

ANÁLISE DAS FLUTUAÇÕES ECONÔMICAS NO BRASIL, DE 1991 A 2008, A PARTIR DOS MODELOS RBC¹

Fabrcio Duda²
Armando Vaz Sampaio³

Resumo: A partir da década de 80 do século XX, no estudo de flutuações econômicas passou-se a utilizar uma nova metodologia, que apresentava uma estrutura de equilíbrio geral dinâmico estocástico que enfatizava o comportamento otimizador dos agentes econômicos, em um ambiente de incerteza. Exemplos desse tipo de abordagem são os modelos conhecidos como RBC. O objetivo deste artigo é apresentar a estrutura teórica do modelo RBC e fazer algumas simulações para comparar tal economia artificial com os dados reais da economia. Os resultados da economia real mostraram que as variáveis “consumo” e “investimento” são pró-cíclicas e que “investimento” apresentou maior volatilidade que “consumo”. As variáveis “rendimento real” e “horas pagas” também foram pró-cíclicas, sendo esta segunda variável mais volátil. As economias artificiais analisadas, por sua vez, foram o modelo RBC, de Hansen, com o trabalho indivisível e o modelo de crescimento neoclássico estocástico. O comportamento da taxa de juros foi a que obteve a maior diferença, ao serem comparadas a economia real e a artificial, pois sua direção foi anti-cíclica e pró-cíclica, respectivamente. Em termos de volatilidade relativa em relação ao produto, o modelo RBC, parametrizado com os dados da economia brasileira, alcançou maior aderência com relação à economia real.

Palavras-chave: ciclos reais de negócios, flutuações econômicas.

¹ Recebido em: 07/05/09; Aceito em: 15/09/09.

² Mestrado em Desenvolvimento Econômico, na Universidade Federal do Paraná. Professor e Coordenador do Curso de Matemática, da Faculdade Guairacá.

³ Doutorado em Ciências (Economia Aplicada), na Universidade de São Paulo. Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal de Paraná. E-mail: avsampaio@ufpr.br.

1. Introdução

Flutuações econômicas sempre estiveram no cerne dos estudos dos economistas na busca de padrões que pudessem ser modelados, revelando suas causas, tanto no intuito de sua compreensão quanto na busca de vacinas que possam anestesiar seus efeitos, visando ao desejado equilíbrio econômico.

A possibilidade de modelar um fenômeno, à primeira vista irregular (como os ciclos), a partir de uma estrutura de equilíbrio geral, além de proporcionar um avanço metodológico, também permitiu maior grau de aproximação entre as teorias micro e macroeconômica.

Nesse sentido, nas últimas décadas, várias teorias buscaram explicar o comportamento dos agentes e agregados econômicos e surgiram novas formas de compreender a complexidade macroeconômica. Dentre estas, destaca-se a utilização dos modelos de equilíbrio geral dinâmico, que visam estudar o comportamento das variáveis econômicas em um ambiente intertemporal, os modelos de DGE (*Dynamic General Equilibrium*), sigla pela qual são conhecidos. Tais modelos se dividem em determinísticos e estocásticos e começaram a ter destaque a partir da década de 70, quando os paradigmas, utilizados até então, não foram capazes de descrever o cenário econômico. Dentre os modelos de DGE, o mais popular é o da teoria dos ciclos reais de negócios, o qual será objeto de estudo do presente trabalho.

Os primeiros trabalhos, com essa roupagem, fortaleceram-se no final da década de 70, quando ganharam impulso a partir da famosa crítica de Lucas.

A teoria do RBC padrão tem como premissas a racionalidade dos agentes, a pouca ou nenhuma influência das políticas intervencionistas, o equilíbrio dos mercados e o fato de que as mudanças ocorridas se devem a choques reais na economia, como impactos ambientais, tecnológicos, entre outros. A teoria ganhou vários adeptos e desenvolveu-se, fortemente, no início

dos anos 80, com a publicação de um artigo de Kydland e Prescott (1982)⁴, o qual se baseava no trabalho de Lucas e Prescott (1997)⁵, citados por Rebelo (2005), texto que afirmava que os ciclos de negócios poderiam ser estudados como um modelo de equilíbrio geral dinâmico. Apesar de grande parte da comunidade econômica ter sido contrária a essa nova tentativa de compreensão das flutuações econômicas, após consenso e apoiada nas idéias de John Mainards Keynes, a comunidade acadêmica foi instigada a pesquisar a macroeconomia com a nova abordagem, pois não eram somente críticas, mas sim uma nova metodologia que estava sendo proposta em substituição à vigente, os chamados “novos clássicos”. Pelo fato de se apoiarem em boa parte na teoria de mesmo nome, estes desenvolveram a teoria baseada em nova interpretação do comportamento dos agentes, unificando conceitos de macroeconomia e microeconomia, aliados a métodos numéricos que viabilizaram a solução e, ou, a elaboração de modelos de difícil solução analítica.

Por tratar-se de uma área “nova” e, logo, com grande potencial de desenvolvimento e descobertas, tal aspecto serviu de motivação para elaboração deste trabalho, cujo princípio é descrever e compreender os métodos de equilíbrio geral dinâmico, utilizando como base o modelo RBC padrão. Esse modelo permite a construção de economias artificiais, que geram uma série de dados que serão comparados à economia real brasileira.

