

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**IMPACTO DO CENÁRIO EXTERNO SOBRE A TAXA DE JUROS REAL**  
**NATURAL BRASILEIRA**

**Rodrigo Bergman Bittencourt**

**Nº de Matrícula: 0713155**

**Orientador: Felipe Tâmega Fernandes**

**Rio de Janeiro, 02 de Dezembro de 2011**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**IMPACTO DO CENÁRIO EXTERNO SOBRE A TAXA DE JUROS REAL  
NATURAL BRASILEIRA**

**Rodrigo Bergman Bittencourt**

**Nº de Matrícula: 0713155**

**Orientador: Felipe Tâmega Fernandes**

**Rio de Janeiro, 02 de Dezembro de 2011**

**“Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor”.**

**“As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor”**

**Agradecimentos:**

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Felipe Tâmega, por ter ajudado a elaborar o tema da minha monografia, interessante e contemporâneo, e por estar sempre disponível conforme precisei. Certamente não conseguiria finalizar este trabalho sem o seu auxílio. Gostaria de agradecer também a minha família pelo apoio dado durante todo o período do curso.

## Sumário

1. Introdução.....	5
2. Política Monetária Brasileira Durante a Criação do Plano Real – Regime de Metas de Inflação.....	7
3. Taxa de Juros Natural.....	11
3.1 – A Taxa de Juros Neutra.....	11
3.2 – Estimações da Taxa Neutra.....	12
3.3 – Taxa Neutra do Peru.....	13
3.4 – Taxa Neutra da Venezuela.....	15
3.5 – Taxa Neutra dos Estados Unidos.....	18
3.6 – Taxa Neutra da Nova Zelândia.....	21
3.7 – Conclusão.....	26
4. Estimação da Taxa de Juros Real Neutra no Brasil.....	29
4.1 – Taxa de Juros Neutra no Brasil.....	29
4.2 – Modelo para Estimação da Taxa de Juros Real Neutra.....	30
4.3 – Rodando o Modelo.....	31
4.4 – Analisando os Resultados.....	36
5. Conclusão.....	43
6. Bibliografia.....	45

## 1. Introdução

O ano de 2011 poderá entrar para a história como o ano do agravamento, ou quem sabe, da eclosão, da crise de dívida soberana dos países da zona do Euro. Os fatos que levaram a esta crise não são novos, surgiram como consequência da crise de 2008, e perduram no cenário desde então. A diferença é que em 2011, com o crescimento bastante debilitado, países periféricos como a Grécia não conseguiram rolar suas dívidas, tendo que sofrer um *haircut*, e logo as demais atenções voltaram-se para economias de maior relevância da zona européia. Ao se alastrar, a crise passa a se tornar um problema global, e não mais regional, devido à alta integração financeira. Uma nova ruptura de magnitude semelhante ao da quebra do banco de investimento americano Lehman Brothers fatalmente faria com que o mundo ingressasse novamente em uma recessão mundial. Mesmo com os ânimos acalmados e soluções desenvolvidas, continuaremos com um cenário nebuloso, onde as economias maduras não se recuperaram completamente do choque sofrido em 2008, apresentando taxas de desemprego altas e crescimento baixo.

Diferentemente da situação vivida pelas economias desenvolvidas, o Brasil, após ter superado a crise surpreendentemente bem, apresenta um crescimento robusto, impulsionado pela melhora de seus fundamentos macroeconômicos e da sua forte demanda interna. Essa divergência, contudo, não blinda nossa economia para um cenário de estresse caracterizado por uma desaceleração global. Ciente deste fato, os condutores da política econômica de estado vem implementando diferentes medidas para dar continuidade ao crescimento interno (i.e. afrouxamento das medidas macroprudenciais adotadas no começo do ano, redução de IOF, etc...). Não diferente, o Banco Central do Brasil, em Agosto de 2011, pela primeira vez na história, diminuiu a taxa básica da economia (Selic) após ter elevado a mesma na reunião que a precedeu. A justificativa básica para este movimento foi que os riscos do cenário externo iriam se propagar sobre a economia nacional, e que desta maneira o Banco Central estava se antecipando as condições econômicas visualizadas por ele no futuro. A explicação fornecida seria aceitável se dada pela maioria dos Bancos Centrais do mundo, dada à incerteza global. Porém, pelo fato do Brasil ter um problema crônico com relação à inflação (sofrido

choques inflacionários no passado e vivido o problema da indexação), e a inflação acumulada em doze meses na época estar acima de 6,5%, topo da banda da meta de inflação estabelecida, o movimento acabou gerando duras críticas ao colegiado do Banco Central e preocupações acerca de uma possível perda de controle da inflação. Não cabe analisar neste trabalho se a ação do BC foi correta ou não, fato que só saberemos no futuro quando tivermos todos os indicadores econômicos disponíveis, mas sim tentar prever de alguma maneira como o cenário externo afeta a economia nacional, e como este resultado se insere na política monetária praticada.

A idéia era escolher uma forma de conseguir analisar este impacto através das ações de política monetária executadas pelo Banco Central do Brasil. Em Setembro de 2010, o Banco Central destacou no Relatório de Inflação a importância e relevância da taxa de juros real de equilíbrio de uma economia. A mensagem transmitida foi de que a taxa de juros de equilíbrio brasileira, apesar da sua dificuldade de mensuração, tem apresentado uma tendência declinante ao longo do tempo. Como é uma variável de extrema importância para a condução de política monetária, o próprio Banco Central, posterior à publicação no Relatório de Inflação, fez uma pesquisa com instituições privadas para saber qual seria a taxa de juros real neutra do Brasil. Muito se comentou após esta pesquisa, que, ao verificar que a taxa real neutra realmente havia decrescido com o passar do tempo, haveria então espaço para promover uma queda na elevada taxa de juros brasileira. A maneira encontrada para analisar as possíveis consequências de um impacto mundial na atividade nacional será feita através da estimação de uma taxa de juros real de equilíbrio brasileira que incorpore uma variável que reflita o cenário externo. Após a estimação, tentaremos utilizar os resultados para entender melhor o que levou a esta ação do Banco Central e se ela encontra respaldo nos resultados obtidos do modelo.

## **2. Política Monetária Brasileira Durante a Criação do Plano Real – Regime de Metas de Inflação.**

Uma breve descrição de como a política monetária foi conduzida, após a implementação do Plano Real no Brasil até a criação do regime nacional de metas de inflação, para entender um pouco como ocorreu este processo no período do início da estabilização econômica.

O ano de 1994 foi caracterizado por uma das grandes mudanças estruturais do país, o Plano Real. No ano de 1995, o Banco Central se viu na função de trabalhar com uma programação monetária, em função de metas de expansão dos agregados monetários. A programação levaria em conta a execução orçamentária federal, operações internacionais e operações com instituições financeiras do país. O Banco Central, após a reforma monetária que resultou na criação do real, usufruiu de todas as medidas que dispunha para desacelerar o crescimento da moeda e do crédito, dada a remonetização que ocorreu na economia. Em julho, o recolhimento de compulsório sobre depósitos a vista foi elevado para 100%, assim como novas restrições para depósitos a prazo, poupança e judiciais. No final do ano, a autoridade monetária optou por reduzir exigências dos depósitos à vista, para poder aumentar as dos depósitos a prazo. Época esta marcada por uma interrupção da valorização nominal do real, devido à crise cambial mexicana, que acabara por afetar o país.

Em 1995, a taxa de juros apresentou alta volatilidade, alternando a política monetária implementada durante o ano. No início, houve um aumento da taxa de juros, dos limites dos recolhimentos de compulsórios e da expansão do crédito para conter a demanda nacional. Em maio, estas medidas começaram a ser retiradas gradualmente até o fim do ano. Entre elas, esteve o recolhimento compulsório sobre operações de crédito, de 15% para 10% no período de dois meses (junho). Outras medidas foram, à redução da alíquota sobre os depósitos a vista, redução das reservas obrigatórias sobre depósitos a prazo, operações de crédito e poupança. Em Novembro de 95, houve a criação do Proer – Programa de Estímulo à Reestruturação e ao Fortalecimento do Sistema Financeiro Nacional – devido à dificuldade que muitas instituições financeiras estavam atravessando no momento. Este programa incentivava fusões e incorporações dos bancos, por causa da



falta de liquidez que os mesmos estavam sofrendo. A política cambial da época era exercida através de bandas cambiais, com intuito de evitar especulações sobre fortes alterações na taxa de câmbio nominal.

Seguindo o final do ano de 1995, a autoridade monetária deu prosseguimento no ano de 1996 ao afrouxamento monetário, com a redução gradual da taxa de juros junto com estímulo de oferta de crédito. Na segunda metade do ano, se adaptou a operação de redesconto, agora sendo uma forma para prover liquidez às instituições financeiras. Este novo instrumento para a condução de política monetária se tornou essencial para a formação da taxa de juros, papel antes exercido pelas operações de mercado aberto. A TBC (Taxa Básica do Banco Central) foi criada, cuja mesma era anunciada no final de cada mês, e seria referência ao mês seguinte. Este era o custo de captação dos bancos com o Banco Central. Posteriormente, foi criada a TBAN (Taxa de Assistência do Banco Central), sobre os mesmos moldes da TBC, porém um pouco maior, aplicada para empréstimos do BC acima do valor básico. Desta maneira, o redesconto era aplicado através de bandas, com o piso sendo representado pela TBC e o teto a TBAN mais um acréscimo, definido de acordo com o prazo da operação. Esta mudança fez com que as operações de mercado aberto tivessem a funcionalidade de ajustar no curto prazo a liquidez e a taxa de juros do sistema. Através do redesconto, o Banco Central conseguia prover liquidez para o sistema financeiro. Certas vezes, ele mantinha a TBC abaixo das taxas do mercado interbancário, estimulando os grandes bancos a tomarem este dinheiro no redesconto e emprestarem a bancos com problemas de liquidez. Durante o segundo semestre, o BC continuou a reduzir a alíquota das reservas obrigatórias sobre os depósitos à vista, indo de 90% em junho do ano anterior para 75% em janeiro de 1997. O fortalecimento do redesconto foi fundamental para a relevância de mais um instrumento eficiente na aplicação da política monetária. A inovação do ano ficou por conta da criação do COPOM – Comitê de Política Monetária – representado por diretores do colegiado do Banco Central, com o objetivo de definir a TBC e rumos da política monetária nacional.

As sucessivas quedas das taxas de juros realizadas chegaram ao fim em 1997, tendo como razão principal a crise financeira da Ásia e as incertezas sobre o rumo que o mundo estava tomando. No mês de Outubro houve uma forte elevação da taxa de juros,

como forma de tentar conter os efeitos que estavam ocorrendo sobre as reservas cambiais. As operações de redesconto se tornaram fundamentais no ano pela forma como proveram liquidez ao sistema.

