

Ciclos Reais para a Indústria Brasileira?

*Fabio Kanczuk
Francisco Faria Jr.*

FEA-USP
Rosenberg & Associados

RESUMO

As séries históricas da indústria brasileira são tratadas de forma que seus comportamentos cíclicos sejam estudados, e identificados alguns de seus fatos estilizados. Construímos uma economia artificial com trabalho indivisível e custos de ajustamento, calibramos seus parâmetros e confrontamos as propriedades dinâmicas das séries provenientes de suas simulações com as das séries brasileiras. A economia proposta reproduz vários dos fatos estilizados, mas apresenta flutuações para as horas trabalhadas inferiores às observadas na economia real.

PALAVRAS-CHAVE

ciclos reais de negócios, indústria brasileira, trabalho indivisível, custos de ajustamento

ABSTRACT

We treat Brazilian Industry data in order to identify their high frequency stylized facts. We construct an indivisible labor economy with adjustment costs, calibrate it and compare its dynamic with those from the Brazilian Industry. The proposed artificial economy reproduces many of the stylized facts but it displays relatively low fluctuation in hours worked.

KEY WORDS

real business cycles, Brazilian industry, indivisible labor, adjustment costs

JEL classification

E30, E32

INTRODUÇÃO

O começo dos anos oitenta foi marcado pela emergência da (Nova) Teoria de Ciclos Reais de Negócios, representada pelo trabalho de Kydland e Prescott (1982). Essa teoria estabeleceu um protótipo de modelo e um conjunto de técnicas que possibilitaram levar adiante a pesquisa de Equilíbrio Geral, por meio de um ferramental computacional para calcular o equilíbrio de economias artificiais e estudar suas propriedades empíricas. Apesar do enorme número de publicações que rapidamente se espalharam pelos melhores jornais internacionais, muitos pesquisadores brasileiros tendem a desconsiderar os avanços nessa teoria devido a sua ênfase em choques tecnológicos como fonte das flutuações.¹

Este artigo entende que essa é uma visão excessivamente simplificada e desenvolve o que acreditamos ser um primeiro passo para uma promissora pesquisa de ciclos reais de negócios para o Brasil.² Mais importante, sugere que é possível reproduzir as oscilações da indústria brasileira com modelos intrinsecamente dinâmicos e fundamentados na teoria de Equilíbrio Geral. A relativa importância de choques tecnológicos e de outros choques (monetários, fiscais, externos?) é algo em aberto, a ser determinado.

Inicialmente, propomos algumas das características dinâmicas mais importantes da indústria brasileira e as confrontamos com as características da economia dos EUA. Para isso sugerimos uma forma de tratamento dos dados brasileiros para adequá-los ao estudo de ciclos, que envolve dessazonalizar as séries antes de passá-las pelo filtro de Hodrick-Prescott.

Em seguida, fazemos uso de um modelo bastante popular de Ciclos Reais de Negócios (HANSEN, 1985), modificado de forma a contemplar custos de ajustamento, para criar uma economia artificial a ser comparada com a brasileira. Este modelo é calibrado e simulado de acordo com parâmetros econômicos brasileiros, e sua performance é então avaliada.

Os principais resultados foram os seguintes. A indústria brasileira aparenta ter comportamento bastante similar à economia dos EUA, mas com algumas importantes diferenças:

- i) A indústria brasileira é bem mais volátil que a economia dos EUA. O produto industrial brasileiro tem desvio padrão cerca de uma vez e meia superior ao

1 Veja, contudo, as possibilidades estudadas em COOLEY (1995).

2 Entretanto é de nosso conhecimento que Pedro Cavalcanti Ferreira (EPGE-RJ) e Roberto Ellery (UnB) têm simultaneamente desenvolvido pesquisa nessa área.

do produto industrial americano e cerca de três vezes e meia superior ao produto americano. Os “choques tecnológicos” (medidos pelos resíduos de Solow) brasileiros apresentam menor persistência e maior volatilidade.

- ii) No Brasil a volatilidade do investimento é cerca de duas vezes a volatilidade do produto, enquanto nos EUA essa relação é próxima a três.
- iii) O consumo é mais correlacionado com o produto no Brasil do que nos EUA.

As séries geradas pela economia artificial sem custos de ajustamento apresentaram volatilidades bem superiores às da economia real, sobretudo a série de investimento. Já a economia artificial com custos de ajustamento reproduz grande parte dos fatos estilizados da economia real. Contudo, a série artificial de horas pagas é menos volátil e mais correlacionada com o produto do que a correspondente série na economia real.

Na seção 1 descrevemos a metodologia empregada no tratamento dos dados. Na seção 2 apresentamos o modelo. A seção 3 descreve o método de solução computacional e a calibração do modelo. A seção 4 compara os resultados das simulações da economia artificial com a economia real. A seção 5 conclui e sugere extensões e futuras pesquisas.

