

Ilan Sampaio Parnes

**Medidas de Incerteza e seus Impactos na
Previsão do Hiato do Produto Brasileiro**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças do Departamento de Economia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Diogo Abry Guillén

Rio de Janeiro
Abril de 2018

Ilan Sampaio Parnes

**Medidas de Incerteza e seus Impactos na
Previsão do Hiato do Produto Brasileiro**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças do Departamento de Economia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio. Aprovado pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Diogo Abry Guillén

Departamento de Economia – PUC-Rio

Prof. Marcelo Cunha Medeiros

Departamento de Economia – PUC-Rio

Prof^a. Daniela Kubudi Glasman

FGV

Prof. Augusto Cesar Pinheiro da Silva

Vice-Decano Setorial de Pós-Graduação do
Centro de Ciências Sociais

Rio de Janeiro, 09 de abril de 2018

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Ilan Sampaio Parnes

Graduou-se em Ciências Econômicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Ficha Catalográfica

Parnes, Ilan Sampaio

Medidas de incerteza e seus impactos na previsão do hiato do produto brasileiro / Ilan Sampaio Parnes ; orientador: Diogo Abry Guillén. – 2018.

64 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Economia, 2018.

Inclui bibliografia

1. Economia – Teses. 2. Incerteza. 3. Hiato do produto. 4. Curva IS. 5. Modelo de pequeno porte. I. Guillén, Diogo Abry. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Economia. III. Título.

CDD: 330

Agradecimentos

Agradeço aos meus queridos pais por sempre me apoiar e por me dar condições de chegar até aqui.

À minha mulher por todo o apoio e infinita paciência.

A meu orientador Diogo Guillén pelo suporte e disponibilidade e à Daniela Kubudi pelas sugestões.

Resumo

Parnes, Ilan Sampaio; Guillén, Diogo Abry. **Medidas de incerteza e seus impactos na previsão do hiato do produto brasileiro**. Rio de Janeiro, 2018. 64p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A incerteza é um fator relevante na modelagem de variáveis macroeconômicas, especialmente em países emergentes. Neste estudo, tentamos entender se medidas de incerteza oriundas do mercado brasileiro podem melhorar as projeções de PIB do país. Traçando uma curva IS da forma mais simples possível: relacionando o hiato do produto a suas primeiras defasagens e aos juros reais ex-ante, podemos adicionar medidas de incerteza e atestar se estas melhoram as projeções de hiato realizadas para o período imediatamente subsequente. Como medidas de incerteza, utilizamos a dispersão de expectativas do boletim Focus para PIB e inflação; a volatilidade implícita dos contratos futuros de câmbio; o VIX; a volatilidade observada nas empresas mais relevantes do índice Bovespa e o Índice de Incerteza Econômica (IIE-Br). Conseguimos demonstrar com um exercício de backtest que a previsão de hiatos do PIB se torna melhor com a inclusão de variáveis de incerteza na curva IS.

Palavras-chave

Incerteza; Hiato do produto; Curva IS; Modelo de pequeno porte.

Abstract

Parnes, Ilan Sampaio; Guillén, Diogo Abry (Advisor). **Uncertainty Measures and their Impacts on Forecasting the Brazilian Output Gap**. Rio de Janeiro, 2017. 64p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Uncertainty is a relevant matter when modelling economic variables, especially in emerging countries. Here, we try to understand if measures of uncertainty observed in the Brazilian market allow us to improve GDP forecasting. By defining an IS curve as simply as possible: relating current output gap with its lags and the economy's ex-ante real interest rate, it is possible to introduce an uncertainty measure and examine if the forecasting exercise improves in the next period. As proxies for uncertainty, we shall use dispersion of financial markets expectations for future inflation and future output growth; FX future contracts implied volatility; VIX Index; observed volatility in Brazil's most relevant companies' stock prices, and; the Economy Uncertainty Index (IIE-Br). We were able to demonstrate through a backtest exercise that the insertion of uncertainty measures in the IS curve improves the output gap forecasting.

Keywords

Output gap; uncertainty; IS curve.

Sumário

1. Motivação – A incerteza e o Brasil	11
2. A relevância da incerteza na análise econômica.....	16
3. Objeto do estudo	22
3.1. A curva IS.....	22
3.2. Medidas de hiato, de juros reais e seus lags	26
4. Medidas de incerteza sugeridas.....	31
5. Modelagem.....	39
5.1. O modelo de pequeno porte e a curva IS.....	39
5.2. Amostra.....	42
5.3. Resultados da estimação da curva IS com cada medida de incerteza – Estático	43
6. Resultados do modelo IS com cada medida de incerteza – Backtesting	50
7. Conclusão	58
Referências bibliográficas	60

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Volatilidade do PIB nos diferentes países, agrupados por renda	13
Gráfico 2 – Comportamento do mercado de trabalho relacionado à Incerteza	19
Gráfico 3 – Comportamento do nível de capacidade da indústria relacionado à Incerteza.....	19
Gráfico 4 – Desvios da política adotada pelo BC em relação à política ótima	27
Gráfico 5 – PIB dessazonalizado e sua tendência traçada por Filtro HP	29
Gráfico 6 – Componente cíclico do PIB dessazonalizado por Filtro HP	30
Gráfico 7 – Histogramas dos erros percentuais de projeção de PIB trimestral do FOCUS	33
Gráfico 8 – Relação de Desvio Padrão do Ibovespa com o Índice VIX	35
Gráfico 9 – MODELO A) Sem incerteza	46
Gráfico 10 – MODELO B) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o PIB12M	47
Gráfico 11 – MODELO C) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o IPCA12M.....	47
Gráfico 12 – MODELO D) Medida de incerteza: Volatilidade implícita USD/BRL	48
Gráfico 13 – MODELO E) Medida de incerteza: Volatilidade observada das maiores empresas	48
Gráfico 14 – MODELO F) Medida de incerteza: VIX	49
Gráfico 15 – MODELO G) Medida de incerteza: IIE-BR.....	49
Gráfico 16 – MODELO A) Sem incerteza	52
Gráfico 17 – MODELO B) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o PIB12M	52
Gráfico 18 – MODELO C) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o IPCA12M.....	53
Gráfico 19 – MODELO D) Medida de incerteza: Volatilidade implícita USD/BRL	53

Gráfico 20 – MODELO E) Medida de incerteza: Volatilidade observada das maiores Empresas	54
Gráfico 21 – MODELO F) Medida de incerteza: VIX	54
Gráfico 22 – MODELO G) Medida de incerteza: IIE-BR.....	55
Gráfico 23 – MODELOS A,B,C,D,E,F,G) Todas as medida de incerteza representadas.....	55

Lista de tabelas

TABELA 1 - Coeficientes de correlação, usando todas as observações 2004:1 - 2017:35% valor crítico (bicaudal) = 0,2656 para $n = 55$	37
TABELA 2 - Regressão por método MQO, usando as observações 2005:1-2017:4 (T = 52) Variável dependente: hp_PIBdessaz	41
TABELA 3 - Resultados do modelo estático com todos os dados.....	45
TABELA 4 - Resumo Estatístico dos erros de previsão – Janela Crescente	56
TABELA 5 – Resumo Estatístico dos erros de previsão – Janela Móvel	56

1. Motivação – A incerteza e o Brasil

Em “A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda”, John Maynard Keynes escreveu: *“The marginal efficiency of capital depends, not only on the existing abundance or scarcity of capital—goods and the current cost of production of capital—goods, but also on current expectations as to the future yield of capital—goods.... But, as we have seen, the basis for such expectations is very precarious. Being based on shifting and unreliable evidence, they are subject to sudden and violent changes”*¹.

A incerteza é um fator extremamente relevante para entendermos a dinâmica de funcionamento das economias. Muitas vezes, ao modelarmos equações econômicas, utilizamos premissas como o consumidor maximizador de funções utilidade bem definidas ou o investidor racional com acesso a toda informação disponível. Estas são simplificações que os economistas fazem justamente para conseguir definir os modelos estudados. Porém, ao simplificarmos, deixamos de lado uma questão que pode ser extremamente relevante.

O ponto é que a incerteza pode alterar significativamente as premissas nas quais trabalhamos nos modelos macroeconômicos. Um consumidor representativo com uma função de utilidade não usual ou um investidor que prefere esperar mais informações antes de fazer um investimento, são premissas que possivelmente mudam os resultados dos modelos mais populares da literatura.

Adrian, Boaychenko & Giannone (2016), por exemplo, mostram empiricamente o quanto as condições financeiras e econômicas contemporâneas afetam a distribuição de crescimento futuro de um país e mostram como períodos de grande volatilidade (muitas vezes relacionada à incerteza) na economia parecem preceder cenários de pouco crescimento.

Assim, cresce cada vez mais uma frente na literatura que busca compreender como a incerteza impacta as variáveis macroeconômicas e através de

¹ Esta citação dá início ao estudo de Ben Bernanke: Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment.

que canais. Nos Estados Unidos esta já é uma área de pesquisa bastante rica, com diferentes linhas de argumentação. No Brasil, entretanto, ainda é uma região acadêmica pouco desenvolvida.

O Brasil acaba sendo uma “jabuticaba” em diferentes aspectos. Um país que passou por uma industrialização tardia e galopante, por uma ditadura militar pró-capital, por períodos de hiperinflação, por diferentes planos econômicos buscando a recuperação da confiança e por dois impeachments presidenciais em menos de 15 anos, sem dúvida, é um caso de incerteza a ser estudado.

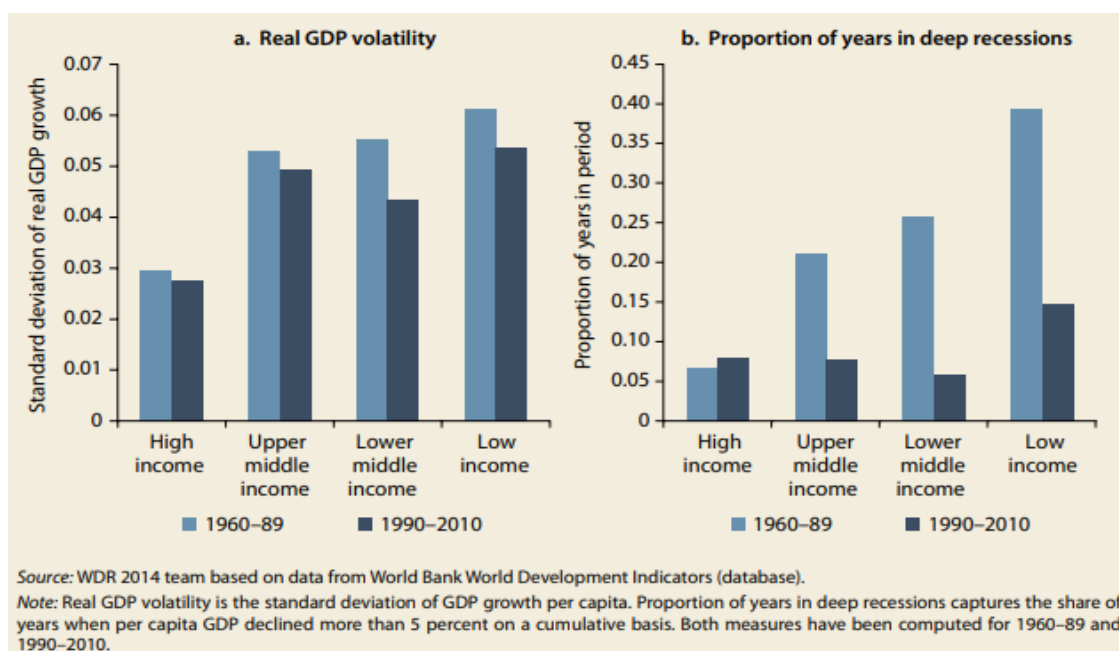
Justamente por apresentar tanta instabilidade política e econômica, o país muitas vezes é impactado e pode produzir abaixo de seu potencial, mesmo com fundamentos sólidos. A incerteza gerada pela instabilidade pode diretamente afetar isto. Busse & Hefeker (2005) realizaram um estudo sobre quais os fundamentos socioeconômicos e políticos de diferentes países são determinantes para o nível de Investimentos Estrangeiros Diretos (FDI) recebido por eles. Os principais fatores encontrados na pesquisa empírica contida neste trabalho são: a estabilidade do governo, a inexistência de conflitos internos e tensões étnicas e o respeito aos direitos democráticos e ao cumprimento das leis. Tensões étnicas podem ser descartadas como ponto crítico do Brasil, mas todo o resto é relevantemente encontrado no país e representa uma fonte de incerteza não desprezível.

A incerteza política gera um prêmio de risco nos ativos de um país que aumenta de magnitude em condições de maior pobreza segundo Pastor & Veronesi (2011). Também faz com que a volatilidade das ações das empresas dele aumente. Outro ponto importante é que incerteza política não é completamente diversificável (especialmente para o investidor local). Risco não diversificável geralmente deprecia o preço das ações ao aumentar sua taxa de desconto.

Bloom (2014) aponta o fato estilizado que a incerteza é consideravelmente maior em países emergentes. Utilizando a definição de Knight (1921): a incerteza é a inability do indivíduo de atribuir probabilidade à ocorrência de um evento - Bloom mostra que regiões como a América do Sul e a África possuem crescimento do PIB, bolsa e taxas de câmbios mais voláteis do que a Europa e

América do Norte devido aos riscos macro e microeconômicos que as empresas se deparam nestes ambientes. Ele aponta o gráfico do banco mundial abaixo como evidência para tal.

Gráfico 1 – Volatilidade do PIB nos diferentes países, agrupados por renda.



No âmbito de pesquisas brasileiras, Costa Filho (2014) defende que choques de incerteza produzem efeitos negativos mais rápidos na economia brasileira do que os tão estudados choques de juros, dando prosseguimento a Silva Filho (2007), que no *working paper* do BCB, argumenta que a incerteza inflacionária é a raiz para o baixo investimento do Brasil, de curto e longo prazo, especialmente após 1980.

Barboza e Zilberman (2017) analisam os efeitos da incerteza sobre a atividade econômica brasileira sob uma abordagem de Vetores Autoregressivos (VAR) estruturais, testando *proxys* de incerteza e suas funções resposta a impulso sobre diferentes variáveis macroeconômicas. Neste artigo de julho de 2017, os autores comentam que: “pouco se sabe sobre os reais efeitos da incerteza na economia brasileira”, já que definem essa literatura como escassa e: “habitada, até onde sabemos, por um único trabalho [Costa Filho (2014)]”.

Torna-se, portanto, um desafio interessante abordar um tema pouco estudado no Brasil e que intuitivamente parece fazer parte do dia a dia econômico-financeiro do país.

O âmbito escolhido para o estudo da incerteza e seus impactos é uma parte do modelo de pequeno porte utilizado pelo Banco Central do Brasil para realizar previsões desde a adoção das metas de inflação. Segundo o documento de 10 anos da adoção das metas de inflação: “categoria em que se enquadram os modelos com poucas equações e com restrições diretamente inspiradas na teoria econômica e em fatos consensuais, mas que não buscam identificar toda a estrutura da economia. Essa categoria é atualmente a base para a análise das perspectivas para a inflação”. A parte do modelo que analisaremos é a curva IS, que “explicita o processo de formação do hiato do produto e sumariza as condições de demanda agregada da economia”.

No presente artigo, buscamos incorporar a incerteza, tão presente no ambiente econômico brasileiro, à estimação de uma curva IS (equilíbrio no mercado de bens) para a economia brasileira. A contribuição do estudo é no sentido de utilizar medidas contemporâneas de incerteza para projetar o hiato do produto futuro com maior exatidão. Apesar de ser um modelo bastante simplificado, é possível mostrarmos evidências de como a teoria se encaixa melhor na evidência empírica se adicionarmos este fator. Como argumenta Hansen (2014), quando confrontado pelo paradoxo levantado por Knight (1921) de que problemas envolvendo incerteza dependem do futuro ser diferente do passado, enquanto as possibilidades de soluções para os mesmos passam por considerar que o futuro será justamente como o foi o passado: “*I believe the most productive response is not to abandon models but to exercise caution in how we use them*”. Respeitando isso, buscaremos adicionar uma medida de incerteza na modelagem teórica já conhecida e testar se esta melhora a visualização do problema na prática.

Este trabalho destaca-se de outros de mesmo campo de análise por se tratar de um exercício de previsão de hiato do produto brasileiro no período seguinte, a partir da utilização da curva IS com inclusão de uma variável de incerteza. Em linhas gerais, utilizamos um filtro Hodrick-Prescott em uma série de PIB para

traçar o PIB potencial (tendência) e o hiato do produto (ciclo). Com isso, traçaremos uma curva IS com base nas observações de juros reais ex-ante e hiatos do produto defasados. Utilizando um exercício de *backtest* com restrição da amostra, poderemos ver o poder previsivo deste modelo. Em seguida, ao mesmo modelo, adicionaremos individualmente seis variáveis *proxy* de incerteza. Com isso, conseguiremos demonstrar que ao adicionar uma variável de incerteza, obteremos melhor capacidade preditiva para o hiato do produto.

Este artigo será dividido da seguinte forma: primeiro, argumentaremos a relevância da incerteza para a economia e os canais por onde ela permeia os modelos de análise. Segundo, apresentaremos o objeto do estudo propriamente dito: a curva IS, algumas de suas propriedades e o método utilizado para traçá-la. Terceiro, passaremos às sugestões de *proxies* para medirmos a incerteza econômica. Quarto, analisaremos, com a base completa de dados da amostra, o resultado das regressões para a curva IS com e sem incerteza – concluiremos esta parte com gráficos mostrando como o *fit* dos modelos se comporta com e sem incerteza. Por último, faremos o exercício de *backtest* restringindo a amostra e tentando prever o hiato do produto do período imediatamente subsequente. Compararemos como os erros de previsão se comportam com a inclusão de variáveis de incerteza e concluiremos que as medidas de incerteza adicionadas à curva IS podem aumentar a capacidade preditiva do hiato do produto brasileiro.

2.

A relevância da incerteza na análise econômica

Nesta parte, descreveremos por que e como a incerteza pode alterar significativamente a forma como analisamos ou fazemos previsões econômicas a partir de premissas básicas dos modelos clássicos para o equilíbrio no mercado de bens.

É vasta a literatura estrangeira que investiga como eventos globais de aumento de incerteza como crises diplomáticas, crises políticas, crises econômicas, guerras, atentados terroristas, etc. surtem impactos negativos no produto dos países. Bloom (2009) mostra que choques neste sentido produzem uma súbita queda no emprego e produto agregado da economia norte-americana.

