

Efeitos de políticas fiscais no crescimento econômico brasileiro: uma análise em dinâmica de sistemas aplicada ao modelo de Solow-Swan

Effects of fiscal policies on Brazilian economic growth: an analysis in system dynamics applied to the Solow-Swan model

Luiz Felipe Marvila de Vasconcelos

Graduado em Comércio Exterior pela UNESA

Alan Figueiredo de Arêdes

Doutor em Economia Aplicada pela UFV. Professor da UFF

Resumo: O objetivo deste artigo consiste em compreender os efeitos das decisões de políticas fiscais no crescimento da economia brasileira entre os anos de 2000 e 2010. Para isso, utilizou-se o modelo de crescimento de Solow-Swan na linguagem de Dinâmica de Sistemas, permitindo assim compreender e mensurar os impactos das ações dos agentes econômicos no crescimento de uma nação-estado. A elaboração deste artigo foi organizada em cinco seções: a primeira seção faz uma alusão introdutória ao tema expondo o objetivo deste artigo e a hipótese testada, a segunda seção elabora-se um marco teórico com base estudos publicados em periódicos, a terceira seção compreende a elaboração do modelo em dinâmica de sistemas, a quarta seção compreende aos resultados e a quinta trata-se das considerações finais do estudo. Por meio desta pesquisa, pode-se considerar que os resultados apresentados pela ferramenta foram consistentes comparados aos dados reais, bem como pode-se também revelar que as decisões de políticas fiscais interferiram diretamente no crescimento econômico de longo prazo, reduzindo a taxa média de crescimento econômico no caso de políticas deficitárias e ampliando quando se tratou de políticas fiscais superavitárias.

Palavras-Chave: Crescimento Econômico. Dinâmica de Sistemas. Modelo de Solow-Swan.

Abstract: The objective of this article is to understand the effects of fiscal policy decisions, on the growth of the Brazilian economy, between the years 2000 and 2010. For that, the Solow-Swan growth model was used in the language of Systems Dynamics, which allows to understand and measure the impacts of the actions of economic agents on the growth of a nation-state. The preparation of this article was organized in five sections: the first section that makes an introductory allusion to the theme setting out the objective of this article and the hypothesis tested, the second section elaborates a theoretical framework based on studies published in journals, the third section comprises the elaboration of the model in systems dynamics, the fourth section comprises the results and the fifth deals with the final considerations of the study. Through this research it can be considered that the results presented by the tool were consistent compared to the real data, as well as it can also be revealed that fiscal policy decisions directly interfered in long-term economic growth, reducing the average rate of economic growth in the case of deficit policies, and expanding when it came to surplus fiscal policies.

Keywords: Economic Growth. Solow-Swan model. Systems Dynamics.

1 Introdução

O desenvolvimento econômico de uma nação-estado é um dos temas centrais abordados pela Ciência Econômica, em que modelos teóricos permitem compreender e mensurar os impactos das ações dos agentes econômicos no crescimento de uma nação-estado e assim auxiliar a responder o porquê de alguns países serem mais ricos que outros.

Abramovitz (1986) e Gerschenkron (1952) *apud* Jones (2000) afirmam que o hiato da renda *per capita* entre países atrasados e países desenvolvidos tende a reduzir ao longo do tempo, pois as taxas de crescimento dos países mais pobres seriam maiores do que a taxa de crescimento de países já desenvolvidos logo, países atrasados tendem a crescer mais rápido do que países mais ricos. Este fenômeno é denominado de hipótese da convergência.

Embora os países com baixa renda tendam a obter uma taxa de crescimento econômico mais elevada, Sonaglio, Missio e Pereira (2016) ponderam que isto ocorre apenas quando estas economias são capazes de mover sua força de trabalho das atividades primitivas para atividades com produtividade mais modernas.

No que se trata da política de desenvolvimento brasileiro, a estratégia de crescimento do país se embasou em uma pauta exportadora concentrada em produtos primários, essa estratégia permitiu um forte crescimento na primeira década dos anos 2000 impulsionado pelo cenário externo favorável ao preço das commodities e pelo crescimento da força de trabalho (SONAGLIO, MISSIO; PEREIRA, 2016).

Mesmo com o forte crescimento econômico dos anos 2000, a taxa média de crescimento da renda *per capita* entre 1980 e 2010 foi de 1% ao ano, contudo a taxa média de crescimento da renda *per capita* deveria ser de 4% ao ano para que o Brasil pudesse atingir os níveis de renda dos países mais desenvolvidos (MUELLER, 2014).

Bonelli (2013) justifica que políticas nacionais após a década de 1980, com foco no controle de surtos inflacionários e de equilíbrio da balança de pagamentos e sem o estabelecimento das reformas estruturais necessárias, podem ser os responsáveis por manter a economia do país desaquecida e em baixo crescimento.

Em vista disso, este artigo avalia a hipótese de que políticas de equilíbrio fiscal seriam mais eficientes do que políticas econômicas deficitárias para o crescimento econômico brasileiro. Logo objetivo deste artigo consiste em compreender os impactos das decisões de políticas fiscais no crescimento da economia e da renda *per capita* brasileira no período de 2000 a 2010, período de atuação do tripé macroeconômico, buscando investigar os efeitos destas políticas embasado no modelo de crescimento de Solow-Swan utilizando a linguagem de Dinâmica de Sistemas.

Bueno (2010) ressalta que o modelo de crescimento de Solow-Swan gera previsões consistentes quando se trata de períodos mais longos, o que ratifica a utilização do mesmo para elaboração de previsões econômicas. Ainda segundo Bueno (2010), às equações diferenciais apresentadas no modelo permitem a elaboração deste numa linguagem de dinâmica de sistemas permitindo uma sustentabilidade dos resultados.

Para tanto, a elaboração deste artigo organizou-se em cinco seções: a atual seção que busca fazer uma breve alusão introdutória ao tema expondo o objetivo deste artigo e a hipótese testada, na segunda seção elabora-se um marco teórico com base estudos publicados em periódicos contidos no SCIELO e no JSTOR.

A terceira seção compreende a elaboração do modelo em dinâmica de sistemas com base no modelo de Solow-Swan utilizando o *software* VENSIM. A quarta seção compreende os resultados obtidos a partir da simulação permitindo compreender como as decisões fiscais podem afetar o crescimento econômico brasileiro, e a quinta trata-se das considerações finais do estudo.

2 Marco teórico

Esta seção apresenta o marco teórico que fundamenta a análise nesta pesquisa.

2.1 Apresentação da proposta de desenvolvimento neoclássica

O modelo de crescimento Neoclássico foi formulado individualmente por Solow (1956), com foco em explicar o crescimento econômico das nações. Sendo considerado um modelo eficaz na realização de estudos econômicos, Bueno (2010) diz que “o modelo de Solow-Swan gera previsões em geral consistentes com a evidência empírica para períodos mais longos”. O que justifica uma preferência entre teóricos econômicos na utilização do modelo para simulações econômicas, embora seja considerado um modelo simples.

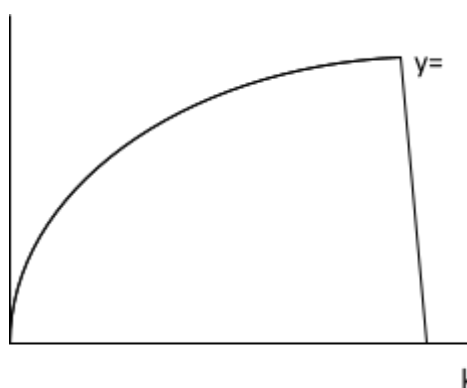
O modelo de Solow explicita que uma taxa de acumulação de capital superior a uma taxa de crescimento da mão de obra permitirá um aumento do produto e da renda *per capita* levando a um maior desenvolvimento da nação. Para Jones (2000) a produtividade por trabalhador aumenta ao longo do tempo uma vez que investe-se cada vez mais enquanto as taxas de crescimento populacional reduzem, permitindo um acúmulo de capital por trabalhador cada vez maior.