1. TRATAMENTO DOS DADOS BRASILEIROS

Devido à periodicidade e sobretudo à qualidade dos dados, utilizamos as informações da indústria do IBGE (www.ibge.gov.br) e da FUNCEX para construirmos as séries de consumo e investimento. Os dados de consumo e investimento das Contas Nacionais, que constituem alternativa principal à nossa escolha, apresentam os seguintes problemas. Em primeiro lugar, apesar dos recentes avanços na metodologia de cálculo das Contas Nacionais, o Consumo Privado é, em boa medida, obtido por resíduo. Em segundo lugar, a mensuração do setor serviços, assim como ocorre em todo o mundo, enfrenta grandes dificuldades metodológicas. Boa parte da evolução da Administração Pública, por exemplo, é dada pelo crescimento populacional. Quanto à Agropecuária, independentemente de problemas de mensuração, esta costuma ser fortemente influenciada por fatores de natureza exógena (especialmente o subsetor Lavouras), tais como subsídios governamentais e volume de chuvas, que não são abordados na nossa modelagem. Isto sugere que nos concentremos inicialmente na indústria, e deixemos os outros setores econômicos para pesquisas futuras.

Os dados da indústria estão disponíveis em número-índice (média de 1991 igual a 100) a partir de 1985, com periodicidade mensal, e encontram-se divididos nos setores Bens de Capital, Bens de Consumo Duráveis, Bens Intermediários e Bens de Consumo Semi-Duráveis e Não-Duráveis. Uma desvantagem de se utilizar dados da indústria é a sua forte sazonalidade. Para solucionar esse problema empregamos uma desazonalização por “*Ratio to Moving Average*” (vide manual do Eviews). Em seguida, para transformá-los em trimestrais, que é a periodicidade usual para se estudar ciclos reais, agregamos os meses em trimestres por meio de média aritmética.

Como usual na literatura de ciclos reais, bens de consumo duráveis devem ser incluídos na série de investimento, porque bens duráveis são *de facto* consumidos em períodos seguintes, o que coincide com conceito econômico de investimento. Isto implica a necessidade de se computar os serviços provenientes dos “consumo” de bens duráveis em períodos posteriores à sua compra, e adicioná-los à produção. Para tal, é utilizado $Y_d = (\delta_d + r)K_d$, em que Y_d e K_d são, respectivamente, os serviços e capital de duráveis, e δ_d e r são, respectivamente, a depreciação de duráveis e a taxa de juros real. Utilizamos $r = 16,5\%$, uma média do período, como indicado em Araújo e Ferreira (1999), e $\delta_d = 21\%$, que é a depreciação de duráveis nos EUA. (COOLEY, 1995)³ Para o capital K_d utilizamos o método de inventário, que consiste em utilizar as séries de investimento (no caso consumo de duráveis) para criar a série de capital.

Para obter as séries de Investimento e Consumo agregamos os setores Bens de Capital e Bens de Consumo Duráveis (para o Investimento) e Bens Intermediários, de Consumo Semi e Não-Duráveis e serviços dos duráveis (para o Consumo) de acordo com seu peso na Indústria Geral no ano de 1991 (Séries Relatórios Metodológicos, volume 11, IBGE). A adição dos bens intermediários deve-se ao fato de estarmos utilizando a produção da indústria, e não seu valor adicionado, como objeto de análise. Tal escolha é justificada pela ausência de dados para o valor adicionado da indústria, e não deve ser particularmente importante porque estaremos estudando somente as oscilações das séries em torno de uma tendência.

Como no Brasil não se dispõe de série de capital medida diretamente, ela também deve ser construída a partir da série de investimento pelo método do inventário.⁴ Construímos nossa série de capital utilizando uma depreciação anual de 3,2%, o que corresponde, como veremos a seguir, a uma relação capital/produção para a indústria igual a 3,6. Tais valores são consistentes com os de outros trabalhos. (BONELI & FONSECA, 1998; CARVALHO, 1996)

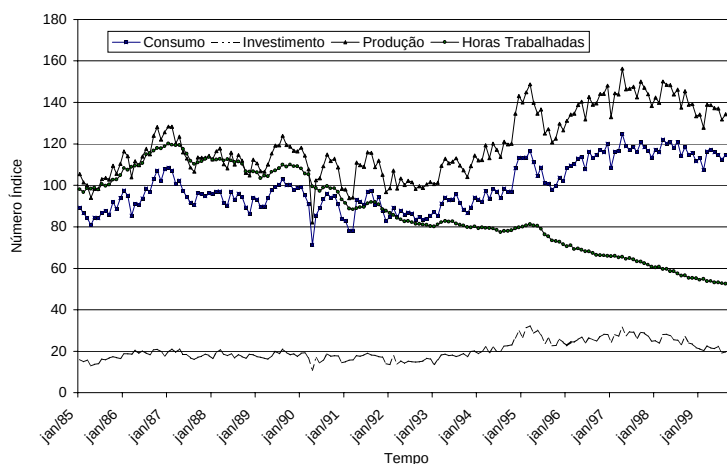
3 Isto corresponde a assumir que a depreciação dos duráveis nos EUA é igual à do Brasil, o que não significa dizer que os bens duráveis são utilizados pelo mesmo tempo nas duas economias.