A questão aqui é que nem toda incerteza presente na economia está refletida nas variáveis clássicas dos modelos teóricos e, por isso, projeções baseadas nestes podem ignorar um importante inibidor/propulsor do PIB. Buscaremos incluir uma variável de incerteza para testar se as previsões passam a ser mais acuradas.

Seguiremos a organização do Quarterly Bulletin do Bank of England (2013) para explicar os mecanismos pelos quais a incerteza torna-se relevante e, por conseguinte, os canais pelos quais a incerteza afeta a economia.

- A. O primeiro canal de impacto é o consumo, conforme definiu Leland (1968): “*the extra saving caused by future income being random rather than determinate*”. Nesta linha, Carrol (1996) defende que a postergação de consumo das famílias oriunda da incerteza quanto ao futuro de seus ganhos e necessidade de gastos é um canal relevante para a depreciação do produto do país. Argumenta que a Teoria do Ciclo de Vida de Modigliani, Ando e Brumberg e a hipótese da Renda Permanente de Milton Friedman não se encaixam nos dados e acabam não capturando a maneira como a incerteza impacta o consumo. O autor desenvolve um modelo que parece fazer bastante sentido em termos intuitivos. Cada consumidor impaciente estabelece um nível de objetivo de riqueza por renda permanente. Se ele estiver ganhando abaixo deste nível, poupará mais, domando sua

impaciência. Se estiver ganhando acima, a paciência o dominará e ele gastará acima de sua renda naquele momento. Apenas com este pequeno ajuste na função utilidade do consumidor, o impacto de incerteza passa a definir um novo nível de consumo, dificilmente observado no modelo clássico teórico.

Ainda a respeito do consumo e como os modelos econômicos o interpretam, Romer (1990) adaptou o argumento de Bernanke (1983) do canal investimento para o consumo, argumentando que um aumento de volatilidade do mercado de ações altera o mix de consumo entre bens duráveis e não duráveis da economia já que a incerteza impacta a utilidade esperada futura dos consumidores e sua propensão a consumir certo bem contemporaneamente. Um modelo econômico microfundamentado tradicional com um consumidor representativo não capturaria, por exemplo, o impacto da incerteza (aqui representada pela volatilidade no mercado de ações) nos hábitos de consumo. Mais uma vez, destacamos que no Brasil, onde a volatilidade do Ibovespa é significativamente afetada por incertezas em diferentes âmbitos, em especial o político, esta variável pode ser chave em um modelo de previsão.

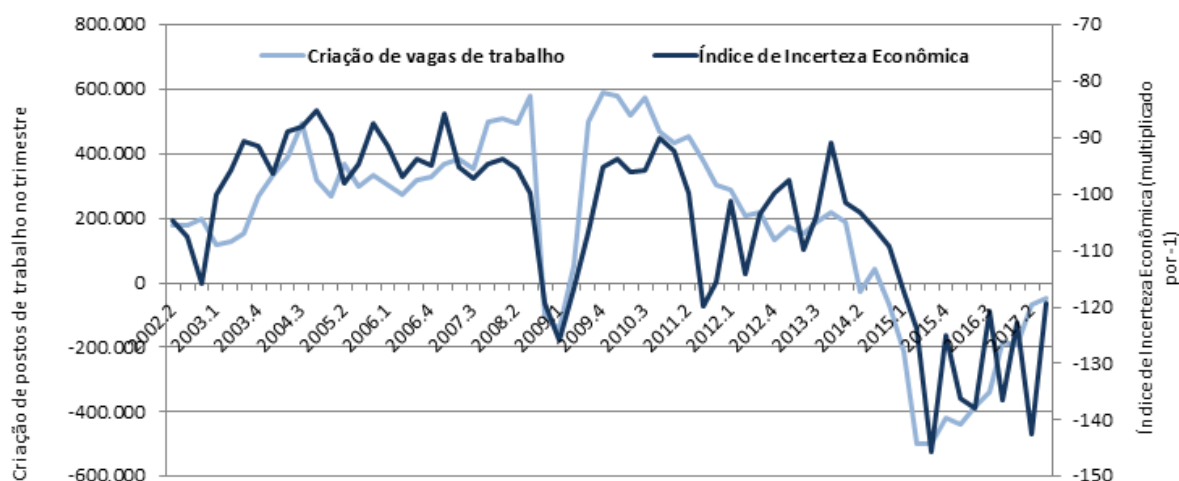
- B. O segundo, e mais disseminado, canal para análise do impacto de incerteza é o investimento. Um dos pioneiros nesta linha de literatura foi Bernanke (1983). Seu trabalho mostra que a teoria tradicional de finanças, que trata as decisões de investimentos das firmas como irreversíveis, molda arbitrariamente o canal pelo qual a incerteza afetará o investimento na literatura. Dixit & Pindyck (1994) dão prosseguimento a esta linha e trazem um argumento metodológico para defender que o investimento sofrerá mais com incertezas do que os modelos tradicionais de finanças sugeririam: criticam a simplicidade da teoria de finanças clássica que resume a decisão de investimento a buscar *net present values* (NPV) maiores do que zero e ignora que as projeções para toda a incerteza no momento de investimento das empresas são mal quantificadas. “*The net present value rule, however, is based on some implicit assumptions that are often overlooked*”. Adicionalmente, a literatura geralmente pressupõe decisões binárias de investimento: *now or never*; reversível ou irreversível

– não há meios termos, o que não parece muito realista. Alternativamente, os autores desenvolvem uma teoria de oportunidades de investimento que se assemelham a opções financeiras. Também mostram uma abordagem desenvolvida com base na teoria matemática que busca a sequência de decisões ótimas a cada tempo através de programação computacional - muitas vezes esperando o momento certo de agir. Assim, a incerteza pode fazer com que as firmas esperem o melhor momento de agir, inclusive esperando maior clareza quanto ao cenário futuro. Isto impacta diretamente o comportamento da economia que, a não ser via taxa de juros, não é capturado pelos modelos tradicionais.

Cronologicamente, ainda no canal do investimento, a pesquisa de Bloom (2009) analisa os dados no nível das firmas norte-americanas e mostra que incerteza (especialmente após eventos globais como guerras e atentados) paralisa investimentos e contratações. Outro ponto importante é que a derivada da produtividade também cai. O autor divide a produtividade das firmas em dois termos: produtividade intrínseca (*within*) e produtividade de rotatividade (realocação entre áreas menos produtivas para mais produtivas) – durante momentos de maior incerteza, a produtividade descrece porque o segundo termo (rotatividade) cai fortemente. Este é o mesmo argumento utilizado por Lazear & Spletzer (2012): o *Churn*, realocação de trabalhadores para usos mais produtivos, é importante parte da dinâmica do mercado de trabalho – e colapsou pós 2008, resultando em perda de produto.

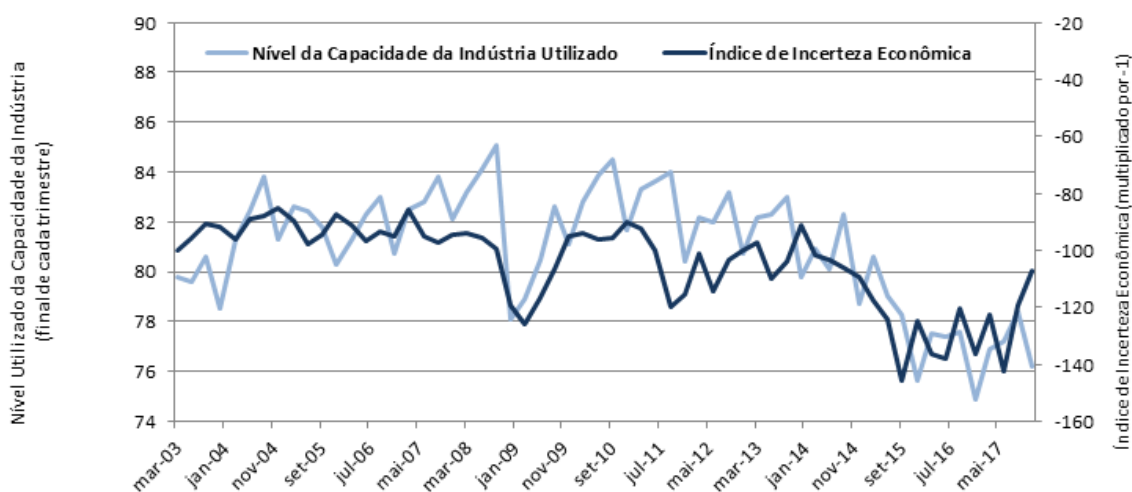
Abaixo vemos, por exemplo, que parece haver alguma correlação entre incerteza e novas contratações no mercado de trabalho brasileiro. Aqui, utilizo o IIE – Índice de Incerteza Econômica da FGV, que descreverei posteriormente:

Gráfico 2 – Comportamento do mercado de trabalho relacionado à Incerteza.



Também comparo o mesmo índice à variação da Utilização da Capacidade da Indústria. Parece que o mercado brasileiro também segue a dinâmica descrita acima.

Gráfico 3 – Comportamento do nível de capacidade da indústria relacionado à Incerteza.



Uma das maiores contribuições do trabalho de Bloom para a literatura é a análise do segundo momento dos choques de confiança, quando antes a literatura costumava abordar apenas o primeiro momento (queda no nível). “*In sum, these second moment effects generate a rapid slow-down and bounce-back in economic activity, entirely consistent with the empirical evidence*”. Isso torna muito importante que os *policy makers* entendam a diferença entre choques persistentes

de primeiro momento e choques temporários de segundo. Mais uma vez, temos a incerteza fazendo com que os modelos tradicionais tenham que ser adaptados a fim de capturar tais mudanças.

- C. Um canal mais generalista, e que se encaixa perfeitamente com os pontos trazidos acima, para impacto do produto com choques de incerteza é trazido por Gilchrist, Sim & Zakrajsek (2010). Os autores buscam entender como se relacionam as flutuações na incerteza com as imperfeições do mercado e suas implicações econômicas. Citando o modelo de Merton (1974) a respeito de como a incerteza muda os *payoffs* dos *bondholders* e *equityholders* de uma companhia via prêmios de risco, a incerteza mudaria as funções de produção das firmas. Alguns dos resultados encontrados: (i) quando não há incerteza, é barato para a empresa se financiar via dívida (alavancagem corporativa cresce). Após isso, há um ciclo de desalavancagem e corte de gastos; (ii) Mostram que os *spreads* de crédito aumentam bem em períodos de incerteza; (iii) A atividade econômica real também cai: grande parte explicada pelo investimento e pequena parte explicada pelo consumo. “*Unlike technology shocks, which affect the agents’ behavior by altering the supply side of the economy, uncertainty shocks also affect the cost of investment relative to consumption and thus are akin to the “investment efficiency shocks” of Greenwood et al. [1988]. A shock that increases the rate of return on investment will also cause a temporary decline in consumption and an increase in labor supply through the intertemporal substitution of leisure*”. Nesta linha, Brunnermeier, Markus & Sannikov (2014) definem que em uma economia com fricções financeiras, há amplificações não lineares de efeitos de alguns choques. Devido a isso, há instabilidade e ocorrência de crises. Mesmo em momentos de mais “tranquilidade” nos mercados, um choque pode fazer despertar uma crise, como foi o exemplo de 2008. Este fenômeno é chamado “paradoxo da volatilidade”. Securitizações e derivativos (que permitem maior alavancagem) e melhor *risk sharing* levam à maior alavancagem e crises com maior frequência.

De maneira geral, a incerteza afeta a maneira como agentes da economia, sejam consumidores, investidores ou produtores tomam suas decisões da ação. Diferentemente do risco, tratado na economia como a distribuição de probabilidades associada à ocorrência de algum evento, a incerteza afeta os *payoffs* dos agentes de maneira não uniforme.

Nesta seção, analisamos os canais de transmissão defendidos na literatura dão suporte à decisão de incluir, portanto, uma medida de incerteza na modelagem econômica. Como vimos acima, é possível que os modelos tradicionais deixem de englobar mudanças na incerteza presente na economia. Com isso, a capacidade do modelo de efetivamente representar a realidade fica comprometida. O mesmo para previsões. O objetivo da proposta de incluir uma variável de incerteza nos modelos é que haja um melhor *fit* dos dados observados e, com isso, cheguemos a uma previsão mais fiel para as variáveis desejadas, considerando os mecanismos de transmissão de incerteza na economia apresentados acima.

3. Objeto do estudo

3.1. A curva IS

Os livros texto de introdução à economia² costumam definir a curva IS como a equação de equilíbrio do mercado de bens.

$$Y = C(Y - T) + I(Y, i) + G + NX \quad (1)$$

As variáveis contidas nesta equação têm o papel de equilibrar a demanda por bens, que é apresentada como a soma do consumo, investimento, do gasto governamental e das transações internacionais. Em especial, desde a primeira lição de economia, é dada importância à correlação positiva entre produto, consumo e investimento. Apenas depois de traçada a curva IS, ou seja, o nível de produto atingido por aquele país de acordo com as taxas de juros adotadas, é possível equilibrar o sistema com o mercado de financeiro (curva LM).

A curva IS é derivada em modelos microfundamentados a partir da utilidade do consumidor representativo:

Usando como exemplo os modelos novo keynesianos, ao maximizar a utilidade descrita acima, sujeita à restrição orçamentária, chegaremos às condições de primeira ordem. Adicionando condições de *market clearing* ($Y_t = C_t$) e log-linearizando as equações, chegaremos à curva IS³.

Abaixo, extraio os passos da derivação microfundamentada de Galí (2008).

A economia possui um o consumidor representativo que resolve o seguinte problema:

² Exemplo: “Macroeconomia” - Blanchard, Olivier(2001)

³ Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework. - Galí, Jordi (2008).

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, N_t) \quad (2)$$

Esta maximização está sujeita à sua restrição orçamentária:

$$P_t C_t + Q_t B_t \leq B_{t-1} + W_t N_t + D_t \quad \forall t \geq 0 \quad (3)$$

Solução: Montando o Lagrangeano, derivando e igualando a zero, chegaremos às condições de primeira ordem:

$$N_t: \beta^t U_{n,t} = -\lambda_t W_t \quad (4)$$

$$C_t: \beta^t U_{c,t} = \lambda_t P_t \quad (5)$$

$$B_t: -\lambda_t Q_t + \beta E_t \lambda_{t+1} = 0 \quad (6)$$

Dividindo a primeira CPO pela segunda, obteremos:

$$-\frac{U_{n,t}}{U_{c,t}} = \frac{W_t}{P_t} \quad (7)$$

Inserindo a terceira CPO na segunda, também concluiremos que:

$$Q_t = \beta E_t \left[\frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right] \quad (8)$$

Utilizando uma função utilidade com coeficiente de aversão relativa ao risco (CRRA):

$$U(C_t, N_t) = \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\phi}}{1+\phi} \quad (9)$$

Unindo os resultados à utilidade do consumidor:

$$\frac{W_t}{P_t} = C_t^\sigma N_t^\phi \quad (10)$$

$$Q_t = \beta E_t \left[\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right] \quad (11)$$

Log-linearizando estes dois resultados, teremos:

$$w_t - p_t = \sigma c_t - \phi n_t \quad (12)$$

e

$$c_t = E_t [c_{t+1}] - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t[\pi_{t+1}] - \rho) \quad (13)$$

Onde:

$$i_t = -\log(Q_t) \quad (14)$$

$$\rho = -\log(\beta) \quad (15)$$

Impondo condições de Market clearing nesta economia:

$$y_t = c_t \quad (16)$$

Chegaremos a:

$$y_t = E_t [y_{t+1}] - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t[\pi_{t+1}] - \rho) \quad (17)$$

No modelo de Galí, o impacto no PIB corrente é dado pela expectativa atual do comportamento das variáveis no futuro. Para inflação, parece fazer sentido manter desta forma, pois as expectativas de inflação e de juros caminham no mesmo sentido, então o relevante será o juro real. Porém, o modelo utiliza a expectativa atual para o produto no instante t+1. Isto acarreta em um problema em nossa análise:

- (i) A previsão de PIB pode não capturar toda a incerteza da economia naquele momento, especialmente, por se tratar de uma variável com muito carregio. Ou seja, o crescimento para o ano t+1 pode já estar

“contratado” na medida em que houve uma safra muito boa de exportação ou um momento de recuperação forte de investimento – um exemplo seria o Brasil do ano de 2018, onde as projeções do FOCUS variam em torno de 2,8% de crescimento para o PIB (em fev/18): mesmo se um candidato extremamente antirreformas estruturantes disparasse nas pesquisas eleitorais trazendo enorme incerteza, o crescimento para o ano já estaria embasado em fatores passados. Além do que, a velocidade em que a previsão de PIB responde às incertezas presentes na economia pode não ser adequada a mudanças subidas na incerteza.

Por isso, utilizaremos o (hiato do) produto defasado ao invés da expectativa de (hiato do) produto. A ideia não é nova. Bogdanski, Tombini & Werlang (2000), no primeiro *working paper* no Banco Central Brasileiro, já sugerem justamente uma especificação padrão da curva IS com o seguinte formato:

$$h_t = \beta_0 + \beta_1 h_{t-1} + \beta_2 h_{t-2} + \beta_3 r_{t-1} + \varepsilon_t^h \quad (18)$$

O hiato do produto (explicado posteriormente) é definido por suas duas primeiras defasagens e pela taxa de juros real do período anterior, sendo ε um choque de demanda. A ideia de expectativas adaptativas com utilização do passado como regressor para o presente é corroborada por Clarida, Galí & Gertler (1999).

No mesmo artigo, o BCB testa a inclusão de outras variáveis na curva IS, como uma variável fiscal para o país. Ao longo dos 10 primeiros anos desde a adoção das metas de inflação, outras variáveis foram incorporadas à especificação da IS a fim de discutir temas relevantes para a formulação das política monetária. Faremos o mesmo aqui com a incerteza.

A sugestão deste artigo é tornar o produto uma função de sua(s) primeira(s) defasagens e adicionar uma variável unicamente referente à incerteza na estimação do produto, via curva IS. É como se definíssemos uma variável que pudesse antever um choque de demanda, como o ε acima. O objetivo é tentar mostrar como a incerteza pode auxiliar na explicação do comportamento do equilíbrio do mercado de bens. Assim, em posse de uma medida de incerteza

contemporânea, podemos melhorar a percepção de resultado do produto futuro (em relação ao seu potencial).

