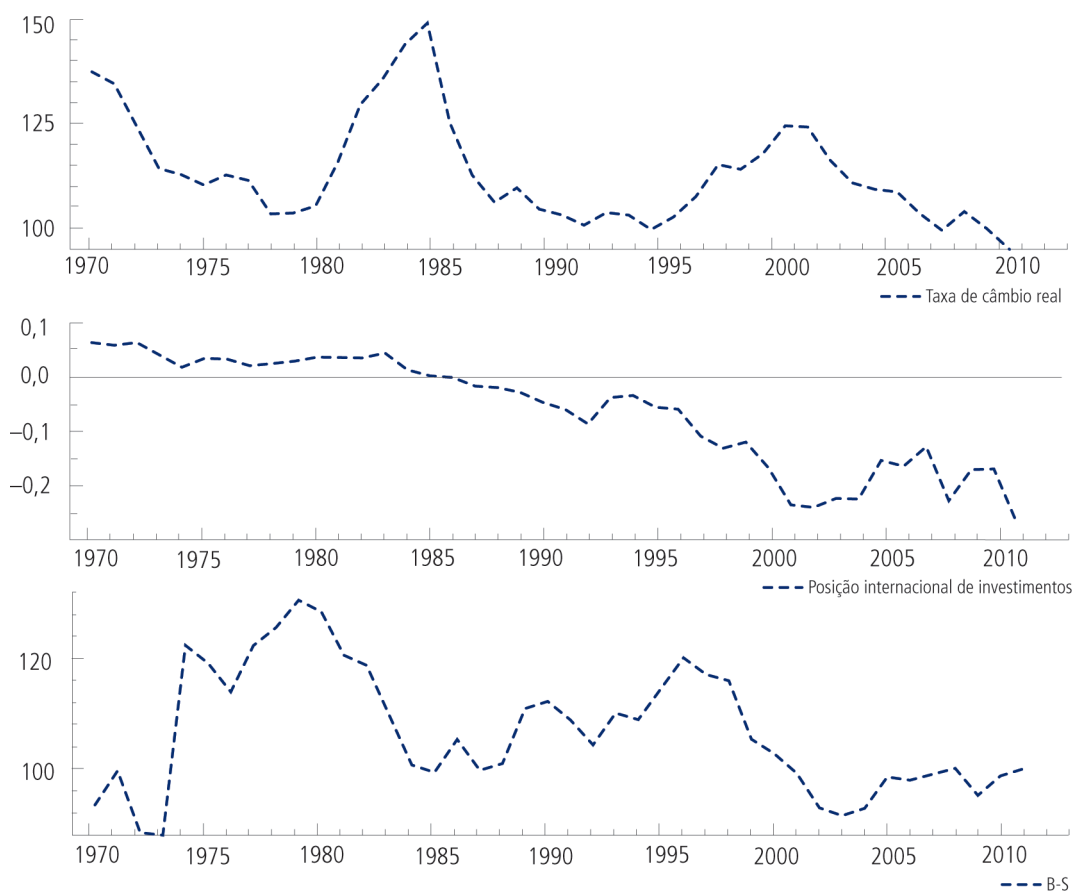
Vale ressaltar que existem vários trabalhos sobre desalinhamento cambial aplicados ao caso brasileiro. Alguns exemplos são Lucinda, Holland e Gala (2008), Marçal e Bardi (2010), Marçal (2011) e IEDI (2007) entre outros. Entretanto, o cálculo de desalinhamento com as respectivas bandas parece ser uma inovação.

4.2 Caso norte-americano

A construção das variáveis também seguiu estritamente Alberola *et al.* (1999). Os dados foram coletados em diversas fontes: IFS-IMF, BCB, IBGE e Lane e Milesi-Ferretti (2007). Os dados de posição internacional de investimento foram obtidos em Lane e Milesi-Ferretti (2007) até 2000. A partir de então na base do IFS-IMF. A evolução temporal das séries pode ser vista no gráfico 7.

