

# A Influência do Progresso Tecnológico e da Incerteza num Modelo Macrodinâmico de Integração Teórica Pós-keynesiana: Uma abordagem via Simulação Computacional

Área 5 - Crescimento, Desenvolvimento Econômico e Instituições

Código JEL: E12; E51; E22; O31; O42.

*Luciano Dias de Carvalho*<sup>1</sup>  
*José Luís Oreiro*<sup>2</sup>

**Resumo:** O objetivo do presente artigo é analisar as trajetórias dinâmicas de uma série de macrovariáveis – em particular, a taxa de lucro, a taxa de juros e o grau de utilização da capacidade produtiva – face às mudanças exógenas do ritmo de progresso tecnológico e da propensão a poupar dos capitalistas (*proxy* para o grau de incerteza econômica) com base num modelo macrodinâmico Pós-keynesiano que integre o lado real e monetário da economia. A característica fundamental do modelo macrodinâmico aqui apresentado é a forma pela qual a endogenia da oferta de moeda é estabelecida. Supõe-se que sempre que ocorre alguma inovação tecnológica as firmas demandam crédito ao setor bancário e, em decorrência disso, a taxa de juros cobrada pelos bancos tende a subir. Caracterizando assim uma endogeneidade parcial da oferta de moeda. O exercício de simulação computacional permitiu averiguar o grau de aderência do modelo à dinâmica de uma economia real. A simulação realizada mostrou, dentre outros resultados, que: (i) a taxa de lucro das firmas é significativamente elástica com relação a um choque tecnológico positivo e, (ii) a confirmação do paradoxo na frugalidade, segundo o qual o aumento da propensão a poupar dos capitalistas acaba por reduzir o nível da poupança agregada. Além disso, observou-se que a dinâmica das macrovariáveis em estudo foram extremamente elásticas com relação à propensão a poupar dos capitalistas.

**Palavras-Chave:** Dinâmica Macroeconômica, Teoria Pós-keynesiana, Simulação Computacional.

**Abstract:** The objective this paper is to analyze the dynamic path of a many of variable macroeconomic - mainly, the profit rate, the interests rate and the degree of utilization of the productive capacity - face the exogenous changes of the intensity of technological progress and the propensity to save of the capitalists with base in Post-Keynesian macroeconomic dynamic model that join the real and monetary side of the economy. The basic characteristic of the macroeconomic dynamic model shown is the way we endogenize the supply of money. Whenever an innovation occurs, firms demand credit to banks and, as a consequence, interest rates rise. Characterizing this form a partial endogenize of the supply money. The computational simulation allowed investigating the degree of proximity of the model to the dynamics of a real economy. The simulation showed, amongst other results, that: (i) the profit rate is significantly elastic with regard to positive technological shock, while the interests rate and the degree of utilization of the capacity are little sensible to this type of shock; and (ii) the confirmation of the paradox of the thrift, according to which the increase of the propensity to save of the capitalists finishes for reducing the level of the added saving, the profit rate and the degree of utilization. Moreover, it was observed that the dynamics of the variable macroeconomic in study was extremely sensible with relation to the propensity to save of the capitalists.

**Keywords:** Macroeconomics Dynamics Models; Theory Post-Keynesian; Computational Simulation.

**Julho 2006**

---

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Federal do Paraná (PPGDE - UFPR). E-mail: [lucianodc@gmail.com](mailto:lucianodc@gmail.com) e [ldcarvalho@pop.com.br](mailto:ldcarvalho@pop.com.br)

<sup>2</sup> Doutor em Economia (IE/UFPR), Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná - UFPR -, e Pesquisador do CNPq. E-mail: [joreiro@sociais.ufpr.br](mailto:joreiro@sociais.ufpr.br) e Web-Page: [www.joseluisoreiro.ecn.br](http://www.joseluisoreiro.ecn.br).

## 1. Introdução

*Factual work and theoretical work, in an endless relation of give and take, naturally testing one another and setting new tasks for each other, will eventually produce scientific models, the provisional joint products of their interaction with the surviving elements of the original vision, to which increasingly more rigorous standards of consistency and adequacy will be applied.*

- Schumpeter (1954, p. 42)

O objetivo do presente artigo é analisar as trajetórias dinâmicas de uma série de macro-variáveis – em particular, a taxa de lucro, a taxa de juros e o grau de utilização da capacidade produtiva – em face de mudanças exógenas do ritmo de progresso tecnológico e da propensão a poupar dos capitalistas (*Proxy* para o grau de incerteza econômica) com base num modelo macrodinâmico Pós-keynesiano que integre o lado real e monetário da economia. Para isso, apresentamos inicialmente um modelo macrodinâmico de terceira geração cujas características principais, que o diferenciam de seus similares Pós-keynesianos, são a grande importância dada ao progresso tecnológico para a determinação da dinâmica de longo prazo da economia e, principalmente, a forma peculiar na qual a endogeneidade monetária é especificada.

De fato, a endogenia da moeda é aqui suposta como dependendo da taxa de progresso tecnológico. A explicação para essa especificação incomum aos modelos Pós-keynesianos<sup>3</sup>, é a suposição de que o aumento do progresso tecnológico aumenta a demanda por crédito, uma vez que se considera que toda inovação tecnológica requer necessariamente um adiantamento para a sua implementação.

Assim, quando a taxa de progresso tecnológico se eleva, aumenta consigo a taxa de *mark-up* bancário sobre a taxa básica de juros. Esta por sua vez, é usada pelo Banco Central como instrumento de controle inflacionário, visto que se supõe a inexistência de outros instrumentos de política monetária<sup>4</sup>. Desta forma, sempre que ocorrer um aumento da taxa de progresso tecnológico e/ou da taxa de variação dos preços aumentará em consequência a taxa de juros cobrada pelos bancos.

Uma vez que apresentamos o modelo macrodinâmico a ser simulado, demos início à análise de dinâmica comparativa. Como se sabe, o processo de simulação computacional tem o propósito de analisar as propriedades práticas de um modelo teórico verificando os valores de equilíbrio para as variáveis macroeconômicas-chaves. Além de permitir o maior esclarecimento das grandezas numéricas envolvidas nas trajetórias dinâmicas especificadas pela análise qualitativa.

A grande vantagem de uma análise numérica por meio da simulação é verificar até que ponto as condições tidas como teoricamente possíveis na análise teórico-qualitativa permanecem plausíveis ou realistas na análise numérica. Ou seja, é possível que os resultados práticos de um modelo teórico estejam, a despeito de sua análise qualitativa, incorretos quando confrontados com os valores paramétricos do mundo real. O que nos arremete a necessidade de se efetuar análises empíricas (numéricas) nos modelos teóricos com soluções gerais. Como observado por Schumpeter na epígrafe do presente artigo.

De uma forma em geral existem duas abordagens metodológicas para o processo de simulação, as assim chamadas estratégias *bottom-up* e *top-down*. A primeira dessas abordagens metodológicas consiste em desenvolver um modelo computacional cujas funções comportamentais e as relações paramétricas são especificadas em linguagem computacional. O que permite significativos ganhos com relação à precisão temporal, assim como na flexibilidade do comportamento e de manipulação do modelo teórico em estudo.

Apesar dessa abordagem possuir as qualidades acima referidas, ela não permite o estudo das relações de causalidade entre as variáveis relevantes. Sendo justamente por esse motivo, acrescido pela

---

<sup>3</sup> Uma estreita relação entre crédito e progresso tecnológico é mais bem explorada dentro da teoria schumpeteriana e, também, pela teoria marxista.

<sup>4</sup> Mais especificamente se supõe que a autoridade monetária não exerce controle sobre a quantidade de moeda assim como se abstém do uso da política fiscal.

dificuldade de domínio da linguagem de programação, que essa abordagem não é muito utilizada pelos economistas quando se deseja simular um modelo teórico.

Pos sua vez, a estratégia *top-down* é bem mais difundida e baseia-se na adequação de um modelo teórico-qualitativo com o propósito de se realizar a simulação do comportamento dinâmico de certas variáveis-chaves. Para isso, utilizam-se as equações diferenciais e de equilíbrio deduzidas pelo modelo teórico para simular em computador a trajetória no tempo de uma série de macro-variáveis relevantes.