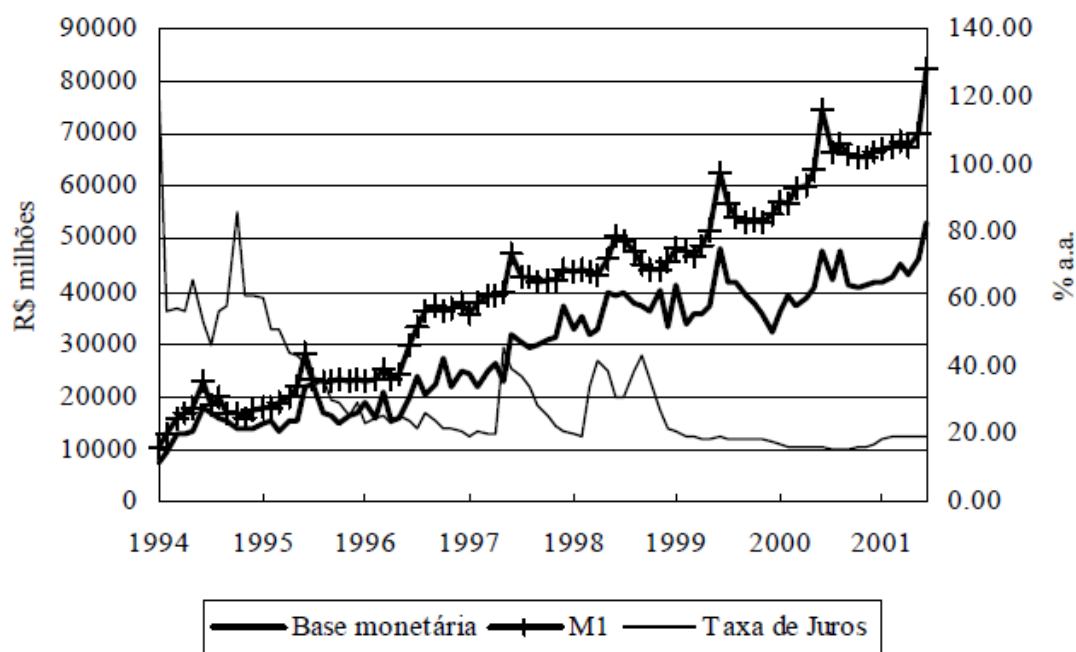
O ano de 1998, dada à crise financeira da Ásia e a moratória da Rússia, foi marcado por grandes incertezas e instabilidades. O Banco Central, durante o período, realizou operações diárias de compromissadas de financiamento de títulos públicos, para fazer com que a economia se mantivesse saudável. Em agosto, o BC interrompeu o movimento de queda da taxa aumentando a TBAN e acabando com as operações de redesconto com a TBC.

A crise financeira internacional e a incapacidade do país de evitar ataques especulativos na moeda brasileira, em 1999, fez com que se adotasse uma livre flexibilidade para o regime cambial. Logo, as bandas máximas e mínimas da taxa de flutuação da moeda foram extintas (representadas pela TBC e TBAN). Agora, a nova estrutura estava voltada para a condução da taxa de juros over-Selic como o principal instrumento de política monetária. Cabia novamente ao Banco Central prover liquidez ao mercado através de operações no mercado aberto. Para completar estas mudanças estruturais, a parte de pagamento dos redescontos passou a ser utilizada à taxa over-Selic, e recolhimento de compulsório foi elevado junto com estas mudanças.

Em Junho, foi introduzido o regime de metas de inflação, cuja funcionalidade principal é guiar na luta inflacionária do país, onde seus resultados ditam a política monetária exercida na economia. A meta de inflação é fixada pelo Conselho Monetário Nacional (CMN), constituído pelo Ministro de Estado da Fazenda, Ministro de Estado do Planejamento e Orçamento e pelo Presidente do Banco Central, e usa como referência o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), calculado pelo IBGE. As primeiras metas estabelecidas foram de 8% em 1999, 6% em 2000, 4% em 2001 e 3,5% em 2002. Atualmente, a meta estabelecida é de 4,5% a.a., suportando oscilações de 2% para cima e para baixo com o intuito de acomodar choques externos. Se por alguma razão a inflação estourar sua banda, o presidente do Banco Central necessita prestar contas, explicitando a razão para tal, as ações a serem tomadas para corrigir este problema e o prazo até a efetividade. Como a previsibilidade e comunicação são condições necessárias para o sucesso de um banco central, o órgão está constantemente interagindo com a

sociedade e divulgando suas idéias e pensamentos. Além das palestras e entrevistas, o colegiado divulga o *Relatório de Inflação* trimestralmente e as atas das reuniões mensais do Copom, que ditam o rumo da taxa de juros Selic. O Banco Central tem a obrigação de manter a inflação sob controle explícito na legislação. Nos anos seguintes, o BC procurou aprimorar as condições do mercado secundário e as regras do recolhimento de compulsório, sempre em prol de melhorar o sistema econômico. O gráfico abaixo mostra a evolução das variáveis da política monetária entre 1994 e 2001.

Figura 1



### Agregados monetários e a taxa de juros básica

Fonte: A Política Monetária no Brasil Pós-Real

### 3. Taxa de Juros Natural

#### 3.1 – A Taxa de Juros Neutra

Aprendemos e utilizamos durante o curso de ciências econômicas o sentido da taxa de juros real, definida pelo livro texto como “taxas de juros expressas em termos de uma cesta de bens” (Blanchard). Juntamente com esta definição, tomamos conhecimento que para alcançar a taxa de juros real, necessitamos ajustar a taxa de juros nominal levando em conta a inflação esperada. Após aprender esta definição básica de uma das variáveis mais importantes dentro de uma economia, o foco se volta para a taxa de juros real natural, fundamental para obtenção da estabilidade macroeconômica.

A primeira menção a taxa de juros real natural data 1898, quando o economista Knut Wicksell a definiu como a taxa neutra aos preços. Ele explica que a diferença entre a taxa de juros observada e a natural, influi na demanda por recursos produtivos e, portanto, de forma indireta, determina o movimento dos preços. Enfatiza que se o produto real e a expectativa de inflação igualam o seu potencial, a taxa de juros real observada será a natural. Após Wicksell, diferentes tipos de conceitos para a taxa de juros real natural foram desenvolvidos.

A taxa de juros real de longo prazo de um país é determinada pelos seus fundamentos econômicos. A taxa de juros de curto prazo, através da política monetária, é a única que a autoridade monetária consegue modificar. Estudos mostram que a taxa de juros real de curto prazo está associada com o nível de equilíbrio da taxa de juros real de longo prazo. É sobre esta afirmação que se origina o conceito da taxa de juros natural, definida como a taxa de juros consistente com um produto que converge ao seu nível ótimo. Ao alcançar o produto de equilíbrio, a inflação gerada no longo prazo não se altera<sup>1</sup>. Teoria econômica implica que a taxa de juros natural varia ao longo do tempo como resposta a mudanças de preferências e tecnologia. Alguns resultados obtidos irão mostrar esta falta de estacionariedade. A diferença entre a taxa de juros natural e a taxa de juros que a autoridade monetária controla explica a política monetária praticada. Se a taxa de juros real esta acima do seu nível de equilíbrio, a política é contracionista,

---

<sup>1</sup> Citação Bomfim 1997 em Cartaya, Virginia, Fleitas, César e Vivas, José Rafael.

reduzindo a demanda agregada e inflação. Se o inverso ocorre, ela se torna expansionista, aumentando estes mesmos fatores.

A estimação da taxa de juros neutra é de extrema importância para ajudar na tomada de decisão do Banco Central sobre o rumo da política monetária que será adotado. Se o BC pudesse observar a causa que afeta a taxa de juros neutra, ele conseguiria desta maneira manter sua política desejada inalterada, realizando ajustes adequados na taxa de juros que consegue manejar. Por ser peça imprescindível na manutenção ou obtenção da estabilidade do poder de compra de um país, assim como seu equilíbrio macroeconômico em geral, diversas formas para estimar uma taxa de juros real natural foram desenvolvidas. Por se tratar de uma variável não observável, há grande incerteza na maneira mais adequada para sua estimação. Focaremos aqui em alguns casos específicos, utilizados por bancos centrais de diversos países.

### 3.2 – Estimações da Taxa Neutra

Em todos os trabalhos estudados com fins para elaboração desta monografia, os autores citam as diferentes maneiras de estimação da taxa real natural proposta por diversos acadêmicos ao longo dos últimos anos. Através delas, estimam qual seria a melhor maneira de adequar o modelo escolhido às condições do país ou região estudada. Podemos separar a forma para estimação da taxa neutra em dois grupos. O primeiro segue o pensamento e a literatura de Woodford (2003) e Neiss and Nelson (2003). As estimativas são obtidas através de um modelo do novo Keynesianismo, chamado de DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium). Neste caso, a taxa neutra é a taxa de retorno real de estabilidade de uma economia, com preços completamente flexíveis. Ela é a taxa real de curto prazo que iguala a demanda agregada com o crescimento ótimo ao longo do tempo. O segundo é através do pensamento de Laubach e Williams (2003). Simples modelos macroeconômicos são usados com um filtro de Kalman para estimar a taxa real neutra, taxa natural de desemprego e PIB potencial (três variáveis não observáveis, variáveis de estado). Também conhecido como um modelo semi estruturado. Não há efeitos de choques de oferta e demanda sobre o crescimento e inflação do país na taxa natural encontrada por este modelo.

O filtro de Kalman é um algoritmo recursivo para atualizar sequencialmente a projeção linear de um sistema dinâmico. Dado uma série de medidas e equações de transição, o filtro de Kalman providencia a melhor estimativa linear não viesada das variáveis de estado. Ele calcula o estimador ótimo do vetor de estado no tempo  $t$ , baseado na informação disponível até o momento  $t$ . Outro atributo é o de ser capaz de quantificar a incerteza ao redor das variáveis de estado estimadas.

### 3.3 Taxa Neutra do Peru

Em Abril de 2009, dois membros do Banco Central do Peru, Alberto Humala e Gabriel Rodríguez, publicaram um trabalho intitulado *Estimation of a Time Varying Natural Interest Rate for Peru*. Como o título em inglês sugere, ambos estimaram, após diversos estudos, o que acreditam ser a taxa real neutra do Peru. A especificação utilizada segue Mésonnier e Renne (2007), que por sua vez foi baseado em Laubach e Williams (2003), usando dados do terceiro trimestre de 1996 até o terceiro trimestre de 2008. É importante frisar que os dados refletem um período de certa estabilidade econômica no país. Os doze anos captam dois momentos distintos, de 1996 até 2001, e de 2002 em diante. O período da quebra é caracterizado pela implementação do regime de metas de inflação (2002). A estimação consiste em seis equações lineares utilizando dados de períodos passados (*backward-looking*). A racionalidade por trás da dinâmica da taxa real neutra segue a do modelo de crescimento básico ótimo. Neste modelo ótimo, a maximização da utilidade intertemporal retorna uma relação log-linear entre a taxa de juros real ( $r^*$ ) e a taxa de crescimento per capita do produto ao longo de uma trajetória balanceada ( $a$ ). De acordo com os autores, assumindo que ( $a$ ) está sujeita a flutuações de baixa frequência, é então plausível encontrar uma ligação direta entre as flutuações de longo prazo da taxa de crescimento do PIB potencial e da taxa de juros natural, seguindo o raciocínio acima.

A primeira das seis equações pode ser interpretada como uma curva de Phillips. Ela especifica que a inflação dos preços do consumidor está relacionada com suas próprias defasagens assim como defasagens da diferença do PIB potencial para o PIB efetivo (hiato do PIB). A segunda equação é uma forma reduzida da curva IS. O hiato do

PIB é gerado pelas suas próprias defasagens e defasagens com relação à diferença entre a taxa de juros real de curto prazo e a taxa de juros natural (mencionada como IRG no texto). Inflação estável seria consistente com um hiato do PIB e IRG zerados. Neste modelo, a política monetária afeta a taxa de inflação através da sua influência no PIB. A taxa de juros nominal de curto prazo é exógena. A terceira equação do modelo é a mesma mencionada no parágrafo anterior, a relação entre a taxa de juros real ( $r^*$ ) e a taxa de crescimento ( $a$ ). Nesta interpretação, se assume que a taxa de juros neutra segue um processo altamente autoregressivo, que é especificado pelas equações quatro e seis do modelo. Por último, a equação cinco ilustra o comportamento do crescimento do produto potencial. Estas seis equações compõem o modelo, escrito na forma de estado, com seus parâmetros estimados pela maximização da função que provém do filtro de Kalman. A NRI (taxa de juros natural) é então estimada.

Um ponto fraco do modelo é que ele não incorpora eventos relacionados a uma economia aberta. Variações nos termos de troca, que acabariam por influenciar no produto interno bruto, não são levadas em conta, por exemplo. Desta maneira, os efeitos de um choque externo negativo no crescimento seriam atribuídos a uma diminuição de produtividade, e assim, acabaria implicando em uma taxa de juros neutra menor do que se ela fosse representada em um modelo característico de uma economia aberta.