2. Revisão da Literatura

Os ciclos econômicos envolvem as flutuações da atividade econômica agregada, fenômeno em que haverá um ponto de mínimo e um ponto de pico. A sequência de um ponto de mínimo em direção a um ponto de pico representa uma expansão da economia; por sua vez, a sequência inversa representa uma contração econômica. Os pontos de mínimos e de pico são conhecidos como críticos. A presença de expansões e contrações

⁴ KYDLAND, F. e PRESCOTT, E. C. Time to Build and Aggregate Fluctuations. *Econometrica*. 1982, vol. 50. pp. 1345-1371.

⁵ LUCAS, R. E. JR. e PRESCOTT, E. C. Investment under Uncertainty. *Econometrica*. 1977, 39. pp.659-81.

econômicas não se restringe a alguns setores da economia, mesmo que uns sejam mais sensíveis que outros.

A pesquisa sobre flutuação econômica (“Business cycle”), por sua vez, estuda as causas e consequências das expansões e contrações dos agregados econômicos. Ao longo do século XX, a exploração de flutuação econômica real (“real business cycles”) – a ideia de que as flutuações econômicas eram causadas primeiramente por fatores reais – tem experimentado períodos de intensa atividade e de relativa dormência. Na década de 20, as teorias reais exerceram uma função principal, qual seja, os economistas utilizavam novos instrumentos microeconômicos para analisar tanto as consequências agregadas das mudanças na demanda e na oferta dos produtos, quanto as alterações dos fatores de produção. Entretanto, a grande depressão da década de 30 provocou um efeito drástico sobre a pesquisa acerca da flutuação econômica. Os economistas começaram a acreditar que a teoria microeconômica era uma base inadequada para entender tal flutuação. Fatores reais tornaram-se menos importantes, dando maior peso para condições monetárias e psicológicas das famílias e das empresas. O setor público (governo) da economia começou a ser visto não apenas como desejável, mas como essencial. A macroeconomia keynesiana tornou-se uma posição de ortodoxia para o estudo da economia agregada, e foi necessário meio século para recuperar o interesse pelos modelos de flutuações econômicas em equilíbrio (*equilibrium business cycle models*). Essa mudança ocorreu na década de 70, devido à performance dos modelos macroeconômicos associada à revolução das expectativas racionais. Destaca-se que a alteração requer uma análise de equilíbrio geral.

Os trabalhos de Kydland e Prescott (1982)⁶ e de Long e Plosser (1983)⁷ ilustram essa agenda de pesquisa, visto que mostram que é possível construir, com relativo sucesso, modelos de flutuação econômica que envolvam equilíbrio de mercado e fatores não monetários. No final da década de 80, surgiu uma agenda de pesquisa conhecida como RBC

⁶ KYDLAND, F. e PRESCOTT, E.C. Time to Build and Aggregate Fluctuations. *Econometrica*. 1982, vol 50. pp. 1345-1371.

⁷ LONG, J.B. e PLOSSER, C. L. Real Business cycles. *Journal of Political Economy*. 1983, vol. 91. pp. 39-69.

(*real business cycle*), que partiu de um modelo de equilbrio simples, ao qual foram adicionadas mudançãs na tecnologia para poder produzir uma s3rie temporal que reproduzisse as flutuaç3es econ4micas. Uma confer3ncia recente no NBER (*National Bureau of Economic Research*), organizada por economistas de Cambridge ligados à escola de novos keynesianos, descreveu o m3todo RBC como a nova ortodoxia macroecon4mica (KING e REBELO, 2000).

O primeiro modelo de crescimento foi escrito, simultaneamente, por R. Solow e S. Swan, em dois diferentes artigos no ano de 1956. Este modelo analisa o crescimento de longo prazo na aus3ncia de crescimento tecnol3gico. Tal possibilidade de crescimento poder3 ser decorrente do crescimento da populaç3o ou do crescimento das produtividades dos fatores, supondo que nenhum destes dependa das decis3es dos agentes econ4micos. Esse tipo de modelo 3 conhecido como modelo de crescimento ex4geno. H3, tamb3m, aqueles com ponto de equilbrio constante, nos quais os agentes econ4micos tomam decis3es, como, por exemplo, n3vel de educaç3o ou algum tipo de escolha da pol3tica, como imposto. Esses modelos, por sua vez, s3o conhecidos como modelos de crescimento end4geno.

Uma das suposiç3es centrais no modelo de Solow-Swan 3 que a poupança 3 uma fraç3o constante do produto. A partir desse modelo, caso se queira analisar a flutuaç3o econ4mica da economia, 3 necess3rio estudar a vers3o estoc3stica dos modelos de crescimento. O modelo de crescimento de Cass-Koopman, por sua vez, possui a mesma estrutura do modelo de crescimento neocl3ssico de Solow-Swan; a grande diferença entre esses dois 3 que a taxa de poupança n3o 3 constante e envolve uma decis3o entre consumo e poupança por parte dos agentes econ4micos. Destaca-se que o modelo mais simples, para analisar flutuaç3o econ4mica, 3 a vers3o estoc3stica do modelo de crescimento de Cass-Koopman, em que 3 poss3vel considerar choque de produtividades ou outros tipos de choques. Neste modelo, os agentes tomam decis3es em um ambiente de incerteza com base em expectativas dos valores futuros de uma funç3o n3o linear, com relaç3o às vari3veis “estado” e “de decis3o”. Os modelos de equilbrio geral din3mico estoc3stico (*Dynamic Stochastic General*

Equilibrium Models, DSGE), frequentemente, não apresentam solução analítica; em geral, esses modelos devem ser analisados por meio de soluções numéricas em que se usa análise de simulação. Um exemplo desse tipo de modelo é conhecido como RBC (NOVAES, A.; FERNÁNDEZ, E.; e RUÍZ, 2009).