GRÁFICO 7

Dados utilizados no modelo norte-americano para estimar o desalinhamento cambial



Elaboração do autor.

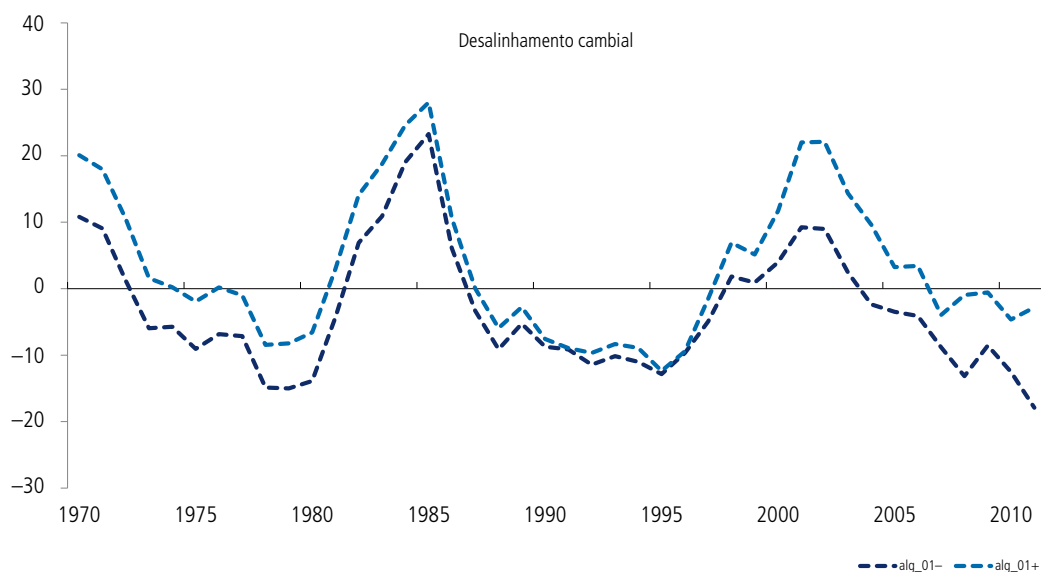
Inicialmente, estimou-se um VECM contendo as variáveis câmbio real, posição internacional de investimento e fator Balassa-Samuelson. Detectou-se um vetor de cointegração a partir das estatísticas do traço e máximo autovalor.⁹

A evolução das bandas das estimativas de desalinhamento cambial americano construída a partir do algoritmo 1 é demonstrado no gráfico 8. Gráfico similar é apresentado para os algoritmos 2 (gráfico 9) e algoritmo 3 (gráfico 10). O gráfico 11 mostra um conjunto com todas as bandas para comparação. As bandas construídas são bem similares ao contrário do que ocorre com o caso brasileiro. Em muitos pontos, a diferença entre as mesmas é praticamente desprezível. Também a amplitude das bandas é menor, fato que vai ao encontro da intuição na medida em que a economia americana apresentou uma estabilidade maior comparativa ao longo do período estimado.

GRÁFICO 8

Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial norte-americano: algoritmo 1

(Em %)