3.2.

Medidas de hiato, de juros reais e seus lags

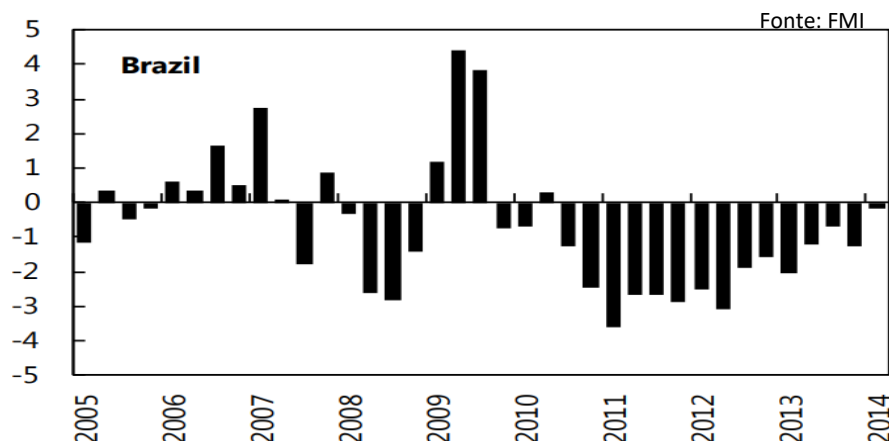
O hiato do produto é descrito como a diferença entre o produto observado de um país e seu produto potencial. Em geral, o estudo de Okun (1962) é considerado o ponto de partida para o desenvolvimento de métodos de cálculo para o produto potencial e, portanto, para o hiato do produto. Existem evidências de que economistas pretéritos a Okun, como John Keynes e Knut Wicksell já teriam dado início a esta abordagem. Okun define o produto potencial como: “*the level of macroeconomic output attainable without triggering inflation.*” Assim, sua pesquisa ligou diretamente o produto potencial com o nível natural de desemprego (nível desemprego consistente com uma inflação igual a zero) antes do termo NAIRU ser popular. Através desta ideia, o autor desenvolveu a lei de Okun, que estabelece a relação linear negativa entre PIB e desemprego. A partir do desenvolvimento desta teoria, os modelos de Real Business Cycles tiveram sua base.

O cálculo do produto potencial é um tanto controverso. Na literatura, encontramos fortes críticas aos diferentes métodos de estimação. O debate a respeito deste cálculo torna essa uma das variáveis não observáveis mais importantes da literatura.

O FMI, em um *working paper* de 2015, analisa as implicações da incerteza quanto aos hiatos dos produtos de diferentes países sul americanos que adotaram o sistema de metas de inflação na virada dos anos 2000. Os autores Grigoli, Herman, Swiston & Di Bella encontraram resultados apontando que as decisões de política monetária adotadas pelos Bancos Centrais em posse das estimativas dos hiatos do produto foram substancialmente diferentes das políticas ótimas, uma vez medido o hiato do produto após revisões, o que segue a linha traçada por Orphanides & Van Norden (2002, 2005). Ou seja, esta informação não seria precisa o suficiente para basear decisões em tempo real de política. O argumento é que parte da informação necessária à autoridade monetária está ausente. A dificuldade é distinguir entre alterações na tendência e choques cíclicos no

produto. Deste trabalho, extraímos o seguinte gráfico: Desvios da política ótima devido a revisões no hiato do produto no Brasil.

Gráfico 4 – Desvios da política adotada pelo BC em relação à política ótima.



No presente estudo, não avançaremos no sentido de estimar uma curva de Phillips e notar os impactos do hiato e sua previsão no mercado de moeda, por conseguinte, a inflação e a política monetária. Nos limitaremos ao estudo da curva IS e como melhorar a estimação da mesma.

Voltando ao artigo do FMI, os autores já iniciam com sua estimação de hiato do produto. A sugestão deles é a utilização do Filtro HP visando “cobrir o máximo de países possível”, apenas com a preocupação da adoção do parâmetro Lambda correto.

O filtro Hodrick Prescott (1980, 1997) e a abordagem da função de produção são os mais comuns na literatura e no mercado financeiro, porém, mais simplórios. Outros métodos mais completos foram desenvolvidos, como por exemplo, por Areosa (2008) no *working paper* do Banco Central nº 172, onde a autora combina o filtro HP com a abordagem da função de produção, alcançando um método multivariado.

Conforme descrito por Ravn & Uhlig (2002), mesmo sujeito a muitas críticas (Canova, 1994, 1998; Cogley & Nason, 1995; entre outros), o filtro HP tornou-se um dos métodos padrão para separação de tendência e ciclo de uma série temporal e foi utilizado em diversos trabalhos respeitados (Backus & Kehoe,

1992; Kydland & Prescott, 1982, 1990; Backus, Kehoe, & Kydland, 1992; entre outros).

Neste estudo, como daremos principal importância ao *fit* empírico do modelo e sua capacidade preditiva, utilizaremos a medida mais simples e aceita para o cálculo de hiato, o filtro Hodrick Prescott (HP). É importante entender que posteriormente faremos comparações entre regressões com filtro HP com adição de medidas de incerteza e sem as mesmas. Assim, partiremos da premissa que o método de cálculo de hiato não fará diferença no resultado quanto à comparação da eficiência dos estimadores com e sem incerteza.

Bogdanski, Tombini & Werlang (2000), no primeiro *working paper* no Banco Central Brasileiro, descrevem que algumas técnicas são geralmente utilizadas para calcular o PIB Potencial, dentre elas o Filtro HP. Eles afirmam que para os dados de Brasil, o filtro HP e a tendência linear são os métodos preferíveis já que produzem resultados similares.

O filtro HP divide a análise da série histórica em dois componentes. O componente tendencial linear e o componente cíclico que acompanha as variações da série. O componente cíclico do filtro é multiplicado por um peso Lambda (λ) faz a seguinte minimização:

$$\min_{\tau} \left(\sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(\tau_{t+1} - \tau_t) - (\tau_t - \tau_{t-1})]^2 \right) \quad (19)$$

Onde Y_t é a tendência principal e a letra grega τ representa o componente cíclico. Nesta equação, se λ escolhido for zero, o filtro apresentará apenas o componente tendencial e a nova série (de produto potencial) seria uma linha reta tendencial. Já se o λ for a infinito, o filtro será a própria série histórica de produto. Utilizaremos o $\lambda=1600$, pois se trata do valor aceito pela literatura como o mais adequado a dados trimestrais e defendido pelos próprios criadores do filtro. Também uso como referência desta escolha, o *discussion paper* do Reserve Bank of New Zealand (2009/15).

É importante já fazer a crítica do método do filtro HP utilizado daqui para frente, que parece não fazer não funcionar bem para grandes acelerações ou

grandes quedas do PIB. Neste momento, no Brasil, esta limitação representa uma discussão latente entre analistas de mercado financeiro, pois após a recessão sofrida nos últimos anos, espera-se um crescimento não inflacionário (devido à capacidade ociosa do país), enquanto o filtro HP já demonstra um PIB acima do crescimento potencial no ano de 2019, se utilizarmos a projeção de crescimento em 2018 do boletim FOCUS.

O gráfico abaixo apresenta a série dessazonalizada do PIB divulgada pelo IBGE até o terceiro trimestre de 2017. Para os 9 trimestres à frente, utilizei a projeção do Boletim Focus do BCB de 16/fev/18, dividindo o crescimento linearmente entre os trimestres do ano.

Gráfico 5 – PIB dessazonalizado e sua tendência traçada por Filtro HP

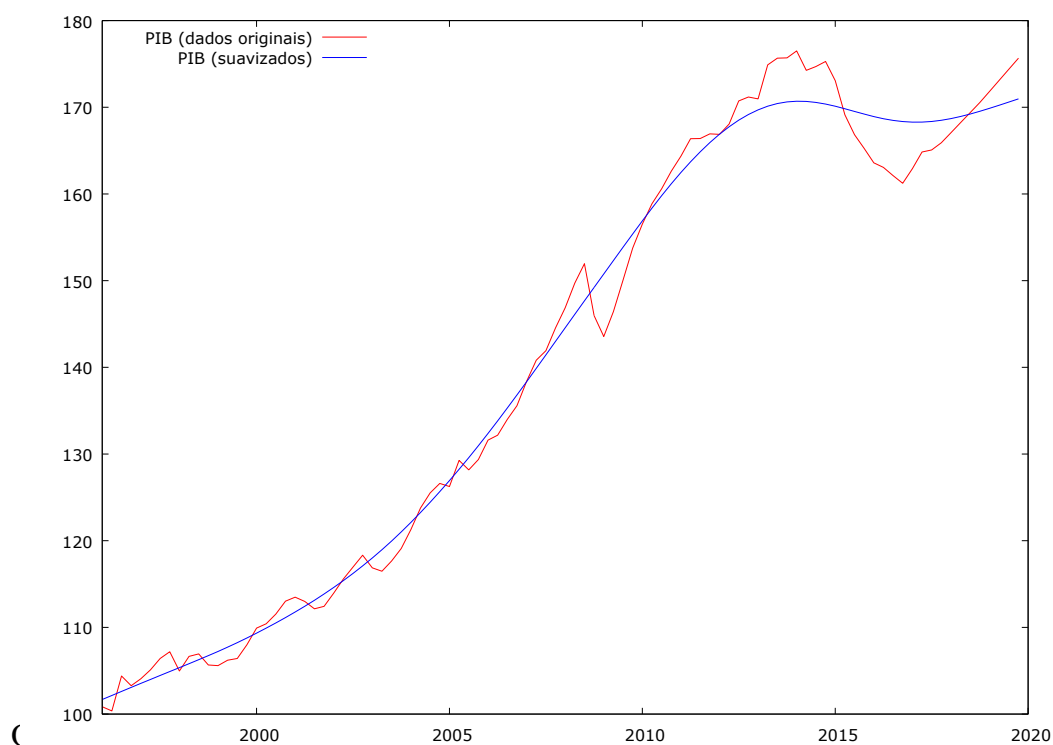
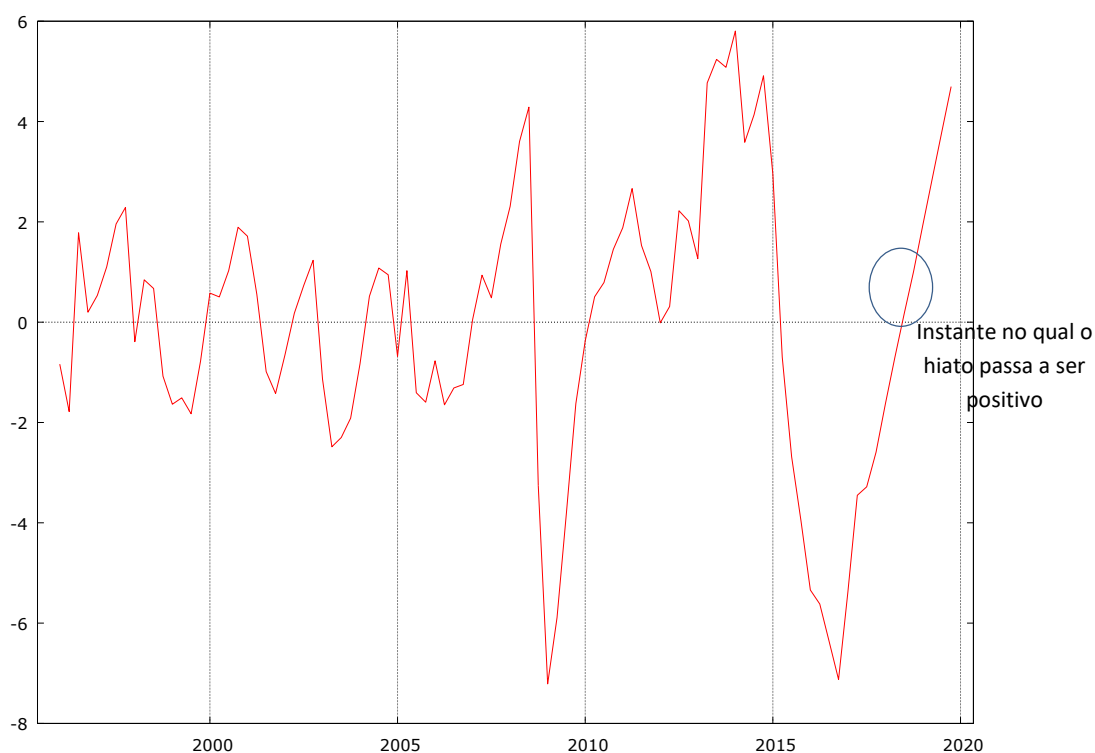


Gráfico 6 – Componente cíclico do PIB dessazonalizado por Filtro HP



Ou seja, os analistas atualmente se perguntam se faz sentido, de acordo com os dados de produção nacional, que o crescimento de 2019 já seja inflacionário. O economista Bráulio Borges escreveu um artigo em 15/fev/2018 intitulado “Implicações de um hiato entre -7% e -8%: inflação em 2018-2020” onde ele sugere uma forma alternativa de cálculo do hiato do produto e aponta que o filtro HP, neste momento, subestima o hiato do produto brasileiro e isto traz importantes implicações para o cálculo de inflação.

Somente o tempo poderá dizer a resposta para estes questionamentos da metodologia, porém, a opção deste estudo é lidar com essas limitações do filtro HP a fim de simplificar algumas premissas e focar no resultado empírico e nas previsões.

4. Medidas de incerteza sugeridas

Primeiro, é necessário argumentar porque incluiremos uma variável de incerteza na curva IS. Um modelo padrão, conforme sugerido por Bogdanski, Tombini & Werlang (2000), apresentará a curva IS da equação (18): onde o hiato é explicado por suas defasagens, pelo juro real defasado e por um choque de demanda. Toda a fonte de incerteza (que discutimos até aqui) apenas está refletida, nesta equação, pelo juro real.

Porém, não parece fazer sentido que a inclinação da curva de juros capture toda a incerteza contida na economia. A variável ε tampouco pode ser um indicador antecedente de melhora ou piora no hiato do produto a partir do momento que não conhecemos suas características e distribuição. Como um contraexemplo, podemos citar toda a literatura de *zero lower bound*. Muito da incerteza das variáveis econômicas param de ser refletidas na curva de juros em casos como estes.

Como o objetivo deste estudo é tentar melhorar a previsibilidade do hiato do produto futuro a partir de medidas disponíveis no instante anterior, propomos a inclusão de uma medida de incerteza ex-ante na equação com posterior teste de sua eficácia em termos preditivos. A ideia é que em posse do número de PIB do fechamento de um trimestre, comparemos a incerteza presente no mercado naquele instante para tentar prever a próxima ocorrência. Isto é equivalente a dizer que o número divulgado de PIB no trimestre t pode ser parcialmente explicado pela incerteza no início do trimestre t ou mais precisamente no final do trimestre $t-1$.

Abaixo encontra-se o modelo proposto:

$$h_t = \beta_0 + \beta_1 h_{t-1} + \beta_2 h_{t-2} + \beta_3 Juros_{t-1} + \theta Incerteza_{t-1} + \varepsilon_t \quad (20)$$

O leque de *proxys* possíveis para mensuração de incerteza é amplo. Neste estudo utilizaremos algumas medidas que parecem ajudar a explicar, de alguma forma, o comportamento do produto do país. Algumas das medidas utilizadas,

inclusive, foram sugeridas por Ricardo de Menezes Barboza e Eduardo Zilberman no estudo “Os Efeitos da Incerteza sobre a Atividade Econômica no Brasil”.

• Dispersão das Projeções para o PIB e para o IPCA

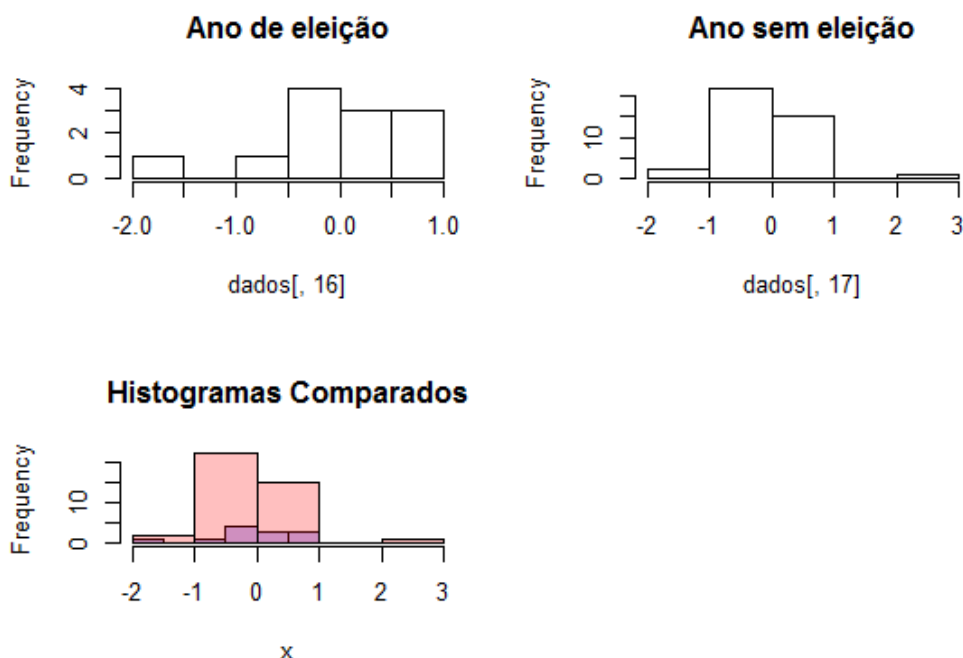
Boubakri, Bouslimi & Zhong (2016) mostram que a precisão das previsões de analistas de mercado para resultados de empresas em anos de eleições nacionais é menor do que nos outros anos. Em geral, eles demonstram que há viés de otimismo nestes anos. Assim, argumentam que a incerteza política é canalizada à economia real através do comportamento destes analistas.

O argumento é oriundo de Stulz (2015), que diz que quando a incerteza é alta, investidores colocam mais valor em qualquer sinal de informação - ao mesmo tempo em que realizar boas previsões nestes momentos de incerteza torna-se muito mais difícil. Ou seja, é um produto mais valioso e veiculado pelos analistas com menos precisão. É uma alavancagem na baseada na informação. Adicionalmente, Francis & Philbrick (1993) e Das (1998) ainda dizem que analistas tendem a ser mais otimistas nas previsões que fazem a respeito de empresas em momentos de mais incerteza e menos visibilidade para agradar os *managers* destas empresas a fim de obter mais informações neste momento valioso.