Atualmente, muitos economistas clássicos aceitam a definição mais ampla da teoria do ciclo econômico, que considera os impactos tanto de choques na produtividade como também de outros tipos de choques na economia. Ao considerar modelos que utilizam outros tipos de choques, além dos choques “reais” na produtividade, os modelos não são chamados de RBC, mas de modelos dinâmicos estocásticos de equilíbrio geral (DSGE), já que modelam o comportamento ao longo do tempo (dinâmicos), levam em conta choques na economia (estocástico), e baseiam-se em conceitos de equilíbrio geral (ABEL, BERNANKE e CROUSHORE, 2008).

Os modelos RBC foram desenvolvidos na década de 80 e representam um movimento para restabelecer a teoria dos ciclos econômicos com os princípios clássicos. Esse processo teve início com os monetaristas, que concordavam com os keynesianos, a respeito de que os ciclos econômicos podem ser causados por choques na demanda agregada. Entretanto, os monetaristas argumentaram que os mesmos keynesianos ignoravam que a taxa natural do produto e que a mudança na demanda eram consequência de políticas monetárias instáveis, e não do *animal spirits* dos agentes econômicos. Dessa forma, os monetaristas indicavam o papel limitado do governo e a necessidade de políticas de mercado (*laissez-faire policies*), pontos que são a base da economia clássica. Os modelos de expectativas racionais vão além dos argumentos dos monetaristas e enfatizam que somente mudanças não esperadas nas políticas podem provocar ciclos econômicos. Os modelos RBC, por sua vez, levam em consideração esses movimentos neoclássicos, enfatizam o papel da oferta agregada como causadora de flutuação econômica, e estão relacionados com os fenômenos das décadas de 70 e 80, que seriam os choques no preço de petróleo e a presença de desemprego e inflação. Nessa época, surgiu uma linha de pesquisa conhecida como “economia do lado da

oferta” (*Supply-Side economics*), que é frequentemente associada ao governo de Ronald Reagan (KNOOP, 2004).

Os modelos RBC (*Real Business Cycle*) e DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*), que descrevem um método para analisar o comportamento cíclico da economia, passaram a ser instrumentos necessários à formação dos macroeconomistas. O método RBC é uma estrutura flexível para analisar, quantitativamente, flutuações econômicas. Essa agenda de pesquisa propõe novas técnicas para examinar as flutuações nos campos teórico e empírico. Os aspectos teóricos são baseados no modelo de crescimento neoclássico e podem ser usados para estudar flutuações econômicas. No modelo RBC padrão são utilizadas tecnologia estocástica e expectativa racional, aderindo, dessa forma, à agenda de pesquisa com fundamentos microeconômicos sugeridos por Lucas. Nos modelos RBC, os comportamentos dos agentes são otimizantes sob uma estrutura de incerteza, que está relacionada com os choques tecnológicos influenciadores nas flutuações econômicas. Infelizmente, o modelo de crescimento neoclássico leva a um comportamento não linear, descartando, dessa forma, soluções analíticas para os casos gerais. Os procedimentos comuns são a linearização do modelo ao redor do ponto de equilíbrio do sistema e a consideração de uma solução aproximada. Os pesquisadores utilizam programas de computadores, como GAUSS ou MATLAB, para resolver e analisar os sistemas de equações lineares (KARAGEDIKLI *et al.*, 2008).

O modelo RBC (*Real Business Cycle*) padrão considera os choques tecnológicos como fonte de flutuação econômica. Esse tipo de choque é uma fonte não monetária, razão do uso da palavra “real”, mas poderão existir outras fontes reais, como alteração no imposto, variação no gasto do governo, variação nas preferências e alteração no termo de troca e nos preços da energia (McGRATTAN, 2006).

De acordo com Rebelo (2005), o estudo da flutuação econômica, a partir da década de 80, origina-se de três idéias revolucionárias. A primeira diz que as flutuações econômicas podem ser estudadas pela utilização de

modelos de equilíbrio geral dinâmico, em que os agentes são otimizantes e operam em um mercado competitivo, com expectativa racional sobre o futuro; a segunda considera a possibilidade de unificar flutuação econômica e teoria do crescimento, na qual o modelo de flutuação econômica deve ser consistente com a regularidade empírica do crescimento de longo prazo; a terceira, por fim, considera que é possível ir além da comparação qualitativa das propriedades do modelo com os fatos estilizados que dominaram os trabalhos teóricos do macroeconomistas até 1982. É possível calibrar⁸ os modelos com parâmetros, estendendo os estudos microeconômicos para as propriedades de longo prazo da economia, podendo, dessa forma, utilizar tais modelos calibrados para gerar dados artificiais e, posteriormente, comparar esses dados aos reais.

Alguns modelos de crescimento do tipo “modelo de Solow” estão preocupados com a análise do ponto de equilíbrio (*steady state*) ou com o crescimento balanceado, e com o que determinaria a taxa média de crescimento de consumo, produto, salário, etc, no longo prazo. A macroeconomia também se interessa pelo fato de que o crescimento equilibrado não é observado; em vez disso, há presença de ciclos irregulares na maioria dos agregados, talvez ao redor de alguma tendência. Para produzir tais ciclos nos modelos de crescimento, deverá ser adicionado algum choque (mudança na variável exógena, como população ou progresso tecnológico, por exemplo). Os instrumentos utilizados no estudo de modelos de flutuação econômica (*business cycle models*) são programação dinâmica, função impulso resposta, cálculo de momentos e método de momentos generalizados (*generalized method of moments, GMM*).