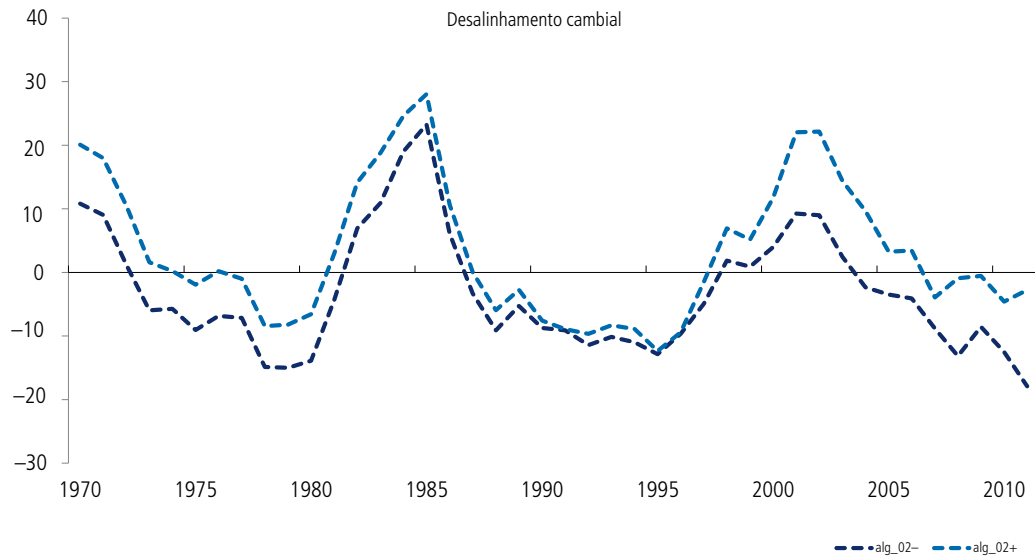


9. Os resultados dos testes não são reportados e podem ser requisitados ao autor.

GRÁFICO 9

Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial norte-americano: algoritmo 2

(Em %)

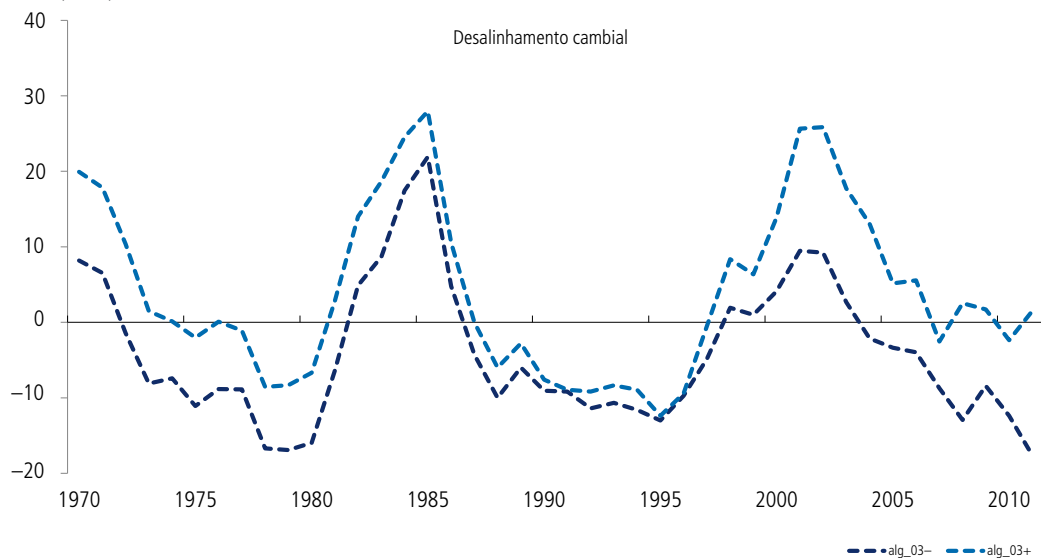


Elaboração do autor.

GRÁFICO 10

Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial norte-americano: algoritmo 3