Tendo em vista atingir a esse objetivo, deve-se primeiro calibrar os parâmetros do modelo de forma a obter um conjunto de trajetórias e de valores de equilíbrio de longo prazo que estejam de acordo com a realidade do sistema econômico em estudo. Sendo assim, para que se consiga obter tais trajetórias e valores de equilíbrio, o método de calibragem deve ser baseado preferencialmente em valores paramétricos determinados contabilmente e/ou por meio de estudos empíricos, assim como de escolha das condições iniciais das variáveis que se pretende analisar.

No entanto, durante o processo de calibração é possível (e provável) que inexistam valores contábeis ou evidências empíricas para alguns dos parâmetros do modelo. Nesse caso, para contornar a existência de parâmetros livres utiliza-se o princípio da correspondência de Samuelson. Tal princípio consiste em atribuir arbitrariamente os valores paramétricos necessários para que se consiga descrever com o mais alto grau de realismo possível<sup>5</sup> o movimento de um sistema econômico complexo.

O procedimento de calibração do modelo pode ser assim sistematizado. Primeiro escolhe-se um conjunto inicial de valores paramétricos buscando, sempre que possível, se apoiar em dados contabilizados e/ou estimados empiricamente. Em seguida, “roda-se” o programa e obtêm-se as trajetórias dinâmicas das variáveis endógenas relevantes para o estudo. Posteriormente, como terceiro procedimento, compara-se as trajetórias obtidas (e os valores de equilíbrio de longo prazo) com as evidências empíricas ou, o que se considera como “fatos estilizados” da economia em estudo. E, caso as trajetórias obtidas forem pouco “aderentes” à realidade, escolhe-se um novo conjunto de parâmetros (e/ou condições iniciais) e repete-se o experimento.

Com relação à estrutura do artigo, optou-se por estruturá-lo em sete seções incluindo essa breve introdução. Na seção 2 apresentamos, por meio de cinco blocos, a estrutura do modelo que será usado para a simulação. Na seção 3 descrevemos os desdobramentos do modelo no curto e longo prazo. Na seção 4 definimos a dinâmica padrão contra a qual se fará o estudo de dinâmica comparativa. Após isto, nas seções 5 e 6 apresentamos as análises de impulso-resposta com relação, respectivamente, a influência dos choques tecnológicos e da propensão a poupar dos capitalistas sobre a trajetória dinâmica de quatro macro-variáveis-chaves. Por fim, na seção 7, apresentamos as considerações finais do artigo.

## 2. Os Blocos Fundamentais do Modelo para Simulação

O presente modelo busca incorporar dentro da estrutura teórica dos modelos de crescimento econômico e de distribuição funcional da renda da “escola de Cambridge” elementos teóricos contidos no conceito de economia monetária de produção<sup>6</sup>, notadamente no que diz respeito à concepção endógena da oferta de moeda.

Com efeito, o modelo compartilha com os trabalhos de You (1994), Jarsulic (1989), Watanabe (1997), Dutt (1989 e 1992), Dutt e Amadeo (1993) e Lima e Meirelles (2003) a preocupação em integrar, num mesmo arcabouço teórico, o lado real e monetário da economia. Mais especificamente, o modelo

---

<sup>5</sup> No entanto, o mais alto grau de realismo possível não implica necessariamente na obtenção do conjunto ótimo de parâmetros que gere a mais fidedigna trajetória existente. Na verdade, nunca se sabe qual o conjunto de parâmetros escolhidos é o mais adequado para se efetuar a análise da simulação. Nesse caso, lança-se mão do conceito de satisfazimento (*satisficing*) sob condições de racionalidade limitada de Simon (1980, p. 42), em suas palavras:

*“A maximização da utilidade, como eu mostrei, não era essencial para o esquema de busca (...) como alternativa, poder-se-ia postular que o agente decisório tivesse desenvolvido alguma aspiração, sobre o quão boa devesse ser a alternativa que ele tentaria encontrar. Assim que ele descobrisse uma alternativa que atendesse a seu nível de aspiração, ele concluiria a busca com a escolha dessa alternativa. Eu denominei essa forma de seleção de satisfazimento”.*

<sup>6</sup> Para maiores detalhes sobre o conceito de economia monetária de produção ver Davidson (1978) e Carvalho, (1992).

adota a visão dita estruturalista da oferta de moeda na qual esta é concebida como sendo parcialmente endógena.

Dentre os modelos de integração com oferta de moeda parcialmente endógena, o presente modelo oferece uma contribuição original ao incorporar a visão schumpeteriana da importância do crédito para a introdução de inovações tecnológicas. Ademais, o modelo incorpora o processo inflacionário como decorrência do conflito de classes, a determinação de preços através de um *mark-up* sobre os custos unitários de produção e o progresso tecnológico como comportamento defensivo das firmas contra o aumento dos custos da mão-de-obra ou ainda, como resposta a perda da parcela da renda que cabe a classe capitalista.

O modelo será apresentado através de cinco subsistemas, ou blocos, de forma a facilitar o entendimento da sua estrutura e, também, como forma de sistematizar sua futura ampliação.

## Bloco 2.1. Preços e Produção

Suponhamos uma economia fechada, onde firmas oligopolistas financiadas por bancos também oligopolistas produzem, através da seguinte função de Leontief, um único bem utilizável tanto para consumo quanto para investimentos:

$$Q = \min[Ku_k; L/q] \quad (1)$$

Onde:  $Q$  é o nível do produto,  $K$ , o estoque de capital<sup>7</sup>,  $u_k$ , a relação produto potencial-capital,  $L$ , o nível de emprego e  $q$ , a relação trabalho-produto.

A inexistência de contratos de longa duração ou de custos de demissão, contratação e treinamento de mão-de-obra permitem que as firmas utilizem a mão-de-obra na exata medida de suas necessidades representadas, dada à relação trabalho-produto, pela demanda por seu produto. Dessa forma, o nível de emprego pode ser apresentado pela seguinte equação<sup>8</sup>:

$$L = qQ \quad (2)$$

Implicando que dado à relação trabalho-produto, para cada nível de produção existe um único e ótimo nível correspondente de emprego.

Devido à existência de firmas oligopolistas, a variação dos preços se dará sempre que o *mark-up* desejado for maior que o *mark-up* efetivo. A equação (7) nos informa que dada à produtividade do trabalho ou igualmente a relação trabalho-produto, o *mark-up* efetivo é inversamente relacionado com a parcela salarial de maneira que o hiato existente entre o *mark-up* desejado e o efetivo pode ser representado pela diferença entre a parcela salarial efetiva e a parcela salarial determinada pelo *mark-up* desejado. Formalmente temos:

$$\hat{P} = \rho[S - S_f] \quad (3)$$

Sendo:  $\hat{P}$  a taxa proporcional de variação no preço,  $(dP/dt)(1/P)$ ;  $\rho$  um parâmetro de sensibilidade maior que 0 e menor ou igual a 1 e  $S_f$  a parcela salarial determinada pelo *mark-up* desejado. Baseando-se em Kalecki (1971), o preço cobrado pela firma é determinado por meio da definição de um *mark-up*,  $Z_f$ , sobre os custos primários de produção. Matematicamente temos:

$$P = (1 + Z_f)W.q \quad (4)$$

A parcela salarial determinada pelo *mark-up* desejado pela firma,  $S_f$ , depende inversamente do grau de aquecimento no mercado de bens, sendo expressa pela seguinte equação:

$$S_f = \theta - \varphi u \quad (5)$$

Em que:  $Z_f$  é o *mark-up* da firma,  $\theta$  e  $\varphi$  são parâmetros positivos.

<sup>7</sup> Por simplificação, considera-se a ausência de depreciação do capital.

<sup>8</sup> Nesse modelo supomos que a economia opera com excesso de capacidade em termos de capital o que a impede de alcançar sua produção potencial.