A seguir, serão apresentados alguns trabalhos que analisaram o modelo RBC para o Brasil.

⁸ É uma técnica muito utilizada em modelos de equilíbrio geral computável, conforme discutido por HOOVER, K. D. (1995).

2.1. Modelos RBC no Brasil

Kanczuk e Faria Jr. (2000) construíram uma economia artificial com trabalho indivisível e custos de ajustamento. Os parâmetros foram calibrados, e os dados, gerados por essa economia, foram comparados às séries da indústria brasileira, sendo utilizadas as seguintes variáveis: consumo, investimento, produção e horas trabalhadas, no período de janeiro de 1985 a janeiro de 1999. Os dados reais foram dessazonalizados e filtrados pelo método de Hodrick-Prescott (HP). A simulação da economia artificial, por sua vez, foi feita pelo resíduo de Solow, e foi verificada a importância do custo de ajustamento para melhorar a aderência do modelo aos dados reais. A economia proposta reproduziu vários fatos estilizados, no entanto, apresentou flutuações das horas trabalhadas inferiores às observadas na economia real.

Kanczuk (2001) desenvolveu um modelo de equilíbrio geral dinâmico para uma economia pequena e aberta, com o objetivo de compará-la aos ciclos reais brasileiros. Observou-se que, com as preferências escolhidas e com os custos de ajustamento de capital, a economia artificial gerou dados cujas simulações foram consistentes com as volatilidades das contas nacionais e com o caráter contracíclico da balança comercial.

Ellery Jr. e Gomes (2005), ao analisarem flutuações econômicas pela modelagem RBC para diferentes países (Brasil, Austrália, Canadá, Japão, Estados Unidos, etc), verificaram um padrão de semelhanças entre os ciclos de negócios (*business cycle*), em diversos períodos, sendo também observado que consumo e investimento são pró-cíclicos e fortemente correlacionados com o produto. As variáveis utilizadas foram PIB pré-guerra e interguerras, PIB pós-guerra, consumo das famílias a partir de 1947, consumo do governo e investimento, que corresponde à formação bruta de capital fixo das contas nacionais acrescida das variações de estoque.

3. Modelo Teórico

Como discutido anteriormente, a origem dos modelos RBC deu-se a partir do modelo de Solow, em que a poupança é exógena. Ao introduzir o mercado de trabalho na análise, o agente econômico passa a escolher entre consumo e poupança, e isso faz com que a poupança se torne endógena. Tal modelo de crescimento é conhecido como modelo de Cass-Koopman, que é determinístico e não apresenta nenhuma flutuação cíclica. Ao introduzir o choque exógeno no parâmetro tecnológico, A_t , o modelo torna-se estocástico, sendo conhecido como modelo RBC.

Para o modelo RBC, a economia consiste de um grande número de famílias idênticas, e na análise da atividade econômica agregada considera-se uma família representativa (eq. 4.2). A tecnologia de produção (eq. 4.1) é usada para gerar um único produto, que é consumido pelas famílias. Na especificação do processo de decisão dessas famílias, estão implícitos dois conjuntos de *trade-off*: um diz respeito ao *trade-off* entre consumo/poupança (eq. 4.3), em que maior consumo hoje implicará em menor investimento (poupança), e, a partir da equação 4.4, em menor disponibilidade de capital para a produção amanhã. Outro *trade-off* seria entre trabalho/lazer; as famílias teriam uma unidade de tempo disponível para dividir suas atividade entre lazer e trabalho (4.6) (DEJONG e DAVE, 2007).

A seguir, é apresentado o modelo estocástico.

3.1. Especificação do processo para choques tecnológicos

A tecnologia de produção é descrita como uma função de produção Cobb-Douglas neoclássica padrão.

$$y_t = A_t k_t^\alpha l_t^{1-\alpha},$$

em que $A_t = Ae^{z_t}$ e $z_t = \rho_z z_{t-1} + \varepsilon_t$ é um processo AR(1). (1)

Nesta função, A_t é o parâmetro de tecnologia que determina, para dado insumo, quanto de produção está sendo gerada; $A_t > 0$, y_t , produção da empresa para o mercado de produto; k_t , quantidade de capital físico (máquina, prédios, etc.), usado na produção, no período t ; α , parâmetro que mede a importância do insumo capital na produção; e l_t , o número total de horas trabalhadas. A função de produção exibe retorno constante de escala, sendo ε_t o choque aleatório, em que todos os períodos têm a mesma distribuição normal, com média zero e variância σ_z^2 . Se choques em períodos diferentes foram considerados independentes, a sequência $\{\varepsilon_t\}_{t=0}^{\infty}$ será iid (independent, identically distributed) de uma variável aleatória, com distribuição normal. O número ρ_z é um parâmetro que mede como é a persistência do choque tecnológico, isto é, como foi importante o choque na produtividade, no passado, para determinar a sua dimensão, hoje. Já o parâmetro A representa o nível de produtividade média, enquanto a magnitude do σ_z informa o tamanho do choque tecnológico que será introduzido no modelo, quando for feita a simulação.