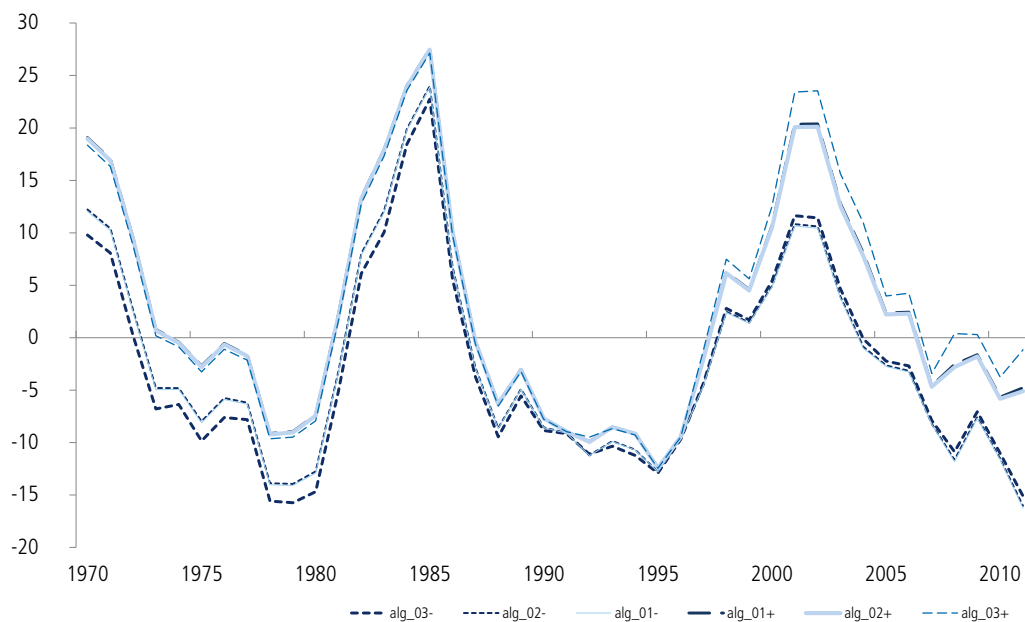
(Em %)



Elaboração do autor.

GRÁFICO 11
Bandas superiores e inferiores com 90% de confiança para o desalinhamento cambial norte-americano: algoritmos 1, 2 e 3

(Em %)



Elaboração do autor.

As bandas pelos algoritmos 1 e 2 são praticamente indistinguíveis. A diferença surge na comparação com a banda obtida pelo algoritmo 3. Há uma diferença no início e no final da amostra.

A maior precisão da estimativa americana comparada com a brasileira permite que um número menor de pontos seja classificado como em equilíbrio, na medida em que o modelo permite detectar desequilíbrios menores comparativamente aos brasileiros.

Os momentos em que há apreciação excessiva da moeda americana frente aos fundamentos por todos os critérios são os anos de 1970 a 1971, 1982 a 1986, 1998 a 2002. O ano de 1972 seria de depreciação excessiva pelos algoritmos 1 e 2 e de equilíbrio para o algoritmo 3. O período de 1982 a 1986 é conhecido como período de dólar forte.

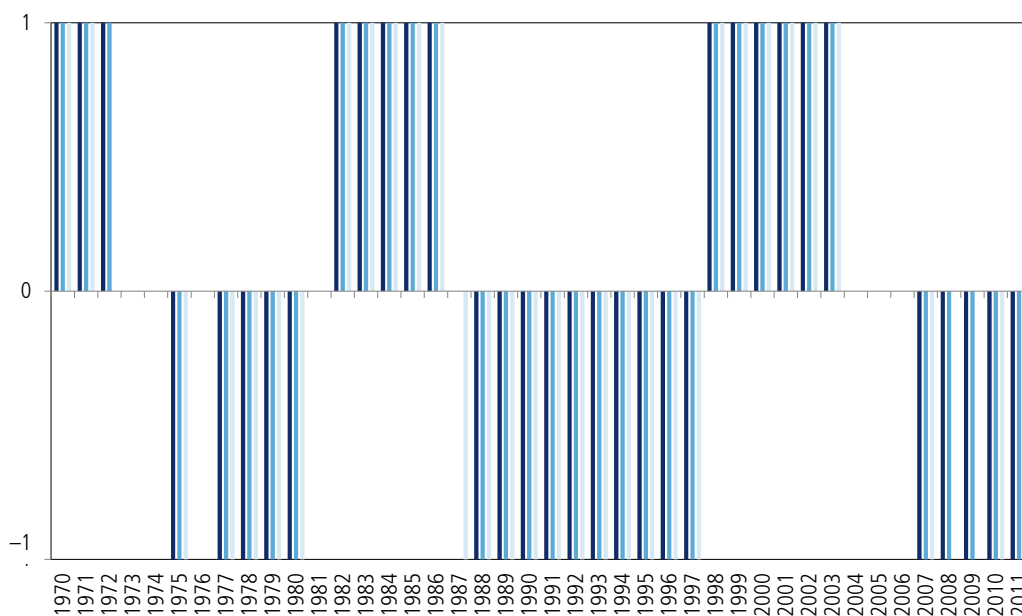
Os períodos em que a moeda americana esteve excessivamente depreciada por todos os critérios são: 1975, 1977 a 1980, 1988 a 1997, 2007 e 2010. No ano de 1987 teria