## Bloco 2.2. Distribuição Funcional da Renda

A renda agregada dessa economia pode ser vista como sendo a soma da remuneração dos trabalhadores, ou seja, do produto do salário real com a quantidade de trabalho empregado e com a rentabilidade do capital utilizado na produção, entendido como o valor de retorno do estoque de capital. Sendo assim, a divisão funcional da renda é dada por:

$$Q = VL + rK \quad (6)$$

Sendo:  $V \equiv W/P$ : o salário real,  $W$ : o salário nominal,  $P$ : o nível de preços e  $r$ : a taxa de lucros definida como o fluxo monetário de lucros dividido pelo estoque de capital valorado pelo nível de preço do produto. Usando as equações (2), (6), (8) e (9), acha-se a seguinte expressão da parcela salarial:

$$S = V.q \quad (7)$$

A parcela salarial assume valores entre 0 e 1, mais precisamente  $0 < S < 1$ , de forma que a parcela dos lucros na renda,  $m$ , pode ser escrita da seguinte forma:

$$m = 1 - S \quad (8)$$

A taxa de lucro pode ser expressa em função da parcela salarial e do grau de utilização da capacidade produtiva, mais precisamente temos:

$$r = m.u \quad (9)$$

Onde:  $u$  é o grau de utilização da capacidade,  $u = Q/Q^*$ .

## Bloco 2.3. Mercado de Trabalho

A taxa proporcional de variação do salário nominal cresce com o passar do tempo de acordo com o hiato entre a parcela salarial desejada pelos trabalhadores,  $S_w$ , e a parcela efetiva,  $S$ , ponderados positivamente pelo parâmetro de sensibilidade,  $\lambda$ , como demonstrado pela seguinte equação:

$$\hat{W} = \lambda[S_w - S] \quad (10)$$

A parcela salarial desejada pelos trabalhadores será tanto maior quanto maior for o poder de barganha dos trabalhadores vis-à-vis aos dos capitalistas. Esse poder de barganha por seu lado, aumentará sempre que a taxa de emprego aumentar. Formalmente temos:

$$S_w = \varepsilon E \quad (11)$$

Sendo:  $\varepsilon$  um parâmetro de sensibilidade positivo e  $E$  a taxa de emprego - entendida como a razão entre o nível de emprego e a oferta de emprego,  $(L/N)$ . A taxa de emprego está relacionada ao mercado de bens segundo a seguinte relação funcional:

$$E = u.k \quad (12)$$

Onde:  $k$  é a razão entre o estoque de capital e a oferta de trabalho em unidades de produtividade, como demonstrado na equação (13) abaixo.

$$k = K/(N/q) \quad (13)$$

A taxa de crescimento proporcional da oferta de trabalho é aqui modelada como aumentando a uma taxa exógena  $\eta$ , ou seja:

$$\hat{N} = \eta \quad (14)$$

## Bloco 2.4. Mercado Financeiro

A taxa básica de juros,  $i^B$ , é utilizada pela autoridade monetária como instrumento de controle inflacionário. Sempre que a taxa de inflação aumentar, a autoridade monetária elevará *pari passu* a taxa básica de juros como forma de conter o aumento inflacionário. Formalmente temos:

$$i^B = \phi.\hat{P} \quad (15)$$

Onde:  $\phi$  é um parâmetro positivo de sensibilidade da taxa básica de juros com relação à taxa de inflação.

A taxa de juros  $i$  dessa economia é determinada por meio de um *mark-up* bancário,  $Z_B$ , sobre a taxa básica de juros administrada pelo Banco Central,  $i^B$ . Como pode ser evidenciado pela seguinte equação:

$$i = Z_B i^B \quad (16)$$

O *mark-up* bancário é aqui modelado como estando em função da taxa de inovação tecnológica. Desta forma, quanto maior a taxa de inovação tecnológica maior será a demanda por crédito e em melhores condições os bancos oligopolistas se encontrarão para aumentar suas margens de *mark-up*. Essa relação é formalmente denotada como segue:

$$Z_B = \mu \hat{\Gamma} \quad (17)$$

Sendo  $\mu$ , um parâmetro positivo de sensibilidade do *mark-up* bancário com relação à demanda por crédito, vale dizer, com relação à taxa de progresso tecnológico.

## Bloco 2.5. Acumulação de Capital e Progresso Tecnológico

Os planos de acumulação da firma podem ser descritos pela seguinte relação funcional<sup>9</sup>:

$$\frac{I^d}{K} = \alpha + \beta(r - i) + \tau \hat{\Gamma} \quad (18)$$

Onde:  $\frac{I^d}{K}$  é a acumulação desejada das firmas como fração do estoque de capital,  $\alpha$  é o parâmetro (positivo) autônomo de acumulação,  $\beta$  e  $\tau$  são, respectivamente, parâmetros positivos de sensibilidade do diferencial da taxa de lucro,  $r$ , com a taxa de juros bancária,  $i$ , e da taxa de inovação tecnológica poupadora de mão-de-obra,  $\hat{\Gamma}$ .

A taxa de inovação tecnológica, por sua vez, é definida como sendo influenciada positivamente pela parcela salarial por meio da ponderação do parâmetro de sensibilidade  $\psi$ , como mostrado abaixo:

$$\hat{\Gamma} = \psi \cdot S \quad (19)$$

No curto prazo, a relação trabalho-produto,  $q$ , é fixa. Porém, no longo prazo, ela diminuirá na medida em que aumentar a taxa de inovação tecnológica,  $\hat{\Gamma}$ , ou seja:

$$\hat{q} = -\psi \cdot S \quad (20)$$

Onde:  $\hat{q}$  é a taxa de variação proporcional da relação trabalho-produto.

Como as firmas operam com excesso de capacidade em termos de capital, elas ajustam os seus graus de utilização da capacidade de forma a produzir na exata medida para atender a demanda efetiva. Equalizando dessa forma, o investimento desejado e a poupança segundo a seguinte equação:

$$\frac{I}{K} = sr \quad (21)$$

Onde:  $\frac{I}{K}$  é a taxa de crescimento proporcional do estoque de capital e  $s$  a propensão marginal a poupar dos capitalistas.

<sup>9</sup> Desta forma diferenciamos, dentre outros, de Lima (1999), Rowthorn (1981) e Dutt (1984 e 1990). Ademais, o argumento dessa função investimento pode ser balizado nos trabalhos de Dutt (1994) que se apóia na idéia de Kalecki (1971) da existência de uma correlação positiva entre progresso tecnológico e investimento; de Schumpeter (1934) de que o processo de inovação acaba, com o tempo, se espraiando para toda economia e, por fim, em Nelson e Winter (1982) cujo processo de investimento é fortemente condicionado pela dinâmica de progresso tecnológico.

### 3. Os desdobramentos do modelo no curto e longo prazo

No equilíbrio de curto prazo, variações no grau de utilização da capacidade produtiva farão com que a taxa de crescimento proporcional do estoque de capital seja igual à taxa proporcional de acumulação desejada das firmas, ou seja:  $I/K = I^d/K$ .

Usando às equações (3), (5), (8), (9), (15), (16), (17), (18), (19) e (21) pode-se determinar o valor de equilíbrio de curto prazo do grau de utilização da capacidade,  $u^*$ , como segue:

$$u^* = \frac{-A.S^2 + B.S + \alpha}{(s - \beta)(1 - S) + C.S} \quad (22)$$

Sendo:  $A \equiv \beta\mu\phi\psi\rho$ ;  $B \equiv \beta\mu\phi\psi\rho\theta + \tau\psi$  e  $C \equiv \beta\mu\phi\psi\rho\phi$ . Assumindo a hipótese usual de que a propensão marginal a poupar é maior que a propensão marginal a investir<sup>10</sup> e dado que  $C > 0$ , garantimos que o denominador dessa expressão seja positivo. Como os parâmetros constituidores de  $A$  e  $B$  são todos positivos, temos que  $A > 0$ ,  $B > 0$  e o grau de utilização da capacidade produtiva de equilíbrio é uma parábola com a concavidade voltada para baixo e intercepto positivo igual a  $\alpha$ . A variação de  $u^*$  com relação às variações na parcela salarial,  $\partial u^*/\partial S$ , é dada por:

$$\frac{\partial u^*}{\partial S} = \frac{D.S^2 - F.S + G}{[(s - \beta)(1 - S) + C.S]^2} \quad (23)$$

Onde:  $D \equiv A(s - \beta) - AC$ ;  $F \equiv 2A(s - \beta)$ ;  $G \equiv (B + \alpha)(s - \beta) - \alpha.C$ .