Dos resultados obtidos, observam-se duas dificuldades. A primeira refere à estimação de Theta (a constante relativa à aversão ao risco na fórmula da taxa de juros real, terceira equação do modelo). A estimação deste parâmetro aparenta ser bastante instável e não estatisticamente significativa. Theta faz a ponte de dois parâmetros não observáveis ( $r^*$  e  $a$ ), dificultando sua estimação. O segundo entrave encontrado é que o valor esperado dos choques é algumas vezes dado como zero. O que supõe que choques permanentes no produto não variam de choques transitórios. A maneira que os autores usaram para lidar com essas dificuldades foi através de duas calibrações, uma para cada problema. O modelo conclui que a taxa neutra é bastante estável. O IRG também mostra estabilidade, apontando os períodos de expansão e contração da política monetária conduzida pelo banco central. Os autores também comentam que outros modelos foram utilizados para estimação e mostraram resultados bastante diferentes. A variedade é destacada, sendo necessário ter cautela na hora da escolha. Última observação feita é que

o modelo não capta direito a dolarização do sistema financeiro Peruano. Os efeitos desta omissão não são conclusivos na formação direta da taxa.

### 3.4 – Taxa Neutra da Venezuela

Em Maio de 2007, Virgínia Cartaya, César Fleitas, e José Rafael Vivas publicaram o trabalho “Midiendo la Tasa de Interés Real Natural en Venezuela” pelo Banco Central da Venezuela. A primeira parte do estudo elucida os tipos de dados que foram utilizados na estimação. São eles, a taxa de juros de 90 dias, taxa de inflação medida pelo índice de preços do consumidor, PIB sem a influência do petróleo, PIB potencial, estoque de capital não petrolífero, taxa de depreciação do capital, taxa de juros externa (taxa dos títulos dos Estados Unidos), e expectativas de depreciação do câmbio. Um detalhe característico da economia Venezuelana é que duas taxas de juros são controladas pela autoridade monetária, uma máxima (ativa) e uma mínima (passiva), que flutuam entre duas bandas. Pelo fato da Venezuela ainda estar em desenvolvimento, os autores fazem uma linha do tempo dos últimos vinte anos com os acontecimentos relevantes da economia. Nela, explicitam os períodos de maiores choques e mudanças, explicam as razões para a alta volatilidade das taxas de juros no período, dentre as quais estão à liberação da taxa para flutuar de acordo com o mercado, medidas restritivas por parte do BC, entre outras.

Para estimação da taxa de juros real natural, dois métodos foram utilizados. O primeiro é uma metodologia relacionada à produtividade marginal do capital (caso para uma economia fechada), e o segundo pela aplicação do método espaço dos estados, utilizando o algoritmo do filtro de Kalman a partir do PIB potencial, onde a paridade internacional de juros está incluída dentro da pequena e aberta economia usada como referência.

Para o modelo de produtividade marginal do capital, condições de equilíbrio são usadas como base em uma economia fechada sem choques externos. Parte-se de uma função de produção Cobb Douglas onde se estima a taxa de juros através de duas equações. Na primeira, a taxa de juros neutra é alcançada pela produtividade marginal do capital e pela taxa de depreciação do capital. Na segunda, para estimar a taxa de juros



neutra, necessitamos saber a participação do capital sobre a produção (alfa), que é obtido através da estimação da função de produção Cobb Douglas. Ao obter alfa e o resto das variáveis do modelo, a taxa de juros natural é estimada.

A idéia da formulação da metodologia do espaço de estado de um sistema linear é capturar a dinâmica de um vetor de variáveis observadas em termos de um vetor de variáveis não observadas, chamadas de estado. Essa metodologia apresenta um problema de inferência, que pode ser solucionado considerando as informações das variáveis observadas e do conhecimento da forma como evoluíram as variáveis de estado no tempo. É demonstrado através do conhecimento de uma variável aleatória, a possibilidade de obter informações sobre o valor de outra variável aleatória, obtendo uma estimação da mesma. O que se pode observar é, uma representação de duas equações, uma de estado e outra de observação, com variáveis exógenas e diversos ruídos que acabam constituindo uma representação para o comportamento dinâmico da variável  $x$ . Quando os parâmetros são desconhecidos, o método de estimação utilizado é o da máxima verossimilhança. Proposto por Fischer, este procedimento permite obter coeficientes mais prováveis a partir dos dados disponíveis, baseando-se em técnicas de otimização numéricas.

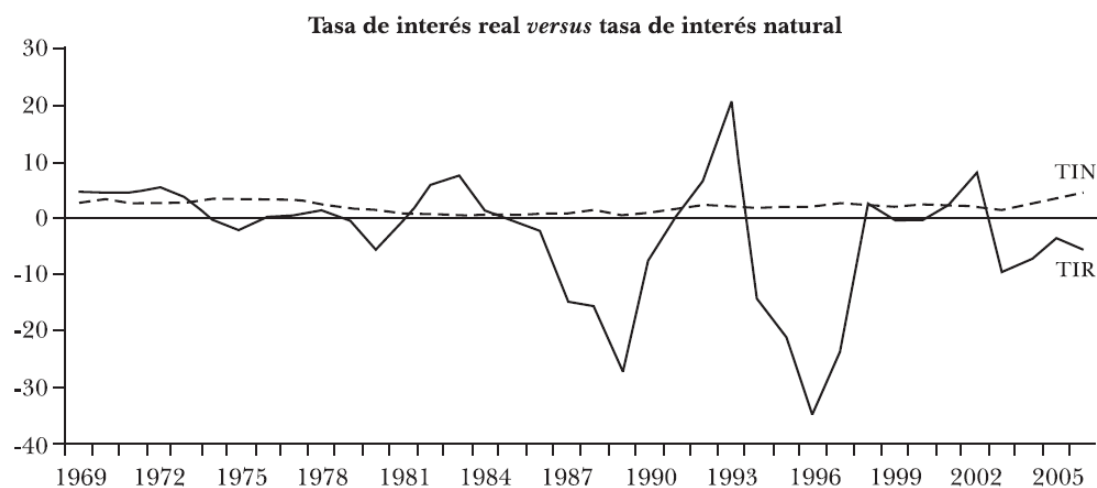
A formulação do modelo de espaço de estado possibilita trabalhar com uma grande variedade de algoritmos, dentre os quais se destaca o filtro de Kalman. Conseguimos obter as estimações atualizadas das variáveis que não são observadas, à medida que se dispõe de novas observações das variáveis que conseguimos observar, e que estão relacionadas com as de estado. O procedimento desta estimação se baseia em calcular o valor esperado tanto do vetor de estado como do vetor observado, assim como de suas respectivas matrizes de covariância, para o período  $t$ , sujeito as informações disponíveis no período imediatamente anterior ( $t-1$ ). O que se gera com este método é a previsão de cada uma das variáveis para o período seguinte.

A análise empírica ao estimar a taxa pelo modelo de produtividade marginal de capital nos mostra que a taxa neutra apresenta um comportamento estável ao longo do tempo com valores positivos e próximos de zero. Este resultado coloca a taxa de juros natural como um indicador estável de longo prazo. No período final da análise, a taxa neutra apresenta um comportamento ligeiramente inclinado para cima, que parece refletir

um crescimento progressivo da produção não petroleira na Venezuela nos últimos anos. Neste mesmo modelo é a diferença entre a taxa de juros real e natural é bastante elevada, no final da série dos dados estimados, esta diferença se estabiliza na margem em comparação com os anos anteriores.

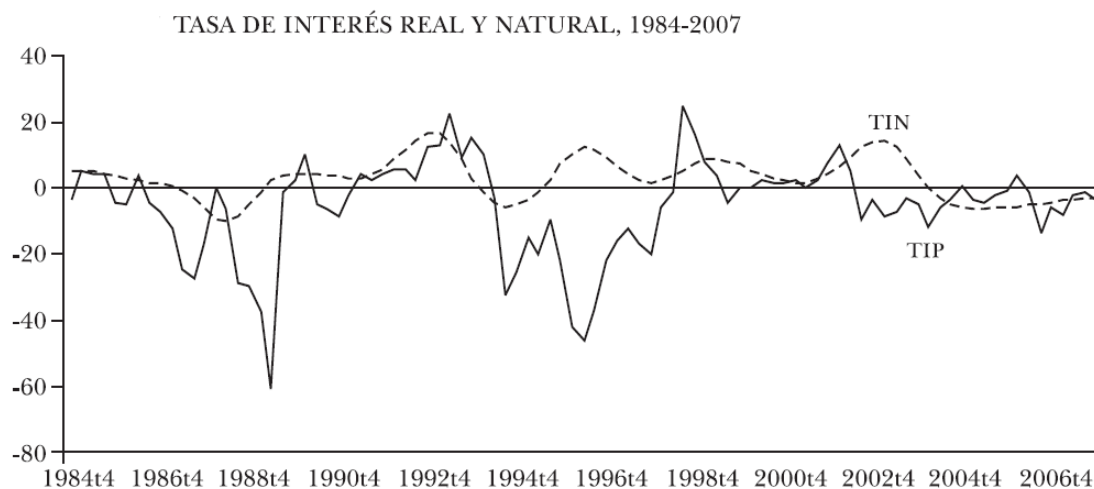
No modelo de espaço dos estados, o objetivo é a obtenção de uma taxa de juros neutra que esteja de acordo com um crescimento potencial da economia e uma inflação estável. Foram realizados diferentes modelos, todos pelo filtro de Kalman, baseados em duas perspectivas. Na primeira, taxas de juros reais passivas são utilizadas, na segunda, taxas alternativas para solucionar algumas inconveniências apresentadas pela primeira condição são calculadas, através da fórmula da paridade de juros descoberta. Dentro desta estimação, usando a taxa de juros observada, foi realizada uma estimação suscetível a uma só variável e outra através dos moldes de Laubach e Williams (2003), onde se estima a taxa de juros neutra através de duas variáveis observadas, como o hiato do produto e a taxa de juros real. Foi estabelecido um sistema de quatro equações que compõem o modelo de estimação da taxa de juros natural através do espaço dos estados. A primeira seria uma equação da curva IS de forma reduzida, ou uma equação do hiato do PIB. A segunda equação é do produto potencial. A terceira equação é da taxa de juros real neutra. A última equação do modelo é da taxa de crescimento do produto potencial.

Figura2



Fonte: Midiendo la Tasa de Interes Real natural em Venezuela

Figura 3



Fonte: Midiendo la Tasa de Interes Real natural em Venezuela

Um problema encontrado com relação à estimação dos dois modelos é que em ambos, utilizando cálculos diferentes, foram obtidas taxas de juros naturais negativas. Este resultado pode parecer lógico dado à natureza das variáveis observadas e os períodos prolongados de taxas de juros nominais fixas junto com altas taxas de inflação. Porém taxas de juros naturais negativas são contra intuitivo do ponto de vista econômico. É por essa razão que se decidiu retomar a proposta de cálculo da taxa neutra através de um crescimento potencial da economia e uma inflação estável, tomando como ponto de partida à taxa de juros calculada com a fórmula da paridade não coberta de juros, onde estão embutidas as expectativas de depreciação do câmbio e a taxa de juros externa.

Conclusão de ambos os modelos é que a taxa de juros neutra de longo prazo mostra pouca oscilação ao ser comparada com os valores de taxas observadas. Indica fortes mudanças na política monetária, refletindo uma fixação da taxa de juros junto com um cenário inflacionário de alta volatilidade. Nas duas estimações, a taxa real observada esteve ligeiramente abaixo da taxa natural, indicando uma política expansionista.