4 Para o valor inicial do estoque de capital utilizamos um processo iterativo: o capital inicial foi escolhido de forma que o valor médio da relação capital/produto no período fosse igual a seu valor de estado estacionário.

Finalmente, o logaritmo das séries obtidas foram filtrados por Hodrick-Prescott com $l=1600$, como é de costume na literatura de ciclos reais.

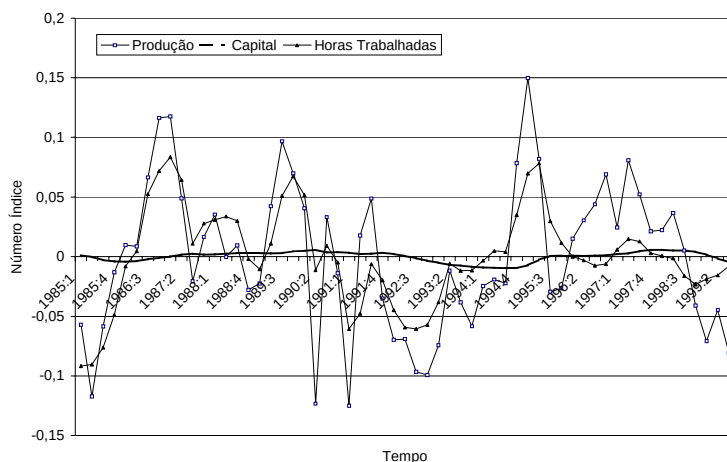
As séries originais e tratadas podem ser observadas nas Figuras 1, 2 e 3. As originais têm uma peculiaridade já abordada em outros trabalhos (vide BONELI & FONSECA, 1998 e ROSSI JR. & FERREIRA, 1999): a produção não mostra a tendência de alta que seria esperada; por outro lado, o número de horas pagas e o pessoal ocupado apresentam clara tendência decrescente.

FIGURA 1 - SÉRIES ORIGINAIS



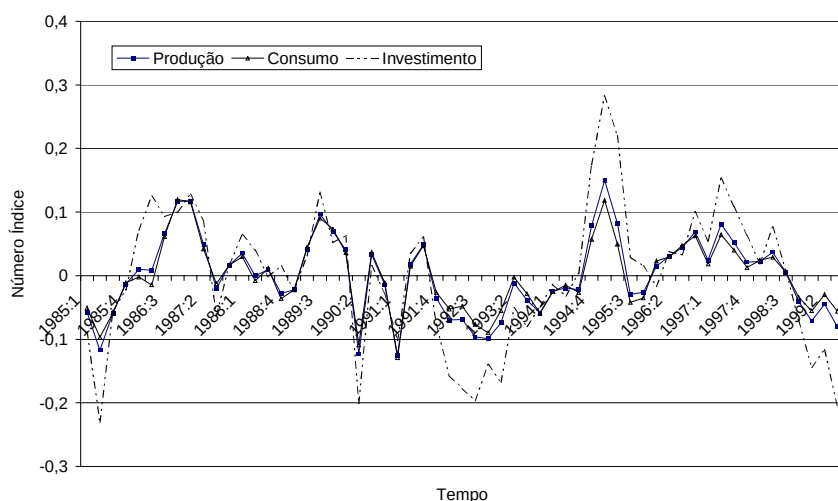
A Figura 2 indica um fenômeno típico em ciclos reais: a série de capital é pouco volátil nas frequências altas; a série de horas trabalhadas (e assim o mercado de trabalho) é a principal responsável pelas flutuações do produto.

FIGURA 2 - COMPONENTES CÍCLICOS DOS INSUMOS



A Figura 3 também indica o típico comportamento da série de investimento ser mais volátil que o produto e o consumo. Também mostra uma diferença da indústria brasileira quando comparada à economia dos EUA: a série de consumo é pouco suave, e acompanha à do produto.