Como pode ser visto, o denominador dessa expressão é sempre positivo para qualquer valor da parcela salarial, por sua vez, o numerador apresenta valores ambíguos tanto para  $D$  quanto para  $G$ , sendo que para  $F$  é positivo,  $F > 0$ , uma vez que supusemos que a propensão marginal a poupar é maior que a investir ( $s > \beta$ ). Admite-se que os parâmetros  $D$  e  $G$  assumem valores positivos, ou seja,  $D > 0$  e  $G > 0$ . A suposição de  $D > 0$  implica na necessidade de assumirmos que o setor financeiro produz uma influência menor sobre a decisão de investir dos capitalistas do que a diferença entre as propensões marginais a poupar e a investir. Feita essas considerações, a variação de  $u^*$  com relação à  $S$  é uma parábola com a concavidade voltada para cima, com o intercepto  $G$  positivo e, depois de algumas convenientes restrições paramétricas, com o ponto de mínimo em  $S^*$ .

A taxa de juros bancário sofre uma influência conjunta da taxa do progresso tecnológico e da taxa básica de juros. Esta última por sua vez é influenciada pela taxa de inflação e pelo grau de utilização da capacidade de equilíbrio. Em vista disso, a taxa de juros cobrada pelos bancos se comporta de acordo com a seguinte expressão:

$$i = (\mu\phi\psi\rho).S^2 - (\mu\phi\psi\rho\theta).S + (\mu\phi\psi\rho\phi)u.S \quad (24)$$

Ao substituirmos nessa equação, o grau de utilização da capacidade de equilíbrio, equação (22), pode-se perceber o comportamento da taxa de juros bancária de equilíbrio, isto é, da taxa de juros compatível com o equilíbrio entre a taxa desejada de acumulação das firmas e a taxa de crescimento do estoque de capital. Tal comportamento se dá de acordo com a seguinte equação:

$$i^* = \frac{\Psi.S^3 + \chi.S^2 + \pi.S}{(s - \beta)(1 - S) + C.S} \quad (25)$$

Onde:  $\Psi \equiv C(\mu\phi\psi\rho) - (\mu\phi\psi\rho)(s - \beta) - A(\mu\phi\psi\rho\phi) < 0$

$\chi \equiv (\mu\phi\psi\rho\theta)(s - \beta) + B(\mu\phi\psi\rho\phi) - C(\mu\phi\psi\rho\theta) > 0$

$\pi \equiv (\alpha\mu\phi\psi\rho\phi) - (\mu\phi\psi\rho\theta)(s - \beta) > 0$

A taxa de crescimento da economia no equilíbrio,  $I^*/K$ , pode ser encontrada utilizando-se às equações (8), (9), (21) e (22):

<sup>10</sup> Essa hipótese é necessária para garantir a estabilidade da posição de equilíbrio de curto prazo dos modelos keynesianos, pois, na ausência dela, desequilíbrios no mercado de bens tenderão a serem amplificados com o passar do tempo (cf. Bhaduri e Marglin, 1990).

$$\frac{I^*}{K} = \frac{sAS^3 - HS^2 + MS + s\alpha}{(s - \beta)(1 - S) + CS} \quad (26)$$

Sendo:  $H \equiv s(A + B)$  e  $M \equiv s(B - \alpha)$ . Uma vez que  $A > 0$  e admitindo que  $0 < \alpha < B$ , então os parâmetros  $H$  e  $M$  são positivos, ou seja,  $H > 0$  e  $M > 0$ . Sob estas condições a equação varia cubicamente, inicialmente a taxas decrescentes e posteriormente a taxas crescentes.

A taxa de lucro compatível com o equilíbrio entre a taxa de investimento desejada e efetiva é determinada ao se substituir as equações (8) e (22) em (9). A partir dessas substituições tem-se a seguinte equação que descreve a taxa de lucro de equilíbrio:

$$r^* = \frac{AS^3 - (A + B)S^2 + (B - \alpha)S + \alpha}{(s - \beta)(1 - S) + CS} \quad (27)$$

No longo prazo a economia se move devido a variações no estoque de capital, na oferta de trabalho, na relação trabalho-produto, no nível de preço e no salário nominal; estando sempre o grau de utilização da capacidade, a taxa de acumulação e a taxa de juros bancária em equilíbrio.

A partir das seguintes definições da parcela salarial,  $S \equiv Vq$  e da razão entre o estoque de capital e a oferta de trabalho em unidades de produtividade,  $k \equiv K/(N/q)$ ; pode-se acompanhar o comportamento dinâmico do sistema.

Linearizando ambas às equações e derivando-as em relação ao tempo, chega-se ao seguinte sistema bidimensional de equações diferenciais não-lineares<sup>11</sup>:

$$\hat{S} = \hat{W} - \hat{P} + \hat{q} \quad (28)$$

$$\hat{k} = \hat{K} + \hat{q} - \hat{N} \quad (29)$$

Onde:  $\hat{S} = \partial S/S$ ;  $\hat{k} = \partial k/K$  e assim por diante.

Substituindo às equações (3), (5), (10), (11), (12) e (20) na equação (28), podemos apresentar a taxa de variação proporcional da parcela salarial, em função do estoque de capital em unidades de oferta de trabalho eficiente,  $k$  e do grau de utilização da capacidade produtiva de equilíbrio,  $u^*$ ; que por sua vez, encontra-se unicamente em função da parcela salarial,  $S$ . Sendo assim, temos que:

$$\hat{S} = u^*[(\lambda\varepsilon)k - \rho\varphi] - (\lambda + \psi + \rho)S + \rho\theta \quad (30)$$

Igualando a taxa de crescimento proporcional da parcela salarial a zero e aplicando a derivada total ao resultante dessa expressão, é possível determinar a inclinação do lócus  $\hat{S} = 0$  através da seguinte equação:

$$\frac{\partial k}{\partial S} = \frac{[\rho\varphi - (\lambda\varepsilon)k](\partial u^*/\partial S) + (\lambda + \psi + \rho)}{u^* \lambda\varepsilon} \quad (31)$$

O denominador dessa expressão é sempre positivo para qualquer valor da parcela salarial, isto é,  $u^* > 0$ ,  $\forall 0 < S < 1$ . A taxa de variação do grau de utilização de equilíbrio com relação à parcela salarial,  $\partial u^*/\partial S$ , é uma parábola com a concavidade voltada para cima. Considerando a hipótese bastante razoável de que os preços se ajustam mais rapidamente do que os salários nominais têm-se que:  $[\rho\varphi - (\lambda\varepsilon)k] > 0$ . Se considerarmos que  $[\rho\varphi - (\lambda\varepsilon)k](\partial u^*/\partial S) > \lambda + \psi + \rho$ ; então a inclinação do lócus  $\hat{S} = 0$  será negativa,  $\partial k/\partial S < 0$ , para valores baixos da parcela salarial ( $0 < S < S^*$ ) e positiva,  $\partial k/\partial S > 0$ , para valores altos da parcela salarial ( $S^* < S < 1$ ). Ademais, como  $\partial u^*/\partial S$  é uma função quadrática na parcela salarial, existem até duas raízes reais que satisfazem à equação quando se considera o lócus  $\hat{S} = 0$ .

Sabemos que:  $I \equiv \frac{\partial K}{\partial t} \Rightarrow \frac{I}{K} \equiv \hat{K} \equiv sr = s(1 - S)u$ . Ao substituir essa equação juntamente com as equações (14) e (20) na equação (29), pode-se apresentar a taxa de variação proporcional do estoque de capital em unidades de oferta de trabalho eficiente,  $\hat{k}$ , em função de  $S$ , como demonstra a equação (32):

<sup>11</sup> Lembrando que  $V \equiv W/P$ .



$$\hat{k} = \frac{sA.S^3 + \Omega.S^2 + \Sigma.S + \Lambda}{(s - \beta)(1 - S) + C.S} \quad (32)$$

Onde:  $\Omega \equiv C\psi - H - \psi(s - \beta) < 0$ ;  $\Sigma \equiv J + \eta C + \psi(s - \beta) - \eta(s - \beta) > 0$ ;  $\Lambda \equiv s\alpha + \eta(s - \beta) > 0$  e  $\eta$  é a taxa positiva de crescimento exógena da força de trabalho<sup>12</sup>.