### 3.5 – Taxa Neutra dos Estados Unidos

Thomas Laubach e John C. Williams se tornaram referência na estimação da taxa de juros real neutra pelo estudo publicado em Novembro de 2001 no *Board of Governors of the Federal Reserve System* intitulado “Measuring the Natural Rate of Interest”. Sua

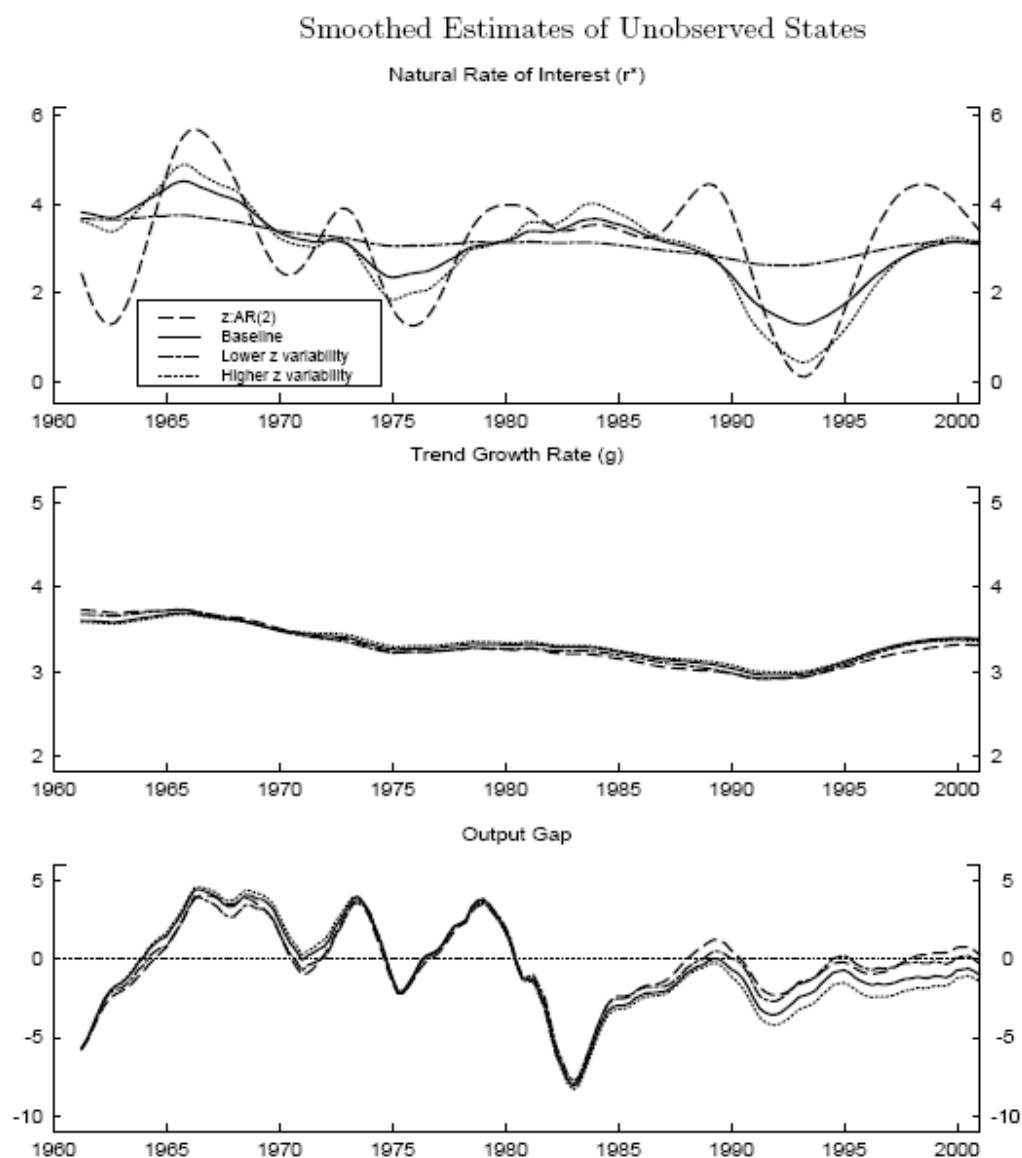
visão da taxa natural é de um conceito de médio prazo de estabilidade de preços que se abstrai dos efeitos das variações no preço e crescimento no curto prazo. Ao estimar a taxa neutra, automaticamente se está estimando o nível do produto potencial e sua taxa de crescimento.

A identificação econométrica da taxa real é alcançada por uma equação relacionando o hiato do produto potencial a suas próprias defasagens, defasagens do hiato da taxa de juros (real com natural), e um termo de erro não correlacionado. A inflação, medida pelo *core PCE* (índice de preços de consumo excluindo comida e energia), é determinada pelas suas próprias defasagens, o hiato do PIB, preços relativos, e um termo de erro não correlacionado. Estas duas equações são as equações de mensuração do modelo espaço-estado. Quatro equações caracterizam as equações de transição do modelo. A primeira é de uma taxa de juros real, influenciada pela estimativa da tendência de crescimento e uma variável ( $z$ ) que capta outras tendências da taxa natural. A segunda, explica a formação de ( $z$ ), que segue um processo autoregressivo com um termo de erro não correlacionado. As últimas duas equações são passeios aleatórios simples do produto potencial (não observado) e da estimativa da tendência de crescimento.

Dados americanos trimestrais durante o período de 1996 até o final de 2000 foram utilizados para rodar o modelo descrito acima. Na equação do hiato do PIB, defasagens de dois períodos anteriores foram usadas para o hiato do PIB e o hiato da taxa de juros. A equação da inflação consiste de oito defasagens. A primeira fase da estimação do PIB potencial indica que a taxa da tendência de crescimento varia apenas modestamente ao longo do tempo. A segunda fase da estimação indica a presença de variação constante no tempo de ( $z$ ), o componente não relacionado à tendência de crescimento. A taxa natural é estimada para variar de um pra um com as mudanças na tendência da taxa de crescimento do produto. Ao estimar o modelo para a taxa natural, a volatilidade apresentada quando ( $z$ ) segue um processo AR2 é muito maior do que quando ( $z$ ) segue um passeio aleatório. Os autores então escolhem como cenário base utilizar os resultados da taxa neutra com ( $z$ ) seguindo um passeio aleatório. A trajetória da taxa de juros real natural atinge sua máxima por volta dos anos de 1960, em torno de 4,5%, mínima de 1,25% no começo dos anos noventa e encerra o período logo acima dos 3%. As estimações para a tendência de crescimento e do PIB potencial são bastante similares dentro de seus diferentes moldes. A

tendência de crescimento varia em torno da média de 3,5%. A estimação do hiato do produto é mais volátil, atingindo sua máxima de 5% em meados dos anos 60, começo dos anos 70 e final da mesma década. E mínima de -7,5% no começo dos anos 80. No final da série, 2000.4, o hiato está praticamente zerado. Uma segunda alternativa para especificação do produto potencial é apresentada e baseada na noção de que horas de emprego contém informação sobre o estado cíclico da economia. Uma nova equação é introduzida no modelo. Os resultados obtidos variam muito pouco com relação à estimação original

Figura 4



Fonte: Measuring the Natural Rate of Interest.

Ao estimar em conjunto a taxa de juros natural, o PIB potencial, e a tendência da taxa de crescimento utilizando o filtro de Kalman, se descobre que a taxa de juros real neutra variou significativamente nos últimos 40 anos. É enfatizado pelo modelo que variações nas tendências de crescimento são importantes para determinar as mudanças na taxa natural. A variação ao longo do tempo da taxa natural tem implicações importantes para aplicação da política monetária. Mudanças relativas à alteração da taxa natural são cruciais para obter os objetivos de inflação no longo prazo e estabilização no curto prazo. O foco do estudo foi no período pós-guerra dos Estados Unidos, porém, os métodos utilizados podem ser aplicados para qualquer país.

### 3.6 – Taxa Neutra da Nova Zelândia

Em Fevereiro de 2004, pelo Reserve Bank of New Zealand, Olivier Basdevant, Nils Björkstén and Özer Karagedikli publicaram o estudo “Estimating a time varying neutral real interest rate for New Zealand”. Neste trabalho, os autores mostram diferentes modelos rodados para calcular a taxa de juros real natural da Nova Zelândia, e os pontos fortes e fracos de cada modelo, escolhendo o último apresentado como ótimo. Um ponto enfatizado na introdução é que a Nova Zelândia possui taxa de juros real maior que seus parceiros comerciais. Ao mesmo tempo, a taxa de juros necessária para manter a inflação dentro da banda do governo não necessita ser tão elevadas como de tempos anteriores.

Em sua primeira estimação, os autores começam com um não-modelo bastante simples e intuitivo para a derivação da taxa neutra “NRR” (neutral real rate) usando dados de mercado que estão embutidos na curva de juros. É usada a diferença entre a inclinação da curva de juros atual com uma curva de juros que seria considerada “normal”, onde uma curva mais inclinada que a normal indica uma política monetária expansionista. A idéia é que durante um ciclo determinado, a ação de política monetária deve ser na média neutra se a inflação estiver estável. Tanto a taxa curta como a longa da curva de juros se movem de maneira cíclica, porém a taxa curta mais que a longa. Para a Nova Zelândia especificamente, é derivado um simples indicador para quando a política monetária diverge de sua neutralidade. Ele é dado pela diferença da taxa de juros real de

longo e curto prazo. Este termo é basicamente o prêmio da curva de juros no período  $t$  comparado com a média do prêmio sobre todo o período. Explicam que o período usado para fazer a análise foi de 1992-2002, pois neste período a inflação têm sido baixa e estável no país (2% +/-), e também porque o começo, assim como o final do período, corresponde a tempos semelhantes para o ciclo escolhido. Ao encontrar a diferença de juros real computado pela primeira equação, ela é subtraída da taxa nominal de 90 dias para encontrar a taxa neutra nominal de curto prazo. Subtraímos depois a expectativa de inflação um ano à frente, encontrando assim a taxa neutra real dentro da análise. O resultado é sugestivo, mostrando que a NRR mostra uma tendência de queda ao longo do tempo.

No seguinte passo, filtra-se uma taxa natural através da parte longa e da parte curta da curva de juros. A taxa flutuante natural pode ser estimada observando simultaneamente mudanças de níveis na parte curta ou longa (após flutuações cíclicas terem ocorrido), como também em uma mudança estrutural da taxa de juros. Outra maneira seria modelando o declínio da taxa neutra. Neste exemplo, é derivada uma estimativa inicial do filtro de Kalman possibilitando a taxa de juros real neutra e o spread de equilíbrio da curva flutuarem. Duas equações de sinais (observadas) são criadas, a taxa de 90 dias e a de 10 anos, e duas equações de estado (não observáveis), a taxa de juros natural e do spread da curva de juros. Assume-se que a inflação esperada se manteve estável sob o período de tempo e que a parte longa da curva de juros possa ser derivada da parte curta da curva. A especificação do modelo permite flutuações cíclicas do spread da curva de juros, assim como mudanças de produtividade associadas aos efeitos de uma economia alterada. Três diferentes hiper parâmetros foram usados no modelo para ver a diferença que eles fariam no resultado da taxa real natural.

A estimação seguinte é feita através do filtro Hodrick-Prescott Multivariate (HPMV), que mantém a flexibilidade da forma do estado de espaço, assim como insere algumas restrições aos hiper parâmetros. Essas restrições são derivadas do filtro HP. Esta forma pode ser interpretada como a taxa de juros real natural seguindo um filtro HP dentro da taxa de juros de curto prazo, sendo feito assim uma abordagem mais semi-estrutural. O filtro HP pode ser escrito em um estado de espaço como a equação em que a variável observada é uma soma da sua tendência e das flutuações em volta da mesma. As

equações de estado definem a taxa de crescimento da tendência que é acumulada para computar a própria tendência. A mudança na tendência segue um passeio aleatório. Então para a estimação do filtro HP, é necessário usar todas as informações disponíveis para derivar a variável não observável. Lembrando que o filtro HP gera uma estimativa da variável não observada como uma solução do problema de minimização. O filtro HPMV é uma maneira alternativa de estimar as variáveis não observáveis, desenvolvida pelo Banco Central do Canadá para estimar o produto potencial. O filtro HPMV também pode ser reproduzido por um filtro de Kalman, seguindo metodologia parecida. É dado um peso maior para a taxa de juros longa da curva comparada com as curtas, pois a parte longa contém mais informação quando se infere na taxa de juros real neutra.