Aprofundando no modelo de crescimento neoclássico, este é construído sobre duas funções, a primeira diz respeito à função de produção e a segunda à função de acumulação de capital. Na primeira, Solow busca relacionar a mão de obra existente (L) com os insumos, equipamentos e capitais em geral (K) na geração do produto (Y). Neste sentido a função de produção estabelecida por Solow, se apresenta como:

$$Y = f(K, L) = K^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad (1)$$

Esta equação de produção é do tipo da função Cobb-Douglas dado a característica do produto marginal do trabalho, dado o retorno decrescente da relação capital-trabalho; ou seja, o produto cresce cada vez menos a cada unidade adicional de capital por trabalhador, como apresentado no gráfico 1, em que a curva de produto (y) é dada em função do capital (k) e possui um retorno decrescente a cada aumento de capital.

Gráfico 1. Função de produção Cobb Douglas



Fonte: Jones (2000, p. 66).

Já na segunda função Solow acrescenta mais duas variáveis, a poupança e a depreciação. Neste ponto, o teórico estabelece que o estoque de capital (\dot{K}) é dado pela variação do investimento bruto (sY), considerando a poupança (S) igual a investimento (I), ou seja, $S = I$, e é subtraído o montante de depreciação (dK) ocorrido ao longo do processo produtivo do capital. Assim a função assume a seguinte característica:

$$\dot{K} = sY - dK \quad (2)$$

A partir desta segunda função torna-se possível analisar e evolução do produto *per capita* da economia, de modo a possibilitar analisar a eficiência produtiva e o desenvolvimento econômico do país analisado. Para se alcançar a função do produto *per capita*, reescreve-se a função da acumulação de capital para capital *per*

capita. Deste modo, para Jones (2000) a acumulação de capital *per capita* dirá o produto *per capita* gerado pelo estoque de capital *per capita*. Logo Solow formula do seguinte modo:

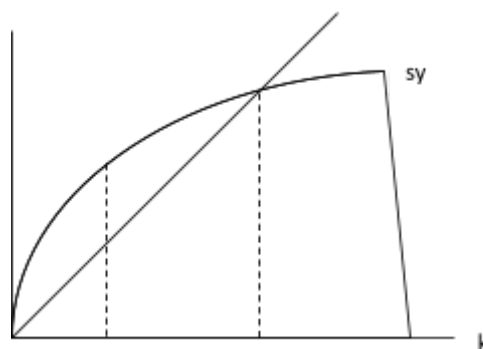
$$k = \frac{K}{L} \rightarrow \text{Log}k = \text{Log}K - \text{Log}L \quad (3)$$

Fazendo manipulações algébricas chega-se a:

$$\dot{k} = sy - (n + d)k \quad (4)$$

Na equação (4) evidencia-se que a variação de capital por trabalhador é determinada de forma positiva pelo investimento realizado por trabalhador (sy), e de formas negativas pela depreciação por trabalhador (dk) e pelo crescimento populacional (nk). Desta forma, o investimento realizado por trabalhador deve ser maior que a depreciação do capital e do crescimento populacional até que se alcance o estado estacionário conforme o gráfico 2, onde apresenta-se o diagrama de Solow.

Gráfico 2. Diagrama de Solow

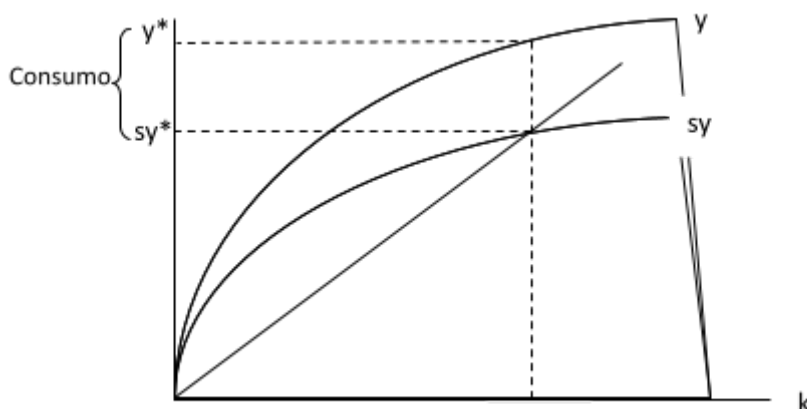


Fonte: Jones (2000, p 67).

O modelo justifica que em k_0 o investimento por trabalhador é maior que o necessário para manter constante a relação capital-trabalhador, levando a um aumento de K ao longo do tempo até que o montante de investimento *per capita* seja igual ao

montante de investimento *per capita* necessário, sou seja $sy=(n+d)k$, levando a um estado estacionário, de modo que $\dot{k} = 0$. Assim, o crescimento econômico se estabilizará conforme indica o gráfico 3.

Gráfico 3. Diagrama de Solow e a função de produção



Fonte: Jones (2000, p 68).

A gráfico 3 apresenta que o estoque de capital (k^*) se estabilizará (estado estacionário) no momento em que o montante de investimento *per capita* (sy) converge como montante de investimento *per capita* necessário $((n+d)k)$, determinando assim o nível de renda em Y^* . Solow (1956) justificará que o estoque de capital se estabilizará quando o investimento bruto de uma economia passa a ser igual à depreciação, o que acarreta em um estado estacionário (k^*), sendo o progresso tecnológico o responsável por permitir o contínuo crescimento econômico.

[...] não há crescimento per capita nessa versão (simples) do modelo. O produto por trabalhador (e portanto, per capita, pois supomos que a taxa de participação da força de trabalho é uma constante) é constante no estado estacionário. Naturalmente, o próprio produto, Y , cresce, mas o faz à mesma taxa do crescimento populacional (JONES, 2000, p 28).

Assim para Bueno (2010), não considerando o progresso técnico, a economia crescerá conforme indica o modelo Solow durante a transição de um nível de dotação de capital de equilíbrio

para outro, sendo a única forma de uma economia apresentar uma taxa sustentável de crescimento é inserindo o progresso técnico.

Isto posto, se faz necessário a inclusão do progresso técnico na função de produção¹:

$$Y = f(K, L, A) = f(k, A_t)L \quad (5)$$

Onde:

$$f(k, A_t) = A\left(\frac{K}{L}\right)^\alpha \quad (6)$$

Consequentemente, a função de acumulação de capital *per capita* passar a possuir novo formato integrando também o progresso técnico (A):

$$\dot{k} = sf(k, A_t) - (n + d)k \quad (7)$$

Em que $sf(k, A_t)$ é o investimento bruto considerando o progresso tecnológico. Sendo assim no modelo com progresso técnico há o rompimento da característica de uma função de produção do tipo Leontief possibilitando existir mais de um ponto de equilíbrio, e um crescimento constante da economia.

2.2 Resultado fiscal e a relação com modelo de Solow-Swan

Partindo da compreensão que a poupança é proporcional a renda disponível e se trata da parte não consumida da renda:

$$S = Y_t - C \quad (8)$$

onde, S representa o nível de poupança agregada, Y_t representa a renda disponível, ou seja, a renda menos os impostos, e C o nível de consumo agregado. E da compreensão que o nível de

¹Função de produção com progresso tecnológico com base no artigo "O modelo de Solow-Swan na linguagem de dinâmica de sistemas: uma aplicação para o Brasil" (BUENO, 2010, p. 295).

investimentos (I) é dado pelo nível de poupança agregada em que esta é o somatório da poupança privada (S_p) e da poupança do governo (S_g):

$$I = S \quad (9)$$

Sendo:

$$S = S_p + S_g \quad (10)$$

Logo:

$$I = S_p + S_g \quad (10)$$

Agora, considerando G o nível de gastos do governo e $(X-M)$ representa o resultado da balança comercial, sendo a função de Demanda Agregada e expressa por:

$$Y = C + I + G + (X - M) \quad (11)$$

Torna-se factível utilizar o modelo de Solow-Swan para estudos de questões macroeconômicas como efeitos de políticas fiscais e do endividamento público, dado que um aumento dos gastos públicos tende a afetar os níveis de poupança pública e por sua vez os níveis de investimento. Deste modo, um *déficit* governamental primário deve ser compensado por um excesso de poupança privada sobre o investimento para que se mantenha o nível de investimento (HEIJDRÁ; PLOEG, 2002).