Sob estas restrições paramétricas, é possível dividir o domínio distributivo em duas regiões que denominaremos como PL e WL em alusão, respectivamente, aos regimes de *Profit-Led* e *Wage-Led*. Na região PL, compreendida no intervalo  $0 < S < S^*$ , distribuições de renda em prol dos trabalhadores diminuem a parcela dos lucros na renda que, no entanto, ainda se encontra a níveis consideravelmente altos. Esse fato, corroborado pelo aumento do grau de utilização e, conseqüentemente da taxa de lucro, mais do que compensa o aumento da taxa de juros bancária, de forma que a taxa de acumulação do capital é positiva nessa região. Por outro lado, na região WL, compreendida no intervalo entre  $S^* < S < 1$ , aumentos distributivos em prol dos trabalhadores, exercem uma diminuição no grau de utilização da capacidade produtiva, da parcela dos lucros na renda, da taxa de lucro e, como a taxa de juros bancária continua aumentando, a taxa de acumulação do capital decresce nessa região.

Ao derivarmos às equações diferenciais (28) e (29) com relação à parcela salarial,  $S$  e o estoque de capital em unidades de oferta de trabalho eficiente,  $k$  e, efetuando as substituições necessárias, é possível obter a seguinte matriz Jacobiana  $|J|$  de derivadas parciais:

$$J_{11} \equiv \partial \hat{S} / \partial S = (\partial u^* / \partial S)(\lambda \varepsilon . k - \rho \varphi) - (\lambda + \psi + \rho) \quad (33)$$

$$J_{12} \equiv \partial \hat{S} / \partial k = \lambda \varepsilon . u^* > 0 \quad (34)$$

$$J_{21} \equiv \partial \hat{k} / \partial S = [\partial (I^* / K) / \partial S] + \psi \quad (35)$$

$$J_{22} \equiv \partial \hat{k} / \partial k = 0 \quad (36)$$

Em razão da existência de não-linearidades no modelo e do fato da análise que se pretende nessa seção ser qualitativa, existem diversas configurações possíveis na qual se podem obter equilíbrios múltiplos no espaço  $(k - S)$ . Sendo assim, escolhemos uma na qual há um equilíbrio instável do tipo ponto de sela (*saddle path*) na região PL e um equilíbrio estável baseado em uma espiral amortecida (*stable spiral path*) na região WL.

Na região PL, compreendida no intervalo  $0 < S < S^*$ , prevalece um regime de *profit-led*. Distribuições de renda em prol dos trabalhadores diminuem a parcela dos lucros na renda e aumentam o grau de utilização da capacidade, ao mesmo tempo em que elevam o custo da mão-de-obra e, por conseqüência, a taxa de inovação tecnológica. Uma vez que a parcela dos lucros na renda apesar de diminuindo continua elevada e, como o grau de utilização da capacidade está se elevando, a taxa de lucro é positiva nessa região, embora decrescente.

Na região WL, compreendida no intervalo entre  $S^* < S < 1$ , prevalece um regime de *wage-led*. Aumentos distributivos em prol dos trabalhadores comprimem a parcela dos lucros na renda e diminuem o grau de utilização da capacidade levando assim a uma queda na taxa de lucro. Outro fator a ser levado em consideração, é que ao encarecer o custo da mão-de-obra, o aumento da parcela salarial eleva a taxa de inovação tecnológica e como há uma queda no grau de utilização da capacidade produtiva, a taxa de emprego. Em conseqüência disso, a parcela salarial desejada pelos trabalhadores diminui ao mesmo tempo em que a parcela salarial implicada pelo *mark-up* efetivo aumenta.

Em virtude dos preços se ajustarem mais rapidamente do que os salários nominais e lembrando que na região PL a  $\partial u^* / \partial S < 0$ ,  $J_{12} > 0$  e  $J_{22} = 0$ ; a natureza do equilíbrio dessa região dependerá da

<sup>12</sup> Devido ao fato da equação (32) ser cúbica, existem até três raízes reais que satisfazem à igualdade quando é definido o lócus  $\hat{k} = 0$ . No entanto, apenas duas dessas raízes assumem valores positivos no espaço  $(k - S)$ . Ademais, aplicando a derivada total ao lócus  $\hat{k} = 0$ , verifica-se também que  $k$  é insensível a variações em  $S$ , podendo então o lócus  $\hat{k} = 0$  ser representado por meio de duas retas verticais em relação ao eixo das ordenadas.

determinação do sinal de  $J_{11}$ . A análise dessa região nos informa que caso  $(\partial u^*/\partial S)[(\lambda\varepsilon)k - \rho\varphi] > (\lambda + \psi + \rho)$ , o traço da matriz jacobiana será positivo,  $Tr|J| > 0$ . Como nessa região  $\partial(I^*/K)/\partial S > 0$ , o que faz com que  $J_{21} > 0$ , para todo valor da parcela salarial compreendido entre 0 e 1, então o  $Det|J| < 0$ , implicando que o sistema terá um equilíbrio instável do tipo ponto de sela. Contudo, caso  $(\partial u^*/\partial S)[(\lambda\varepsilon)k - \rho\varphi] < (\lambda + \psi + \rho)$ , o traço da matriz jacobiana será negativo,  $Tr|J| < 0$  e como o determinante da matriz jacobiana continua sendo negativo,  $Det|J| < 0$ , então o sistema não terá equilíbrio.

Analisando a região WL vemos que, devido à nessa região  $\partial u^*/\partial S > 0$ , a variação proporcional da parcela salarial com relação a ela mesma será menor que zero,  $J_{11} < 0$  e como  $J_{22} = 0$ , então o traço da matriz jacobiana será menor que zero,  $Tr|J| < 0$ . Uma vez que  $J_{12} > 0$ ,  $\forall 0 < S < 1$ , a determinação da natureza do equilíbrio nessa região dependerá do sinal de  $J_{21}$ . Devido ao fato de termos assumido que  $\partial(I^*/K)/\partial S < 0$  para valores da parcela salarial compreendidos nesse intervalo da parcela salarial, então se  $\partial(I^*/K)/\partial S > \psi$ ,  $J_{21} < 0$  e o determinante da matriz jacobiana será maior que zero,  $Det|J| > 0$  e o sistema terá um equilíbrio estável. Todavia, se  $\partial(I^*/K)/\partial S < \psi$ ,  $J_{21} > 0$  o que implica num determinante menor que zero,  $Det|J| < 0$  e o sistema não terá equilíbrio.

Dessa forma, existem diversas combinações possíveis, no espaço  $(k - S)$ , que geram algum tipo de equilíbrio. Dentre essas combinações, a figura 1 abaixo, nos mostra uma em que, na região PL, há um equilíbrio instável do tipo ponto de sela e na região WL, um equilíbrio estável baseado em uma espiral amortecida. Como ao longo de todo o domínio distributivo  $J_{12} > 0$  e  $J_{22} = 0$ , a determinação dessa configuração dependerá dos sinais de  $J_{11}$  e  $J_{21}$  que, por sua vez, dependem do poder de barganha existente entre capitalistas e trabalhadores; da sensibilidade dos preços e dos salários nominais; do peso entre a diferença da propensão marginal a poupar e a investir com relação às variáveis financeiras; das intensidades dos efeitos da inovação tecnológica e da taxa básica de juros, esta última influenciada pela variação dos preços, sobre a taxa de juros bancária e por fim, da maior influência conjunta das taxas de lucro, de juros e de progresso tecnológico sobre a propensão autônoma a investir dos capitalistas.