Três problemas são citados ao usar o spread da estrutura a termo de juros. O primeiro deles é que existe uma circularidade embutida na derivação do mesmo. O banco central olha para o mercado financeiro para guiar-se no que constitui política monetária neutra, enquanto que o mercado financeiro age em parte pelas suas expectativas do que o banco central irá fazer com a política de juros no futuro. O segundo problema é que a inclinação da curva de juros diz que o spread entre a taxa longa e a taxa “política” (curta que a autoridade tem influência) é assumida que será revertida para sua média. Aparenta ser o caso para a Nova Zelândia e vários outros países industrializados durante os anos 90. Mas se mudarmos o período por alguns anos, várias destas séries aparentam ser não estacionárias. Duas possíveis razões explicam este movimento. A primeira pode ser que mudanças estruturais afetaram permanentemente o nível da taxa de juros da curva, e a segunda é que a amostra pode não começar e acabar no mesmo lugar durante seu ciclo. O terceiro problema é a preocupação que as taxas longas da curva da Nova Zelândia seriam influenciadas por fatores exógenos. Ao considerar que as taxas longas de outros países apresentem flutuações cíclicas, que movem ao redor da inclinação da curva de juros da Nova Zelândia, a curva de juros como um indicador de política monetária não é tão preciso. Se as expectativas de inflação de um país estão bem ancoradas, então a dívida nacional de longo prazo não deveria ser sensível demais a surpresas domésticas. Mesmo assim, ruídos nas taxas longas de um país relevante como os Estados Unidos podem ser carregados para a taxa de juros local. O filtro de Kalman foi então adaptado. Mais estruturas econômicas foram incluídas para refletir estes problemas.

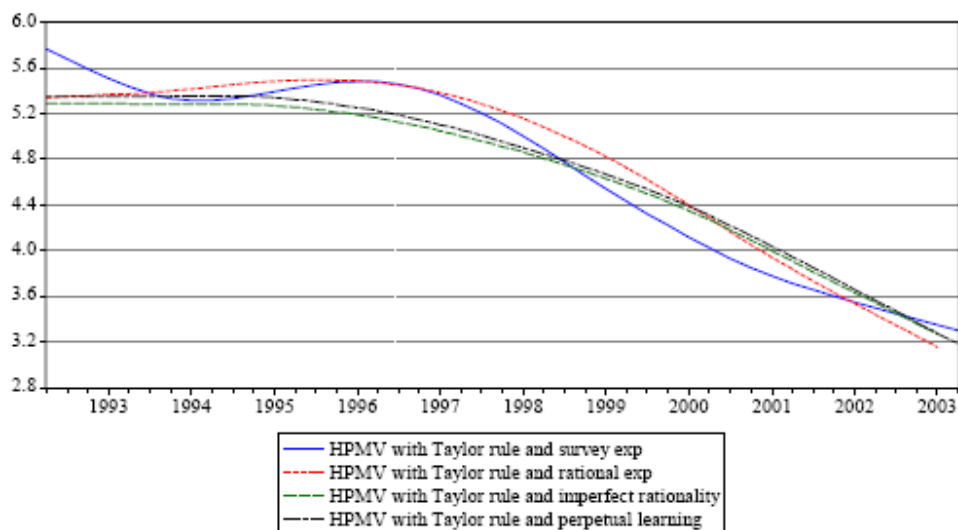


Finalmente, a maneira como é modelada a taxa de juros real neutra é melhorada e não se mantém a suposição de expectativas de inflação constantes do modelo anterior. O modelo é novamente estimado no contexto HPMV. Além de uma taxa de juros de curto prazo com filtro HP, a análise se baseia em duas equações para aumentar o filtro HP. Uma delas, uma regra de Taylor sem um termo suavizado da taxa de juros, e a outra, uma relação não arbitrária entre termos financeiros de curto e longo prazo, que basicamente cita que a taxa de juros nominal de longo prazo é igual à taxa de juros nominal de curto prazo mais um prêmio alfa e a expectativa de inflação de 12 meses. Este é um modelo de estado de espaço de quatro equações, onde as primeiras duas são as de medição, e a terceira equação (da taxa de juros real não observada como um passeio aleatório) define as leis de movimento da variável estado. A quarta e última equação do modelo mostra que o erro da regressão da taxa de juros real natural segue um processo autoregressivo AR(1). Desta maneira, este modelo pode ser estimado por um filtro algoritmo de Kalman.

A primeira variação deste novo modelo é bastante simples, onde ao invés da expectativa de inflação ser uma variável não observada, é usado uma série de expectativas de inflação RBNZ de um ano para frente. Agora somente há uma variável não observada para ser estimada, a taxa de juros real neutra. As expectativas de inflação são consideradas variáveis não observadas dentro de diferentes suposições de expectativas de informação. As diferentes especificações das expectativas não fazem diferença relevante na estimativa da taxa real neutra não observada. As expectativas de inflação se mantiveram relativamente estáveis ao longo do período. Portanto, ao modelar as expectativas de inflação, a taxa encontrada varia de 3% a 3,5%.

Figura 5

### NRR estimates in HPMV filter with Taylor rule and long rate

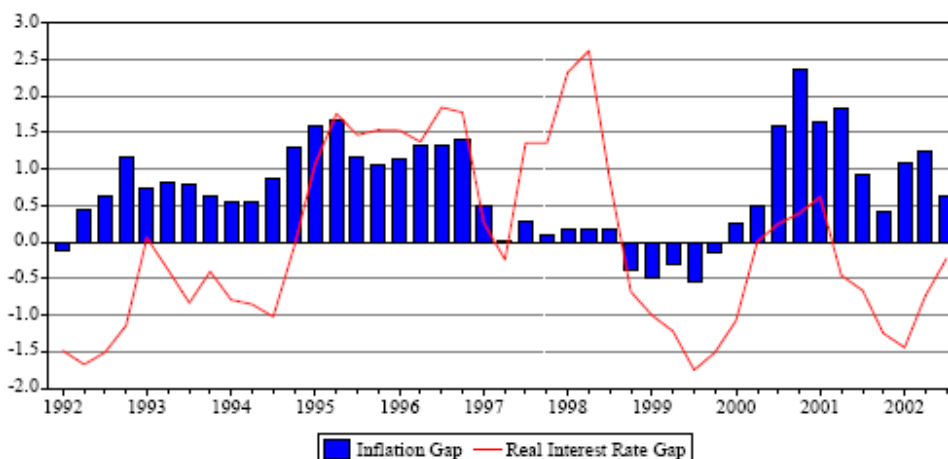


Fonte: Estimating a time varying neutral real interest rate for New Zealand.

Uma das razões principais para a derivação da NRR foi para determinar a que nível de taxa de juros real a política monetária não está nem adicionando nem subtraindo estímulo na economia. Uma forma simples para comparar o quanto que foi adicionado/retirado de estímulo é utilizando o hiato da taxa real com a taxa natural. Uma análise é feita entre este hiato e os desvios da inflação em relação a sua meta. Períodos denominados de expansão monetária foram acompanhados de inflação acima da meta, enquanto que períodos de contração de política monetária foram acompanhados de inflação próxima ou abaixo da meta. No geral, a política monetária aparenta ter respondido de forma apropriada às pressões inflacionárias.

Figura 6

## Real interest rate gap and inflation deviations from target



Fonte: Estimating a time varying neutral real interest rate for New Zealand.

Conclusão obtida é que para manter a inflação na meta é necessário que os agentes que conduzem à política monetária do país tenham uma posição na taxa de juros real neutra. As práticas correntes ainda dependem na evolução de variáveis não observadas. Foram testadas algumas formas de cálculo para estimar a taxa neutra da Nova Zelândia. Apesar dos modelos gerarem resultados um pouco diferentes, todos apresentam uma tendência de queda na taxa. Os resultados alcançados ficaram dentro de um espaço de 100 bps., entre 3,25% e 4,25%. Por último, parecido com Neiss and Nelson (2003), foi encontrada uma correlação bastante forte entre o hiato da taxa de juros real, definido como a diferença entre a taxa real corrente e a NRR, com o hiato do produto e seus desvios da inflação em relação à meta.

### 3.7 - Conclusão

A estimação da taxa de juros real neutra ganhou relevância no mundo a partir dos anos 2000. As leituras selecionadas para tratar sobre o assunto mostram a estimação de

três países em desenvolvimento e um país desenvolvido. Para todos os casos, se utilizou o filtro de Kalman para estimar a taxa de juros real neutra. Apesar do mesmo método ter sido empregado, os modelos se diferem nos detalhes das equações e dos parâmetros utilizados. A estimação feita por Laubach e Williams utilizou mais equações qualquer outro modelo. No caso da Nova Zelândia, se utilizou o prêmio da curva de juros do mercado financeiro para auxílio da estimação. Diferentes suposições e fatores utilizados nos exemplos são o que distinguem cada modelo utilizado. Algo que se pode notar de forma clara é que há uma diferença entre a taxa de juros natural de países desenvolvidos e a taxa para países em desenvolvimento. Muitas das economias desenvolvidas já passaram pelo processo de estabilização, algo que as economias dos países em desenvolvimento estão passando neste período mais recente. Já apresentam uma consolidação maior, e por esta razão, possuem taxas de juros reais naturais mais baixas. No relatório de inflação de Setembro de 2010, o Banco Central incluiu um boxe destinado à taxa de juros real natural. Nele, havia uma tabela com resultados da estimação de diversas taxas de juros neutra de equilíbrio de diferentes países. Países desenvolvidos apresentaram taxas no intervalo de -2% a 3%, enquanto países em desenvolvimento apresentaram taxas no intervalo de 2% a 5%, evidenciando este fato.

Figura 7

Taxa de juros real de equilíbrio em países selecionados			
País	Autor	Período	Taxa de juros real de equilíbrio
<b>Desenvolvidos</b>			
Alemanha	Manrique e Marques	2002	1,5%
Área do Euro	Smets e Wouters	2000	-2%
	Mésonnier e Renne	2002	1%
Austrália	Basdevant et al.	2003	2%–2,5%
Canadá	Djoudad et al.	2004	1%
Estados Unidos	Laubach e Williams	2002	3%
Noruega	Norges Bank	2004	3%
Nova Zelândia	Björksten e Karagedikli	2002	3,8%
Reino Unido	Amato	2001	3,5%
Suécia	Basdevant et al.	2003	2%–2,5%
Suíça	Basdevant et al.	2003	1%
<b>Emergentes</b>			
Chile	Fuentes e Gredig	2006	2%–3,6%
Colômbia	Soto et al.	2005	5%
Costa Rica	Muñoz e Tenorio	2006	3,3%
Peru	Humala e Rodríguez	2008	6%–17%
Polônia	Brzoza-Brzezina	2003	4%
Venezuela	Cartaya et al.	2005	4,5%–5%

Fontes: Cartaya *et al.* (2007), Cuaresma *et al.* (2005), Fuentes e Gredig (2007), Humala e Rodríguez (2009), Muñoz e Tenorio (2007) e Soto *et al.* (2007).

Fonte: Banco Central do Brasil

## 4. Estimação da Taxa de Juros Real Neutra no Brasil

### 4.1 – Taxa de Juros Neutra no Brasil

Na referência sobre a taxa de juros neutra brasileira, publicada pelo BCB (Banco Central do Brasil) no Relatório de Inflação em Setembro de 2010, o colegiado comenta sobre as diferentes formas já publicadas para a estimação da taxa, dentre as quais algumas foram mencionadas a fundo neste trabalho.

Com relação ao caso brasileiro, a primeira forma apresentada foi através da tendência da taxa de juros real brasileira, maneira mais simples esta. Neste caso, não foi abordado uma maneira de estimação da taxa em si, mas sim o raciocínio para explicar sua trajetória declinante. Ao mostrar que tanto a inflação como as expectativas de inflação se mantiveram estáveis ao longo dos últimos anos, e a taxa de Swap real (swap descontada expectativa de inflação) de 360 dias declinou no período estimado, necessariamente a taxa neutra também declinou. Caso contrário, se elas tivessem se mantido estáveis, a tendência declinante do swap real teria que impulsionar um aumento nas expectativas e na inflação, algo que não ocorreu. Em seguida, é rapidamente comentada a forma de estimar a taxa via uma versão modificada da regra de Taylor. Como mencionado no texto, essa maneira “buscaram obter uma medida de taxa de juros real de equilíbrio implícita na regra de reação do banco central por eles considerada...”<sup>2</sup>.