Logo, pode se formular que o resultado fiscal é compensado da seguinte maneira:

$$T - G = S - I \quad (12)$$

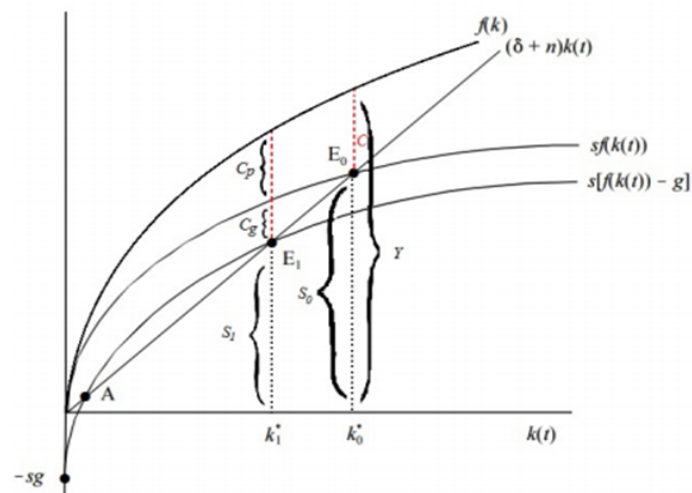
em que T representa a arrecadação tributária e logo $T - G$ representa o resultado fiscal. Substituindo (10) em (12):

$$T - G = (S_p + S_g) - I \quad (13)$$

Analisando a função acima e compreendendo que a poupança pública é consequência do resultado fiscal, um saldo positivo no resultado tende a elevar os níveis de poupança pública e conseqüentemente o nível da poupança agregada e do investimento, já um resultado fiscal negativo tende a ser compensado pelo nível de poupança privado reduzindo o nível de poupança, de investimento.

Para Heijdra e Ploeg (2002), o aumento no consumo do governo altera o investimento para baixo resultando deslocando tornando o nível de poupança final menor que o nível de poupança inicial ao longo do tempo, deste modo a política fiscal com déficit tende a forçar a redução do estoque de capital no longo prazo como se observa no diagrama a seguir:

Gráfico 4. Política fiscal aplicado ao modelo de Solow-Swan



Fonte: Heijdra e Ploeg (2002).

No gráfico 4, elaborada por Heijdra e Ploeg (2002), nota-se dois pontos de equilíbrio em uma mesma economia, o E_0 trata-se do ponto de equilíbrio sem governo, e o E_1 o ponto de equilíbrio com a introdução do governo. Com o impacto da introdução do governo em E_0 e sendo o estoque de capital pré-determinado, o consumo

privado e o nível de investimento tenderão a diminuir, e assim o estoque de capital reduzirá de k_0^* para k_1^* .

Isto posto, o consumo agregado C será dividido entre consumo privado C_p e consumo do governo C_g , e o nível de poupança reduzirá de S_0 para S_1 , dando espaço ao consumo do governo. Logo a entrada do governo no modelo diminui o consumo privado, e investimento não impactando na renda no primeiro momento, entretanto, no longo prazo a economia desloca-se para seu novo estado estacionário dado a variação do consumo e da poupança, reduzindo o produto no longo prazo.

3 Modelo de dinâmica de sistemas

A utilização da dinâmica de sistemas na economia começou a ser desenvolvida por Jay Forrester do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), ao longo da década de 1960, com foco em estudos sobre economia regional e urbana. Conforme Bueno (2010), a dinâmica de sistemas é uma metodologia desenvolvida com o foco em encontrar possíveis resultados ao longo do tempo dados ações isoladas no comportamento das variáveis.

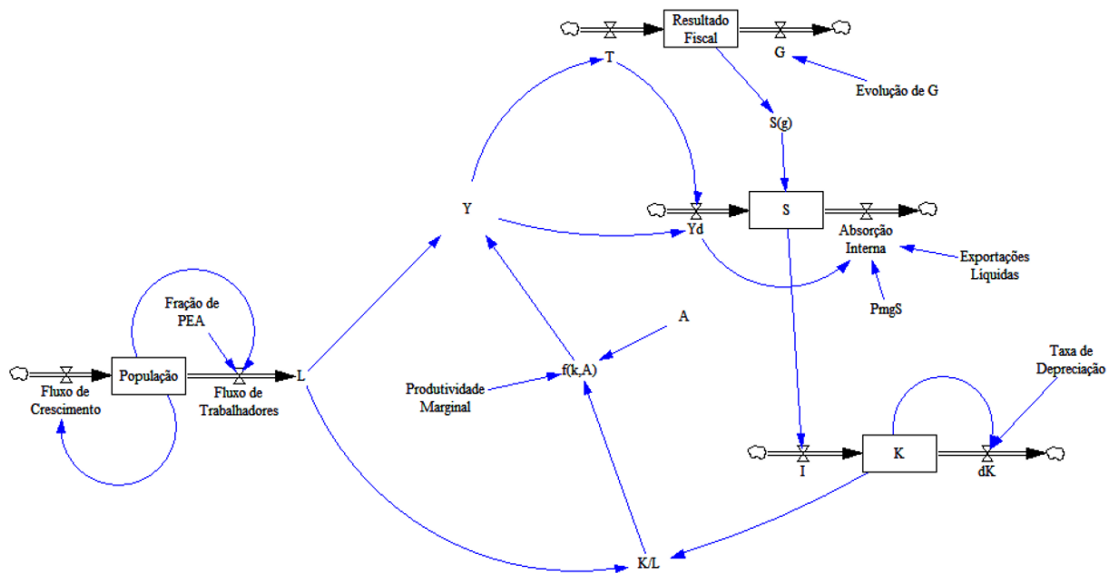
O método de dinâmica de sistemas permite a elaboração de relações causais entre variáveis de um modelo e as consequências existentes. Deste modo permite uma elaboração causal de modo a facilitar a compreensão das relações entre as variáveis, estabelecendo uma linguagem que facilita o aprendizado mútuo.

3.1 Modelo de Solow-Swan em versão sistêmica

Neste artigo, foi utilizada a dinâmica de sistemas para verificar possíveis resultados dos efeitos dos resultados fiscais sobre as variáveis macroeconômicas brasileiras ao longo do tempo. Para tanto, utilizou-se do modelo de Solow-Swan, respaldada em

equações diferenciais, que pode ser visualizado na versão sistêmica apresentada na Figura 1.

Figura 1. Estoque de fluxo do modelo de Solow-Swan



Fonte: Elaboração própria a partir do Vensim.

No sistema elaborado a variável dependente, o PIB (Y) é dada pela relação entre quantidade de trabalhadores (L) e renda *per capita*, $f(k,A)$, essa por sua vez é definida por uma razão entre capital-trabalho (K/L), pelo progresso tecnológico (A), e pela Produtividade Marginal do Capital conforme indica a equação 6 deste artigo. Sendo assim a Renda (Y) passa a ser definida então por uma razão de crescente entre capital e trabalho dentro do sistema.

Por conseguinte, a razão K/L definido pelo estoque de capital (K) e pela quantidade de trabalhadores (L), no qual L é resultado do crescimento populacional e economicamente ativo. K , por sua vez, cresce com o fluxo de investimentos em bens de capital (I) e decresce com o fluxo de depreciação (dK). Se o estoque de K cresce mais rápido do que a população economicamente ativa, a razão K/L se torna maior, logo esse crescimento alinhado à produtividade marginal do capital e o ritmo de progresso técnico, leva a um aumento de renda *per capita* e por consequência da renda.