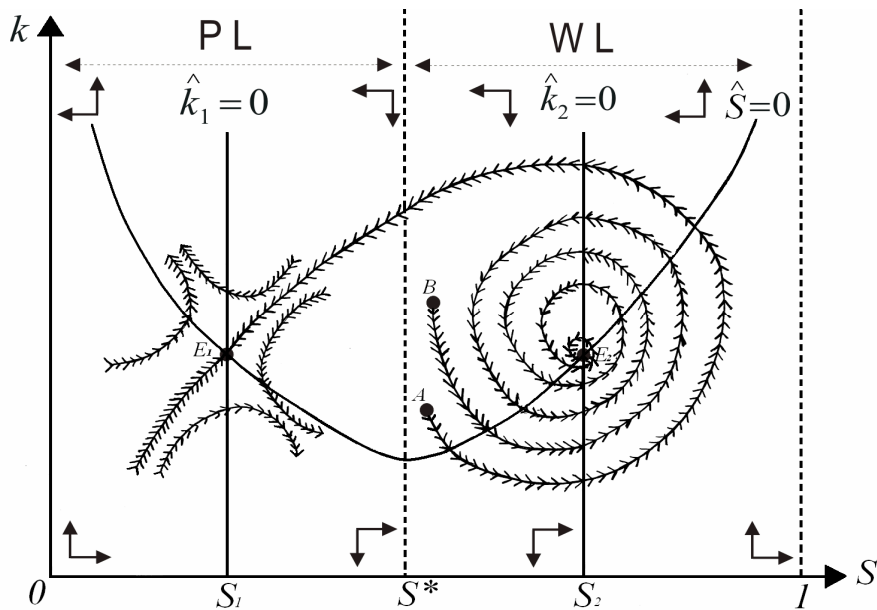


FIGURA 1: EQUILÍBRIOS MÚLTIPLOS E TRAJETÓRIA AMORTECIDA

Sendo assim, supomos que na região PL,  $J_{11} > 0$ , pois consideramos a sensibilidade dos preços seja maior do que a dos salários nominais e que, a influência do produto entre o grau de utilização da capacidade e os parâmetros definidores do salário real seja maior do que a soma dos parâmetros da taxa de inovação, do nível de preços e do salário nominal. Ademais, assumimos que  $J_{21} > 0$ , isto é, que a diferença entre a propensão marginal a poupar e a investir seja maior do que o produto de todos os parâmetros definidores da taxa de juros bancária.

Para a região WL estabelecemos que  $J_{11} < 0$  e  $J_{21} < 0$ . O sinal negativo do primeiro elemento da matriz jacobiana,  $J_{11}$ , é facilmente observável, bastando para isso recordarmos que nessa região  $\partial u^* / \partial S > 0$ . O sinal negativo do segundo elemento requer que estabelecemos, em primeiro lugar, que a diferença entre a propensão marginal a poupar e a investir seja maior do que o produto do conjunto dos parâmetros definidores da taxa de juros bancário. Em segundo lugar, é preciso assumir que o efeito da taxa de acumulação a variações na parcela salarial seja maior do que a sensibilidade da taxa de inovação tecnológica a mudanças na parcela salarial.

Analisando conjuntamente o comportamento dinâmico em todo o espaço  $(k - S)$ , vemos que existe um subconjunto na região WL, que caso a dinâmica econômica passe por ele, as variáveis de estado, vale dizer, a parcela salarial e o estoque de capital por unidade de oferta de trabalho eficiente, apresentará flutuações amortecidas até atingir o ponto de equilíbrio  $E_2$ . Como pode ser observado pela trajetória que sai do ponto B.

A essa zona cuja dinâmica caracteriza-se por flutuações amortecidas, chamaremos de zona de estabilidade e ao seu complemento de zona de instabilidade. Assim sendo, caso a dinâmica da economia se dê a partir da zona de instabilidade, o comportamento dessa economia será explosivo, a não ser que ocorra um caso muito singular no qual digamos, a partir do ponto A, a economia assuma uma dinâmica correspondente ao ponto de equilíbrio  $E_1$ , na região PL, caracterizado por ser um ponto de sela de natureza eminentemente instável.

Sendo justamente essa trajetória de sela que divide a zona de estabilidade da zona de instabilidade. Com efeito, qualquer trajetória que inicie abaixo da trajetória representada pelo ponto de sela, apresentará uma dinâmica estável baseado em flutuações amortecidas e, acima dessa trajetória, apresentará uma dinâmica explosiva.

Uma vez realizado a análise teórico-qualitativa podemos agora dar início ao exercício proposto de dinâmica comparativa a partir das duas equações diferenciais determinadas anteriormente, equações (30) e (32), juntamente com as equações de equilíbrio (22), (25), (26) e (27) deduzidas acima. A esse exercício vamos nos ater agora.

#### 4. Definindo a Dinâmica Padrão<sup>13</sup>

O ponto inicial para a análise de dinâmica comparativa é a definição da dinâmica padrão contra a qual se pretende fazer a comparação. Assim sendo, definimos inicialmente os valores para todos os parâmetros do modelo buscando sempre que possível ancorar tais escolhas em evidências empíricas e/ou em estudos contábeis. A tabela 1 abaixo apresenta os parâmetros com seus respectivos valores e o papel que eles desempenham no modelo.

Baseando-se em Kaldor (1993) a propensão a poupar dos capitalistas,  $s$ , foi assumida como sendo de 0,8<sup>14</sup>. Supomos que essa economia apresenta uma taxa de crescimento populacional,  $\eta$ , da ordem de 1% (ou 0,01) ao ano. Adotamos para a sensibilidade da taxa básica de juros com respeito à taxa de variação dos preços,  $\phi$ , o valor estimado para a economia brasileira de 1,50. (Blanchard, 1999, p. 359)

<sup>13</sup> O *software* utilizado na simulação foi o programa Mathematica 4.1.

<sup>14</sup> Para Kaldor (1993) os Estados Unidos da América e o Reino Unido possuem uma propensão a poupar em torno de 0,7. Enquanto a Alemanha apresentaria uma propensão a poupar de 0,8. Nesse sentido, adotamos a propensão equivalente a da economia alemã.

TABELA 1: PARÂMETROS E VALORES REFERENTES À DINÂMICA PADRÃO

Parâmetro	Valor	Descrição
$\alpha$	0,01	Propensão autônoma a investir ou animal spirits dos investidores.
$s$	0,80	Propensão a poupar dos capitalistas.
$\beta$	0,75	Coefficiente que capta a sensibilidade do investimento desejado ao diferencial entre a taxa de lucro e a taxa de juros bancária.
$\tau$	0,25	Coefficiente que capta a sensibilidade do investimento desejado a variações no progresso tecnológico.
$\psi$	0,03	Coefficiente que capta a sensibilidade do progresso tecnológico com relação a variações na parcela salarial.
$\rho$	1,10	Coefficiente que capta a sensibilidade da taxa de variação dos preços com relação à diferença entre a parcela salarial efetiva e a determinada pelo <i>mark-up</i> desejado das firmas.
$\theta$	0,40	Parâmetro que mede o componente autônomo da parcela salarial determinada do <i>mark-up</i> desejado das firmas.
$\varphi$	0,70	Coefficiente que capta a influência do grau de utilização produtiva sobre a parcela salarial implicada pelo <i>mark-up</i> desejado das firmas.
$\lambda$	0,50	Coefficiente de sensibilidade da taxa de variação dos salários nominais com relação ao diferencial entre a parcela salarial desejada pelos trabalhadores e a parcela salarial efetiva.
$\varepsilon$	0,025	Coefficiente de sensibilidade da parcela salarial desejada pelos trabalhadores com relação à taxa de emprego.
$\eta$	0,01	Taxa de crescimento populacional.
$\phi$	1,50	Coefficiente que capta a sensibilidade da taxa básica de juros com respeito à taxa de variação de preços.
$\mu$	1,15	Coefficiente que capta a influência do progresso tecnológico sobre a taxa de juros bancário.

Os demais parâmetros do modelo não encontram respaldo nos estudos empíricos, sendo, portanto, parâmetros livres. No entanto, é possível inferir valores plausíveis para esses parâmetros, bastando para isso isolarmos o seu efeito por meio da suposição que os demais parâmetros que formam a função assumem valores iguais à zero.