3.2. Análise

Pretende-se analisar o modelo com choque tecnológico, que terá a seguinte forma:

$$\max_{\{c_t, k_{t+1}, l_t\}_{t=0}^T} E_0 \sum_{t=0}^T \beta^t [u(c_t) - \psi l_t] \quad (2)$$

$$\text{sujeito : } y_t = c_t + i_t \quad (3)$$

$$k_{t+1} = i_t + (1 - \delta)k_t \quad (4)$$

$$c_t + k_{t+1} - (1 - \delta)k_t = Ae^{z_t} k_t^\alpha l_t^{1-\alpha} \quad (5)$$

$$n_t + l_t = 1 \quad (6)$$

$z_t = \rho_z z_{t-1} + \varepsilon_t$ $c_t \geq 0$, $l_t \in [0,1]$ e $k_0 > 0$ é dado, em que E_0 representa o operador de expectativa; c_t , consumo das famílias, no tempo t ; l_t , horas de trabalho; n_t , nível de lazer, no período t ; δ , depreciação; e $\beta \in (0,1)$, fator de desconto temporal. Admite-se que a função de utilidade seja diferenciável, sendo estritamente crescente e estritamente côncava ($u'(c) > 0$ e $u''(c) < 0$, para todo c); e ψ representa um parâmetro que determina quão árido é o trabalho para a família, destacando-se que, quanto maior for o valor desse parâmetro, maior será a desutilidade da família. Supõe-se que a função utilidade tenha a seguinte forma funcional; $u(c, l) = \ln c_t - \psi l_t$ conforme analisado por Hansen (1985) e McCandless (2008).

Esse problema é quase idêntico ao modelo sem choque tecnológico. A única diferença é que, nele, a função de produção está sujeita a um choque tecnológico, cujo processo estocástico precisa ser especificado, e que agora a utilidade esperada ao longo do tempo de vida (*lifetime*) deverá ser maximizada (KRUEGER, 2005).

4. Metodologia

É importante saber distinguir como as flutuações econômicas são extraídas dos dados. Para o estudo de flutuações econômicas (“business cycle”), é necessário extrair dos dados sua tendência de longo prazo, e o procedimento para fazer essa extração é conhecido como filtragem. Na

literatura existem vários tipos de filtros, conforme estudado por Teles e Springer *et al.* (2005): a) Filtro a partir da ordem de integração da série (PD); b) Tendência linear média (TLM); c) Filtro de Hodrick e Prescott (HP); d) Ruído brando (RB); e) Filtro de Beveridge e Nelson; f) Filtro Band-Pass. Esses autores encontraram que a economia artificial (modelo RBC) apresentou maior aderência à realidade quando foi utilizado o filtro HP. Dessa maneira, o filtro utilizado neste artigo, para extrair a tendência, foi o próprio Hodrick-Prescott (HP). Após retirar a tendência, é possível determinar as flutuações (ciclos) a partir da diferença entre os dados originais em logaritmo e sua tendência (KRUEGER, 2005).

Na análise da economia real do Brasil foram utilizados os seguintes dados: consumo final, consumo final do governo, consumo final das famílias, PIB da indústria, PIB a preço básico, PIB a preço de mercado, investimento (formação bruta), sendo os dados foram trimestrais para o período de 1991:T1 a 2008:T3, do IBGE/SCN. Também foi utilizado o dado média de horas pagas da indústria geral por trimestre (IBGE/PIMES), no período de 2001:T1 e 2008:T3, além das taxas de desemprego e rendimento médio real efetivo das pessoas ocupadas por trimestre, no período de 2002:T1 e 2008:T3 (IBGE/PME), e das taxas de juros *over selic* (% a.m.), no período 1995:T1 a 2008:T3. Todos os dados foram extraídos do site www.ipea.gov.br.

Os algoritmos para simular os modelos RBC, de Hansen, com trabalho indivisível e de crescimento neoclássico estocástico, estão disponíveis em Dejong e Dave (2007)⁹.

Após obtidos os resultados da economia artificial, foi feita comparação com a economia real brasileira. A seguir, apresenta-se uma simulação para o modelo RBC, utilizando alguns parâmetros da economia brasileira extraídos do trabalho de Kanczuk e Faria Jr. (2000), os quais são apresentados na Tabela 1.

⁹ Os algoritmos estão disponíveis nos seguintes sites: http://www.econ.pitt.edu/dbook/Macroeconometric_Analysis_Code.htm, <http://www2.wiwi.hu-berlin.de/institute/wpol/html/toolkit/version2.html>, cujos arquivos são: [examp10.m](#), [examp11.m](#).

Tabela 1. Valores dos parâmetros calibrados para a economia brasileira

θ	δ	ρ	σ_{ε}	γ	β	A	η
0,66	0,0081	0,95	0,053	0,014	0,97	1,7	-0,011

Fonte: Kanczuk e Faria Jr. (2000).

Nota: θ = parâmetro da função de produção Cobb-Douglas; δ = taxa de depreciação do capital; ρ = coeficiente do processo AR(1) do choque tecnológico; σ_{ε} = desvio-padrão do processo AR(1) do choque tecnológico; γ = taxas de crescimento tecnológico; β = fator de desconto intertemporal; A = coeficiente do trabalho indivisível; η = taxa de crescimento populacional.

A aderência empírica do modelo é feita pela comparação dos segundos momentos (desvio-padrão e coeficiente de correlação) das economias real e artificial. Quanto mais próximos esses valores, melhor será o ajuste do modelo à economia real (MAGALHÃES, 2005).