FIGURA 3 - COMPONENTES CÍCLICOS DA DEMANDA



2. O MODELO

Nossa economia artificial é povoada por um contínuo de famílias idênticas e com vida infinita, com nomes no intervalo $[0, 1]$. Há uma única firma com acesso a uma tecnologia descrita por uma função de produção Cobb-Douglas da forma

$$f(z_t, k_t, h_t) = e^{z_t} (1 + \gamma)^{(1-\theta)t} k_t^\theta ((1 + \eta)^t h_t)^{1-\theta}$$

em que trabalho (h_t) e capital acumulado (k_t) são os insumos e z_t é uma variável que segue um processo estocástico a ser descrito abaixo. As constantes γ e η representam, respectivamente, as taxas de crescimento tecnológico e populacional. Assume-se que os agentes observam z_t antes de tomar as decisões do período t . A hipótese de uma só firma é feita por conveniência, já que como a tecnologia apresenta retornos constantes com a escala - implicando que firmas têm lucro zero em equilíbrio - a economia se comportaria da mesma forma se houvesse várias firmas.

O produto, que é produzido pelas firmas e vendido às famílias, pode tanto ser consumido (c_t) como investido (i_t), e a seguinte restrição deve ser satisfeita:

$$c_t + i_t[1 + \phi(i_t/k_t)] \leq f(z_t, k_t, h_t)$$

em que $\phi(i_t/k_t)$ é uma função convexa que representa o custo de ajustamento na instalação de capital fixo, um artifício que visa reduzir a volatilidade do investimento, como veremos a seguir. Como forma funcional para este custo de ajustamento utilizamos $\phi(i/k) = \phi[i/k - \delta]^2$, em que, com um pequeno abuso na notação, o ϕ do lado direito da equação é uma constante positiva. Com esta escolha funcional, o custo de ajustamento no estado estacionário é igual a zero.

A lei de formação do estoque de capital é dada por

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

em que δ é a taxa de depreciação do capital. O capital é propriedade das famílias, que vendem seus serviços à firma.

Assume-se que o choque tecnológico segue um processo de Markov de primeira ordem. Em particular, z_t segue a seguinte lei de formação:

$$z_{t+1} = \rho z_t + \varepsilon_t$$

em que ε_t é idêntico e independentemente distribuído de acordo com uma função de distribuição normal com média zero e variância:

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

Famílias maximizam o valor esperado de $\sum_{t=0}^{\infty} ((1+\eta)\beta)^t u(c_t, l_t)$, em que $0 < \beta < 1$ é o fator de desconto intertemporal e c_t e l_t são consumo e lazer no período t , respectivamente. A dotação de tempo é normalizada para um, assim, $l_t = 1 - h_t$. A utilidade no período t é dada pela função

$$u(c_t, l_t) = \log(c_t) + \alpha l_t$$

que corresponde à especificação de trabalho indivisível, como proposto por Hansen (1985).

Agora temos uma especificação completa de preferências, tecnologia e estrutura estocástica de uma economia simples, em que indivíduos podem ofertar qualquer nível de emprego no intervalo $[0, 1]$. Em cada período, três bens são comercializados: produto, trabalho e capital. É possível considerar somente essa seqüência de mercados “spot”, porque não há demanda para compartilhar risco intertemporal, o que ocorreria se as famílias fossem heterogêneas.

As famílias resolvem o seguinte problema, em que w_t é a taxa de salário e r_t a taxa de aluguel de capital:

$$\text{Max} E \sum_{t=0}^{\infty} ((1+\eta)\beta)^t u(c_t, 1-h_t),$$

dado k_0 e z_0 e sujeito a

$$c_t + i_t[1 + \phi(i_t / k_t)] \leq w_t h_t + r_t k_t$$

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

Os agentes tomam as decisões do período t baseando-se em todas as informações disponíveis no momento (o que inclui r_t e w_t). Eles têm expectativas racionais, no sentido de que suas projeções de salários e taxas de juros futuras são as mesmas que aquelas impostas pelas leis de formação. As condições de primeira ordem para a maximização de lucro das firmas implicam que as taxas de salário e de aluguel de capital sejam iguais às produtividades marginais do trabalho e capital, respectivamente.

Um equilíbrio nessa economia são, em cada período, as alocações de consumo, investimento e trabalho e os preços (salário e taxas de juros), tal que: (i) as famílias maximizam suas utilidades tomando preços como dados e satisfazendo as restrições apresentadas; (ii) as firmas maximizam lucro, também tomando preços como dados; e (iii) os mercados se equilibram, isto é, quantidades demandadas e ofertadas são iguais, para todos os bens.

Como não há externalidades ou outras distorções, o Pareto Ótimo com pesos iguais dessa economia é suportado por um equilíbrio competitivo. Como os agentes são idênticos, o Pareto Ótimo com pesos iguais é a solução do problema de maximizar o bem-estar esperado do agente representativo sujeito às restrições tecnológicas.