A estimação que é dada ênfase na nota é uma composta pela equação da curva de Phillips, da curva IS e uma relacionada à estrutura a termo da taxa de juros. São as condições de equilíbrio do sistema que irão determinar a taxa de equilíbrio, refletida no swap real de equilíbrio e na Selic real de equilíbrio.

A idéia central por parte do BCB foi enfatizar que a taxa de juros que mantém a economia em “equilíbrio”, realmente vem diminuindo ao longo do tempo. Não só modelos econométricos foram usados para comprovar esta teoria, mas também fatos como a estabilização da economia brasileira, que ao relacionar com a teoria econômica, faz sentido. Especificamente, foram mencionados “(i) o pagamento da dívida com o Fundo Monetário Internacional (FMI) ao final de 2005; (ii) a mudança do balanço

---

<sup>2</sup> Banco Central do Brasil.

externo do setor público, de devedor para credor externo líquido, em 2007; e (iii) a obenção de grau de investimento em 2008. Também pode ser associado à redução do risco de *default* soberano – por conseguinte, da economia como um todo – a geração de superávits primários compatíveis com uma trajetória declinante da dívida pública.” Realmente, a evolução e o processo de consolidação da economia como um todo corroboram o fato da taxa de equilíbrio ter sido declinante ao longo dos últimos anos.

#### 4.2 – Modelo para Estimação da Taxa de Juros Real Neutra

Após analisar trabalhos referentes à estimação da taxa de juros natural entre diferentes países, o próximo passo foi escolher um para que pudéssemos replicar para a economia brasileira. Este processo acaba sendo bastante sugestivo, e dado à dificuldade em estimar uma taxa que possa refletir a situação econômica do país, necessariamente não haverá somente uma forma correta. A forma escolhida para estimar a taxa de juros real natural brasileira, e possivelmente analisar o impacto que o cenário externo exerce sobre ela, foi a apresentada pelo Banco Central da Nova Zelândia.

O resultado apresentado para a taxa de juros neozelandesa natural no trabalho de Basdevant, Bjorksten e Karagedikli é bastante interessante e parece conseguir captar sua dinâmica ao longo do tempo. Complementando a aparente eficiência na estimação para a Nova Zelândia, podemos também relacionar as economias entre si. Primeiro, tanto o Brasil quanto a Nova Zelândia são exportadores mundiais de commodities. Segundo, nenhum dos dois países apresenta ter uma economia “madura”. Terceiro, a economia dos dois países vem apresentando um crescimento robusto no período recente. Por estas razões, parece ser razoável utilizar esta estimação estudada.

A idéia foi utilizar um modelo dinâmico onde a taxa de juros real neutra é calculada por uma Regra de Taylor e por informações embutidas na curva de juros brasileira. O modelo é estimado pelo filtro de Kalman e neles supomos que a arbitragem entre a taxa curta e longa da curva de juros também está condicionada a taxa de juros de equilíbrio. Como mencionado no modelo original, quatro equações foram utilizadas para representar o modelo proposto. As primeiras duas equações, de medição, são as observadas. A primeira é uma regra de Taylor, com a taxa de juros de curto prazo como

variável dependente. A segunda mostra a relação de não arbitragem entre a taxa de juros longa e a taxa curta, sendo a longa a variável dependente. As duas equações restantes são as de transição, que não observáveis. A terceira equação é a da taxa de juros real neutra, objetivo principal na estimação das equações. A quarta e última é a única que diverge do modelo original. No caso da Nova Zelândia, a quarta reflete a estimação de um componente explicativo da taxa neutra,  $gt$ , como um processo autoregressivo. No modelo adaptado, a quarta equação tem como variável dependente o prêmio alfa, que relaciona a taxa de juros de curto prazo com a de longo prazo.

O objetivo principal ao replicar o modelo utilizado na Nova Zelândia é o de encontrar uma taxa de juros real neutra que aparenta representar de forma adequada a economia brasileira. Depois de encontrada, que seja possível estimá-la com um componente que reflita a situação mundial, captando as turbulências sofridas pelos países desenvolvidos. Se obtivermos sucesso com a estimação de uma taxa neutra que capte essa desaceleração mundial, podemos assim comparar os resultados obtidos com o que vem sendo praticado pelo Banco Central do Brasil, e tentar entender se as práticas adotadas tem o respaldo do modelo estimado.

#### 4.3 – Rodando o Modelo

Uma vez escolhido o modelo, o primeiro passo para a estimação consiste em coletar as informações que compõem o modelo. Os dados utilizados foram coletados em um portal Bloomberg e da base de dados da MCM consultores. As regressões estimadas são do período 2004.1 – 2011.2, usando dados trimestrais. Para a primeira equação de medição, a da Regra de Taylor adaptada, diferentes indicadores foram testados para tentar encontrar a forma que melhor estimasse a taxa de juros real neutra. A tabela abaixo exemplifica as informações coletadas para encontrar a equação ótima.



<b>Taxa de Juros</b>	<b>Atividade Doméstica</b>	<b>Atividade Mundial</b>
Selic Swap 3 meses Swap 1ano	Desemprego Hiato do PIB Hiato do PIB dessaz.	PIB Mundo yoy PMI Composite PMI Exportações e Serviços Importações e Serviços Hiato do PIB Mundo

Neste caso, a taxa de juros é a variável dependente e a atividade doméstica e mundial são as independentes. Diferentes combinações entre estes três grupos foram testadas com fins de encontrar a melhor composição que explique a taxa de juros real neutra, de uma forma estatisticamente significativa. Como os indicadores que representam a atividade costumam ser divulgados com certo atraso a data que se referem, e geralmente afetam a taxa de juros somente em períodos futuros, a primeira defasagem de todas as variáveis que representam a atividade (doméstica e mundial) também foram testadas na regressão. Cabe ressaltar que para a série do hiato do PIB, utilizou-se o filtro HP sobre o PIB para encontrar o PIB potencial. Após obter-lo, o hiato do PIB foi calculado como  $(PIB - PIB\_Potencial)/PIB\_Potencial$ .

A inovação de adicionar uma variável externa para representar o mundo obrigou com que diferentes indicadores fossem testados para ver qual melhor indica o fator global. O crescimento do PIB yoy foi calculado através de um PIB mundial composto pelos Estados Unidos, Zona do Euro (17 países) e China. A partir de 2003, foi criado um índice de PIB mundial, onde o peso de cada “área” era denominado pelo valor do PIB da área sobre a soma dos três PIB’s (%) vezes o fator de crescimento da mesma região. Portanto, o índice do PIB mundial foi composto pela soma destes três valores encontrados, para cada trimestre. O crescimento do PIB mundial nada mais é que a média dos quatro últimos trimestres disponíveis sobre a média dos quatro trimestres anteriores do ano anterior. Os índices PMI - *Purchasing Managers Index* - e o *Composite PMI* – indicadores da atividade econômica refletindo a compra de manufaturas, e manufaturas e serviços, respectivamente, numa escala global – utilizados são divulgados pelo banco de investimento J.P. Morgan e estão disponíveis na Bloomberg. As exportações e importações mundiais de bens e serviços também foram extraídas da Bloomberg,

divulgadas pelo OCDE. Para o hiato do PIB mundial, aplicamos a mesma forma de cálculo utilizada para o hiato do PIB brasileiro, porém com o PIB mundial calculado.

Após diversas tentativas para estimação da Regra de Taylor com os regressores mostrados acima, não obtivemos sucesso em estimar uma regressão que considerada “perfeita”. Por regressão “perfeita”, temos uma regressão onde todos os coeficientes, assim como as variáveis não observadas, apresentem valores estatisticamente relevantes (com p-valores abaixo do nível de significância de 0,05), e consigam explicar a trajetória da taxa de juros real neutra na economia brasileira. Nenhum dos componentes escolhidos para representar a variável externa apresentou esta eficiência desejada, portanto, para dar prosseguimento ao tema da monografia, foi necessário utilizar a teoria de *second-best*, ou seja, uma equação que chega o mais perto possível da regressão “perfeita”. A segunda melhor alternativa para a variável externa.

As quatro equações originais do modelo para se estimar a taxa de juros real natural de acordo com o estudo apresentado pelo Banco Central da Nova Zelândia são:

$$\text{@signal selica} = \text{real} + e12m + c(1) * (\text{infl}12m - \text{metainfl}) + (1 - c(1)) * \text{desempr}(-1) + [\text{var}=1]$$

$$\text{@signal swap5y} = \text{real} + \text{alpha} + e12m + [\text{var}=1]$$

$$\text{@state real} = c(4) * \text{real}(-1) + [\text{var}=1]$$

$$\text{@state alpha} = c(5) * \text{alpha}(-1) + [\text{var}=1]$$

Na equação da Regra de Taylor temos que a taxa Selic a.a. é explicada pela taxa de juros real neutra (real), pela expectativa de inflação 12 meses à frente, pelos desvios da inflação observada em relação à meta de inflação brasileira, e pela defasagem do desemprego, que neste caso representa a atividade doméstica. A segunda diz que o swap de cinco anos da taxa de juros brasileira é explicado pela taxa de juros real neutra mais a expectativa de inflação e um prêmio alfa. As duas equações de transição definem simplesmente a trajetória de movimento das variáveis não observadas, ambas sendo autoregressivas com uma defasagem. O resultado mostra que, com a exceção de alfa,

todas as variáveis apresentam uma estatística-z relevante e a taxa de juros real neutra encontrada no segundo semestre de 2011 foi de 4,97%. Segue o resultado da estimação:

Sspace: ORIGINAL\_NEUTRA  
 Method: Maximum likelihood (Marquardt)  
 Date: 11/27/11 Time: 14:48  
 Sample: 2004Q1 2011Q2  
 Included observations: 30  
 Convergence achieved after 15 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	1.096786	0.159566	6.873562	0.0000
C(4)	0.993504	0.019594	50.70401	0.0000
C(5)	0.860837	0.163182	5.275325	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
REAL	4.976848	1.232198	4.038999	0.0001
ALPHA	1.528204	1.280318	1.193612	0.2326
Log likelihood	-102.9745	Akaike info criterion		7.064968
Parameters	3	Schwarz criterion		7.205087
Diffuse priors	0	Hannan-Quinn criter.		7.109793

A partir desta equação original, a variável escolhida que melhor representa o componente externo foi o índice de PMI. O índice do *Composite PMI* também apresenta um bom *fitch*, mas a diferença do PMI com o PMI de quatro períodos anteriores e a defasagem da mesma (diferença entra o PMI do período anterior com o de cinco períodos anteriores) mostraram ser uma equação de *second-best* mais adequada. Alterando a equação que representa a regra de Taylor, o novo modelo é composto por pelas seguintes equações:

@signal selica=real+e12m+c(1)\*(infl12m-metainfl)+(1-c(1))\*desempr(-1)+c(2)\*(pmi(-1)-pmi(-5))+[var=1]

@signal swap5y=real+alpha+e12m+[var=1]

@state real=c(4)\*real(-1)+[var=1]

@state alpha=c(5)\*alpha(-1)+[var=1]

Os resultados obtidos por esta estimação foram:

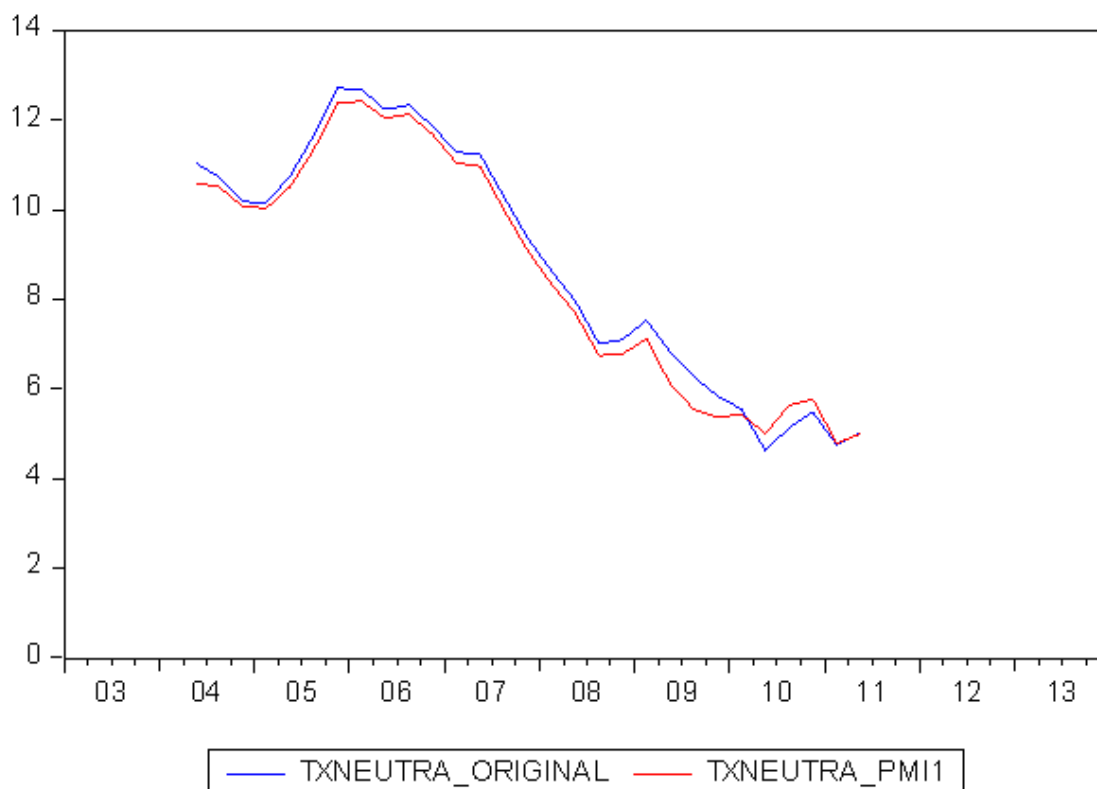
Sspace: ORIGINAL\_PMI1  
 Method: Maximum likelihood (Marquardt)  
 Date: 11/27/11 Time: 15:59  
 Sample: 2004Q1 2011Q2  
 Included observations: 30  
 Partial observations: 1  
 Convergence achieved after 14 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	1.071212	0.174757	6.129719	0.0000
C(2)	-0.048010	0.062400	-0.769390	0.4417
C(4)	0.993080	0.018772	52.90226	0.0000
C(5)	0.865580	0.172991	5.003614	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
REAL	4.877260	1.232221	3.958105	0.0001
ALPHA	1.592471	1.283836	1.240401	0.2148
Log likelihood	-100.8208	Akaike info criterion		6.988051
Parameters	4	Schwarz criterion		7.174878
Diffuse priors	0	Hannan-Quinn criter.		7.047819

O resultado desta estimação nos mostra que a variável não observada alfa continua não sendo a mais ideal, fato que relevamos, mas principalmente que, apesar do coeficiente c(2) claramente não ser dos melhores para explicar a variável dependente, conseguimos utiliza-lo para estimar uma taxa de juros real neutra considerada “boa”. A nova estimação nos diz que a taxa de juros real neutra equivale a 4,87% na ponta. A primeira conclusão que conseguimos obter do modelo encontrado é que, para o segundo trimestre de 2011, o componente que representa a variável externa afeta somente em 10 pontos base a taxa de juros real neutra brasileira (diferença entre 4,97% e 4,87%). A primeira vista, conseguimos ver talvez o porquê da diferença de PMI's não ser a mais adequada para explicar a taxa Selic (apesar de ser a mais adequada encontrada no modelo). Esperaríamos que os pesos das economias no mundo tivessem uma influência maior sobre a taxa de juros de equilíbrio brasileira. Ao rodarmos a serie de transição para obter a taxa de juros neutra e a taxa de juros neutra com PMI defasado, podemos comparar a trajetória de ambas e ver se esta diferença permanece constante ao longo do tempo.

## 4.4 – Analisando os Resultados

Figura 8

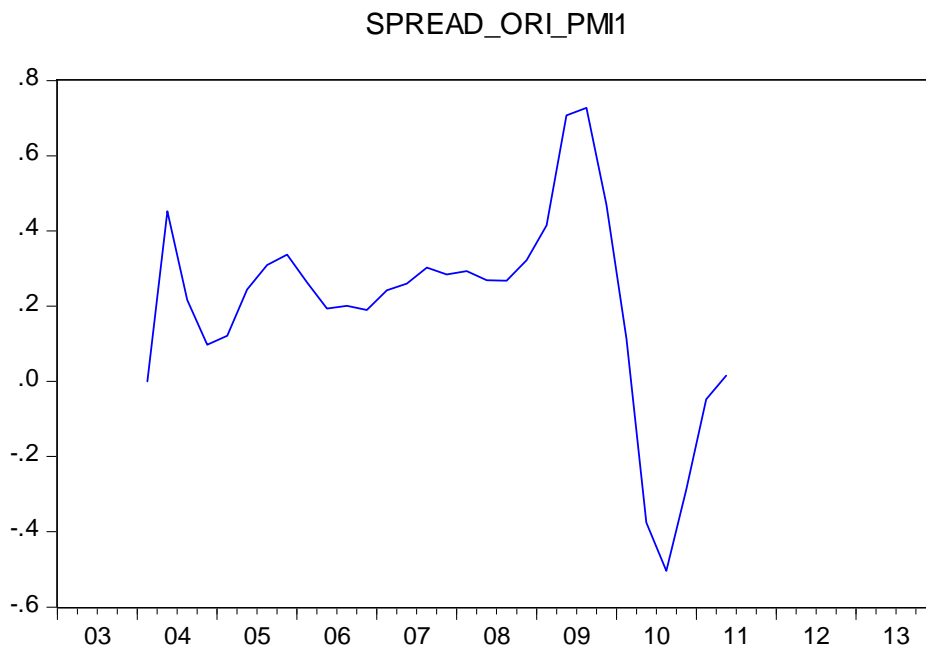


Fonte: Regressão do modelo, Eviews

As trajetórias da taxa de juros neutra original e da taxa de juros neutra com a defasagem do PMI andaram praticamente juntas desde o começo da estimação, no primeiro tri de 2004, até mais ou menos o segundo tri de 2008. O spread entre as duas é relativamente pequeno durante este período. A partir do segundo trimestre de 2008, justamente na eclosão da crise, observamos que a diferença entre as duas taxas se acentua. Onde a taxa de juros com o cenário externo apresenta uma queda mais acentuada que a taxa de juros neutra original até o final de 2009. A partir de 2010, temos que a taxa de equilíbrio original apresenta uma queda forte enquanto que a taxa neutra PMI se mantém relativamente estável, para depois mudar de tendência. No final do período estimado, as duas taxas aparentam estar no mesmo nível, fato comprovado pelo valor das taxas na ponta pelos modelos estimados. A alta volatilidade durante o período da crise de

2008 fica clara no próximo gráfico, que representa a diferença entre a taxa de juros neutra original e a taxa de juros neutra PMI.

Figura 9



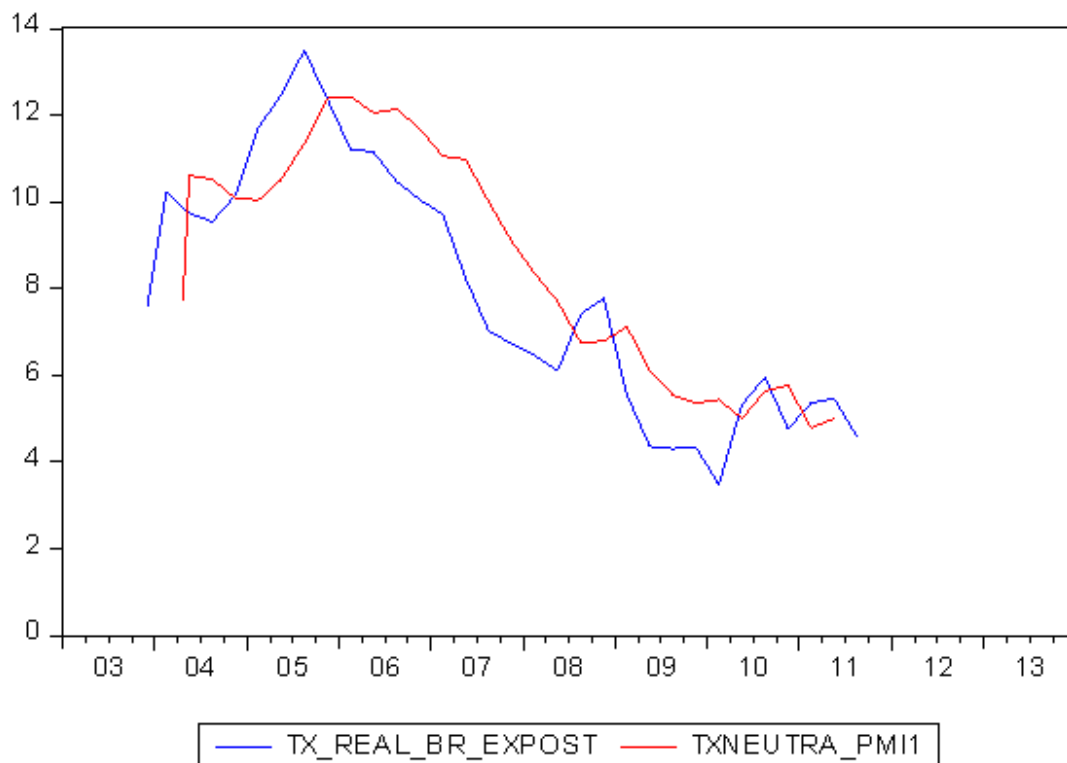
Fonte: Regressão do modelo, Eviews

O spread das duas taxas faz high durante a metade de 2009, onde a taxa PMI faz uma curva côncava vista no gráfico de comparação das duas taxas, zero no primeiro trimestre de 2010, fica negativo durante todo o ano de 2010, e finalmente na metade do ano de 2011 zera o *gap* negativo. A trajetória das duas taxas é bastante interessante, pois em cenários adversos conseguimos captar movimentos divergentes para o mesmo período de tempo. Uma possível explicação para este movimento é que como a crise do *subprime* eclodiu nos Estados Unidos, e depois se alastrou para o resto do mundo, faz sentido que a taxa natural que reflita o cenário externo apresente uma queda mais acentuada em um primeiro momento. O modelo capta esta piora e o *spread* entre as duas taxas aumenta. Em um segundo momento, enquanto a curva original começa a captar esta piora global e sua tendência de queda se intensifica, coincide com o período de fortes estímulos feitos por parte das autoridades monetárias mundiais como forma de recuperar suas economias. Portanto a taxa de juros neutra PMI rebota e apresenta ligeira recuperação na ponta,

seguida pela taxa original. Finalmente, apesar das duas taxas apresentarem valores praticamente iguais no último período estimado da regressão, é possível observar que durante os últimos seis anos não foi exatamente o que aconteceu.

Tomando a taxa de juros real natural PMII estimada como a taxa base, é interessante relacionar ela com outras variáveis econômicas durante o período estimado. Desta maneira, podemos tentar extrair informações econômicas interessantes desta análise. Este próximo gráfico apresenta a trajetória da nova taxa de referência junto com a taxa de juros real ex-post praticada pelo BCB. O cálculo para a taxa de juros real ex-post nada mais é do que a taxa de juros Selic do overnight (taxa ano) menos a inflação acumulada dos últimos 12 meses.