ocorrido depreciação excessiva pelo algoritmo 3. Os anos de 2008, 2009 e 2011 teriam sido de apreciação excessiva pelos algoritmos 1 e 2 e de equilíbrio pelo algoritmo 3 (gráfico 12).

No período recente, as estimativas sugerem que a moeda americana deve estar abaixo ou, na melhor das hipóteses, em linha com os fundamentos a partir de 2007 com alta probabilidade. Os modelos sugerem que dificilmente a moeda americana deve ter estado apreciada além dos fundamentos. Esta conclusão destoa, por exemplo, das estimativas apresentadas pelo Peterson Institute (Williamson e Cline, 2012; Cline, 2008; IMF, 2012).

GRÁFICO 12

Período em que a moeda esteve depreciada, apreciada ou em linha com os fundamentos: caso norte-americano – algoritmos 1, 2 e 3



Elaboração do autor.

■ Algoritmo 1 ■ Algoritmo 2 ■ Algoritmo 3

5 POSSÍVEIS REFINAMENTOS

O arcabouço utilizado neste trabalho e descrito na subseção 2.2 e seção 3 pode sofrer aperfeiçoamentos. Uma extensão natural seria alterar o ponto de partida dado pela equação (3) direcionando para incorporar eventuais não linearidades. Trabalhos nesta direção, embora não aplicados a desalinhamento cambial, são Seo e Linton (2007), Hansen e Seo (2002), Hwan Seo (2011) e Altavilla e Grauwe (2005).

Outra possível extensão seria alterar a decomposição de Gonzalo e Granger (1995) pela abordagem proposta em Proietti (1997), Hecq, Palm e Urbain (2000, 2002) nas quais os componentes permanentes sejam um passeio aleatório (Beveridge e Nelson, 1981).

Outro caminho também possível de ser trilhado é dado pela inclusão de variáveis exógenas no VECM dado por (3). Entretanto, a inferência sobre cointegração é mais complexa também exigindo técnicas de *bootstrap* recentemente derivadas em Swensen (2011). A inclusão dessas variáveis pode ampliar o grau de explicação da taxa de câmbio, melhorando assim a decomposição entre fatores permanentes e transitórios (Garratt, Robertson e Wright, 2006).

Um problema que surge ao não se optar por modelos lineares diz respeito a como realizar a decomposição entre fatores permanentes e transitórios. No caso da decomposição proposta por Gonzalo e Granger (1995) implementada a partir de (4), a introdução de não linearidade invalida esta abordagem diretamente. Nem sempre há resultados claros na literatura sobre qual caminho seguir. Gonzalo e Pitarakis (2006) mostram como estender a decomposição para processos cointegrados com mudança por limiar.

Por fim, outra alternativa interessante diz respeito a utilização de modelos estruturais de séries de tempo multivariados popularizados por Harvey (1989). Chang, Isaac Miller e Park (2009) têm um trabalho interessante nesta linha e discutem a relação entre modelos estruturais e a abordagem VECM. Mostram também como obter uma decomposição como a de Gonzalo e Granger (1995) a partir de determinado tipo de modelo estrutural. Outra referência na linha de modelos estruturais é dado por Chen e MacDonald (2010).