Diante disso, o fluxo de investimentos em bens de capital (I) tem sua identidade dada pelo estoque de poupança de uma economia (S), esse estoque é definido pela parte não consumida da renda privada disponível (Yd), e pela parte não consumida da renda pública, em que considerando a equação 10, $S = S(p) + S(g)$, em que:

$$S(p) = Yd - \text{Absorção Interna} \quad (15)$$

Logo:

$$S = Yd - \text{Absorção Interna} + S(g) \quad (16)$$

Então, um consumo do governo (G) superior a sua arrecadação tributária tende a negatizar o fluxo de poupança pública, $S(g)$, reduzindo o estoque de poupança total e consecutivamente o nível de investimentos, caso este não seja suprido pelo nível de poupança privada. Deste modo, a poupança pública, $S(g)$, depende do resultado fiscal, e o saldo nulo ou positivo deste depende de um consumo do governo inferior à arrecadação tributária.

O consumo do governo (G) é dado de forma exógena no modelo, sendo acrescentado para o ajuste a evolução média anual dos gastos do governo. Já as exportações líquidas também foram adicionadas como fator exógeno ao modelo, sendo acrescentado por meio da função *pulse* o saldo da balança comercial de cada ano a preços do ano 2000 buscando aproximar os resultados do modelo à realidade.

Diferente dos gastos do governo e das exportações líquidas a Absorção Interna, que é a parte consumida da renda privada nacional, foi acrescentada de forma endógena sendo dada relação entre a renda disponível (Yd) e a propensão marginal a poupar ($PmgS$) da população acrescentado ao saldo das exportações líquidas, os dois últimos tendem a ser opostos ao resultado da Absorção Interna, ou seja, quanto maior o $PmgS$ e as exportações líquidas, menor será a absorção interna.

Isto posto, o sistema elaborado é um conjunto de variáveis interligadas que representa uma economia e conforme estabelece Solow a principal variável que determina o crescimento de uma economia é a poupança, em que este estabelece o crescimento da razão capital-trabalho até que se chegue a um estado estacionário, sendo este estado rompido pelo progresso tecnológico, permitindo um crescimento contínuo da economia.

4 Resultados obtidos

As simulações foram realizadas com base em um período de 10 anos a partir do ano 2000 por meio do software Vensim. Os dados iniciais inseridos para simulação do modelo no sistema corresponderam aos dados do ano 2000 com base nas séries históricas disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), pelo Ministério da Economia e pelo BACEN (Banco Central Brasileiro), conforme apresenta o Quadro 1. Quanto aos resultados obtidos, estes foram deflacionados no próprio sistema a preços do ano 2000.

Quadro 1. Parâmetros de simulação do modelo

Parâmetros	Valor	Descrição
População	175 milhões de pessoas	População brasileira no ano 2000
Fluxo de Crescimento	1,30%	Taxa de crescimento populacional anual
Fração da PEA	43%	Média percentual da População Economicamente Ativa nos anos 2000
PIB (Y) Inicial	1,199 trilhões de reais	PIB total do ano 2000
Produtividade Marginal do Capital	0,5	Valor assumido por pesquisadores (2010).
A	5,3	Valor do progresso técnico assumido para calibragem do modelo
Evolução dos Gastos do Governo	5,4%	Média de crescimento percentual dos gastos do governo a preços do ano 2000
G Inicial	385 bilhões de reais	Gastos do Governo, incluindo transferências.
PmgS	0,3	Valor calculado conforme a nível de absorção interna, sujeito a calibragem
K inicial	2,39 trilhões de reais	Calculado com base na relação capital/produto de 2
Taxa de Depreciação	5%	Calculado considerando a vida útil média do capital de 20 anos

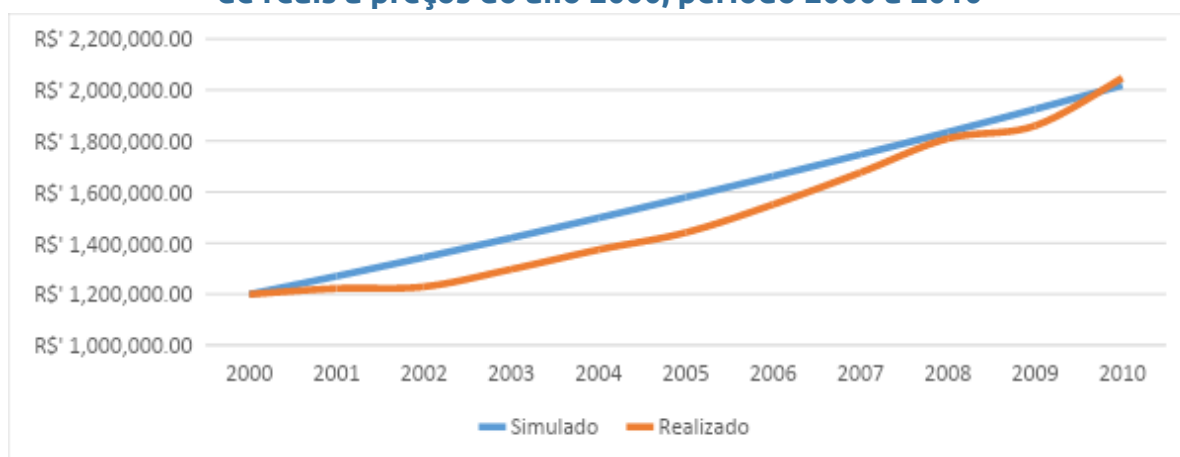
Fonte: Elaboração Própria

Fazendo uma comparação entre o PIB realizado, ocorridos na economia brasileira no período 2000-2010, com o PIB simulado pelo modelo, verifica-se que o PIB simulado apresentou uma trajetória similar ao PIB realizado, tendo uma diferença máxima de 10%, deste modo, os resultados apresentados corroboram quanto à eficácia do modelo simulado para previsões econômicas mesmo no longo prazo. As trajetórias das variáveis do PIB realizado e simulado são vistas no gráfico 5.

Fazendo uma comparação entre o PIB realizado, ocorridos na economia brasileira no período 2000-2010, com o PIB simulado pelo modelo, verifica-se que o PIB simulado apresentou uma trajetória similar ao PIB realizado, tendo uma diferença máxima de 10%, deste modo, os resultados apresentados corroboram quanto à eficácia do modelo simulado para previsões econômicas mesmo no longo prazo. As trajetórias das variáveis do PIB realizado e simulado são vistas no gráfico 5.

No gráfico 5, observa-se na curva azul o PIB realizado brasileiro a preços do ano 2000 ocorrido no período 2000 a 2010, e na curva laranja o PIB real simulado pelo modelo no software Vensim. Nota-se um desvio mínimo de valores entre as curvas, tendo a curva simulada assumido valores pouco superiores ao realizado. A Tabela 1 abaixo apresenta os valores que compõem o gráfico.

Gráfico 5. PIB Realizado e PIB Simulado para a economia brasileira em milhões de reais a preços do ano 2000, período 2000 a 2010



Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 1. Comparação em milhões de reais do PIB Realizado vs. PIB Simulado brasileiro a preços do ano 2000, período 2000 a 2010

Ano	Realizado	Simulado	Diferença
2000	R\$ 1.199.092,07	R\$ 1.199.000,00	0,01%
2001	R\$ 1.222.026,07	R\$ 1.270.200,00	-3,94%
2002	R\$ 1.228.767,20	R\$ 1.343.920,00	-9,37%
2003	R\$ 1.297.261,19	R\$ 1.420.190,00	-9,48%
2004	R\$ 1.373.921,87	R\$ 1.498.770,00	-9,09%
2005	R\$ 1.441.276,60	R\$ 1.579.440,00	-9,59%
2006	R\$ 1.551.177,22	R\$ 1.662.210,00	-7,16%
2007	R\$ 1.676.503,14	R\$ 1.747.180,00	-4,22%
2008	R\$ 1.809.799,32	R\$ 1.834.600,00	-1,37%
2009	R\$ 1.859.567,83	R\$ 1.924.800,00	-3,51%
2010	R\$ 2.047.011,64	R\$ 2.018.150,00	1,41%

Fonte: Resultados da pesquisa.