Esse problema pode ser resolvido usando-se técnicas de programação dinâmica (vide STOKEY & LUCAS, 1989). Isso requer encontrar a única função contínua $V: S \rightarrow \Re$ (em que S é o espaço de estados) que satisfaz a equação de Bellman (linha denota valores do próximo período):

$$V(k, z) = \text{Max}\{u(c, 1 - h) + \beta E[V(k', z') / z]\}$$

em que a maximização é sobre c e h e sujeita às mesmas restrições já apresentadas. A função valor $V(k, z)$ é o máximo que pode ser obtido do valor esperado da função de utilidade sobre todos os planos possíveis. Como a função de utilidade é côncava e o conjunto de restrições convexo, a função valor também é côncava. Isto implica que esse é um típico problema côncavo de programação dinâmica de dimensões finitas.

Infelizmente, esse problema não pode ser resolvido analiticamente, porque não há forma funcional para uma solução explícita da função valor. O método de solução que utilizamos é o de aproximar esse problema a um que consiste de função objetivo quadrática e restrições lineares (vide COOLEY, 1995), como exporemos brevemente a seguir.

3. MÉTODO DE SOLUÇÃO E CALIBRAÇÃO

O problema apresentado não pertence à classe de problemas para os quais é possível obter-se solução analítica. Essa classe especial de problemas inclui aqueles com objetivos quadráticos e restrições lineares, além de algumas outras estruturas. Por essa razão, são estudadas economias aproximadas para as quais o problema do agente representativo é linear-quadrático. Com isso, torna-se possível explicitar as regras de decisão para as economias aproximadas.

Fazendo as substituições apropriadas podemos expressar o problema de programação dinâmica com variáveis de decisão i_t e h_t e variáveis de estado z_t e k_t . As restrições para o problema são lineares, mas a função-objetivo não. O procedimento adotado é construir uma aproximação quadrática da função-objetivo que seja acurada numa vizinhança do estado estacionário do modelo quando o choque tecnológico é igualado à sua média incondicional ($E[z] = 0$).

Para, de fato, computar as aproximações quadráticas, resolver para um equilíbrio, e gerar séries de tempo artificiais, é necessário especificar os parâmetros. Seguindo a pesquisa de ciclos reais, utilizamos uma metodologia baseada em evidências sobre o crescimento econômico de longo prazo e dados microeconômicos, chamada

calibração (para uma discussão dessa metodologia, vide HANSEN & HECKMAN, 1996).

Os parâmetros γ e η são calculados a partir das séries de horas trabalhadas e de produção, e têm valores trimestrais iguais a 1,4% e -1,1%, respectivamente. O parâmetro θ é igual à fração correspondente à remuneração do capital na produção. Ele foi calculado para os anos de 1990 a 1997 por meio da razão entre o Excedente Operacional Bruto e as Remunerações (incluídas as remunerações de autônomos), e se mostrou bastante estável, apresentando média (entre os anos) igual a 0,66.

É importante mencionar que este valor para θ é bastante superior ao usualmente utilizado na literatura (0,36), calibrado para a economia dos EUA, e também superior ao usualmente utilizado para a economia do Brasil (ARAÚJO & FERREIRA, entre outros, utilizam $\theta = 0,5$). Tal discrepância pode ser devida a vários fatores. Uma possibilidade é a má divisão, pelo IBGE, da renda dos proprietários. Uma alternativa teórica seria que o Brasil, por dispor de mão de obra com baixo nível de capital humano, teria, de fato, uma maior participação da remuneração do capital. Ainda, pelo fato da indústria ser mais capital intensiva que o resto da economia, este parâmetro seria ainda maior para a indústria. De qualquer forma, investigamos a sensibilidade dos resultados a variações desse parâmetro, e obtivemos, como é típico em estudos para altas frequências, que os resultados são pouco sensíveis à especificação de θ .

Para determinar δ , utilizamos a lei de formação para o capital no estado estacionário e a condição de arbitragem para uma taxa de juros real de mercado: $i/y = (\gamma + \eta + \gamma\eta + \delta)k/y$ e $r = \theta y/k - \delta$. Das séries, obtivemos a média $i/y = 0,17$ e, como já mencionado, $r = 16,5\%$ também corresponde a uma média histórica. A resolução dessas duas equações implica $\delta = 3,2\%$ e $k/y = 3.6\%$ (valores anuais), valores consistentes com Boneli e Fonseca (1998) e Carvalho (1996).