Figura 10



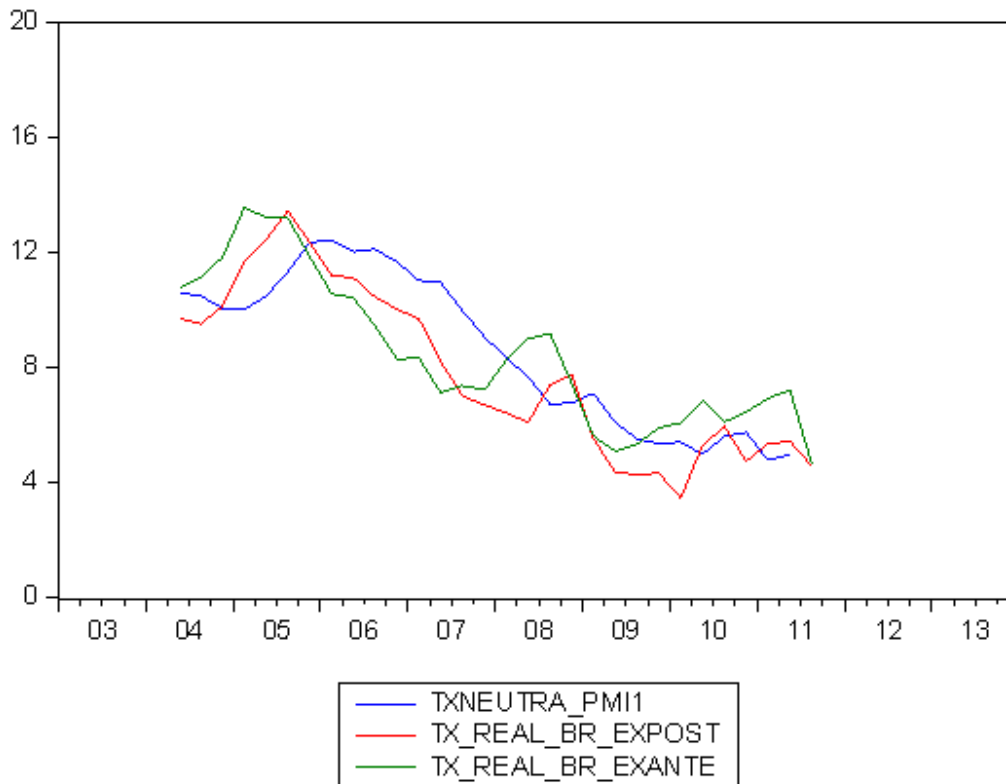
Fonte: Regressão do modelo, Eviews

É interessante notar neste gráfico que a trajetória da taxa praticada e da estimada apresenta a mesma tendência de longo prazo, mas que a taxa efetiva da economia apresenta uma volatilidade maior do que a considerada de equilíbrio. É possível

argumentar que dada a necessidade de prover credibilidade perante o mercado, assim como devido a fatos pontuais que afetam a economia de forma acentuada em  $t_0$ , tenham levado a movimentos bruscos e a fortes alterações da taxa de juros real. Por outro lado, a taxa de juros real de equilíbrio apresenta uma tendência mais suavizada, dada que ela tem um componente mais estrutural e está sujeita a oscilações menores no curto prazo. Outra análise do gráfico da Figura 10 é que a taxa de juros neutra parece acompanhar de forma defasada a taxa de juros real ex-post em 2-3 trimestres aproximadamente. Não rejeitamos esta hipótese de primeira, pois realmente pode haver esta correlação. É capaz de o banco central se ver na posição de adequar a taxa de juros real de maneira benéfica a economia, para dissipar os choques sofridos, e ao acertar estes movimentos que melhor refletem o estado do país, a taxa de juros natural lentamente convergirá para tal nível. Se adicionarmos uma taxa de juros real ex-ante ao gráfico, vemos que ela apresenta a mesma tendência das duas, porém agora a taxa ex-ante aparenta ser a *leading*, enquanto que as outras duas operam com defasagens em relação a ela. Isto ocorre porque a taxa de juros real ex-ante é calculada para períodos à frente, usando expectativas de mercado. A taxa de juros ex-ante prevê o que acontecerá no período seguinte. Sua equação é a de o swap de um ano da curva de juros menos a expectativa de inflação doze meses à frente.



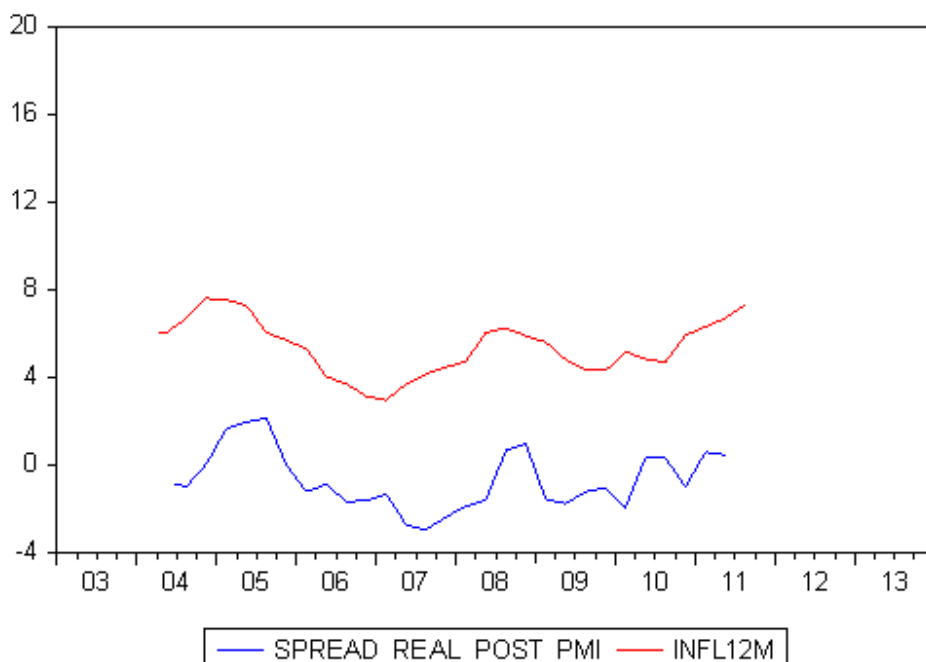
Figura 11



Fonte: Regressão do modelo, Eviews

Dando prosseguimento à análise da taxa de juros real ex-post com a taxa de juros neutra PMI1, é importante observar a condução da política monetária empregada no período em comparação com a inflação. Ao tirarmos a diferença entre a taxa de juros real ex-post e a taxa de juros real neutra pmi1, conseguimos ver a política monetária adotada pelo BCB, expansionista ou contracionista. Se o *spread* for positivo, significa que a taxa de juros real da economia está acima da taxa de juros de equilíbrio, fazendo com que a política monetária seja contracionista. Se a diferença entre as taxas for negativa, o inverso ocorre. A taxa de juros real se encontra em um patamar abaixo da taxa de juros neutra, e o banco central está implementando uma política expansionista.

Figura 12



Fonte: Regressão do modelo, Eviews

A análise deste gráfico nos diz que a política monetária empregada é exercida muito mais como uma função de resposta à inflação do que uma ação preventiva. Observamos que para períodos de inflação elevada, a política monetária empregada segue uma tendência de aperto monetário. Em contra partida, em épocas de queda de inflação, a política monetária se afrouxa e revela ser expansionista. Para o período estimado, com exceção do ano de 2005 e três curtos períodos em 2008, 2010 e 2011, a política monetária foi expansionista. Sabemos que a função do Banco Central é assegurar o poder de compra da moeda e manter a inflação na meta estabelecida. Portanto, ao invés de condicionar a atuação na política monetária como um movimento para corrigir choques na inflação, “atrás da curva”, o Banco Central deveria na verdade tentar prever estes movimentos e antecipar suas ações, gerando credibilidade e ancorando as expectativas de inflação, um problema crônico brasileiro. O banco central, por definição, tudo mais constante, deveria apresentar um postura mais *hawkish*, a ponto de mostrar o seu compromisso com seus objetivos de longo prazo. Ao praticar suas políticas sempre atrás da curva, ele perde o

importante elemento da credibilidade com o país, algo que no futuro pode trazer consequências indesejáveis.

## 5. Conclusão

É mais que notório o dano causado pela crise mundial do *subprime*. Completando pouco mais de três anos desde a quebra do banco de investimento Lehman Brothers, em Setembro de 2008, resíduos da crise ainda estão presentes em diversas economias, principalmente as desenvolvidas. Com as turbulências recentes vindas da crise de dívida soberana da zona do euro, novamente o foco para o crescimento se volta para o cenário externo. Cargos do mais alto escalão do governo, até mesmo a presidenta Dilma Rousseff, já demonstraram preocupação com uma nova desaceleração e possivelmente outra ruptura que cause com que o mundo entre em uma nova recessão. A relevância do cenário externo é tão forte que ela foi uma das razões dadas para, pela primeira vez na história, o Banco Central Brasileiro ter ido de um ciclo de alta de juros diretamente para uma queda da taxa básica da economia, sem que houvesse uma reunião de manutenção. Esta mudança abrupta na política monetária ocorreu em Agosto, quando na reunião anterior, o Banco Central havia aumentado a Selic em 25 bps, de 12,25% para 12,50%. Na reunião mencionada, creditando como razão o fator externo, o Banco Central reduziu a taxa básica de 12,50% para 12,00%. Este evento tão importante para a economia brasileira foi a principal razão que motivou o tema desta monografia. Por toda a importância do cenário externo dado nos últimos discursos de figuras importantes que conduzem à política do Brasil, procurei tentar mensurar qual o impacto do cenário externo na economia doméstica. Obviamente há diversas maneiras para responder esta pergunta. A escolhida foi tentar estimar o impacto do cenário externo na taxa de juros nacional, mais precisamente, por ser esta a taxa de juros que rege a atividade do país.

Os resultados obtidos através do modelo mostram que realmente o cenário externo exerce uma influência sobre a taxa de juros real natural do país. É possível perceber que a crise de 2008 afetou a taxa natural de forma significativa, e conseqüentemente fez com que houvesse uma desaceleração forte no país. Sabendo que o Banco Central do Brasil dispõe de informações que o resto dos agentes econômicos não tem acesso, sua decisão de cair a taxa Selic para 12,00% a.a. justificando a crise externa encontra fundamentos sólidos para tal ação. Porém, ao analisar a conduta de política monetária adotada pelo BC considerando a taxa de juros real natural  $p_{mi1}$ , sempre atrás da curva, realmente uma

queda logo após um ciclo de elevações da taxa de juros, com uma inflação acumulada acima do centro meta e no limite superior da banda, parece ser uma atitude precipitada. Apesar de o cenário externo influenciar a tendência de queda da taxa de juros natural brasileira, e as perspectivas das principais economias mundiais (exceto China) para o futuro são de baixo crescimento ou até mesmo desaceleração, a realidade dos indicadores econômicos brasileiros permanecem muito fortes. Se a situação externa for resolvida, há sérios riscos de o Banco Central ficar ainda mais atrás da curva e a inflação no país persistir em níveis elevados durante um bom tempo. Desta maneira, um crescimento mundial próximo de zero impactará a taxa de juros real natural de forma menos intensa (dado sua estacionariedade) e os fundamentos macroeconômicos permanecerão em níveis indesejados, com riscos de piora. Se no caso atual específico, o Banco Central não estiver à frente da curva, a relevância do cenário externo se torna menos importante e seu efeito sobre a taxa de juros real neutra não será tão significativo. A taxa de juros real neutra será ditada pelos desequilíbrios internos.

## 6. Bibliografia

1. CARVALHEIRO, Nelson. A Política Monetária no Brasil Pós-Real, 2002.
2. FERNANDES, Felipe Tâmega. Taxa Real de Juros encontra-se abaixo da Taxa de Juros Real Neutra: Política Monetária é expansionista, 2010.
3. BASDEVANT, Olivier, BJÖRKSTEN, Nils e KARAGEDIKLI, Özer. Estimating a time varying neutral real interest rate for New Zealand, 2004.
4. BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação Setembro 2010, Taxa de Juros Real de Equilíbrio, 2010.
5. HUMALA, Alberto e RODRÍGUEZ, Gabriel. Estimation of a Time Varying Natural Interest Rate for Peru, 2009.
6. CARTAYA, Virginia, FLEITAS, César e VIVAS, José Rafael. Midiendo la Tasa de Interes Real Natural em Venezuela, 2007.
7. LAUBACH, Thomas, e WILLIAMS, John C. Measuring the Natural Rate of Interest, 2001.
8. BLOOMBERG TERMINAL.
9. <http://www.mcmconsultores.com.br/>
10. BLANCHARD, Olivier. Macroeconomia, 4º Edição.