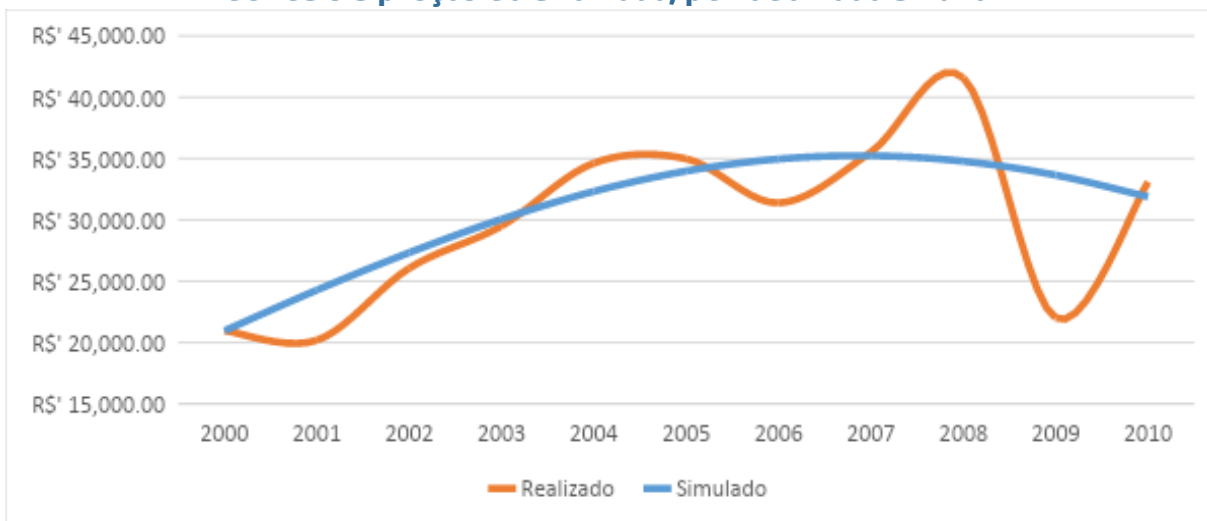
A maior diferença ocorrida entre os valores do PIB simulado e o realizado encontra-se no ano de 2005, o valor alcança 9,59%, entretanto a média da diferença dos resultados analisados é de 5,12%. Ainda detalhando esta diferença, ressalta-se que esta se inicia no ano de 2002, ano seguinte ao atentado terrorista de 11 de setembro que impactou a economia Global, entretanto não há uma diferença tão forte nos anos de 2007 a 2009, anos relativos à crise dos Subprime. Destaca-se ainda o ano final de 2010 onde a diferença entre o ocorrido e o simulado é de apenas 1,51% o que pode evidenciar uma precisão maior do modelo de Solow-Swan para análises de períodos de longo prazo.

Tratando agora do resultado fiscal, no Gráfico 6 apresenta a comparação entre o resultado fiscal ocorrido no período e o simulado pelo modelo. A análise do resultado torna-se importante dado o objetivo deste artigo em que, nos tópicos seguintes será possível analisar como a variação deste afetaria o crescimento econômico brasileiro ao longo do período analisado.

No gráfico 6, observa-se na curva coral o Resultado Fiscal Primário Realizado brasileiro a preços do ano 2000 ocorrido ao longo do período analisado, e na curva azul o Resultado Fiscal Primário Simulado pelo software Vensim. Nota-se um nível de

desvio maior de valores entre as curvas, tendo a curva simulada assumido valores em geral inferior ao realizado, exceto nos anos de 2001 e 2009. A Tabela 2 apresenta os valores que compõem o gráfico.

Gráfico 6. Resultado Fiscal Realizado e Resultado Fiscal Simulado em milhões de reais a preços do ano 2000, período 2000 a 2010



Fonte: Resultados da pesquisa.

A diferença média ocorrida entre o modelo e o realizado foi de 5,53%, contudo o desvio máximo alcançou o valor de 52,94% no ano de 2009. Considera-se o motivo deste fato pela característica exógena das decisões dos Gastos do Governo, ou seja, os gastos do governo são realizados por decisões humanas, Villela (2005) alertará sobre este problema, para o autor tratar as Ciências Sociais Aplicadas do ponto de vista dinâmico é complexo pois inclui entre seus elementos o ser humano, cujo comportamento é abstrato para ser completamente caracterizado através deste tipo de metodologia.

Ainda assim, analisando as comparações do PIB Real e do Resultado Fiscal pode-se dizer que a simulação do sistema elaborado apresentou resultados consistentes quanto ao período estudado apontando para a eficácia do modelo econômico e da dinâmica de sistemas para formular previsões econômicas.

Tabela 2. Comparação em milhões de reais do Resultado Fiscal Realizado vs. Resultado Fiscal Simulado brasileiro a preços do ano 2000, período 2000 a 2010

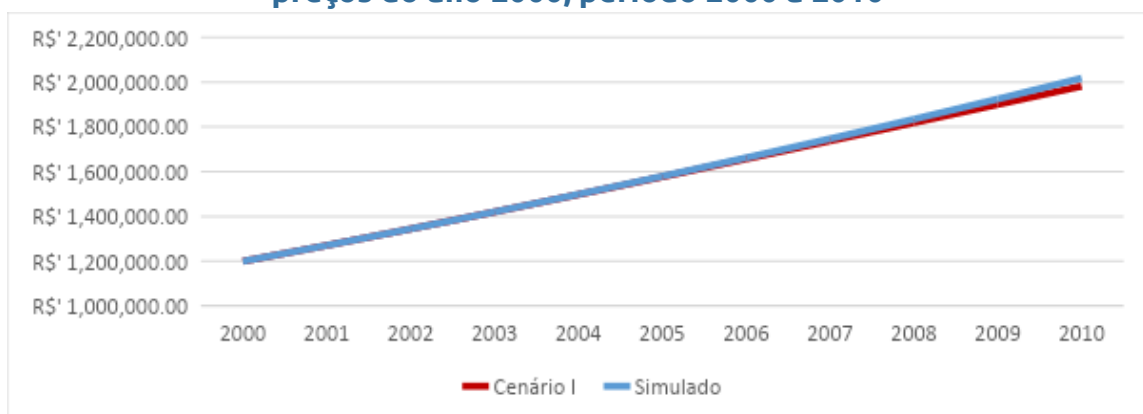
Ano	Realizado	Simulado	Diferença
2000	R\$ 20.982,21	R\$ 20.961,00	0,10%
2001	R\$ 20.188,62	R\$ 24.279,00	-20,26%
2002	R\$ 26.062,19	R\$ 27.331,00	-4,87%
2003	R\$ 29.510,18	R\$ 30.060,00	-1,86%
2004	R\$ 34.627,10	R\$ 32.323,00	6,65%
2005	R\$ 34.975,18	R\$ 33.980,00	2,85%
2006	R\$ 31.383,58	R\$ 34.962,00	-11,40%
2007	R\$ 35.530,05	R\$ 35.226,00	0,86%
2008	R\$ 41.574,70	R\$ 34.779,00	16,35%
2009	R\$ 22.002,34	R\$ 33.651,00	-52,94%
2010	R\$ 33.096,60	R\$ 31.878,00	3,68%

Fonte: Resultados da pesquisa.

4.1 Cenário I: Elevação nos gastos do Governo

Na simulação do Cenário I, foi estabelecido uma taxa de crescimento média dos gastos do governo de 10%, os demais parâmetros se mantiveram constantes. Comparando os resultados dados pelo modelo simulado inicial com o cenário I pode-se notar uma redução no crescimento econômico ao longo do período analisado, conforme se mantém o déficit fiscal. No gráfico 3 evidencia-se a comparação do PIB Simulado e do PIB simulado pelo Cenário I, com crescimento dos gastos do governo em 10% entre 2000 e 2010 a preços do ano 2000.

Gráfico 7. PIB Simulado e PIB simulado no Cenário I em milhões de reais a preços do ano 2000, período 2000 a 2010



Fonte: Resultados da pesquisa.

No gráfico 7, a curva coral representa o PIB Simulado a preços do ano 2000, e na curva azul o PIB Simulado no Cenário I, cenário deficitário. Nota-se que as curvas caminham alinhadas até o ano de 2007 quando a curva do PIB no Cenário I passa a ter uma redução no coeficiente angular demonstrando um crescimento menor do que a curva do PIB Simulado. A Tabela 3 abaixo apresenta os valores que compõem o gráfico.