Aqui, fazemos um parêntesis para contar que a ideia do presente artigo começou justamente em analisar como os anos de eleição traziam incerteza para a economia brasileira, na linha de Knight (2004) e Carvalho & Guimarães (2016). Dedicamos um extenso tempo tentando levantar evidências para testar a hipótese de que anos de eleição trariam mais incerteza à frente e, por isso, as distribuições de diferentes variáveis expectacionais e volatilidades esperadas seriam mais caudais. É comum que os estudos da literatura estudem as médias das distribuições e mostrem como a média dos preços ou das volatilidades se alterou com a incerteza trazida pelas eleições presidenciais. Entretanto, queríamos inicialmente mostrar a distribuição como um todo e testar se as caudas eram mais grossas nestes anos de incerteza eleitoral. Os dados empíricos, entretanto, não corroboraram esta tese. Talvez porque no Brasil muitos picos de incerteza

ocorreram em anos não eleitorais, por exemplo: crise de 2008, impeachment da presidente Dilma e delação premiada da JBS envolvendo o presidente Temer.

Gráfico 7 – Histogramas dos erros percentuais de projeção de PIB trimestral do FOCUS.



Apenas como um exemplo, nas previsões trimestrais de 2004.3 até 2017.2 (acima), não encontramos evidências para este estudo que seria melhor diferenciar tais variáveis em anos eleitorais e o resto, inclusive sendo mais caudais as distribuições de anos sem eleições.

A partir desta constatação, ampliamos a pesquisa e passamos a investigar a incerteza de maneira geral.

Ainda assim, o argumento de Bloom (2009), de que a divergência de projeções entre analistas estaria fortemente correlacionada com as medidas de volatilidade financeira, se mantém para incerteza de maneira geral. Por isso, utilizamos este ponto inicial de nossa pesquisa, adaptando-o para *proxy* de incerteza.

Portanto, como uma das medidas de incerteza, aproveitaremos a pesquisa previamente realizada e utilizaremos o desvio padrão das projeções de PIB e de Inflação, apresentado no Boletim Focus do BCB para 12 meses à frente. Esta

parece ser uma boa medida da incerteza no mercado, pois ilustra a divergência de opiniões entre analistas do mercado financeiro a respeito das mesmas variáveis tão importantes para a economia brasileira e para o mercado financeiro.

• Volatilidade Implícita dos contratos futuros de Câmbio

O principal argumento para utilização desta *proxy* para medir a incerteza é tirado de Kelly, Pástor & Veronesi (2016). Os autores criam um modelo teórico de escolha política e analisam quanto da incerteza política está precificada no mercado de opções financeiras. Eles defendem a utilização de opções financeiras como instrumento de análise, pois (i) elas possuem maturidades curtas que podem cobrir eventos políticos (especialmente em caso de *hedge* contra resultados desfavoráveis na eleição) e; (ii) opções possuem diferentes preços, o que nos permite analisar vários tipos de riscos associados com risco político, como *tail risk*. Esta medida também é utilizada por Barboza & Zilberman (2017).

Aqui, utilizaremos a volatilidade implícita de 3 meses. A opção por este período foi pensando em momentos eleitorais. Muitas vezes, a um mês do pleito, o resultado já foi totalmente precificado. Assim, acreditamos que 3 meses dá um horizonte melhor para compreensão de incerteza no Brasil, além de fazer sentido com o horizonte (trimestral) de previsão de hiato.

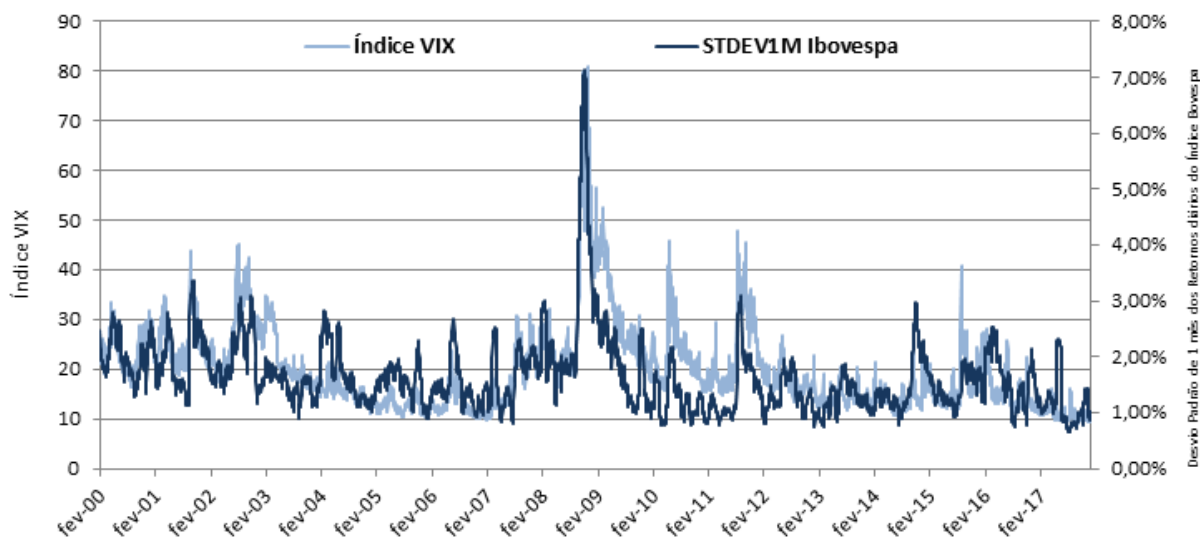
• VIX

O índice VIX é o indicador calculado pelo Chicago Board Options Exchange (CBOE) que representa a expectativa de volatilidade do mercado financeiro para os 30 dias imediatamente seguintes. Ele utiliza a volatilidade implícita de uma série de opções do S&P500 (principais ações da bolsa norte-americana), e geralmente é descrito como o índice de risco percebido de mercado.

Sendo o Brasil um país muito suscetível a fluxos de investimento estrangeiro e um dos principais mercados emergentes a fazer parte de índices de ações de países emergentes, como por exemplo, o MSCI EM (onde é o 5º maior), impactos de confiança em países desenvolvidos e choques de liquidez, podem trazer diretamente incerteza ao mercado brasileiro, como mostra o gráfico abaixo.

O índice VIX parece se relacionar bem com a volatilidade observada no mercado acionário brasileiro.

Gráfico 8 – Relação de Desvio Padrão do Ibovespa com o Índice VIX



Desta forma, o índice VIX fará parte da análise neste estudo como *proxy* para incerteza no mercado global.

• Volatilidade observada das empresas mais importantes do Índice Bovespa

Giglio, Kelly & Pruitt (2015) tentam descobrir se medidas de risco sistêmico são informativas sobre as distribuições dos choques macro futuros. Um dos fatos estilizados encontrados em sua pesquisa é que a volatilidade das ações do setor financeiro é a mais informativa em termos de previsão para o risco macroeconômico – tanto para a tendência central quanto para o *lower tail risk*. Já no Brasil, Carvalho & Guimarães (2016) utilizam as opções de Petrobras para estimar o efeito da eleição no valor da empresa e a precificação no mercado das chances de reeleição da presidente Dilma Rousseff. Na construção de índices de incerteza, Barboza e Zilberman (2017), seguindo a linha de Costa Filho (2014), utilizam os desvios padrão dos retornos diários do Ibovespa como *proxy* para incerteza.

Utilizando estas influências e levando em consideração que o Brasil ainda possui empresas que estão intimamente ligadas ao governo, utilizaremos aqui a

volatilidade observada nas três maiores empresas do índice: Itaú, Petrobras e Bradesco. A volatilidade é trimestral anualizada dos retornos diários de cada uma. Foi dado o mesmo peso para as três empresas. A escolha por três empresas grandes e não pelo índice como um todo é decorrente do fato que o Ibovespa, até alguns anos atrás, era composto pelas empresas que mais possuíam volume de negociação, e não maior tamanho. Assim, utilizar a volatilidade do índice muitas vezes capturaria efeitos não desejados de incerteza, como casos específicos de empresas com alta volatilidade.

• IIE-Br

Alexopoulos & Cohen (2009) fazem uma crítica às medidas de incerteza oriundas do mercado financeiro que utilizamos acima: “*The preoccupations of Wall Street may not accurately reflect the concerns of Main Street*”. E provocam: “*how does the average citizen learn about and comprehend the implications of stock market volatility? The answer, we would argue, is, for the most part, through the media*”. Estes autores, juntamente com Gentzkow & Shapiro (2010), apontam uma nova literatura crescente sobre como medir incerteza através de notícias de jornais.

Um dos mais conhecidos trabalhos nesta área é o de Baker, Bloom & Davis (2016), que criaram um índice de incerteza baseado em notícias de jornal. Eles mostram que, no nível das firmas, maior incerteza está relacionada com mais volatilidade das ações, menos investimento e menos empregos em setores mais sensíveis (defesa, saúde, finanças e infraestrutura). No nível macroeconômico, mostram que incerteza deprecia o investimento, o produto e o emprego – todos os canais que argumentamos anteriormente.

Na construção de índices de incerteza, Barboza e Zilberman (2017), seguindo a linha de Costa Filho (2014), utilizam também as notícias de jornal e a frequência da palavra “Incerteza” na mídia como *proxy* para tal.

Utilizaremos aqui o índice IIE-Br calculado pela FGV. “O Indicador de Incerteza da Economia Brasil composto por três medidas: i) a primeira, IIE-BrMídia, é baseada na frequência de notícias com menção à incerteza; ii) a segunda, IIE-BrExpectativa, é construída a partir das dispersões das previsões de

empresas para a taxa de câmbio e para o IPCA; e iii) o último componente é baseado na volatilidade do mercado financeiro, o IIE-Br Mercado. Essas três medidas, em conjunto, minimizam os impactos que cada fator isoladamente pode ter no indicador final.” Os pesos de i, ii e iii são respectivamente, 70%, 20% e 10%.

Os testes estatísticos para a inclusão das *proxys* defendidas acima encontram-se na próxima seção. Seguindo o exemplo de Ferrara, Lhuissier & Tripier no Policy Brief CEPII nº20 (2017), é relevante correlacionar os índices de incerteza utilizados:

TABELA 1 - Coeficientes de correlação, usando todas as observações 2004:1 - 2017:35% valor crítico (bicaudal) = 0,2656 para n = 55

STI	$\sqrt{\text{prevPIB}}$	STDEVprevIPCA	VOLimpBRL	IIE	VOLobsEmpresas	VIX	
	1,000	0,068	0,284	0,160	0,242	0,286	STDEVprevPIB
		1,000	-0,013	-0,056	0,109	-0,055	STDEVprevIPCA
			1,000	0,554	0,725	0,603	VOLimpBRL
				1,000	0,407	0,177	IIE
					1,000	0,496	VOLobsEmpresas
						1,000	VIX

A maioria dos coeficientes da tabela é extremamente baixa, o que significa que medindo cada um deles, estaremos encarando diferentes fontes de incerteza em nossa estimação.

A dispersão de expectativas entre os entrevistados pelo FOCUS tende a explicar melhor a incerteza presente dentro do mercado financeiro brasileiro. A volatilidade implícita do câmbio já coloca também a incerteza contida nas grandes empresas brasileiras, que têm necessidade de *hedge* cambial em momentos de incerteza. A volatilidade das maiores empresas demonstra também alguma incerteza ligada a grandes mercados globais como commodities. O VIX é puramente a incerteza do mercado externo, que tende a impactar emergentes de forma relevante. O índice IIE-Br já traz um componente mais “main street” e menos “wall street”, ao examinar como as famílias recebem e percebem a incerteza da economia, combinado a algumas das medidas anteriores.

Os (poucos) coeficientes de correlação maiores da tabela acima parecem fazer bastante sentido: a volatilidade observada de Itaú, Petrobras e Bradesco é altamente correlacionada (72,50%) com as volatilidades implícitas do câmbio na BVMF. Dado que a Petrobras é uma empresa de commodities, parece razoável que quando há mais incerteza e o mercado de hedge cambial (USD/BRL) fica mais volátil, também o valor desta empresa deve variar mais. Ainda assim, são fontes diferentes de incerteza. Os outros coeficientes mais altos também têm uma razão plausível para estarem interligados que passa pela questão da incerteza no mercado exterior impactar a incerteza das empresas aqui e do câmbio entre os dois países.

5. Modelagem

5.1. O modelo de pequeno porte e a curva IS

O Banco Central do Brasil utiliza diversos modelos para projetar variáveis macroeconômicas, simular cenários e medir efeitos de políticas econômicas, conforme o Relatório de Inflação de junho de 2013, que utilizamos como referência.

Nos modelos agregados de pequeno porte utilizados do BCB, inclui-se uma curva IS e uma curva de Phillips. Periodicamente, há revisões nestes modelos e as curvas são alteradas a fim de melhorar suas análises.

Aqui, a execução será da forma mais simplificada possível, pois o principal objetivo é estudar como a inclusão de incerteza melhora o *fit* aos dados da curva IS. Não estenderemos a análise à curva de Phillips.

Conforme descrito anteriormente, a curva IS é a relação entre produto e taxa de juros que equilibra o mercado de bens da economia. O formato aqui, portanto, será apenas relacionando o hiato do produto com os juros da economia.

Importante dizer que não podemos simplesmente utilizar a taxa de juros SELIC. Conforme defendido e incluído no modelo do BCB a partir de junho de 2001, é importante incluir a inclinação da curva de juros, pois é esta que efetivamente os agentes se deparam antes de tomar decisões de investimento e consumo. Nela está embutida tanto a evolução da taxa SELIC, quanto o prêmio de risco de acordo com o tempo. Ou seja, a taxa real de juros ex-ante. Com a adoção de taxas de *swap*, não precisamos assumir a hipótese de inclinação constante da estrutura a termo da taxa de juros.

O período escolhido neste estudo para a taxa real de juros ex-ante é de 1 ano, conforme indicado no informe de 10 anos da adoção das metas de inflação no Brasil. Ou seja, a taxa SELIC esperada para um ano à frente (observada na taxa dos *swaps* DI pré 360 dias), menos a expectativa de inflação para 1 ano à frente

(extraída do FOCUS). Como são dois valores percentuais, na verdade se faz a $(\text{taxa do swap} + 1)/100$ e se divide pela $(\text{taxa de inflação} + 1)/100$.

Da mesma forma que ao invés do produto, utilizaremos o hiato do produto, ou seja, o desvio em relação à sua tendência central, também no juro real ex-ante será passado um filtro HP para extrair o mesmo componente.

A equação ficará da seguinte forma:

$$h_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Juros}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (21)$$

As regressões serão feitas através do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Trata-se de um método bastante utilizado justamente por sua simplicidade. O estimador de MQO minimiza (a soma dos quadrados) dos resíduos entre o valor estimado e os dados efetivos da amostra para montar a regressão linear.

Uma premissa importante do estimador de MQO (condição de primeira ordem no estimador) é que os erros da regressão sejam não ortogonais: $E(X'e) = 0$. Mas, esta hipótese somente é razoável se não houver entre outros: variáveis omitidas, simultaneidade e erros de medidas. Outro ponto é que apenas estamos preocupados com a capacidade preditiva do modelo e não com a importância de encontrar uma relação causal entre as variáveis.

Justamente tentando evitar um destes problemas, uma questão não desprezível sobre a dinâmica do hiato do produto em séries de tempo é que ela possui carrego de um período para o outro. Por exemplo, se um país está com hiato muito grande, isto já impacta o hiato do próximo período. Por isso, colocaremos as defasagens do hiato na regressão. O número de defasagens escolhido foi 2 já que na regressão por MQO, estas defasagens se mostram estatisticamente significantes para explicar o hiato contemporâneo (tabela abaixo).

TABELA 2 - Regressão por método MQO, usando as observações 2005:1-2017:4 (T = 52)
Variável dependente: hp_PIBdessaz

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,00953171	0,214709	-0,0444	0,9648	
hp_PIBdessaz_1	1,19324	0,143818	8,2969	<0,0001	***
hp_PIBdessaz_2	-0,559014	0,222775	-2,5093	0,0156	**
hp_PIBdessaz_3	0,248521	0,222919	1,1148	0,2706	
hp_PIBdessaz_4	-0,172463	0,144711	-1,1918	0,2393	
Média var. dependente	-0,081659		D.P. var. dependente	2,894839	
Soma resíd. quadrados	112,5281		E.P. da regressão	1,547325	
R-quadrado	0,736705		R-quadrado ajustado	0,714297	
F(4, 47)	32,87683		P-valor(F)	4,40E-13	
Log da verossimilhança	-93,85574		Critério de Akaike	197,7115	
Critério de Schwarz	207,4677		Critério Hannan-Quinn	201,4518	
rô	-0,003583		Durbin-Watson	2,00141	

Concluimos que apenas os dois primeiros *lags* do hiato do produto são relevantes para explicar o hiato contemporâneo. Então, unindo com os juros reais ex-ante argumentados acima, chegamos à seguinte equação:

$$h_t = \beta_0 + \beta_1 h_{t-1} + \beta_2 h_{t-2} + \beta_3 Juros_{t-1} + \varepsilon_t \quad (22)$$

Stock Watson (2001), grande referência em modelos de estatística, calculam choques de variáveis como inflação e desemprego em outras econômicas através de modelos VAR (Vector Autoregressions). Um VAR de forma reduzida, segundo os autores, expressa cada variável como função de seus valores passados, os valores passados das outras variáveis na equação, além do erro serial. Cada equação estimada em seu trabalho é feita com MQO. Este é um argumento, além da simplicidade do método, para se utilizar este estimador. Esta ferramenta também é utilizada por Anthony Murphy do Fed de Dallas, para estimar as curvas de Phillips e testar sua convexidade.

Agora, basta incluir, uma de cada vez, as variáveis escolhidas de incerteza, desasadas em 1 período para testar a hipótese de melhora na projeção, como sugerido na equação (20).

5.2. Amostra

A série de PIB trimestral (preços de mercado) dessazonalizada (2004.1 – 2017.4) foi extraída dos dados do IBGE disponíveis no IPEADATA. A série é encadeada desde 1996.1. O filtro HP, no entanto, apenas considera de 2004.T1 até 2017.T4.