No caso da abordagem de decomposição na linha de Beveridge e Nelson (1981) para processos multivariados cointegrados com não linearidades, o trabalho de Clarida e Taylor (2003) aponta a direção a ser trilhada, mas é computacionalmente dispendiosa sua implementação, exigindo a simulação do processo gerador dos dados a partir de cada ponto para frente para obter os valores de equilíbrio de longo prazo. Este tipo abordagem ainda está nos estágios iniciais na literatura de desalinhamento cambial e é um caminho de pesquisa interessante a ser trilhado.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo apresentar e discutir metodologias alternativas para o cálculo de bandas de precisão para estimativas de desalinhamento cambial. Dois países foram analisados: Brasil e Estados Unidos. O trabalho utilizou técnicas de *bootstrap* similares a sugeridas por Schreiber (2011). Além disto, uma técnica usando *wild bootstrap* em linha com o trabalho de Cavaliere, Rahbek e Taylor (2010) foi realizada. Os resultados sugerem que a utilização ou não da correção Sims e Zha (1999) pode ter implicações importantes para a amplitude das bandas.

Várias extensões foram discutidas e sugeridas neste trabalho (seção 5). Os resultados aqui devem ser vistos como ponto de partida de uma agenda de pesquisa. A introdução de não linearidades e variáveis de controle ao modelo básico desenvolvido neste estudo deve ser avaliada não só pelo ajuste dentro e fora da amostra (poder preditivo) mas, também, na capacidade de gerar estimativas de desalinhamento com grau de precisão maior.

REFERÊNCIAS

- ALBEROLA, E. *et al.* (1999). **Global equilibrium exchange rate: euro, dolar, 'ins', 'outs' and other major currencies in a panel cointegration framework.** Washington: IMF, 1999. p. 99-175 (Working Paper).
- ALTAVILLA, C.; GRAUWE, P. D. **Non-linearities in the relation between the exchange rate and its fundamentals.** CESifo, 2005 (Working Paper, n. 1.561).
- BALASSA, B. The purchasing power doctrine: a reappraisal. **Journal of political economy**, v. 72, n. 6, p. 584-596, 1964.
- BEVERIDGE, S.; NELSON, D. B. A new approach to decomposition of economic time series into permanent and transitory components with particular attention to measurement of the business cycle. **Journal of monetary economics**, v. 7, n. 2, p. 151-174, 1981.
- CAVALIERE, G.; RAHBK, A.; TAYLOR, A. M. Testing for co-integration in vector autoregressions with non-stationary volatility. **Journal of econometrics**, v. 158, n. 1, p. 7-24, 2010.
- CHANG, Y.; ISAAC MILLER, J.; PARK, J. Y. Extracting a common stochastic trend: theory with some applications. **Journal of econometrics**, v. 150, n. 2, p. 231-247, 2009.

CHEN, X.; MACDONALD, R. **Revisiting the dollar-euro permanent equilibrium exchange rate**: evidence from multivariate unobserved components. Glasgow: Scottish Institute for Research in Economics (SIRE), 2010 (Discussion Papers, n. 173).

CHINN, M. A primer on real effective exchange rates: determinants, overvaluation, trade flows and competitive devaluation. **Open economics review**, v. 17, p. 115-143, 2006.

CLARIDA, R. H.; TAYLOR, M. P. Nonlinear permanent – temporary decompositions in macroeconomics and finance. **The economic journal**, v. 113, n. 486, p. C125-C139, 2003.

CLINE, W. R. **Estimating consistent fundamental equilibrium exchange rates**. Washington: Peterson Institute for International Economics, 2008 (Working Paper, n. 08-16).

DRIVER, R. L.; WESTAWAY, P. **Concepts of equilibrium exchange rates**. Londres: Bank of England, 2004 (Working Paper, n. 248).