Por exemplo, supomos um valor para a propensão autônoma a investir,  $\alpha$ , na ordem de 0,01. A escolha desse valor implica que ao considerarmos os parâmetros  $\beta$  e  $\tau$  iguais à zero, na equação (18) que especifica o investimento desejado, então a taxa de crescimento do investimento desejado será de 1% por período, o que se encontra dentro do plausível para uma economia de mercado.

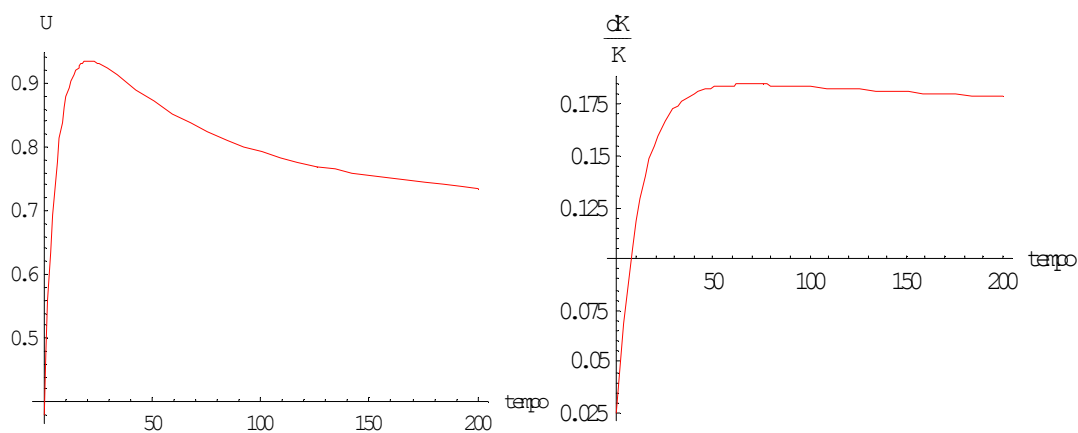
Seguindo esse mesmo procedimento, determinamos os valores para os demais parâmetros. De fato, para o parâmetro que descreve a sensibilidade do progresso tecnológico com relação à parcela salarial,  $\psi$ , supomos um limite máximo de crescimento da produtividade do trabalho de 3%. Supondo uma diferença entre a parcela salarial desejada pelos trabalhadores com relação à parcela salarial efetiva de 10% ( $S_w - S = 0,1$ ), então a taxa de variação do salário nominal assume valores de 5%, o que sugere o valor de  $\lambda = 0,5$ .

Assumimos uma taxa de sensibilidade dos juros bancários,  $\mu$ , de 1,15. O que implica em supor uma taxa máxima de *mark-up* bancário de 3,45. Uma taxa de *mark-up* bancário dessa magnitude equivale a uma taxa de juros bancário 3,45 vezes superior à taxa básica de juros. Esta por sua vez, é 50% maior do que a taxa de variação dos preços como demonstrado pelo parâmetro  $\phi = 1,5$ . Por sua vez, analisando o parâmetro,  $\theta$ , da equação (5), que determina a parcela salarial implicada pelo *mark-up* desejado das firmas,  $S_f$ , temos que este assume um valor mínimo de 40% (0,40) quando, por hipótese, o grau de utilização produtiva,  $u$ , cai para um nível igual à zero.

Uma vez definido os parâmetros que leva o sistema a um equilíbrio satisfatório, e definindo as condições iniciais como segue:  $k[0] = 0,5$  e  $S[0] = 0,75$ , é possível analisar o comportamento de algumas macro-variáveis chaves. Para isso, analisamos o comportamento no tempo do grau de utilização da

capacidade produtiva,  $u$ ; da taxa de investimento,  $I/K \equiv dK/K$ ; da taxa de lucro,  $r$ ; e, por fim, da taxa de juros bancário,  $i$ .

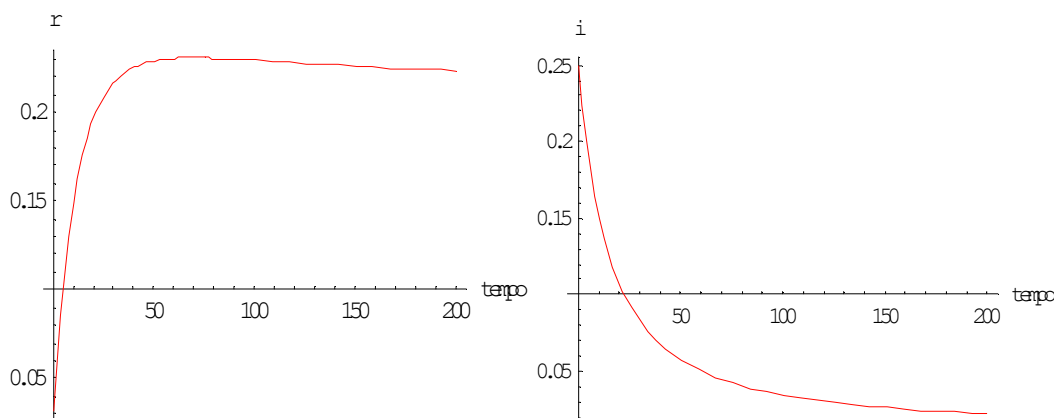
A figura 2 mostra a trajetória no tempo do grau de utilização da capacidade produtiva e da taxa de investimento. Nela percebe-se que o grau de utilização da capacidade produtiva partindo de um valor inicial igual a 37,96% se eleva durante vinte períodos até atingir o seu ponto de máximo equivalente ao grau de utilização de aproximadamente 94%, quando então decresce monotonicamente até seu estado estacionário de longo prazo correspondente ao valor de 71,98% da capacidade. Vale ressaltar que em nenhum momento o grau de utilização da capacidade foi pleno. Tendo as firmas, sempre mantido certa capacidade excedente na sua trajetória para o equilíbrio de longo prazo. Por seu turno, a taxa de investimento parte de um valor inicial de 2,53% crescendo a altas taxas durante 45 períodos quando então alcança seu valor de equilíbrio equivalente a 17,73%.



(a) Grau de Utilização da Capacidade ( $u$ )      (b) Taxa de Investimento ( $dK/K \equiv I/K$ )

FIGURA 2: A DINÂMICA PADRÃO PARA ( $u$ ) E ( $dK/K$ )

As trajetórias da taxa de lucro e da taxa de juros bancário são mostradas na figura 3. Por ela percebe-se que a taxa de lucro, iniciando de um patamar de 3,16%, cresce a taxas decrescentes até atingir no quadragésimo sexto período o seu valor de estado estacionário igual a 22,16%. Por seu turno, a taxa de juros bancário apresenta um valor inicial de 24,96%, decrescendo monotonicamente até atingir o seu valor de estado estacionário de 1,93% no limiar do período de análise.



(a) Taxa de Lucro ( $r$ )

(b) Taxa de Juros Bancária ( $i$ )

FIGURA 3: A DINÂMICA PADRÃO PARA ( $r$ ) E ( $i$ )

Após termos definido o conjunto de parâmetros que geram a dinâmica padrão, iremos agora realizar um exercício de impulso-resposta. Ou seja, iremos alterar *ceteris paribus*, o valor de dois parâmetros considerados chaves para o estudo em curso, a saber, o parâmetro que determina a taxa de progresso tecnológico e, o parâmetro que capta a propensão a poupar dos capitalistas, que de certa forma

incorpora o grau de confiança que esses agentes possuem com relação ao futuro comportamento da economia.

## 5. Teste de Impulso-Resposta: A influência dos Choques Tecnológicos

O primeiro teste de impulso-resposta será feito para analisar o impacto dos choques tecnológicos sobre as trajetórias dinâmicas do sistema econômico em estudo. Com efeito, iremos elevar em 33% (de 0,03 para 0,04) a sensibilidade do parâmetro tecnológico e verificar o impacto que um choque dessa magnitude tem sobre a dinâmica das principais macro-variáveis em estudo.