Do sistema Bloomberg, foram extraídos: (i) o swap DI de 360 dias que, descontado pela expectativa de inflação 12 meses à frente encontrada na pesquisa FOCUS, resulta nos juros reais ex-ante; (ii) a volatilidade implícita dos contratos futuros de três meses de Dólar contra Real na BVMF (ticker: USDBRLV3M Curncy); (iii) o VIX e; (iv) a série de preços diários da Petrobras, Itaú e Bradesco.

Os juros reais ex-ante (i) são referentes ao último dia do trimestre. A volatilidade implícita do câmbio (ii) e o VIX (iii) são sempre a fotografia encontrada no último dia do trimestre. O cálculo dos retornos diários, da volatilidade para os 3 meses (63 dias) anteriores à data analisada e da anualização das ações das empresas do item (iv) são de execução do autor – a data base do modelo é sempre o último dia de cada trimestre. Reiteramos que o PIB contemporâneo é a variável a ser explicada por todas as medidas anteriores defasadas em um trimestre. Ou seja, o hiato do produto em 2017.4 deverá ser regredido no juro real ex-ante de do último dia do trimestre 2017.3 com a adição das medidas de incertezas na mesma data.

O desvio padrão histórico das expectativas do mercado a respeito de PIB e IPCA 12 meses à frente foi extraído da parte de séries históricas das expectativas de mercado no site do Banco Central do Brasil. Coletamos o desvio padrão da expectativa diária dos indicadores para 12 meses à frente. Ou seja, em todos os dias de janeiro de 2004, capturamos o desvio padrão das expectativas para o IPCA de janeiro de 2005. Para o PIB, que possui previsão diária do resultado trimestral, observamos o desvio padrão diário da projeção do PIB trimestral 12 meses à frente. Assim sendo, utilizamos os desvios padrões diários nos meses de dez/15, jan/16 e fev/2016 a respeito do PIB do primeiro trimestre de 2017. Mar, abr e mai de 2016 olham para 2017.2. Jun, jul e ago de 2016 olham para 2017.3. Set, out, nov de 2016 olham para 2017.4. O número desta amostra que é utilizado no

modelo é sempre a fotografia do último dia do trimestre anterior – o que significa que na estimação do hiato do produto para o segundo trimestre de 2004, observamos o desvio padrão das estimativas FOCUS de 2004.1 para o PIB do primeiro trimestre de 2005 e para o IPCA de março de 2005.

O Índice de Incerteza Econômica está disponível no site da Fundação Getúlio Vargas. Também utilizamos com uma defasagem no modelo.

5.3.

Resultados da estimação da curva IS com cada medida de incerteza – Estático

Aqui, utilizamos todos os dados disponíveis: do primeiro trimestre de 2004 até o quarto de 2017. Como utilizamos as duas primeiras defasagens do produto, a amostra começa no terceiro trimestre de 2004.

A) O modelo **sem incerteza** de curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre e; (ii) o juro real ex-ante.

B) O modelo incluindo a primeira medida de incerteza na curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre; (ii) o juro real ex-ante e; **(iii) o desvio padrão das expectativas do mercado para o PIB 12 meses à frente na pesquisa FOCUS.**

C) O modelo incluindo a segunda medida de incerteza na curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre; (ii) o juro real ex-ante e; **(iii) o desvio padrão das expectativas do mercado para o IPCA 12 meses à frente na pesquisa FOCUS.**

D) O modelo incluindo a terceira medida de incerteza na curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre; (ii) o juro real ex-ante e; **(iii) a volatilidade implícita dos contratos futuros de Dólar contra Real na BVMF.**

E) O modelo incluindo a quarta medida de incerteza na curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre; (ii) o juro real ex-ante e; **(iii) a volatilidade trimestral média anualizada observada entre os retornos diários das empresas Itaú, Petrobras e Bradesco.**

F) O modelo incluindo a quinta medida de incerteza na curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre; (ii) o juro real ex-ante e; **(iii) o índice VIX.**

G) O modelo incluindo a sexta medida de incerteza na curva IS consiste em regredir as séries temporais do Hiato do Produto no trimestre (variável explicada) em (i) o próprio Hiato, com 2 defasagens de trimestre; (ii) o juro real ex-ante e; **(iii) o índice IIE-Br.**

Abaixo, tabela consolidada com as regressões com a inclusão de cada medida de incerteza. Em seguida, os gráficos da regressão estimada com cada modelo e o fit para os dados passados.

TABELA 3 – Resultados do modelo estático com todos os dados

Variável dependente: hp_PIBdessaz - 2004:3-2017:4 (T = 54)							
	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	Modelo E	Modelo F	Modelo G
Medida de incerteza:	Sem incerteza	Desv Pad PIB	Desv Pad IPCA	VOL implic USDBRL	VOL observ. Empresas	VIX	IIE-Br
	<i>Coefficiente</i>						
const	0,02	0,29	-0,976514	2,55	1,94	0,98	1,93
hp_SwapReal	-0,392322	-0,391163	-0,393731	-0,270578	-0,373619	-0,400664	-0,394542
Medida de incerteza	-	-0,405362	12,53	-0,168198	-5,46114	-0,0516154	-0,0181343
hp_PIBdessaz_1	1,08	1,05	1,09	0,83	0,83	0,99	1,01
hp_PIBdessaz_2	-0,32997	-0,328619	-0,350383	-0,161698	-0,0985845	-0,253428	-0,305613
	<i>Erro Padrão</i>						
const	0,19	0,64	0,94	0,77	0,60	0,49	1,49
hp_SwapReal	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13
Medida de incerteza	-	0,89	11,67	0,05	1,63	0,02	0,01
_PIBdessaz_1	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13
_PIBdessaz_2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12
						
const	0,09	0,46	-1,0341	3,31	3,24	2,01	1,30
_SwapReal	-2,9260	-2,8936	-2,9409	-2,1267	-3,0564	-3,0915	-2,9626
Medida de incerteza	-	-0,4529	1,07	-3,3743	-3,3584	-2,1368	-1,3006
_PIBdessaz_1	8,86	7,82	8,94	6,24	6,22	8,02	7,73
_PIBdessaz_2	-2,6980	-2,6647	-2,8352	-1,3259	-0,7527	-2,0525	-2,4867
	<i>p-valor</i>						
const	0,93	0,65	0,31	0,0018***	0,0022***	0,05**	0,20
_SwapReal	0,0052***	0,0057***	0,005***	0,0385**	0,0036***	0,0033***	0,0047***
Medida de incerteza	-	0,65	0,29	0,0015***	0,0015***	0,0376**	0,20
hp_PIBdessaz_1	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***
hp_PIBdessaz_2	0,0095***	0,0104**	0,0066***	0,19	0,46	0,0455**	0,0164**
	<i>Outras Estatísticas</i>						
Média var. dependente	-0,028102	-0,028102	-0,028102	-0,028102	-0,028102	-0,028102	-0,028102
Soma resíd. quadrados	99,20	98,79	96,92	80,49	80,64	90,74	95,89
R-quadrado	0,77	0,77	0,78	0,81	0,81	0,79	0,78
F(3, 49)	55,83	41,26	42,29	53,41	53,30	46,00	42,87
Log da verossimilhança	-93,04250	-92,92969	-92,41411	-87,40121	-87,44921	-90,63707	-92,12611
Critério de Schwarz	202,04	205,80	204,77	194,75	194,84	201,22	204,20
rô	-0,015676	-0,020374	0,00	-0,031288	-0,074798	-0,007706	-0,007580
D.P. var. dependente	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85
E.P. da regressão	1,41	1,42	1,41	1,28	1,28	1,36	1,40
R-quadrado ajustado	0,76	0,75	0,76	0,80	0,80	0,77	0,76
P-valor(F)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Critério de Akaike	194,09	195,86	194,83	184,80	184,90	191,27	194,25
Critério Hannan-Quinn	197,15	199,69	198,66	188,64	188,73	195,11	198,09
h de Durbin	-0,257176	-1,026146	0,08	-1,086819	-2,726768	-0,137072	-0,206578

Como podemos observar na tabela acima, as medidas de incerteza adicionadas no modelo estático apresentam coeficientes negativos, o que parece fazer bastante sentido econômico, já que mais incerteza na economia pode fazer com que ela deixe de crescer o que seu potencial indicaria. O mesmo ocorre, como vemos nos dados, com a segunda defasagem do hiato do produto. Podemos imaginar que quando uma economia produz acima do seu potencial (hiato), com alguma defasagem, ela acaba tendo que reverter à média (tendência – ou crescimento potencial), impactando o hiato, neste caso, dois períodos à frente. Outro ponto importante observado nesta tabela através dos P-Valores, é que a grande maioria das variáveis utilizada nas regressões parece ter nível de significância estatística relevante. Aqui destacamos, dentre estas, parte das medidas de incerteza que utilizamos: (i) Volatilidade implícita do câmbio; (ii) Volatilidade observada das empresas e; (iii) VIX.

Gráfico 9 – MODELO A) Sem incerteza.

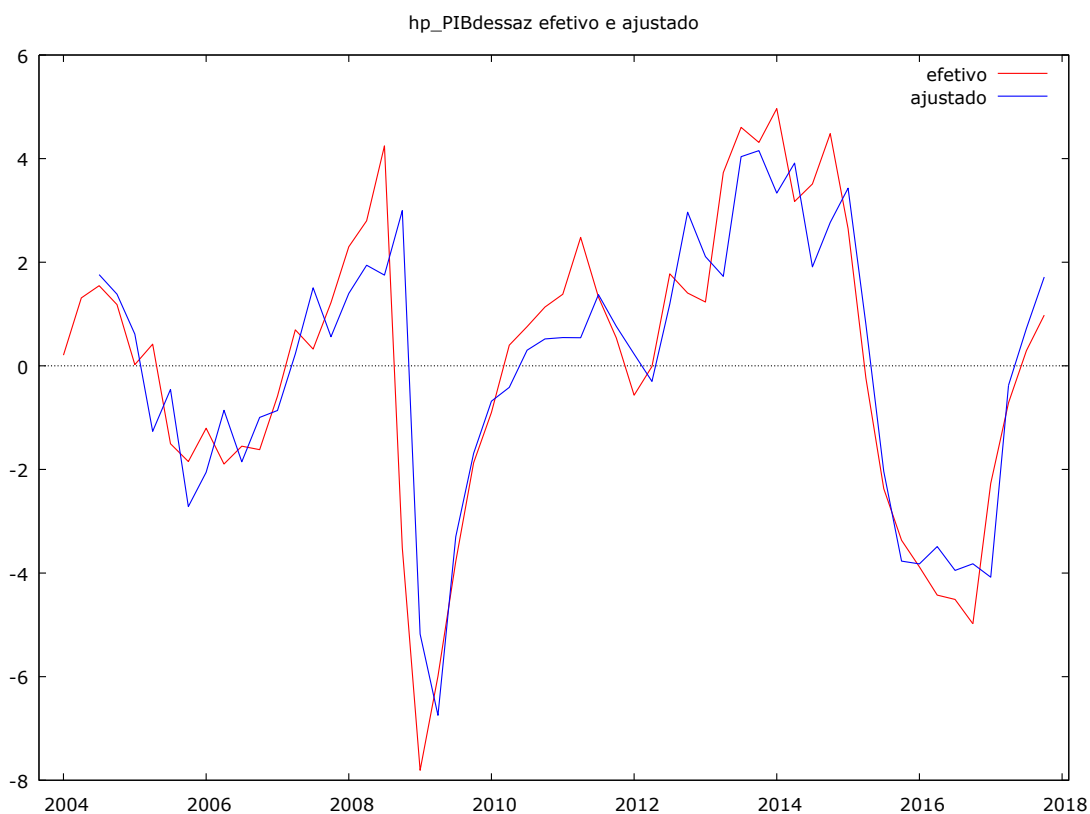


Gráfico 10 – MODELO B) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o PIB12M.

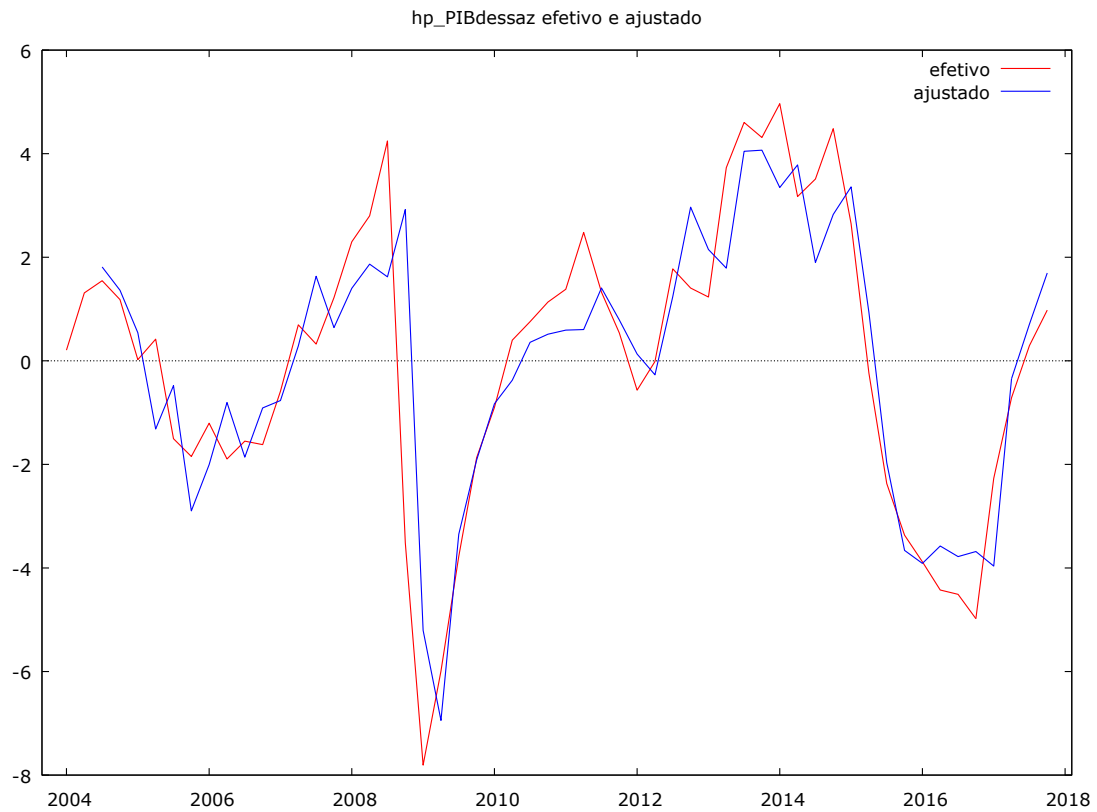


Gráfico 11 – MODELO C) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o IPCA12M.

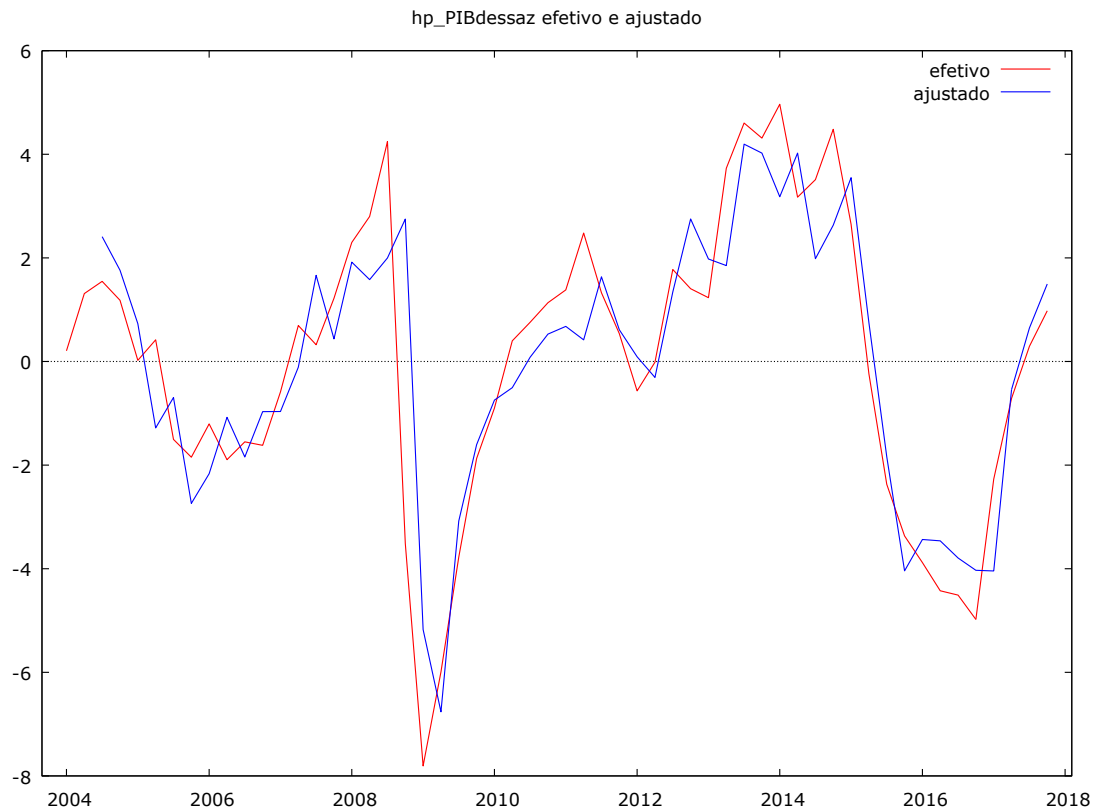


Gráfico 12 – MODELO D) Medida de incerteza: Volatilidade implícita USD/BRL.