EDEN, M.; NGUYEN, H. **Correcting real exchange rate misalignment**: conceptual and practical issues. Washington: World Bank, 2012 (Policy Research Working Paper, n. 6.045).

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. **Econometrica**, n. 55, p. 251-276, 1987.

FARUQEE, H. Long-run determinants of the real exchange rate: a stock flow perspective. **IMF staff paper**, Washington, v. 42, p. 80-107, 1995.

GARRATT, A.; ROBERTSON, D.; WRIGHT, S. Permanent vs transitory components and economic fundamentals. **Journal of applied econometrics**, v. 21, n. 4, p. 521-542, 2006.

GONZALO, J.; GRANGER, C. W. J. Estimation of common long-memory components in cointegrated systems. **Journal of business and economics statistics**, v. 13, n. 1, 1995.

GONZALO, J.; PITARAKIS, J.-Y. Threshold effects in multivariate error correction models. *In*: MILLS, T. C.; PATTERSON, K. **Palgrave handbook of econometrics**. Palgrave Macmillan. 2006. v. 1

HANSEN, B. E.; SEO, B. Testing for two-regime threshold cointegration in vector error-correction models. **Journal of econometrics**, v. 110, n. 2, p. 293-318, 2002.

HANSEN, P. R. **Structural changes in cointegrated processes**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of California, San Diego, 2000.

_____. Generalized reduced rank regression. **Social science research network (SSRN)**, 2002.

_____. Structural changes in the cointegrated vector autoregressive model. **Journal of econometrics**, v. 114, p. 261-295, 2003.

HARVEY, A. C. **Forecasting, structural time series models and the Kalman filter.** Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

HECQ, A.; PALM, F. C.; URBAIN, J.-P. Permanent-transitory decomposition in VAR models with cointegration and common cycles. **Oxford bulletin of economics and statistics**, v. 62, n. 4, p. 511-532, Sept. 2000.

_____. **Separation, weak exogeneity and P-T decomposition in cointegrated VAR systems with common features.** CESifo, 2002 (Working Paper, n. 660).

HENDRY, D. F. **Dynamic econometrics.** Oxford: Oxford University Press, 1995.

HOSSFELD, O. **Equilibrium real exchange rates and real exchange rate misalignments: time series vs. panel estimates.** Áustria: FIW, 2009 (Working Paper, n. 6).

HWAN SEO, M. Estimation of nonlinear error correction models. **Econometric theory**, v. 27, n. 2, p. 201-234, Apr. 2011.

IEDI – INSTITUTO PARA ESTUDOS DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estimando o desalinhamento cambial.** São Paulo: Iedi, 2007.

IMF – INTERNATIONAL MONETARY FUND. **Pilot external sector report.** IMF, 2012.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of economic dynamics and control**, v. 12, n. 2, p. 231-254, 1988.

_____. **Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models.** Oxford: Oxford University Press, 1995.

_____. **Some identification problems in the cointegrated vector autoregressive model.** Copenhagen: Creates, 2007 (Working Paper, n. 32).

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inferences on cointegration – with applications to the demand for money. **Oxford bulletin of economics and statistics**, v. 52, n. 2, p. 169-210, May 1990.

_____. Testing structural hypothesis in a multivariate cointegration analysis of the PPP and UIP for UK. **Journal of econometrics**, v. 53, p. 211-224, Jan./Mar. 1992.

JUSELIUS, K. **The cointegrated VAR model methodology and applications** Oxford: Oxford University Press, 2009.

KUBOTA, M. **Real exchange rate misalignments.** 2009. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of York, North Yorkshire, 2009.

LANE, P. R.; MILESI-FERRETTI, G. M. The external wealth of nations mark II: revised and extended estimates of foreign assets and liabilities, 1970-2004. **Journal of international economics**, v. 73, n. 2, p. 223-250, 2007.