Tabela 3. Comparação em milhões de reais do PIB Simulado vs. PIB Cenário I a preços do ano 2000, período 2000 a 2010

Ano	Simulado	Tx. Cresc.	Cenário I	Tx. Cresc.
2000	R\$ 1.199.000,00	0,00%	R\$ 1.199.000,00	0,00%
2001	R\$ 1.270.200,00	5,94%	R\$ 1.270.200,00	5,94%
2002	R\$ 1.343.920,00	5,80%	R\$ 1.343.920,00	5,80%
2003	R\$ 1.420.190,00	5,68%	R\$ 1.419.940,00	5,66%
2004	R\$ 1.498.770,00	5,53%	R\$ 1.497.740,00	5,48%
2005	R\$ 1.579.440,00	5,38%	R\$ 1.576.820,00	5,28%
2006	R\$ 1.662.210,00	5,24%	R\$ 1.656.860,00	5,08%
2007	R\$ 1.747.180,00	5,11%	R\$ 1.737.580,00	4,87%
2008	R\$ 1.834.600,00	5,00%	R\$ 1.818.810,00	4,67%
2009	R\$ 1.924.800,00	4,92%	R\$ 1.900.460,00	4,49%
2010	R\$ 2.018.150,00	4,85%	R\$ 1.982.380,00	4,31%

Fonte: Resultados da pesquisa.

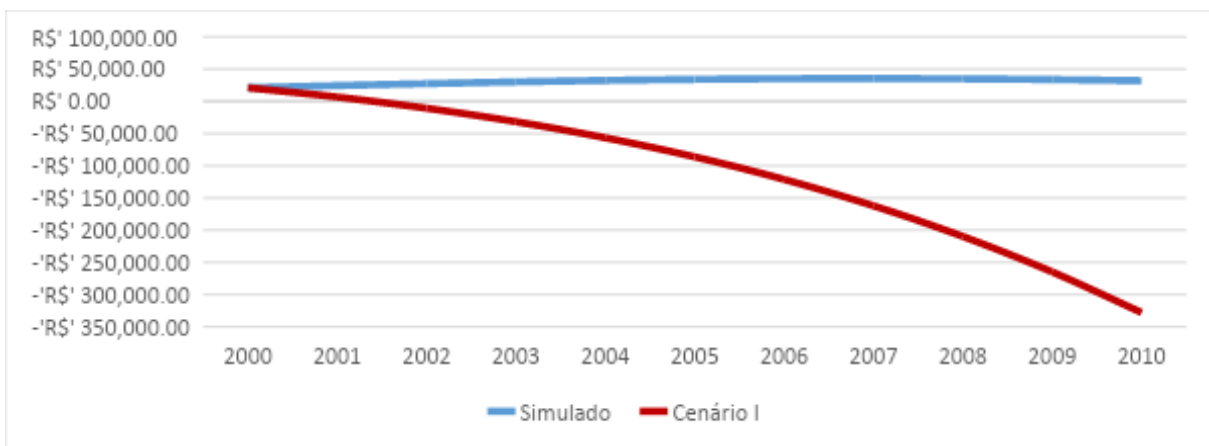
A diferença ocorrida entre o PIB Simulado e o PIB Simulado pelo Cenário I inicia-se no ano de 2003, sendo ampliado ao longo do tempo conforme se eleva o déficit fiscal, apresentando uma diferença entre as variáveis de 1,77% em 2010. Esse resultado sugere que o déficit fiscal tende a reduzir o crescimento econômico, entretanto, a simulação não foi capaz de mostrar uma situação de recessão econômica.

Tratando sobre a taxa média de crescimento econômico, no Simulado o crescimento médio foi de 4,86%, já no Simulado pelo Cenário I foi de 4,69%, ou seja, uma perda de eficiência média de 0,17% por ano devido à queda do resultado fiscal.

Apresentando agora a comparação dos resultados fiscais no Gráfico 8, pode-se observar a disparidade causadora da tendência revelada acima. No gráfico 8, a curva coral representa o Resultado

Primário Simulado e a curva azul o Resultado Primário da Simulação do Cenário I. Nota-se um desvio das curvas logo no 2º ano, entretanto o déficit inicia-se apenas no ano 2002, no ano seguinte é quando a simulação do PIB passa a apresentar uma disparidade de valores. A Tabela 4 abaixo apresenta os valores que compõem o gráfico.

Gráfico 8. Resultado Fiscal Simulado e Resultado Fiscal Simulado no Cenário I em milhões de reais a preços do ano 2000, período 2000 a 2010



Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 4. Comparação em milhões de reais do Resultado Fiscal Simulado vs. Resultado Fiscal Cenário I a preços do ano 2000, período 2000 a 2010

Ano	Simulado	Tx. Cresc.	Cenário I	Tx. Cresc.
2000	R\$ 20.961,00	0,00%	R\$ 20.961,00	0,00%
2001	R\$ 24.279,00	15,83%	R\$ 6.546,00	-68,77%
2002	R\$ 27.331,00	12,57%	-R\$ 10.865,00	-265,98%
2003	R\$ 30.060,00	9,98%	-R\$ 31.741,00	192,14%
2004	R\$ 32.323,00	7,53%	-R\$ 56.676,00	78,56%
2005	R\$ 33.980,00	5,13%	-R\$ 86.308,00	52,28%
2006	R\$ 34.962,00	2,89%	-R\$ 121.261,00	40,50%
2007	R\$ 35.226,00	0,76%	-R\$ 162.192,00	33,75%
2008	R\$ 34.776,00	-1,28%	-R\$ 209.776,00	29,34%
2009	R\$ 33.651,00	-3,23%	-R\$ 264.733,00	26,20%
2010	R\$ 31.878,00	-5,27%	-R\$ 327.860,00	23,85%

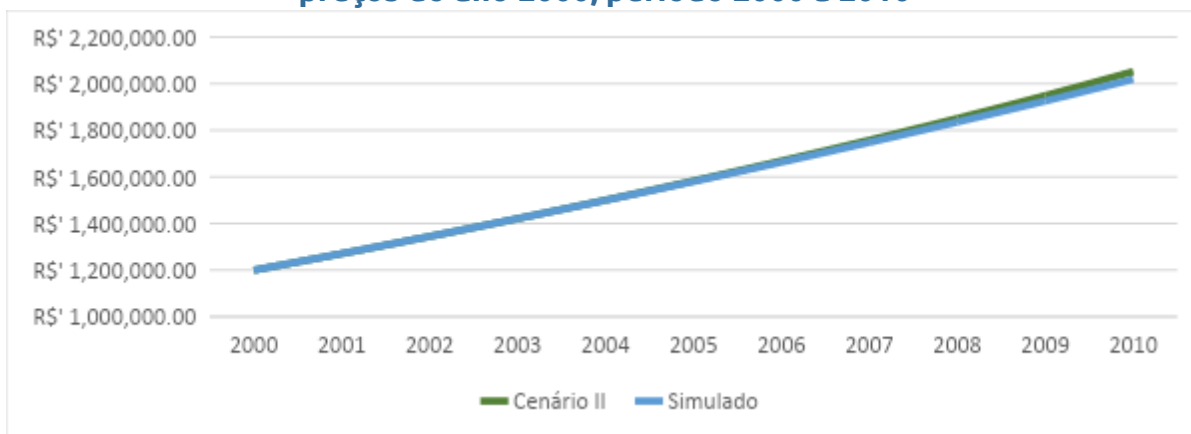
Fonte: Resultados da pesquisa.

Observando a tabela 4 observa-se que o maior déficit fiscal ocorrido no Cenário I foi de R\$327 milhões de reais, entretanto, mesmo um valor de déficit tão elevado não foi o suficiente para levar a um estado de recessão econômica na simulação. Porém, o déficit fiscal reduziu a taxa de crescimento econômico.