Em 1995, a renda média nominal das pessoas ocupadas foi R\$ 6.022, enquanto que a renda *per capita* foi de R\$ 4.223 (vide ARAÚJO & FERREIRA, 1999). Esses dois números utilizados na função de produção, com o valor de θ já obtido, implicam uma fração do tempo ocupado em atividades do mercado igual a $h = 0,24$. A condição de primeira ordem para as horas trabalhadas no estado estacionário implica

$$A = (1 - \theta)y / (ch)$$

o que nos permite obter $A = 1,7$ a partir da relação entre produto e consumo média no período.

O parâmetro β é calibrado a partir da condição de primeira ordem para o investimento, $[1 - \delta + \theta y/k]\beta(1 + \eta) = 1$, e vale 0,97 (trimestral).

Finalmente, os valores de ρ e σ_ε são obtidos a partir da especificação dos choques de produtividade. Em primeiro lugar obtêm-se os Resíduos de Solow z_t a partir das séries de capital e horas trabalhadas:

$$z_t = \log(y_t) - \theta \log(k_t) - (1 - \theta) \log(h_t)$$

A seguir, estima-se um processo AR(1) para esses resíduos. Os resultados obtidos foram $\rho = 0,95$ e $\sigma_\varepsilon = 5,3\%$ (trimestral). Contudo, deve-se notar que a calibração deste parâmetro é particularmente imprecisa devido às dificuldades da estimação, já que horas trabalhadas são correlacionadas com o resíduo. Isto nos levou a seguir a literatura, e trabalhar com valores de σ_ε escolhidos de forma que o desvio padrão da economia artificial seja igual ao da economia real.

A tabela a seguir resume os valores dos parâmetros calibrados para uma economia trimestral:

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

4. RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 apresentam as características dinâmicas das economias dos EUA e Brasil, respectivamente, após as séries terem sido filtradas. A primeira coluna (D.P.) corresponde aos desvios padrões de cada variável, e as colunas seguintes correspondem às correlações do produto com cada uma das variáveis defasadas pelo número indicado entre parênteses. Isto é, a coluna com título $x(-3)$ corresponde às correlações do produto com as variáveis produto, consumo, investimento e horas pagas defasadas em -3 trimestres, e assim por diante.

TABELA 1 - DESVIO PADRÃO EM PORCENTAGEM E CORRELAÇÃO COM PRODUTO PARA A ECONOMIA DOS EUA

VARIÁVEL	D.P. %	X(-3)	X(-2)	X(-1)	X	X(1)	X(2)	X(3)
Produto	1.72	.38	.63	.85	1.0	.85	.63	.38
Consumo	1.27	.57	.72	.82	.83	.67	.46	.22
Invest.	5.34	.43	.63	.82	.90	.81	.60	.35
Horas	1.59	.30	.53	.74	.86	.82	.69	.52

Fonte: Cooley (1995).

TABELA 2 - INDÚSTRIA BRASILEIRA

VARIÁVEL	D.P. %	X(-3)	X(-2)	X(-1)	X	X(1)	X(2)	X(3)
Produto	6.22	.16	.17	.53	1.0	.52	.16	.16
Consumo	5.51	.12	.11	.50	.99	.48	.13	.17
Invest.	10.87	.27	.33	.54	.91	.55	.23	.10
Horas	4.02	.13	.16	.41	.76	.70	.42	.23

Note que o desvio padrão do produto industrial no Brasil é cerca de três vezes e meia maior do que o do produto total nos EUA. Essa diferença deve-se não apenas ao fato do produto dos EUA incluir o setor serviços, que é menos volátil que o industrial, mas também à maior instabilidade econômica do Brasil. Sabemos disso porque o desvio padrão da indústria nos EUA é somente 3,64% (*Federal Reserve, Board of Governors*), portanto, cerca de 60% do desvio padrão da indústria brasileira.

Além de alta volatilidade, o produto industrial no Brasil tem uma permanência temporal (ou inércia) baixa: a correlação entre períodos consecutivos é cerca de 0,52, enquanto nos EUA esse valor é 0,85. As séries de consumo, investimento e horas pagas também apresentam maior volatilidade e menor inércia no Brasil.

Comparando a volatilidade dessas séries com a volatilidade do produto obtém-se que, nos EUA, os desvios padrões do consumo, do investimento e de horas são, respectivamente, 0,74, 3,1 e 0,92 do desvio padrão do produto. No Brasil, os valores correspondentes são 0,89, 1,75 e 0,65. O investimento é, assim, relativamente menos volátil no Brasil.

As correlações do produto com consumo, investimento e horas nos EUA estão na faixa de 0,8 – 0,9, sendo que a variável que apresenta maior correlação é o investimento, um provável indicador de choques de produtividade. Já para o Brasil, a correlação do produto com consumo é maior do que com o investimento, que, por sua vez, é maior do que com as horas.