LUCINDA, C.; HOLLAND, M.; GALA, P. **Desalinhamento cambial no Brasil: uma primeira aproximação**. São Paulo: EESP-FGV, 2008.

MACDONALD, R. What determines real exchange rate? The long and short of it. **IMF staff paper**, Washington, Jan. 1997.

_____. **Concepts to calculate equilibrium exchange rates: an overview**. Frankfurt am Main: Economic Research Group of the Deutsche Bundesbank, 2000 (Discussion Paper, n. 3).

MADDALA, G. S.; KIM, I.-M. **Unit roots, cointegration and structural change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

MARÇAL, E. F. **Estimando o desalinhamento cambial brasileiro a partir de modelos multivariados com cointegração**. Brasília: Ipea, 2011 (Texto para Discussão, n. 1.666).

_____.; BARDI, F. Quo vadis real? Estimating the Brazilian real exchange rate misalignment in vector error correction model with structural change. **SSRN**, São Paulo, 2010.

MATTEO, S.; ALESSANDRO, T. **Comparing alternative methodologies for real exchange rate assessment**. European Commission, 2010 (Economic Papers, n. 427).

MCCOWN, T. A.; POLLARD, P.; WEEKS, J. **Equilibrium exchange rate models and misalignments**. Washington: Office of International Affairs, 2007 (Occasional Paper, n. 7).

MONTIEL, P.; HINKLE, L. **Exchange rate misalignment, concepts and measurement for developing countries**. Oxford University Press, 1999.

PARUOLO, P. The likelihood ratio test for the rank of a cointegration submatrix. **Oxford bulletin of economics and statistics**, v. 68, 2006. Supplement.

PROIETTI, T. Short run dynamics in cointegrated systems. **Oxford bulletin of economics and statistics**, v. 59, p. 405-422, 1997.

SAMUELSON, P. Theoretical notes on trade problems. **The review of economics and statistics**, v. 46, p. 145-154, May 1964.

SANTOS, C.; HENDRY, D.; JOHANSEN, S. Automatic selection of indicators in a fully saturated regression. **Computational statistics**, v. 23, n. 2, p. 337-339, 2008.

SCHREIBER, S. **The estimation uncertainty of permanent-transitory decompositions in cointegrated systems**. Germany: IMK, 2011 (Working Paper, n. 3).

SEO, B.; LINTON, O. B. A smoothed least squares estimator for threshold regression models. **Journal of econometrics**, v. 141, n. 2, p. 704-735, 2007.

SIMS, C. A.; ZHA, T. Error bands for impulse responses. **Econometrica**, v. 67, n. 5, p. 1.113-1.155, 1999.

SWENSEN, A. R. A bootstrap algorithm for testing cointegration rank in VAR models in the presence of stationary variables. **Journal of econometrics**, v. 165, n. 2, p. 152-162, 2011.

WILLIAMSON, J.; CLINE. W. R. **Estimates of fundamental equilibrium exchange rates.** **Washington:** Peterson institute for international economics, 2012 (Policy Brief, n. 12-14).

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão

Andrea Bossle de Abreu

Revisão

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Cristina Celia Alcantara Possidente
Edylene Daniel Severiano (estagiária)
Elaine Oliveira Couto
Elisabete de Carvalho Soares
Lucia Duarte Moreira
Luciana Bastos Dias
Luciana Nogueira Duarte
Míriam Nunes da Fonseca

Editoração eletrônica

Roberto das Chagas Campos
Aeromilson Mesquita
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Carlos Henrique Santos Vianna
Hayra Cardozo Manhães (estagiária)

Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

Livraria do Ipea

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em Adobe Garamond Pro 12/16 (texto)
Frutiger 67 Bold Condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em offset 90g/m²
Cartão supremo 250g/m² (capa)
Rio de Janeiro-RJ

Missão do Ipea

Produzir, articular e disseminar conhecimento para aperfeiçoar as políticas públicas e contribuir para o planejamento do desenvolvimento brasileiro.