A qualidade do modelo RBC será avaliada ao observar se as variáveis são pró-cíclicas, isto é, se, apresentada uma relação diretamente proporcional ao produto (PIB), essas variáveis irão aumentar nas expansões econômicas e diminuir durante as contrações econômicas. No caso das variáveis contracíclicas, ao apresentar-se uma relação inversamente proporcional ao produto (PIB), essas variáveis aumentarão nas contrações econômicas e diminuirão durante as expansões econômicas; por último, as variáveis serão consideradas acíclicas quando não apresentarem nenhum padrão durante os ciclos econômicos (PIB).

5. Resultados

Ao analisar o comportamento cíclico de algumas variáveis da economia brasileira (Tabela 2), é possível observar que a produção industrial foi mais volátil que a nacional, já que o desvio-padrão (%) foi na ordem de 5,75 e 3,05, respectivamente, e o consumo do governo foi mais volátil que o consumo total. Dentre as séries analisadas, a taxa de juros e o investimento foram as mais voláteis.

Ao analisar o mercado de trabalho, observa-se que a série pessoas ocupadas foi a menos volátil, contudo, a série taxa de desemprego apresentou alta volatilidade. O aumento na dispersão desta última série pode ser devido à entrada de novas pessoas no mercado de trabalho. A série rendimento real também apresentou alta volatilidade, o que pode ter ocorrido devido aos reajustes anuais dos salários. A maioria das variáveis analisadas foram pró-cíclicas, com exceção da produtividade na indústria e da taxa de juros, sendo que era esperado que a produtividade tivesse um comportamento pró-cíclico, conforme verificado em Abel, Bernanke e Croushore (2008).

Tabela 2 – Propriedades cíclicas da economia brasileira, 1991:01 a 2008:03

x_t	Desvio- Padrão (%)	Correlação (x_{t-1}, y_t)	Correlação (x_t, y_t)	Correlação (x_{t+1}, y_t)	Direção
PIB_PM (y_t)	3.05	0.10	1.00	0.10	
PIB_PB	3.01	0.08	0.99	0.06	Pró-Cíclica
PIB_Indústria	5.75	0.07	0.89	0.14	Pró-Cíclica
Consumo Final	3.66	-0.14	0.77	0.42	Pró-Cíclica
Consumo Final do Governo	7.49	-0.57	0.59	0.36	Pró-Cíclica
Consumo Final das Famílias	3.24	0.25	0.73	0.30	Pró-Cíclica
Investimento	10.44	0.44	0.53	-0.23	Pró-Cíclica
Taxa de Juros ⁴	17.71	-0.40	-0.25	0.04	Antí-Cíclica
Horas Pagas – Média na Indústria ¹	7.29	-0.04	0.22	0.34	Pró-Cíclica
Produtividade na Indústria ¹	7.12	0.05	0.05	-0.34	Acíclica
Rendimento Real ²	5.45	-0.29	0.22	0.36	Pró-Cíclica
Pessoas Ocupadas ²	2.55	-0.42	0.32	-0.42	Pró-Cíclica
Pessoas Ocupadas ³	1.26	-0.04	0.66	0.46	Pró-Cíclica
Taxa de Desemprego ²	6.38	0.30	-0.15	-0.54	Antí-Cíclica

Fonte: Dados de pesquisa.

¹ período: 2001:T1 a 2008:T3, ² período: 2002:T1 a 2008:T3, ³ período: 1991 a 2002.

⁴ período: 1995 a 2008.

O consumo final, o consumo do governo e o da família flutuaram mais que o produto (PIB_PM). A flutuação do consumo da família foi menos intensa que a do consumo do governo. A flutuação do investimento foi mais acentuada que a do produto e do consumo, correspondendo ao primeiro fato estilizado, conforme Sorensen e Whitta - Jacobsen (2005). A flutuação da média das horas pagas pela indústria geral foi mais intensa que a do produto (Tabela 2). A flutuação da taxa de desemprego foi mais acentuada que a do produto, contrariando o segundo fato estilizado, que informa que o desemprego é menos volátil que o produto na economia da Inglaterra, dos Estados Unidos, da Dinamarca e da Finlândia, conforme Sorensen e Whitta - Jacobsen (2005).

Ao analisar a relação entre as variáveis, observa-se que o consumo e o produto (PIB_PM) apresentaram alta relação positiva, o que indica que essa variável é pró-cíclica, o mesmo ocorrendo para a variável investimento, embora esta tenha apresentado intensidade menor. Ao analisar a taxa de desemprego, percebe-se alta relação negativa com a variável produto (PIB_PM), o que significa que o desemprego diminuiu com o aumento do produto, conforme esperado. Dessa forma, o nível de emprego é pró-cíclico (movimenta-se na mesma direção do produto), conforme prevê a teoria do RBC, e as séries produtividade (produto/horas pagas) e taxa de juros acíclica e anti-cíclica, respectivamente, o que contraria a mesma teoria. Observa-se, também, que o rendimento real é pró-cíclico (0,22) (Tabela 2). Os resultados obtidos na Tabela 2, então, estão de acordo com os resultados obtidos por Kanczuk (2002), em que consumo, investimento, pessoas ocupadas e horas trabalhadas foram pró-cíclicos.