As diferenças entre os dois países podem ser resultado de diversos fatores. Uma possibilidade, explorada neste artigo, é a de que os custos para instalação de capital são relevantes no Brasil.⁵

Nossa intuição é de que a importância dos custos de instalação está relacionada e pode estar refletindo a forma de financiamento das empresas. Nos EUA as empresas obtêm grande parte dos fundos por meio do mercado de capitais, com emissões de ações. Em contraste, no Brasil as empresas ainda dependem muito mais dos empréstimos bancários, geralmente mais custosos.

A presença de custos de instalação impede que os investimentos sejam rápida e intensivamente acrescidos quando de um aumento de produtividade. Adicionalmente, como é custoso utilizar-se dos investimentos para absorver a volatilidade do produto, o consumo não pode ser fortemente suavizado, apresentando maior volatilidade relativa e maior correlação com o produto.

A Tabela 3 apresenta as características dinâmicas obtidas para simulações da economia artificial sem custos de instalação ($\phi = 0$). Conforme já mencionado, devido às dificuldades na calibração de σ_ε , escolhemos este parâmetro de forma a que o produto da economia artificial tenha volatilidade igual ao da economia real. Para tal, utilizamos $\sigma_\varepsilon = 3,5\%$. Note que o desvio padrão do consumo é somente 0,3 do desvio padrão do produto, e a correlação contemporânea dessas variáveis é somente 0,5, indicando o “esforço” realizado para suavizar o perfil do consumo. O desvio padrão do investimento, por outro lado, é cerca de dez vezes o do produto, o que sugere como as oportunidades de alta (e baixa) produtividade seriam aproveitadas para aumentar (diminuir) o estoque de capital, se uma economia com essa grande volatilidade de produtividade não apresentasse custos de instalação.

TABELA 3 - ECONOMIA ARTIFICIAL SEM CUSTOS DE INSTALAÇÃO ($\phi = 0$)

VARIÁVEL	D.P. %	X(-3)	X(-2)	X(-1)	X	X(1)	X(2)	X(3)
Produto	6.17 (0.73)	.23 (.12)	.44 (.10)	.69 (.07)	1.0 (.00)	.69 (.07)	.44 (.10)	.23 (.12)
Consumo	1.89 (0.60)	-.11 (.20)	.04 (.26)	.23 (.33)	.50 (.42)	.49 (.25)	.46 (.15)	.41 (.12)
Invest.	63.4 (15.2)	.17 (.13)	.28 (.14)	.41 (.16)	.57 (.21)	.37 (.14)	.22 (.11)	-.09 (.10)
Horas	5.24 (0.64)	.30 (.13)	.48 (.11)	.71 (.07)	.98 (.01)	.63 (.07)	.35 (.10)	-.13 (.11)

5 Outras possibilidades são discutidas na última seção.

Os desvios padrões e correlações com produto são médias de estatísticas computadas para cada uma das 100 simulações. Cada simulação consiste de 145 períodos. Os números entre parênteses são desvios padrões dessas estatísticas. Antes de computar as estatísticas, as séries foram logaritmadas e filtradas por Hodrick-Prescott utilizando-se o mesmo procedimento usado para as séries brasileiras.

Ao contrário do que ocorre para os EUA, o modelo de trabalho indivisível parece não reproduzir alguns fatos estilizados básicos da economia brasileira. Nossa primeira intuição, como comentado anteriormente, é de que custos de instalação sejam significativos para o caso brasileiro, impedindo que choques de produtividade sejam então aproveitados, e assim diminuindo a suavização de consumo.

Para confrontá-la quantitativamente, aumentamos o valor de ϕ , inserindo custos de instalação, até que a razão entre os desvios padrões do investimento e do produto na economia artificial fosse igual à mesma na economia brasileira real. Para que este fato estilizado fosse reproduzido, imputamos $\phi = 4600$. Infelizmente, pelo fato de os custos de instalação não estarem microfundamentados, o valor para ϕ não possui um correspondente no mundo real, e sua dimensão não pode ser avaliada.⁶ Adicionalmente, não conhecemos nenhum trabalho na literatura que utiliza exatamente a mesma formulação para custos de instalação, o que nos impede de comparar nosso valor de ϕ com algum já utilizado anteriormente. O resultado das simulações para essa economia encontra-se na Tabela 4.