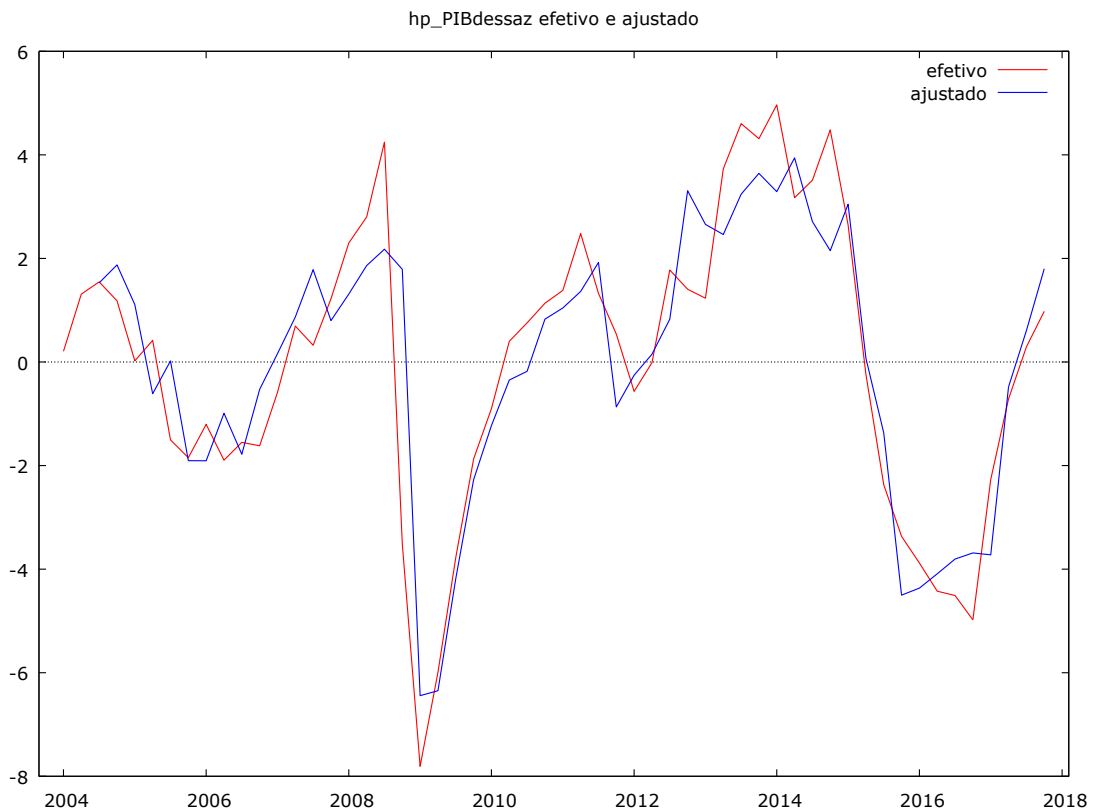


Gráfico 13 – MODELO E) Medida de incerteza: Volatilidade observada das maiores empresas.

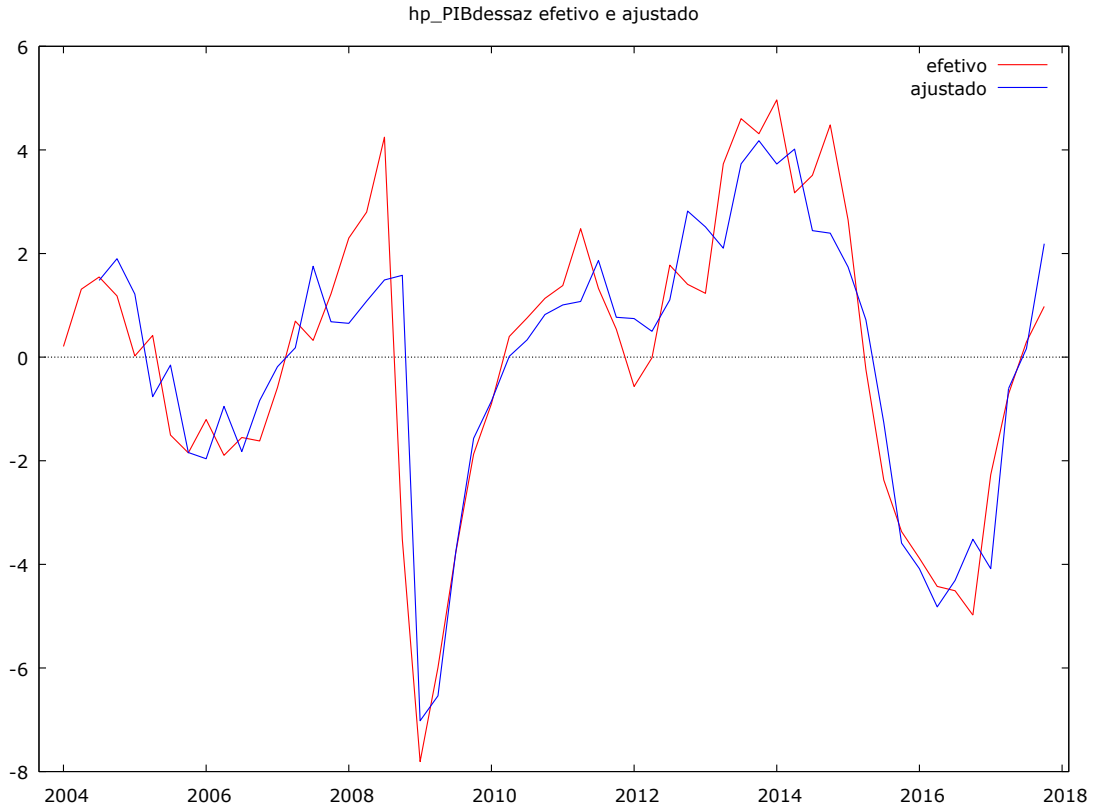


Gráfico 14 – MODELO F) Medida de incerteza: VIX.

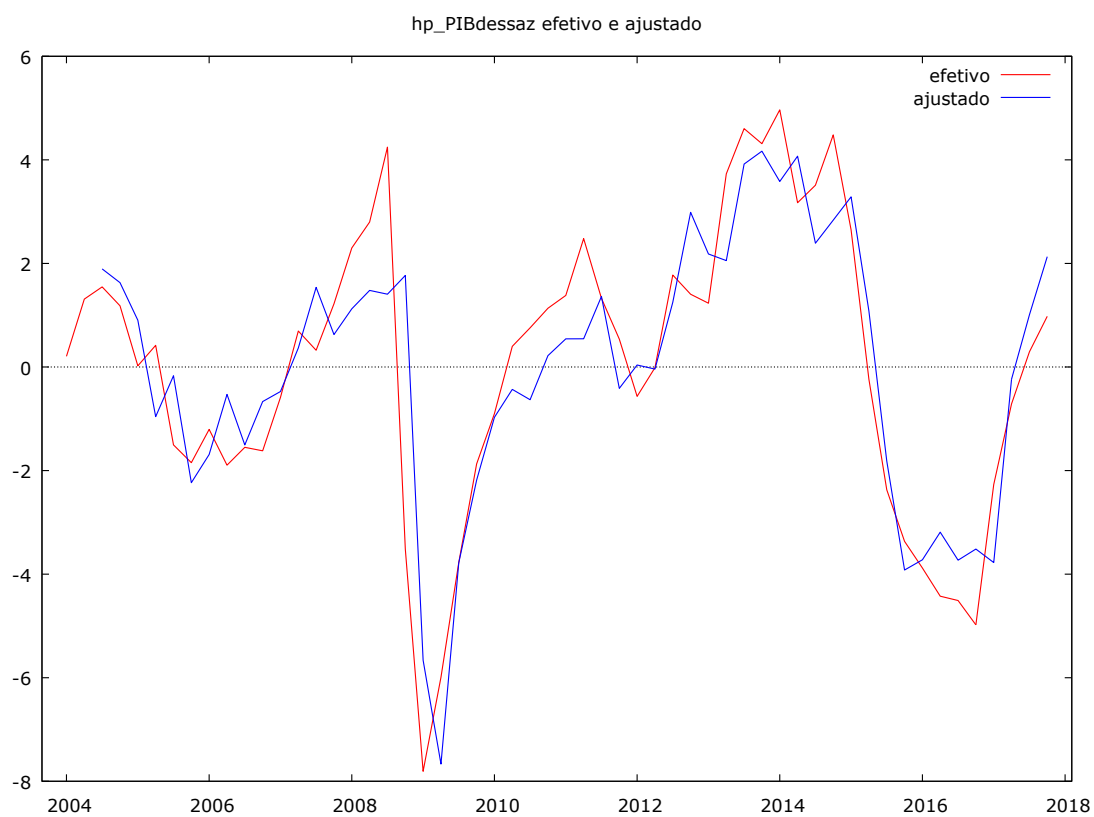
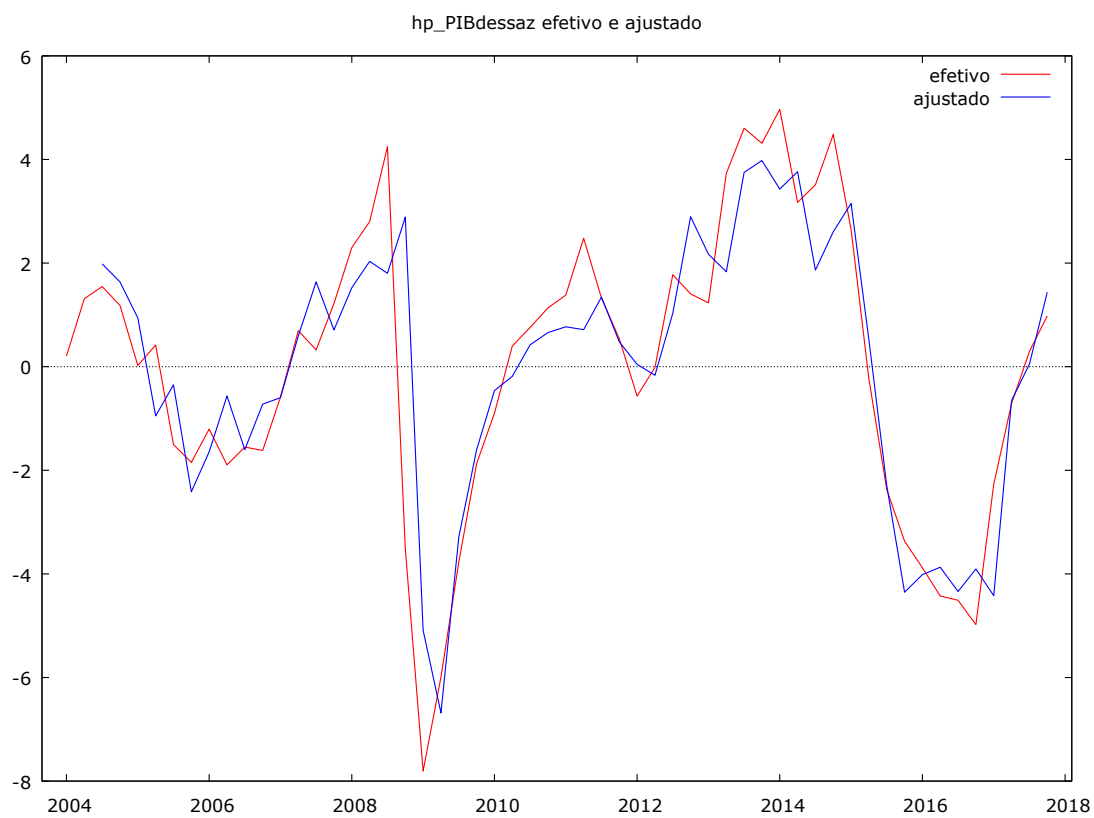


Gráfico 15 – MODELO G) Medida de incerteza: IIE-BR.



6.

Resultados do modelo IS com cada medida de incerteza - Backtesting

Até o momento, utilizamos toda a amostra disponível e traçamos um modelo para tentar “fitar” os dados. A partir de agora, focaremos nas projeções futuras para o hiato e veremos como a inclusão de variáveis de incerteza pode melhorar as previsões. Isto será realizado a partir de um *backtest*.

O mecanismo é simples: os dados utilizados vão do primeiro trimestre de 2004 até o quarto trimestre de 2017. Utilizaremos os modelos A, B, C, D, E, F, G executados na seção anterior (modelos de regressões em MQO com diferentes medidas de incerteza) para os primeiros 32 trimestres visando tentar prever o hiato do produto no 33º trimestre. Como utilizaremos duas defasagens do produto, efetivamente as regressões começarão em 2004.3. Em seguida, incluiremos o dado efetivo do 33º trimestre e tentaremos prever o 34º. Repetiremos este procedimento sucessivamente até que obtenhamos 24 projeções ex-ante para os trimestres observados.

Em suma, o objetivo é utilizar variáveis contemporâneas, incluindo a incerteza presente hoje no mercado, para tentar prever o hiato do produto no próximo período. Assim, para o *backtest*, utilizaremos na projeção a última divulgação do PIB trimestral até o período em questão, para assim executar um filtro HP de toda a série de interesse, adicionaremos os *lags* do hiato e do juro real ex-ante e posteriormente a medida de incerteza defasada. Portanto, teremos um grupo controle para a capacidade preditiva (modelo sem incerteza) e um modelo preditivo para cada *proxy* de incerteza que apontamos acima.

É muito importante destacar que não podemos utilizar a série toda de PIB dessazonalizado para calcular um hiato através do filtro HP para todo o *backtest*. Se fizéssemos isto, estaríamos “roubando” na estimação, já que o hiato já seria calculado utilizando dados futuros, não disponíveis na época. O mesmo se aplica ao juro real ex-ante, que utilizamos após passar um filtro HP. Para solucionar isto, ao realizar o *backtest* para 32 trimestres: 1º) Calcularemos o hiato do produto para as 32 observações do PIB, via filtro HP. 2º) Passaremos o filtro HP no juro real ex-ante considerando apenas as 32 observações. 3º) Em posse da série de hiato e

dos juros pós filtro HP, efetuaremos 32 regressões onde o hiato no instante t será explicado pelas suas duas defasagens trimestrais e pelo juro real defasado em um trimestre ($t-1$) com adição de incerteza e sem a mesma. 4º) Utilizamos o coeficiente estimado nas regressões, as medidas de incerteza em $t+1$ e o juro real ex-ante em $t+1$ para prever o hiato em $t+1$. 5º) Para medir o erro desta previsão, utilizamos a observação de PIB em $t+1$ efetiva e recalculamos, via filtro HP, o hiato efetivo de $t+1$. 6º) Nossa previsão é subtraída do hiato efetivo para calcular o erro de previsão. Os 6 passos são repetidos durante a previsão de cada trimestre, até alcançarmos todo o horizonte de previsão.

Para os gráficos dos diferentes testes abaixo, a linha vermelha representa o componente cíclico efetivo do hiato do produto a partir do 33º trimestre de observação. Isto é calculado basicamente com um filtro HP a cada adição de trimestre de informação e esta série é a composição do último elemento de cada uma destas estimações. Já os pontos azuis são as 25 previsões efetuadas para cada trimestre. A série de erros de previsão será apresentada posteriormente. Segundo a metodologia acima, como já possuímos os dados para juro real e para incerteza do final do último trimestre de 2017 (29/dez/17), os modelos já englobam uma previsão de hiato para o primeiro trimestre de 2018. Os erros de previsão, entretanto, só vão até a 24ª previsão, pois é possível comparar com o dado efetivo.

Para os gráficos abaixo (com exceção do primeiro), adicionarei o pontos “x” que são referentes à projeção sem incerteza. Deixarei estes pontos a fim de comparar se a adição da variável de incerteza melhora a capacidade preditiva do modelo – o benchmark.

Gráfico 16 – MODELO A) Sem incerteza

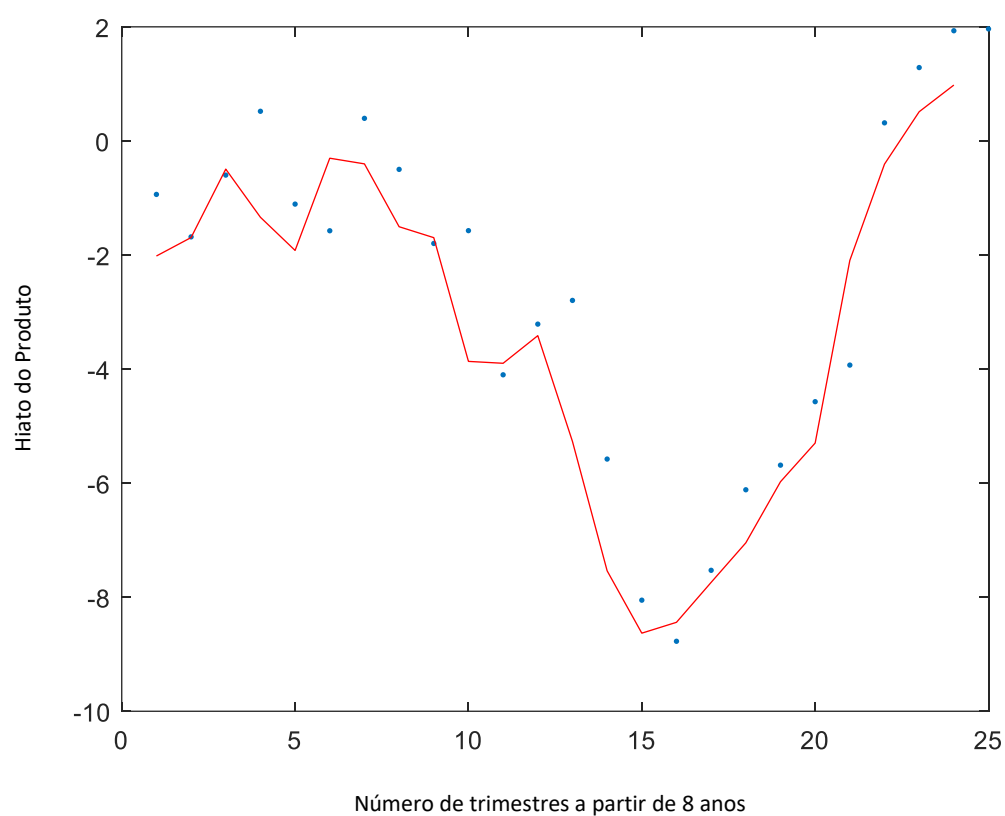


Gráfico 17 – MODELO B) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o PIB12M

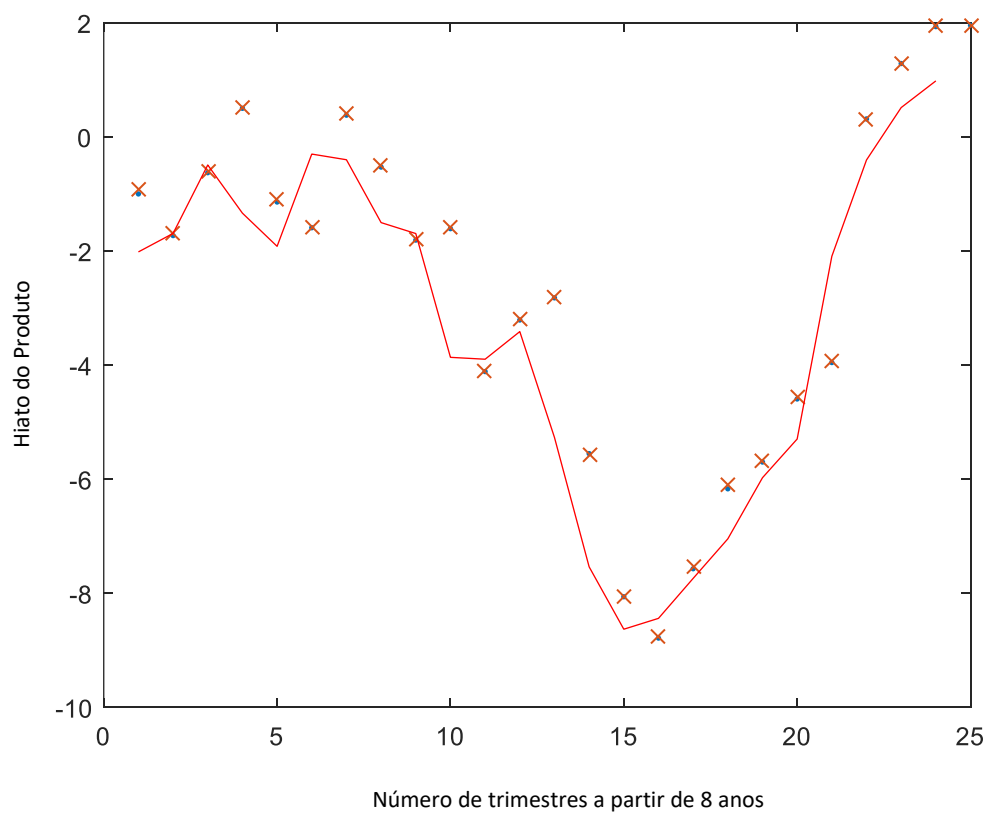


Gráfico 18 – MODELO C) Medida de incerteza: Desvio Padrão das previsões do mercado para o IPCA12M.