Ao analisar o rendimento real, verifica-se relação positiva com o produto (PIB_PM), o que indica que é uma variável pró-cíclica (Tabela 2). Knoop (2004) analisou a relação entre salário real e produto, para o período de 1870 a 1971, e encontrou que, em alguns períodos, o salário real era pró-cíclico (de 1945 a 1971) e, em outros, era acíclico (período de 1919 a 1939, entre guerras; e de 1870 a 1914, período do padrão ouro).

Ao comparar o padrão de volatilidade da economia real com o da economia artificial, do modelo RBC, verifica-se que a série investimento foi mais volátil que o produto, resultado encontrado na literatura. A série taxa de juros foi a que mais diferenciou a economia real da artificial, sendo altamente volátil e anti-cíclica para a economia real. Quando a economia artificial foi parametrizada com os dados da economia brasileira, a primeira ficou mais volátil, com exceção da variável produto. Em termos de volatilidade relativa em relação ao produto, esse modelo apresentou maior aderência à economia real (Tabela 3). O resultado obtido sobre o consumo da economia real (Tabela 3) está próximo ao de Ellery Jr. e Gomes (2005), cuja volatilidade (desvio-padrão) do consumo foi da ordem de 110. Com relação ao investimento, a diferença foi mais acentuada, pois sua volatilidade (desvio-padrão) alcançou a ordem 202, no período de 1901 a 1983.

As direções das variáveis obtidas para a economia real estão de acordo com os resultados obtidos por Kanczuk e Faria Jr. (2000). Para a economia artificial simulada, também por Kanczuk e Faria Jr. (2000), todas as variáveis foram pró-cíclicas, e a volatilidade do investimento foi dez vezes maior do que a do produto. Resultados semelhantes foram obtidos neste artigo, com uma volatilidade do investimento menos intensa, na ordem aproximada de cinco vezes o valor do produto, para o modelo RBC parametrizado com os dados da economia brasileira.

Tabela 3 - Propriedades cíclicas da economia brasileira e da economia artificial

Variáveis	Desvio Padrão(%)	D.P ⁴ . (% produto)	correlação (x_{t-1}, y_t)	correlação (x_t, y_t)	correlação (x_{t+1}, y_t)	Direção
Economia Real:						
Produto	3.05	100	0.10	1.00	0.10	
Consumo	3.66	120	-0.14	0.77	0.42	Pró-Cíclica
Investimento	10.44	342	0.44	0.53	-0.23	Pró-Cíclica
Trabalho	7.29	239	-0.04	0.22	0.34	Pró-Cíclica
Juros	17.71	580	-0.40	-0.25	0.04	Anti-Cíclica
Economia Artificial						
RBC Hansen ¹ :						
Produto	1.80	100	0.71	1.00	0.71	
Consumo	0.52	29	0.52	0.87	0.77	Pró-Cíclica
Investimento	5.74	319	0.73	0.99	0.67	Pró-Cíclica
Trabalho	1.37	76	0.74	0.98	0.64	Pró-Cíclica
Juros	0.06	4	0.74	0.96	0.60	Pró-Cíclica
Economia Artificial						
RBC Hansen Param ² :						
Produto	0.15	100	0.71	1.00	0.71	
Consumo	0.52	348	0.52	0.88	0.76	Pró-Cíclica
Investimento	0.73	489	0.73	1.00	0.69	Pró-Cíclica
Trabalho	0.74	496	0.73	0.99	0.68	Pró-Cíclica
Juros	0.74	496	0.74	0.99	0.66	Pró-Cíclica
Modelo Crescimento						
Neoclássico ³ :						
Produto	0.75	100	0.62	1.00	0.62	
Consumo	0.26	34	0.51	0.92	0.71	Pró-Cíclica
Investimento	0.75	100	0.64	1.00	0.59	Pró-Cíclica
Trabalho	0.03	4	0.64	0.96	0.5	Pró-Cíclica
Juros	0.21	27	0.07	0.35	0.55	Pró-Cíclica

Fonte: Dados de pesquisa.

¹Modelo RBC de Hansen com Trabalho indivisível e ²Parametrizado com Dados da Economia Brasileira.

³Modelo de Crescimento Neoclássico Estocástico, ⁴Desvio-Padrão.

Ao comparar a economia real brasileira, no modelo RBC de Hansen, com o trabalho indivisível e com o modelo de crescimento padrão, no período de 1976 a 1998, Ellery Jr., Gomes e Sachsida (2002) obtiveram maior aderência à economia real, a partir do modelo RBC. Tal resultado também foi obtido neste artigo, principalmente com relação ao modelo RBC parametrizado e, em termos de volatilidade relativa, com relação ao produto.

6. Considerações Finais

Os modelos econômicos aproximam-se mais dos fatos reais da economia quando é considerado um processo de tomada de decisões que observe a busca de escolhas ótimas intertemporais dentro de um ambiente de incerteza, tipo de abordagem que teve início na década de 80, com o trabalho de Kydland e Prescott (1982). Essa nova forma de analisar a economia tenta aproximar as questões de longo prazo dos aspectos econômicos de curto prazo (flutuações econômicas), em que são enfatizadas as fundamentações microeconômicas das análises macroeconômicas, respondendo, dessa forma, à crítica de Lucas. O presente artigo utilizou essa metodologia, ao comparar o modelo RBC, de Hansen, com o trabalho indivisível ao modelo de crescimento neoclássico estocástico com a economia real, no período de 1991 a 2008. Esta análise foi feita a partir de duas informações: a volatilidade das variáveis econômicas, expressas a partir do desvio-padrão das séries; e a direção das variáveis, que indica se são pró-cíclicas, anti-cíclicas ou acíclicas. Ao analisar a economia real, as variáveis investimento e taxa de juros apresentaram volatilidade maior que a do produto. A maioria das variáveis analisadas (consumo, investimento, horas pagas, pessoas ocupadas) foi pró-cíclica, mas a taxa de juros apresentou comportamento anti-cíclico. Com relação à direção das variáveis, o modelo RBC e a economia real apresentaram o mesmo sentido para a maioria delas, com exceção da taxa de juros, que foi pró-cíclica e anti-cíclica, respectivamente. Por fim, o modelo RBC apresentou maior aderência à

economia real, quando foi parametrizado com os dados da economia brasileira, observando-se o desvio-padrão relativo ao produto.