TABELA 4 - ECONOMIA ARTIFICIAL COM CUSTOS DE INSTALAÇÃO ($\phi = 4600$)

VARIÁVEL	D.P. %	X(-3)	X(-2)	X(-1)	X	X(1)	X(2)	X(3)
Produto	6.84 (.80)	.22 (.12)	.43 (.10)	.68 (.07)	1.0 (.00)	.68 (.07)	.43 (.10)	.22 (.12)
Consumo	6.25 (.76)	.22 (.12)	.42 (.10)	.68 (.07)	1.0 (.00)	.68 (.07)	.43 (.10)	.23 (.11)
Invest.	10.84 (1.87)	.23 (.12)	.43 (.10)	.68 (.07)	.99 (.01)	.67 (.07)	.42 (.10)	.21 (.12)
Horas	0.53 (.06)	.24 (.12)	.44 (.10)	.69 (.07)	1.0 (.00)	.67 (.07)	.41 (.10)	.20 (.12)

Idem tabela anterior.

6 No nosso modo de entender, esta constitui uma importante extensão para este trabalho.

Note que os desvios padrões do produto, consumo e investimento estão razoavelmente próximos aos da economia real, mas horas pagas, nesse caso, apresenta pouca volatilidade. Note também que as correlações do consumo, do investimento e de horas com o produto são (praticamente) unitárias.⁷ Tal comportamento é aceitável para o consumo, mas não reproduz bem as características observadas para investimento e horas.

5. CONCLUSÕES E DIREÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Este artigo sugere que o ferramental de ciclos reais de negócios pode ser uma boa alternativa para o estudo da economia brasileira. “Limpamos” os dados da indústria brasileira por meio de dessazonalização e filtragem Hodrick-Prescott, e obtivemos características de natureza semelhante às da economia dos EUA. Calibramos um modelo de trabalho indivisível e simulamos essa economia artificial com resíduos de Solow estatisticamente semelhantes aos medidos para o Brasil. Quando não há custos de ajustamento, a economia artificial apresenta volatilidades bem superiores às da economia real, sobretudo para a série de investimento. Adicionando-se custos de ajustamento, a economia artificial se assemelha à real em diversos aspectos. Contudo, a série de horas pagas na economia artificial é menos volátil e mais correlacionada com o produto do que a correspondente série na economia real.

Acreditamos que outras economias artificiais devam ser estudadas, e avaliadas na sua reprodução da economia real. Uma possibilidade é as elasticidades na função de utilidade serem um caminho para tornar o modelo melhor. Por exemplo, a elasticidade de substituição intertemporal é um indicador do esforço dos agentes econômicos em suavizar o consumo, que parece pequeno no caso brasileiro. Em nosso modelo essa elasticidade foi implicitamente escolhida igual a um, mas não há estudos empíricos que corroborem (ou deixem de corroborar) esta hipótese.

Outra possibilidade interessante seria adicionar à economia artificial agentes econômicos com características keynesianas, isto é, agentes que consomem uma fração fixa da sua renda. Em especial, é provável que muitos agentes econômicos no Brasil consumam toda a sua renda em todos os períodos, por se encontrarem em uma situação de pobreza extrema, com níveis de consumo aquém dos que permitiriam alguma poupança.

7 Por utilizarmos somente dois algarismos significativos nas tabelas, elas parecem ser unitárias, o que corresponderia a um “caso keynesiano” em que o consumo é uma fração constante do produto. Se este fosse de fato o caso aqui, os desvios padrões do consumo, investimento e horas seriam idênticos ao desvio padrão do produto.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. H. V. & FERREIRA, P. C. G. Reforma tributária, efeitos alocativos e impactos de bem-estar. *Revista Brasileira de Economia*, v. 53, n. 2, p. 133-166, 1999.
- BONELI, R. & FONSECA, R. Ganhos de produtividade e competitividade da produção manufatureira no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 28, n. 2, p. 273-314, 1998.
- CARVALHO, J. C. Estimativas do produto potencial, relação capital/produto e depreciação do estoque de capital. *Texto para Discussão 44*, BNDES, 1996.
- IBGE. *Contas Nacionais*, anos de 1990 a 1997.
- COOLEY, T. F. *Frontiers of business cycle research*. Princeton University Press, Eviews 2.1 User's Guide, 1995.
- KYDLAND, F. & PRESCOTT, E. C. Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica* 50, p. 1345-70, 1982.
- HANSEN, G. D. Indivisible labor and the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 16, p. 309-327, 1985.
- HANSEN, L. P. & HECKMAN, J. J. The empirical foundations of calibration. *Journal of Economic Perspectives* v. 10, n. 1, 1996.
- ROSSI JR., J. L. & FERREIRA, P. C. Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 29, n. 1, p. 1-36, 1999.
- STOKEY, N., LUCAS, R. E. & PRESCOTT, E. C. *Recursive methods in economic dynamics*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1989.

Gostaríamos de agradecer a Celso Toledo, Totó Santana, Pedro Cavalcanti Ferreira e Idione Meneghel da Silveira por comentários e estímulos. Os erros remanescentes são de nossa responsabilidade. (Recebido em março de 2000. Aceito para publicação em junho de 2000).