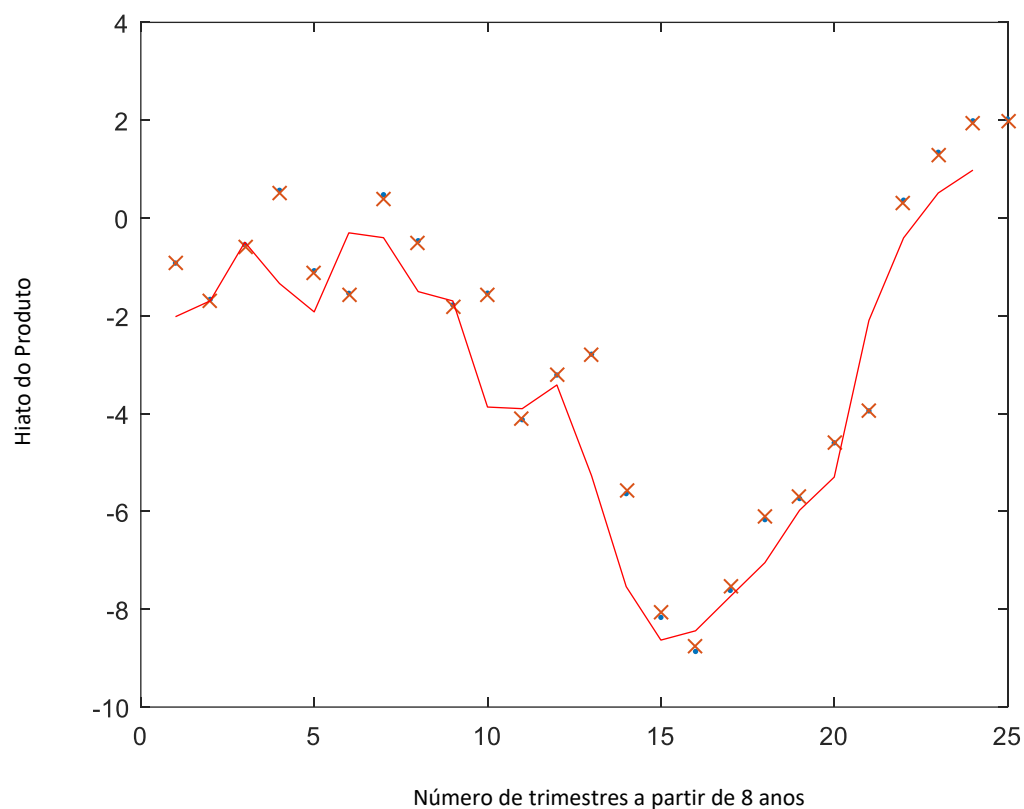


Gráfico 19 – MODELO D) Medida de incerteza: Volatilidade implícita USD/BRL.

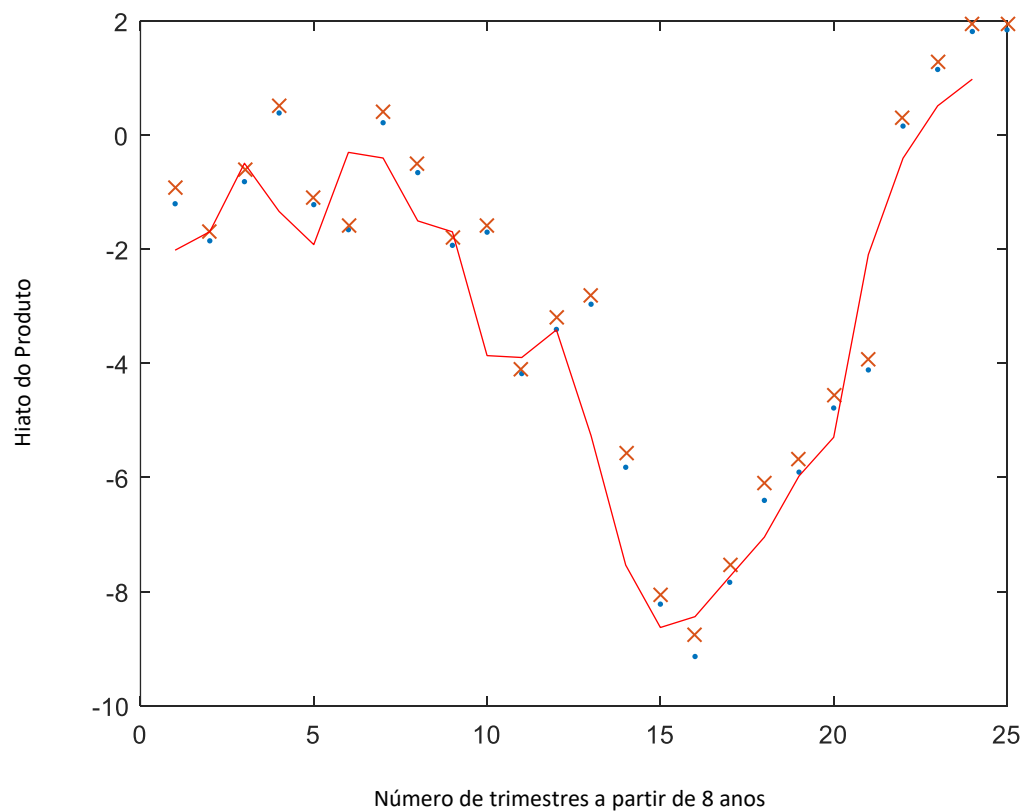


Gráfico 20 – MODELO E) Medida de incerteza: Volatilidade observada das maiores Empresas.

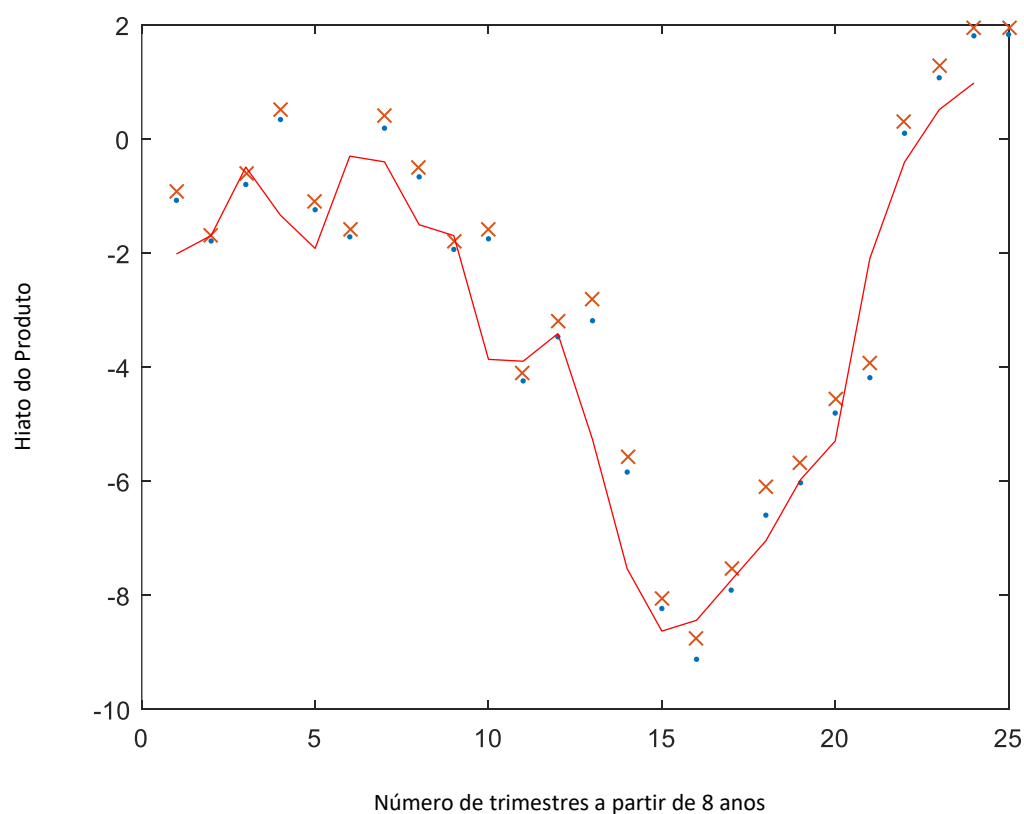


Gráfico 21 – MODELO F) Medida de incerteza: VIX.

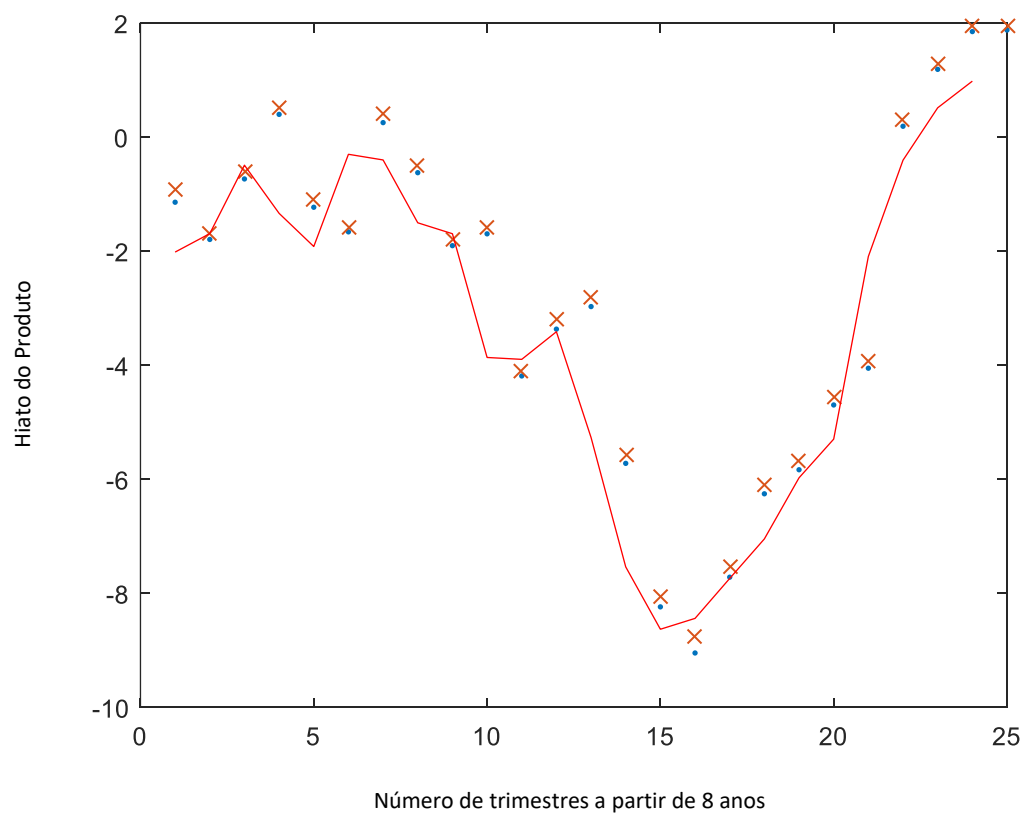
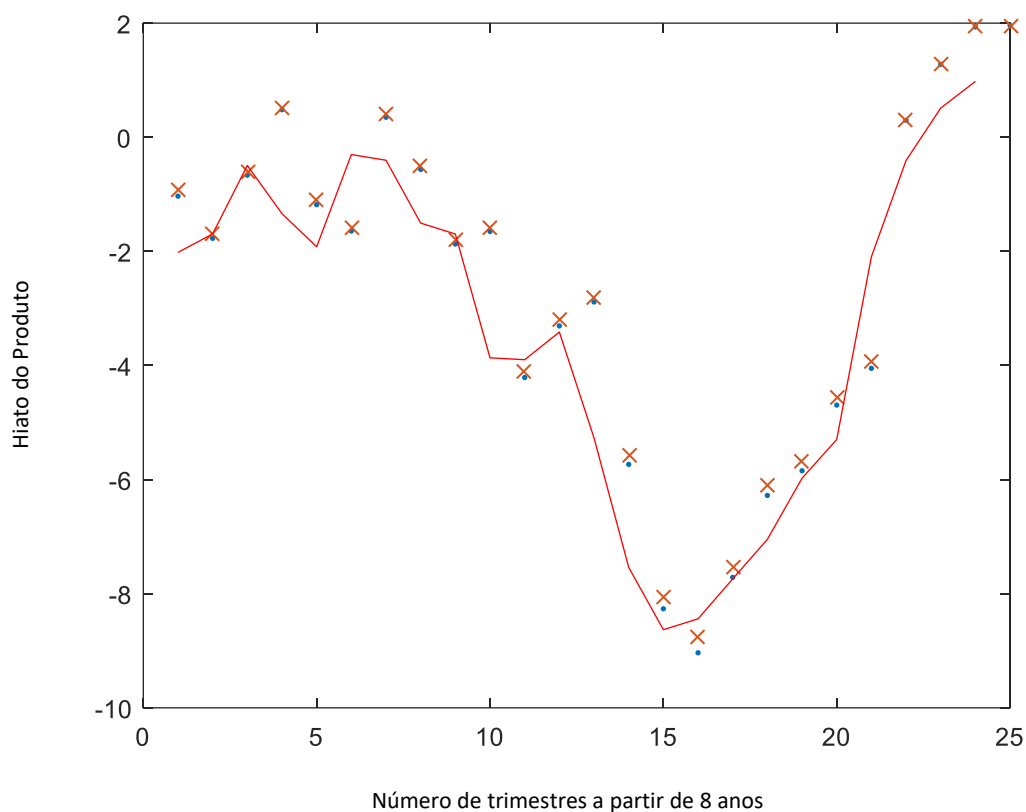
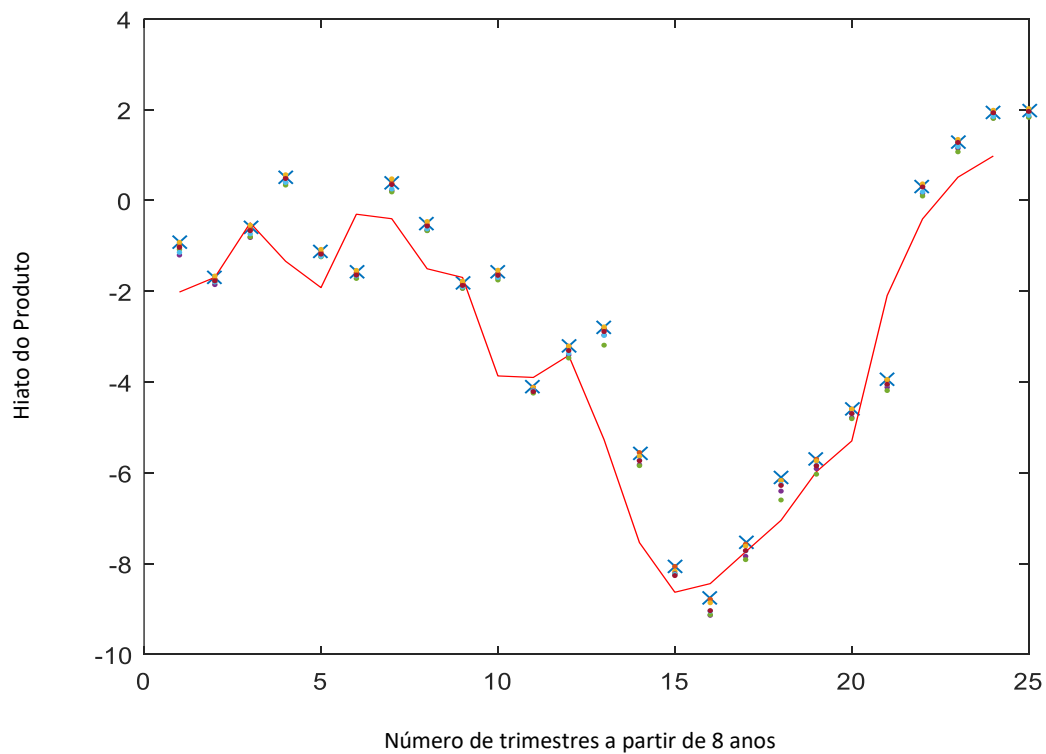


Gráfico 22 – MODELO G) Medida de incerteza: IIE-BR.