4.2 Cenário II: Gastos do Governo sem crescimento real

Na simulação do Cenário II foi estabelecido a não ocorrência de uma taxa de crescimento média real dos gastos do governo, os demais parâmetros se mantiveram constantes. Comparando os resultados dados pelo modelo simulado inicial com o cenário II pode-se notar uma elevação no crescimento econômico ao longo do período analisado conforme se cresce o resultado fiscal. No gráfico 9 evidencia-se a comparação do PIB Simulado e do PIB Simulado do Cenário II entre 2000 e 2010 a preços do ano 2000.

Gráfico 9. PIB Simulado e PIB Simulado no Cenário II em milhões de reais a preços do ano 2000, período 2000 a 2010



Fonte: Resultados da pesquisa.

No gráfico 9 a curva coral representa o PIB Simulado, e a curva azul o PIB Simulado no Cenário II. O alinhamento das curvas manteve-se até o ano de 2005 quando a curva do Cenário II passa a ter um coeficiente angular superior ao da curva do PIB simulado demonstrando um crescimento maior conforme se amplia o resultado fiscal positivo. A Tabela 5 abaixo apresenta os valores que

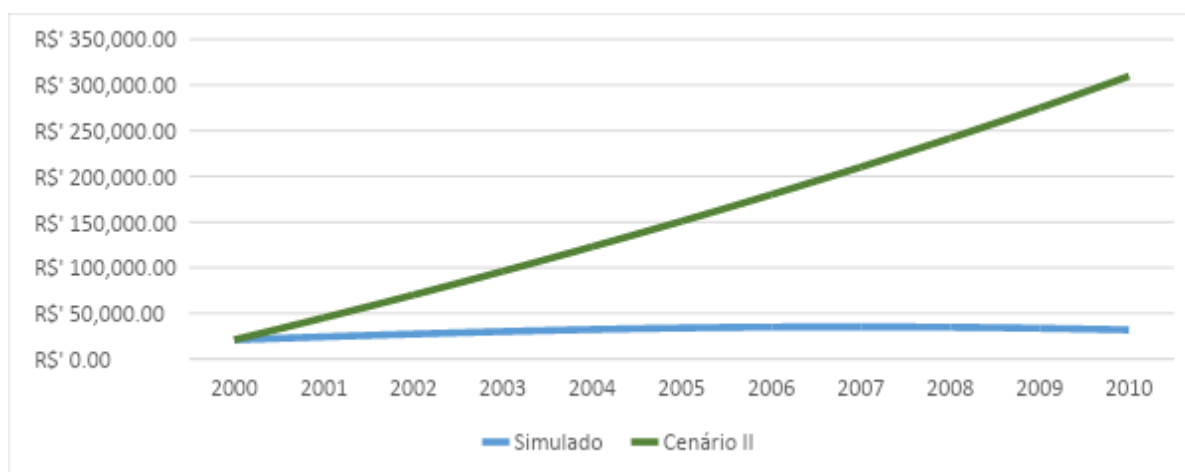
compõem o gráfico. A diferença ocorrida entre o PIB Simulado e o PIB Simulado no Cenário II inicia-se no ano de 2003, sendo ampliado conforme se eleva o superávit fiscal, sendo a diferença ocorrida em 2010 de 1,61%, esse resultado revela que o superávit fiscal tende a ampliar o crescimento econômico do país.

Tabela 5. Comparação em milhões de reais do PIB Simulado vs. PIB Cenário II a preços do ano 2000, período 2000 a 2010

Ano	Simulado	Tx. Cresc.	Cenário II	Tx. Cresc.
2000	R\$ 1.199.000,00	0,00%	R\$ 1.199.000,00	0,00%
2001	R\$ 1.270.200,00	5,94%	R\$ 1.270.200,00	5,94%
2002	R\$ 1.343.920,00	5,80%	R\$ 1.343.920,00	5,80%
2003	R\$ 1.420.190,00	5,68%	R\$ 1.420.490,00	5,70%
2004	R\$ 1.498.770,00	5,53%	R\$ 1.499.930,00	5,59%
2005	R\$ 1.579.440,00	5,38%	R\$ 1.582.320,00	5,49%
2006	R\$ 1.662.210,00	5,24%	R\$ 1.667.900,00	5,41%
2007	R\$ 1.747.180,00	5,11%	R\$ 1.757.030,00	5,34%
2008	R\$ 1.834.600,00	5,00%	R\$ 1.850.180,00	5,30%
2009	R\$ 1.924.800,00	4,92%	R\$ 1.947.890,00	5,28%
2010	R\$ 2.018.150,00	4,85%	R\$ 2.050.700,00	5,28%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Gráfico 10. Resultado Fiscal Simulado e Resultado Fiscal Simulado no Cenário II em milhões de reais a preços do ano 2000, período 2000 a 2010



Fonte: Resultados da pesquisa.

Tratando sobre a taxa média de crescimento econômico, no Simulado o crescimento médio foi de 4,86%, já no Simulado do Cenário II foi de 5,01%, ou seja, um ganho de crescimento média de

0,15% ao ano. No Gráfico 10, pode-se observar a diferença do Resultado Fiscal Simulado e do Simulado Cenário II que levou a tendência revelada acima.

No gráfico 10 observa-se na curva coral o Resultado Primário Simulado e o azul Resultado Primário do Simulado Cenário II. Nota-se um desvio das curvas a partir do 2º ano e ampliação deste desvio ao longo do período analisado. Na Tabela 6 abaixo estão os valores que compõem o gráfico.

Na tabela 6 o maior superávit fiscal ocorrido foi no Cenário II no valor de R\$ 309 bilhões de reais, o valor de superávit elevou o valor da taxa de crescimento do PIB de 4,86%, no Simulado, para 5,02%, no Cenário II, um aumento na taxa de 0,43%. Assim, o *superávit* fiscal robusto permitiu a elevação da taxa de crescimento econômico.

Tabela 6. Comparação em milhões de reais do Resultado Fiscal Simulado vs. Resultado Fiscal Cenário II a preços do ano 2000, período 2000 a 2010

Ano	Simulado	Tx. Cresc.	Cenário II	Tx. Cresc.
2000	R\$ 20.961,00	0,00%	R\$ 20.961,00	0,00%
2001	R\$ 24.279,00	15,83%	R\$ 45.096,00	115,14%
2002	R\$ 27.331,00	12,57%	R\$ 70.089,00	55,42%
2003	R\$ 30.060,00	9,98%	R\$ 96.045,00	37,03%
2004	R\$ 32.323,00	7,53%	R\$ 122.977,00	28,04%
2005	R\$ 33.980,00	5,13%	R\$ 150.906,00	22,71%
2006	R\$ 34.962,00	2,89%	R\$ 179.920,00	19,23%
2007	R\$ 35.226,00	0,76%	R\$ 210.135,00	16,79%
2008	R\$ 34.776,00	-1,28%	R\$ 241.712,00	15,03%
2009	R\$ 33.651,00	-3,23%	R\$ 274.834,00	13,70%
2010	R\$ 31.878,00	-5,27%	R\$ 309.680,00	12,68%

Fonte: Resultados da pesquisa.

5 Considerações finais

Em vista do objetivo deste artigo que consistiu em verificar os efeitos das políticas fiscais sobre o crescimento econômico brasileiro ao longo da década de 2000 a 2010 por meio de simulações através de dinâmicas de sistemas, pode-se considerar que tal ferramenta apresentou resultados consistentes quando

comparado com os dados reais, demonstrando-se eficaz na elaboração de cenários para previsões econômicas de longo prazo.

Entretanto, um fato importante a ser ressaltado no modelo foi a necessidade de se utilizar uma alta taxa de progresso técnico ao modelo, este fato pode ser explicado devido à forte popularização da internet, e dos microcomputadores no país ao longo do período estudado, fator que pode ter elevado a taxa de progresso tecnológico do período e acelerado o crescimento econômico do país para o modelo de Solow.

No que se refere ao Cenário I, pode-se compreender que apenas o déficit fiscal isoladamente não é o necessário para levar uma economia a um ponto de recessão, entretanto esta situação tende a reduzir a taxa de crescimento econômico de uma nação, isso se dá pelo fato da necessidade da poupança privada compensar o resultado fiscal negativo, reduzindo o nível de investimentos e a acumulação de capital.