Referências

ABEL, A. B., BERNANKE, B. S. e CROUSHORE, D. **Macroeconomia**. 6ed. Pearson Addison-Wesley, 2008, 457 pp.

DEJONG, D. N. e DAVE C. **Structural Macroeconometrics**. Princeton University Press, 2007, 338 pp.

ELLERY, JR., R. , GOMES, V. e SACHSIDA, A. Business Cycle Fluctuations in Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, vol. 56, n. 2, pp. 269-308, junho de 2002.

ELLERY, JR., R. GOMES, V. Ciclo de Negócios no Brasil Durante o Século XX – Uma Comparação com Evidência Internacional. **Revista Economia**, vol. 6, n.1, pp. 45-66, jan/jul. 2005.

HANSEN, G. D. Indivisible Labor and the Business Cycle. **Journal of Monetary Economics**, vol. 16, pp. 309-327, 1985.

HOOVER, K. D. Facts and artifacts: Calibration and the empirical assessment of real-business-cycle models. Oxford Economic Papers, vol. 47, n.1, March 1995, pp. 24-44. In: HARTLEY, J.E., HOOVER, K.D. e SALYER, K.D.. **Real Business Cycles: A Reader**. Routledge Press, 1998, 669 pp.

KANCZUK, F. e FARIA, JR. F. Ciclos Reais para a Indústria Brasileira. **Estudos Econômicos**, vol. 30, n. 2, pp. 335-350, 2000.

KANCZUK, F. Business cycles in a small open Brazilian economy. **Economia Aplicada**, v.5, n.3, 2001, pp. 455-469.

KANCZUK, F. Juros Reais e Ciclos Reais Brasileiros. **Revista Brasileira de Economia**, vol. 56, n. 2, pp. 249-267, abr./jun 2002.

KARAGEDIKLI, O. et al. RBCs and DSGEs: **The computational approach to business cycle theory and evidence**. Norges Bank, Working Paper, n. 17, 2008, 36pp.

KING, R. G. e REBELO, S. T. Resuscitating Real Business Cycles. **Working Paper**, n. 467, January 2000, 100pp. Rochester Center for Economic Research. University of Rochester.

KNOOP, T. A. **Recessions and Depressions – Understanding Business Cycles**. Praeger Publishers, 2004, 289pp.

KRUEGER, D. **Quantitative Macroeconomics: An Introduction**. April, 2005, 111 pp. <http://www.wiwi.uni-frankfurt.de/profs/krueger/teaching/QuantMacro.pdf>, acessado em junho 2007.

MAGALHÃES, M. A. Equilíbrio e ciclos. **Rev. Econ. Contemp.**, set/dez 2005, vol.9, no.3, p.509-554.

McCANDLESS, G. The ABCs of RBCs – **An Introduction to Dynamic Macroeconomic Models**. Harvard University Press, 2008, 421 pp.

McGRATTAN, E. R. Real Business Cycles. **Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department Staff Report**. n. 370, February 2006, 11pp.

NOVAES, A., FERNÁNDEZ, E. e RUÍZ, J. **Economic Growth, Theory and Numerical Solution Methods**. Springer Verlag Press, 2009, 528pp.

REBELO, S. Real Business Cycle Models: Past, Present, and Future. **Scandinavian Journal of Economics**, vol. 107, issue 2, pp. 217-238, 2005.

SORENSEN, P. B. e WHITTA-JACOBSEN, H. J. **Introducing Advanced Macroeconomics: Growth & Business Cycles**. McGraw-Hill Press, 2005, 869pp.

TELES, V., K., SPRINGER, P., et al. Ciclos Econômicos e Métodos de Filtragem: “Fatos Estilizados” para o Caso Brasileiro. **Revista Economia**, vol. 6, n. 2, pp. 291-328, Jul/Dez. 2005.

Abstract: Fluctuation Economic research grow up from 80's with the Dynamic Stochastic General Equilibrium Models (DSGE), where the agent are search for the optimum point at the intertemporal decisions, that is decision over time of how consumers make choice between present and future consumption at the uncertain environment. The real business cycles (RBC) are example this kind of DSGE models. The objectives of the paper are understands the theoretical structure of the RBC model and compare it with the Brazilian economy. The economic real showed that consumption and investment are pro-cyclic and the investment is more volatile than the consumption, the real wage and paid hours were pro-cyclic, where this second variable was more volatile. The artificial economic was the Hansen benchmark real business cycle model with indivisible labor and the stochastic neoclassical growth model. Between the real and artificial economic, the variable interest was more different, that direction was anti-cyclic and pro-cyclic respectively. The RBC model with parameters of the economic Brazilian date, the adherence better, when looking to relative volatile in product relationship.

Keywords: real business cycles, aggregate fluctuations.