Com todas as previsões plotadas no mesmo gráfico, sendo o “X” a previsão do modelo sem incerteza:

Gráfico 23 -MODELOS A,B,C,D,E,F,G) Todas as medida de incerteza representadas



Abaixo, vemos uma tabela comparativa de estatísticas descritivas de cada um dos erros de **previsão encontrados acima em cada série de 24 previsões**:

TABELA 4 – Resumo Estatístico dos erros de previsão – Janela Crescente

<i>Erro de previsão</i>	<i>Sem incerteza</i>	<i>STDEVprevPIB</i>	<i>STDEVprevIPCA</i>	<i>VOLimpBRL</i>	<i>VOlobstriANL_IPB</i>	<i>VIX</i>	<i>IIE</i>
<i>Média</i>	0,576	0,554	0,578	0,391	0,349	0,436	0,477
<i>STDEV</i>	1,006	1,006	1,015	1,010	0,999	1,003	1,020
<i>Max</i>	2,473	2,446	2,485	2,304	2,114	2,296	2,382
<i>RMSE</i>	1,141	1,130	1,149	1,063	1,039	1,074	1,106

Vemos que os erros de projeção diminuem em quase todas as inclusões individuais de medidas de incerteza, especialmente representados pelo erro quadrático médio (RMSE).

Existe o argumento de que a janela crescente que fixa seu início em 2014.3 pode, de certa forma, dar muita importância para dados antigos, e que uma janela móvel poderia ser mais informativa caso o perfil da economia e seu produto potencial tenha mudado.

Por isto, abaixo segue tabela como a de cima, porém feita com janela móvel. Vemos que o resultado permanece:

TABELA 5 – Resumo Estatístico dos erros de previsão – Janela Móvel

<i>Erro de previsão</i>	<i>Sem incerteza</i>	<i>STDEVprevPIB</i>	<i>STDEVprevIPCA</i>	<i>VOLimpBRL</i>	<i>VOlobstriANL_IPB</i>	<i>VIX</i>	<i>IIE</i>
<i>Média</i>	0,407	0,362	0,433	0,203	0,140	0,283	0,304
<i>STDEV</i>	1,089	1,090	1,120	1,089	1,077	1,076	1,118
<i>Max</i>	2,396	2,317	2,483	2,106	2,026	2,157	2,270
<i>RMSE</i>	1,142	1,127	1,179	1,086	1,064	1,090	1,136

Nota-se que em ambos os casos (janela crescente de dados e janela móvel) é possível ver que na maioria dos modelos que incluímos medidas de incerteza explícita, a média, desvio padrão e erro padrão médio diminuíram nas projeções. Em ambos os casos, apenas o desvio padrão das projeções para IPCA não melhora a estimação.

Para efetivamente podermos argumentar que as previsões melhoraram, efetuamos um teste de Diebold Mariano sugerido em Diebold Mariano (1995). O

teste verifica se os modelos com incerteza apresentam melhora estatisticamente significativa às previsões se comparadas ao grupo controle, sem incerteza.

Através do teste, obtivemos confirmação da melhora nas previsões com os seguintes parâmetros de incerteza: Volatilidade implícita do câmbio, Volatilidade observada das empresas e o VIX – exatamente aquelas que se mostraram estatisticamente significativas no modelo estático. Para as outras 3 medidas de incerteza, o resultado do teste foi inconclusivo, apesar de termos visto nas tabelas acima que suas inclusões também melhoraram os erros de projeção.

7. Conclusão

Neste estudo, buscamos incluir variáveis de incerteza em uma curva IS, utilizada nos modelos de projeção do Banco Central do Brasil para testar se isto aprimoraria a capacidade preditiva dos modelos. Toda a motivação está sustentada na grande quantidade de incerteza presente no mercado brasileiro e a possível incapacidade dos modelos tradicionais de incluir estas mudanças súbitas, oriundas do espectro político ou econômico, em suas variáveis.

Em um primeiro momento, testamos a tese de eleições presidenciais a cada 4 anos com capacidade de alterar, com algum padrão claro, as distribuições de probabilidades das expectativas no país. Não pudemos encontrar evidências para tal. Assim, partimos para uma pesquisa mais ampla a respeito da incerteza, como ela poderia ser quantificada e sua influência na capacidade preditiva dos modelos adotados tradicionalmente.

Começamos este artigo explicando a importância da incerteza para o estudo econômico, em especial para países emergentes como o Brasil. Depois, passamos a desenvolver o escopo teórico por onde a incerteza poderia ser incluída nos modelos tradicionais.

Montamos uma base de dados contendo o PIB dessazonalizado trimestral de 2004 até 2017. O mesmo para a taxa de juros real ex-ante, calculada através do contrato swap de DI de 360 dias à frente trazido a valor real pela expectativa de inflação contida no FOCUS. Utilizando o filtro Hodrick Prescott para extrair o hiato do produto, traçamos uma curva IS onde o hiato do produto presente deveria ser explicado por suas duas primeiras defasagens e pela taxa real de juro ex-ante no início do trimestre. Comparamos os resultados desta análise com a base de dados completa com os resultados do mesmo modelo acrescido de uma variável de incerteza.

Utilizamos individualmente 6 diferentes variáveis de incerteza propostas pelo autor com base na literatura vigente e comparamos com o modelo sem incerteza (benchmark). São elas: (i)(ii) a dispersão de expectativas do boletim Focus para PIB e inflação;(iii) a volatilidade implícita dos contratos futuros de

câmbio; (iv) o VIX; (v) a volatilidade observada nas empresas mais relevantes do índice Bovespa e; (vi) o Índice de Incerteza Econômica (IIE-Br). Vemos que em alguns casos parece fazer sentido incluir este fator no modelo explicativo estático.

Uma vez feito isso, entramos efetivamente no exercício dinâmico de previsão – ponto mais importante do estudo. O método foi um *backtest* no qual restringimos a amostra a 32 observações, efetuamos as regressões no modelo descrito no parágrafo acima e, com isso, obtivemos a previsão para o período 33. Repetimos o mesmo exercício até obter 25 previsões futuras de hiato do produto. Para 24 destas, conseguimos comparar a previsão com o dado efetivo e pudemos mostrar como a inclusão destas variáveis diminuiu o erro de previsão.

É importante ressaltar que tomamos os devidos cuidados de recalcular o filtro HP para cada passo para não “roubar” o resultado e acabar usando dados futuros à restrição da amostra no exercício de previsão.

Em síntese, demonstramos empiricamente que é possível melhorar a capacidade preditiva de parte de um modelo de pequeno porte: a curva IS - ao incluirmos variáveis de incerteza. Nem todas as variáveis demonstraram esta propriedade, mas conseguimos ver o resultado melhor para as variáveis: (i) Volatilidade implícita dos contratos futuros de USD/BRL; (ii) Volatilidade observada das 3 maiores empresas do índice Bovespa e o (iii) VIX. Estas também foram as medidas que apresentaram relevância estatística no modelo regressão com todos os dados, que chamamos de estático.

Referências bibliográficas

ADRIAN, T.; BOYARCHENKO, N.; GIANNONE, D., **Vulnerable Growth**, **Federal Reserve Bank of New York Staff Reports**, Staff Report No. 794, set/2016.

ALEXOPOULOS, M.; COHEN, J. **Uncertain Times, uncertain measures**, fev/2009.

ALMEIDA, C.; ARDISON, K.; KUBUDI, D., SIMONSEN, A.; VICENTE, J. **Forecasting Bond Yields with Segmented Term Structure Models**. *Journal of Financial Econometrics*, Volume 16, Issue 1, Pages 1–33, dez/2017.

AREOSA, M. BCB Working Paper Series N°172 – **Combining Hodrick-Prescott Filtering with a Production Function Approach to Estimate Output Gap**, ago/2008.

BACHMANN, R.; MOSCARINI, G. **Business Cycles and Endogenous Uncertainty**, jul/2011.

BACKUS, D.K. & KEHOE, P.J. **International Evidence on the Historical Properties of Business Cycles**, *American Economic Review* 82:4 (1992), 64–888.

BACKUS, D.K.; KEHOE, P.J. & KYDLAND, F.E. **International Real Business Cycles**, *Journal of Political Economy* 100:4 (1992), 745–775.

BAKER, S.R.; BLOOM, N.; DAVIS, S.J. **Measuring Economic Policy Uncertainty**, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 131, Issue 4, p.1593–16361, nov/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dez Anos de Metas para a Inflação - 1999-2009**. Brasília, 2011.

BANK OF ENGLAND. Quarterly Bulletin 2013 Q2. **Macroeconomic uncertainty: what is it, how can we measure it and why does it matter?**

BARBOZA, R.M.; ZILBERMAN, E. **Os Efeitos da Incerteza sobre a Atividade Econômica no Brasil**, jul/2017.

BATES, D.S. The crash of '87: **Was it Expected? The Evidence from Option Markets**. *The journal of finance*, p.1009-1044, jul/1991.

BEKAERT, G.; HOEROVA, M. & LO DUCA, M. **Risk, Uncertainty and Monetary Policy**. *European Central Bank - Working Paper Series*, jul/2013.

BERNANKE, B.S. **Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment**, jul/1980.

BIALKOWSKI, J.; GOTTSCHALK, K.; WISNIEWSKI, T. **Stock Market Volatility around National Elections**, Auckland University of Technology, 2006.

BLOOM, N. **Fluctuations in Uncertainty**, dez/2013.

BLOOM, N. **The Impact of Uncertainty Shocks**. *Econometrica*, Vol. 77, No. 3 (May, 2009), 623–685.

BOGDANSKI, J.; TOMBINI, A.A.; & WERLANG, S.R.C. **BCB Working Paper Series N°1 - Implementing Inflation Targeting in Brazil - July, 2000**.

BORGES, B. **Implicações de um hiato entre -7% e -8%: inflação em 2018-2020**, Blog do Instituto Brasileiro de Economia, 15/02/2018.

BOUBAKRI, N.; BOUSLIMI, L.; ZHONG, R. **Political Uncertainty and Analysts' Forecasts**, 2016.

BOUIS, R., B. Cournède AND A. CHRISTENSEN (2012), **Implications of Output Gap Uncertainty in Times of Crisis**, OECD Economics Department Working Papers, No. 977, OECD Publishing, Paris.

BRUNNERMEIER, MARKUS K., AND YULIY SANNIKOV. **A Macroeconomic Model with a Financial Sector**. *American Economic Review* 104.2 (2014): 104, 2, 379-421.

BUSSE, M.; HEFEKER, C. **Political Risk, Institutions and Foreign Direct Investment**. HWWA Discussion Paper. 2005.

CANOVA, F. **Detrending and Business Cycle Facts**. *Journal of Monetary Economics* 41 (1998) 475—512.

CANOVA, F. **Detrending and Turning-Points**. *European Economic Review* 38:3/4 (1994), 614–623.

CARROLL, C.D. **Buffer-Stock Saving and the Life Cycle/Permanent Income Hypothesis**; NBER Working Paper No. 5788, out/1996.

CARVALHO, A.B.L. **Pricing the cost of an election: the impact of the 2014 elections on stock markets**, 2016.

CHIEN, W.; MAYER, R.W.; WANG, Z. **Stock Market, Economic Performance, And Presidential Elections**. *Journal of Business & Economics Research* Volume 12, Number 2, P.159-170.

CLARIDA, R.; GALÍ, J. & GERTLER, M. **The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective**. *Journal of Economic Literature*. Vol. XXXVII (December 1999), pp. 1661–1707.

CLARK, P.B.; LAXTON, D. **FMI Working Paper: Phillips Curves, Phillips Lines and the Unemployment Costs of Overheating** -1997.

COGLEY, T. & NASON, J.M. **Effects of the Hodrick-Prescott Filter on Trend and Difference Stationary Time Series: Implications for Business Cycle Research**, Journal of Economic Dynamics and Control 19 (1995), 253–278.

CORSEUIL, C.H.; FOGUEL, M.; GONZAGA, G.; RIBEIRO, E.P. **A rotatividade dos jovens no mercado de trabalho formal brasileiro.**

COSTA FILHO, A.E. **Incerteza e Atividade Econômica no Brasil**. Economia Aplicada, v. 18, n. 3, 2014, p. 421-453, 2014.

DAS, S.; LEVINE, C.B. & SIVARAMAKRISHNAN, S. **Earnings Predictability and Bias in Analysts? Earnings Forecasts**, The Accounting Review, Vol 73, No 2, abr/1998.

DIEBOLD F.X. & MARIANO R.S. **Comparing Predictive Accuracy**. Journal of Business and Economic Statistics, 13, 253-265, 1995.

DISNEY, R.; HASKEL, J. & HEDEN, Y. **Entry, Exit and Establishment Survival in UK Manufacturing**, jul/1999.

DIXIT, A. & PINDYCK, R. **Investment Under Uncertainty**. Princeton U. press, 1994.

ENGLISH, W.B.; NELSON, W.R.; SACK, B.P. **Interpreting the Significance of the Lagged Interest Rate in Estimated Monetary Policy Rules**, Journals in Macroeconomics, Volume 3, Issue 1, Article 5, 2003.

FERRARA, L.; LHUISSIER, S. & TRIPIER, F. **Uncertainty Fluctuations: Measures, Effects and Macroeconomic Policy Challenges**. Policy Brief CEPII n°20 (2017).

FRANCIS, J., AND PHILBRICK, D. **Analysts' Decisions as Products of a Multi-Task Environment**. Journal of Accounting Research. 31, 216-230, 1993.

GALÍ, J. **Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework**, 2008.

GARRATT, A.; MITCHELL, J. & VAHEY, S.P. **Measuring Output Gap Uncertainty**. Reserve Bank of New Zealand. Discussion Paper Series, dez/2009.

GENTZKOW M.; SHAPIRO, J.M. **What Drives Media Slant? Evidence from U.S. Daily Newspapers**. Econometrica, Vol. 78, No. 1, jan/2010.

GIGLIO, S.; KELLY, B.T.; PRUITT, S. **Systemic Risk and the Macroeconomy: An Empirical Evaluation**, fev/2015.

GRIGOLI, F.; HERMAN, A.; SWISTON, A. & DI BELLA, G. **IMF Working Paper**. Output Gap Uncertainty and Real-Time Monetary Policy, jan/2015.

HANSEN, L.P. **Uncertainty Outside and Inside Economic Models**, ago/2014.

HAUPTMEIER, S. et al., **Projecting Potential Output**, Zew Economic Studies, Physica-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.

HAUPTMEIER, S.; HEINEMANN, F.; KAPPLER, M.; KRAUS, M.; SCHRIMPF, A.; TRAUTWEIN, H.; WANG, Q. **Projecting Potential Output. Methods and Problems**, 2009.

HODRICK, R.J. & PRESCOTT E.C. **Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation**, Carnegie Mellon University discussion paper no. 451, 1980.

HULL, J. WHITE, A. **The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities**, The journal of finance, p. 281–300, jun/1987.

JENS, C.E. **Political uncertainty and investment: Causal evidence from U.S. gubernatorial elections**, Volume 124, Issue 3, p. 563-579, jun/2017.

JENSEN, N.M.; SCHMITH, S. **Market Responses to Politics: The Rise of Lula and the Decline of the Brazilian Stock Market**, Comparative political studies, Vol. 38 No. 10, p. 1245-1270, dez/2005.

KELLY, B.; PÁSTOR, L.; VERONESI, P. **The Price of Political Uncertainty: Theory and Evidence from the Option Market**, The journal of finance, p. 2417–2480, out/2016.

KNIGHT, B. **Are Policy Platforms Capitalized into Equity Prices? Evidence from the Bush/Gore 2000. Presidential Election**, 2004.

KNIGHT, F.H. **RISK, UNCERTAINTY AND PROFIT**, 1921.

KYDLAND, F.E. & PRESCOTT, E.C. **Business Cycles: Real Facts and a Monetary Myth**. Federal Reserve Bank of Minneapolis. Vol. 14, No. 2, 1990.

KYDLAND, F.E. & PRESCOTT, E.C. **Time to Build and Aggregate Fluctuations**. Econometrica, Vol. 50, No. 6 (Nov., 1982), pp. 1345-1370, 1982.

LAZEAR, E.P. & SPLETZER, J.S. **Hiring, Churn and the Business Cycle**. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, mar/2012.

LELAND, H.E. **Saving and Uncertainty: The Precautionary Demand for Saving** The Quarterly Journal of Economics, Volume 82, Issue 3, 1 August 1968, Pages 465–473, 1968.

MERTON, R. C. **On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates**. Journal of Finance, 29, 449–470, 1974.

MURPHY, A. Is the U.S. **Phillips Curve Convex? Some Metro Level Evidence**.

OKUN, A. M. (1962). **Potential GNP & Its Measurement and Significance**, **American Statistical Association**, Proceedings of the Business and Economics Statistics Section, 98-104.

ORPHANIDES, A. & VAN NORDEN, S. **The Reliability of Inflation Forecasts Based on Output Gap Estimates in Real Time**. Journal of Money, Credit and Banking, 2005, vol. 37, issue 3, 583-601.

ORPHANIDES, A. **Board of Governors of the Federal Reserve System**. Monetary Policy Rules and the Great Inflation, jan/2002.

ORPHANIDES, A. **Board of Governors of the Federal Reserve System**. Monetary Policy Rules Based on Real-Time Data, dez/1997.

PÁSTOR, L.; VERONESI, P. **Political uncertainty and risk premia**, Journal of Financial Economics, Volume 110, Issue 3, p.520-54, dez/2013.

PORTUGAL, P.A. **Estimação dos parâmetros das curvas IS e de Phillips da economia brasileira: 1994/2001, 2005**.

RAVN, M.O. & UHLIG, H. **Notes on Adjusting the Hodrick-Prescott Filter for the Frequency of Observations**. The Review of Economics and Statistics, mai/2002, 84(2): 371–380.

ROMER, P. **Endogenous Technological Change**, out/1990.

SILVA FILHO, T.N.T. **BCB Working Paper Series Nº157 – Is the Investment-Uncertainty Link Really Elusive? The Harmful Effects of Inflation Uncertainty in Brazil**, dez/2007.

SIMON GILCHRIST, S.; SIM, J.W. & ZAKRAJSEK, E. **Uncertainty, Financial Frictions, and Investment Dynamics**, set/2010.

STAIGER, D.; STOCK, J.H.; WATSON, M.W. **The NAIRU, Unemployment and Monetary Policy – Journal of Economic Perspectives – 1997**.

STOCK, J.H. & WATSON, M.W. **Vector Autoregressions**, 2001.

STULZ, R.S. **Risk-Taking and Risk Management by Banks**. Journal of Applied Corporate Finance, 2015.

THE WORLD BANK. **World Development Report 2014 - Risk and Opportunity, Managing Risk for Development**.