Já no Cenário II, pode-se notar que um superávit fiscal eleva as taxas de crescimento de uma nação, isso ocorre, pois o resultado fiscal positivo gera uma poupança pública que eleva o nível de poupança da economia, ampliando os investimentos e a acumulação de capital. É importante ressaltar, contudo, que o modelo de Solow-Swan desconsidera fatores como a incerteza e as expectativas, que podem potencializar os resultados de ambos os cenários analisados.

Concluindo, os resultados obtidos neste artigo sugerem em primeiro ponto que o modelo de Solow-Swan, ainda que simples, permite previsões críveis a respeito de cenários econômicos, e em segundo ponto que as decisões de políticas fiscais interferem diretamente no crescimento econômico de longo prazo da economia podendo reduzir o crescimento econômico no caso de políticas deficitárias ou ampliar no caso de políticas superavitárias.

Referências

ABRAMOVITZ, M. Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. **The Journal of Economic History**, v.46. n.2, 1986.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Séries Temporais Balança de Pagamentos**. [s. d.]. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/sqspub/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BONELLI, R. O desenvolvimento econômico brasileiro em uma visão de longo prazo. In: PEREIRA, L. V.; VELOSO, F.; BINGWEN, Z. (Orgs.) **Armadilha da renda média: visões do Brasil e da China**. Rio de Janeiro: FGV, IBRE, 2013. v. 1.

BRASIL. Ministério da Economia. **Séries Temporais Balança Comercial Brasileira**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Tesouro Nacional. **Séries Temporais do Tesouro Nacional**. Disponível em: <https://www.tesourotransparente.gov.br/visualizacao/series-temporais-do-tesouro-nacional>. Acesso em: 18 abr. 2020.

BUENO, N. P. O modelo de Solow-Swan na linguagem de dinâmica de sistemas: uma aplicação para o Brasil. **Nova Economia**, v. 20, n. 2, 2010.

FREITAS, M. V. de; ALMEIDA, E. Existe realmente convergência de renda entre países?. **Estudos Econômicos**, v.45, n.2, p. 287-316, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/38341>. Acesso em: 21 set. 2019.

HEIJDRÁ, B. J.; PLOEG FREDERICK VAN DER. **The Foundations of Modern Macroeconomics**. 1. ed. Oxford: Oxford University, 2002.

IBGE. **IPCA - índice geral e grupos de produtos e serviços**. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 abr. 2020.

IBGE. **Projeção da população do Brasil**. [S. d.]. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 abr. 2020.

IBGE. **Pessoas de 15 anos ou mais de idade economicamente ativas**. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 abr. 2020.

JONES, C. I. **Introdução à teoria do crescimento econômico**. São Paulo: Campus, 2000.

MUELLER, A. O Brasil na armadilha da renda média. **Instituto Ludwig von Mises Brasil, 28 jan. 2016**. Disponível em: <https://www.mises.org.br/ArticlePrint.aspx?id=1765>. Acesso em: 22 mai. 2019.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO. **Relatórios Econômicos OCDE: Brasil** Fevereiro de 2018. 2018. Disponível em: www.oecd.org/eco/surveys/economic-survey-brazil.htm. Acesso em: 20 jun. 2019.

SOLOW, R. M.. A Contribution to the Theory of Economic Growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 70, n.1, 1956.

SONAGLIO; C. M.; MISSIO, F. J.; PEREIRA, H. C. I. A armadilha da renda média: trajetória brasileira e apreciações críticas. **Revista Debate Econômico**, v. 4, n. 2, p. 6-34, jul./dez. 2016.

SWAN, T. W.. Economic Growth and Capital Accumulation; the Economic Record, **The Economic Society of Australia**, v.32, n.2, 1956.

VILLELA, P. R. C.. **Introdução à Dinâmica De Sistemas**. Juiz de Fora: UFJF, 2005. Disponível em: http://www.ufjf.br/ciro_barbosa/files/2011/02/ds_parte1.pdf. Acesso em: 20 jun. 2019.

Sobre os autores

Luiz Felipe Marvila de Vasconcellos

Graduou-se em Comércio Exterior pela Universidade Estácio de Sá e está se graduando em Ciências Econômicas pelo Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional (ESR) da Universidade Federal Fluminense (UFF) em Campos dos Goytacazes. É analista de projetos na Keruí Método. Desde 2018, dedica-se a pesquisas sobre desenvolvimento econômico, mercado financeiro e modelos matemáticos.

Email: felipe_marvila@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1804-6587>

Alan Figueiredo de Arêdes

Graduou-se em Ciências Econômicas e é mestre e doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). É Professor Associado da Universidade Federal Fluminense (UFF) em Campos dos Goytacazes, atuando no Núcleo de Estudos em Economia Aplicada (NEEA) do Departamento de Ciências Econômicas e no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Políticas Públicas (PPGDAP). Desde 2004, realiza estudos na área da economia e do gerenciamento do agronegócio.

Email: alanaredes@id.uff.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5788-5119>

Histórico

Recebido em: 23/03/2022. Aprovado em: 18/08/2022. Publicado em: 20/10/2022.

APÊNDICE – Lista de Funções

(01)	$A = 5.3$
(02)	$\text{Absorção Interna} = (Y_d \cdot (1 - P_{mgS})) + \text{Exportações Líquidas}$
(03)	$dK = K \cdot \text{Taxa de Depreciação}$
(04)	$\text{Evolução dos Gastos do Governo} = 0.054$
(05)	$\text{Exportações Líquidas} = \text{PULSE}(0,1) \cdot (-1.6e+09) + \text{PULSE}(1,1) \cdot (5.8e+09) + \text{PULSE}(2,1) \cdot (3.17e+10) + \text{PULSE}(3,1) \cdot (5.72e+10) + \text{PULSE}(4,1) \cdot (6.86e+10) + \text{PULSE}(5,1) \cdot (7.29e+10) + \text{PULSE}(6,1) \cdot (6.49e+10) + \text{PULSE}(7,1) \cdot (4.79e+10) + \text{PULSE}(8,1) \cdot (2.61e+10) + \text{PULSE}(9,1) \cdot (2.78e+10) + \text{PULSE}(10,1) \cdot (1.84e+10)$
(06)	$"f(k,A)" = A \cdot ("K/L")^{\text{Produtividade Marginal do Capital}}$
(07)	$\text{FINAL TIME} = 10 \text{ Years}$
(08)	$\text{Fluxo de Crescimento} = \text{População} \cdot 0.013$
(09)	$\text{Fluxo de Trabalhadores} = \text{População} \cdot \text{Fração de PEA}$
(10)	$\text{Fração de PEA} = 0.43$
(11)	$G = \text{INTEG} (G \cdot \text{Evolução dos Gastos do Governo}, 3.855e+11)$
(12)	$I = S$
(13)	$\text{INITIAL TIME} = 0 \text{ Year}$
(14)	$K = \text{INTEG} (+I - dK, 2.398e+12)$
(15)	$"K/L" = K / \text{Fluxo de Trabalhadores}$
(16)	$"\text{PIB (Y)}" = \text{INTEG} ("f(k,A)" \cdot \text{Fluxo de Trabalhadores}), 1.199e+12)$
(17)	$\text{PIB per Capita} = "\text{PIB (Y)}" / \text{Fluxo de Trabalhadores}$
(18)	$P_{mgS} = 0.3$
(19)	$\text{População} = \text{INTEG} (\text{Fluxo de Crescimento} - (\text{Fluxo de Trabalhadores} \cdot 0), 1.75e+08)$
(20)	$\text{Produtividade Marginal do Capital} = 0.5$
(21)	$\text{Resultado Fiscal} = T - G$
(22)	$S = (Y_d - \text{Absorção Interna}) + "S(g)"$
(23)	$"S(g)" = \text{Resultado Fiscal}$
(24)	$T = "\text{PIB (Y)}" \cdot 0.339$
(25)	$\text{Taxa de Depreciação} = 0.05$
(26)	$Y_d = "\text{PIB (Y)}" - T$