A figura 4 abaixo apresenta a dinâmica comparada do grau de utilização da capacidade e da taxa de investimento para o nível antigo (linha vermelha) e novo (linha azul) de sensibilidade do progresso tecnológico,  $\psi$ . De imediato, percebe-se que o choque tecnológico diminuiu o valor inicial do grau de utilização da capacidade passando de algo em torno de 37,96% para 18,10% (diminuição de 19,86%).

Com relação a sua trajetória dinâmica, se verifica que o impacto inicial do progresso tecnológico comprime o grau de utilização da capacidade, mas posteriormente (após o décimo oitavo período) o grau de utilização passa a apresentar uma trajetória nitidamente mais elevada do que a existente antes do choque. De fato, o valor de equilíbrio da trajetória anterior de 73,53% passa agora, após ter ocorrido o choque tecnológico para 75,87%.

A dinâmica da taxa de investimento também sofre variações em decorrência da sensibilidade do parâmetro tecnológico. Com efeito, o valor inicial da taxa de investimento que antes era de 2,53% passa agora, após o choque tecnológico, para 1,21%, apresentando uma diminuição de 1,32%. Com relação a sua trajetória, percebe-se que inicialmente a taxa de investimento assume valores abaixo da trajetória padrão. No entanto, após o vigésimo sétimo período, a nova trajetória gerada pelo choque assume valores superiores ao da trajetória padrão. Em termos numéricos, o novo valor de equilíbrio da taxa de investimento passa a ser aproximadamente de 17,97% contra um valor antigo de 17,89%. Mostrando dessa forma, a pouca sensibilidade da taxa de investimento com relação ao parâmetro de sensibilidade tecnológica.

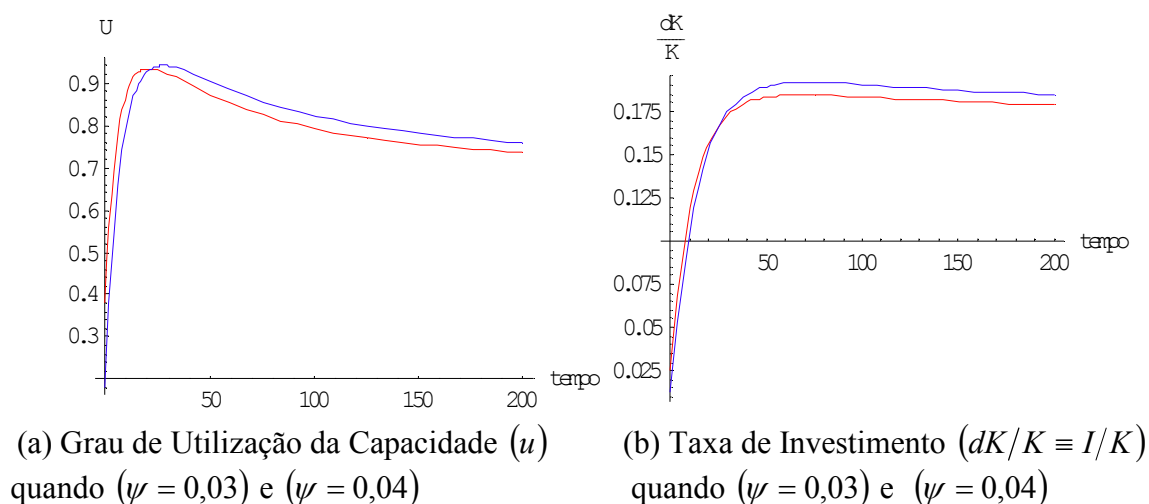


FIGURA 4: IMPACTO DOS CHOQUES TECNOLÓGICOS SOBRE ( $u$ ) E ( $dK/K$ )

A taxa de lucro e a taxa de juros bancário evidenciam suas trajetórias por meio da figura 5. Observando primeiramente a taxa de lucro, vemos que o choque tecnológico desloca o valor inicial de 3,16%, correspondente à dinâmica padrão, para 1,51% correspondente a nova dinâmica. Ademais, o comportamento da taxa de lucro mostra que, inicialmente, o aumento da sensibilidade do parâmetro tecnológico gera uma trajetória da taxa de lucro menor do que a trajetória existente antes do choque.

Porém, no período 27, ocorre uma inversão entre as duas trajetórias, passando agora a taxa de lucro pós-choque tecnológico descrever uma dinâmica que a faz atingir um valor de equilíbrio de longo prazo equivalente a 31,09% significativamente superior ao valor de equilíbrio da sua trajetória padrão

igual a 22,36%. Assim, percebe-se que a sensibilidade da taxa de lucro com relação a mudanças tecnológicas é bastante elevada. De fato, a elasticidade da taxa de lucro com relação ao progresso tecnológico é de 1,3%, implicando que um aumento de 1% na sensibilidade do progresso tecnológico gera uma ampliação de 1,3% na taxa de lucro.

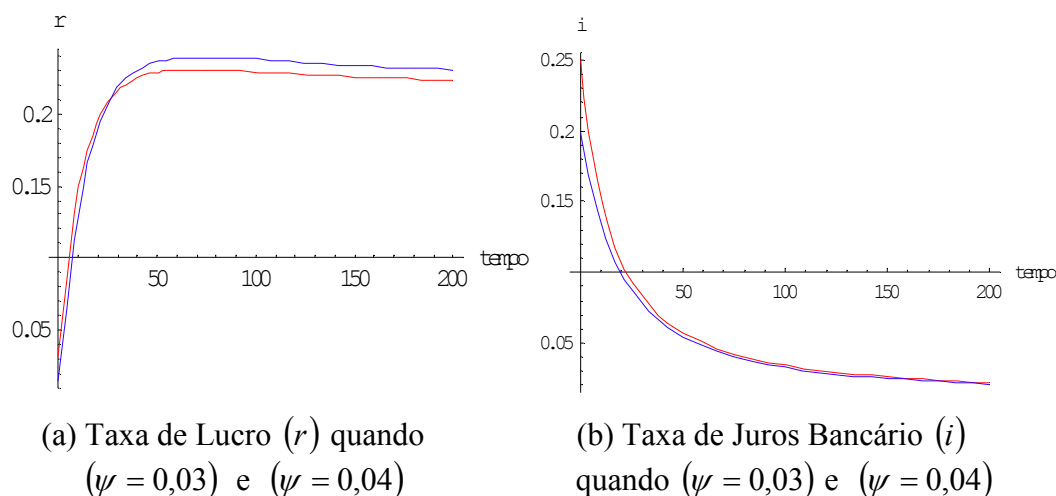


FIGURA 5: IMPACTO DOS CHOQUES TECNOLÓGICOS SOBRE ( $r$ ) E ( $i$ )

Ainda com relação à figura 5, percebe-se que a taxa de juros bancário tem o seu valor inicial deslocado em decorrência do choque tecnológico de 24,96% para 19,75%. Não obstante esse deslocamento, no longo prazo a nova trajetória da taxa de juros converge para um valor de equilíbrio de longo prazo muito semelhante ao anterior. Assumindo o valor de 2,11% em contraste com o valor de 2,22% da trajetória padrão, com uma diminuição de -0,95% entre um valor e outro.

A análise acima realizada está sistematizada na tabela 4. Por essa tabela vê-se que todas as macrovariáveis são inelásticas com relação ao parâmetro de sensibilidade do progresso tecnológico com exceção da taxa de lucro que apresenta uma elasticidade de 1,3%.

TABELA 4: INFLUÊNCIA DOS CHOQUES TECNOLÓGICOS ( $\psi = 0,4$  ou +33%)

Variável	$u$	$I/K$	$r$	$i$
Valores Padrão	0,7353	0,1789	0,2236	0,0222
Valores Finais	0,7587	0,1847	0,3209	0,0211
Variação Percentual	3,18%	3,24%	43,51%	-0,95%
Elasticidade	<1	<1	>1	<1

Ademais, percebe-se pela tabela 4 que o grau de utilização da capacidade  $u$ , a taxa de investimento  $I/K$  e a taxa de lucro,  $r$ , são positivamente correlacionados com o parâmetro de sensibilidade tecnológico,  $\psi$ . Enquanto que a taxa de juros bancário,  $i$ , apresenta uma correlação negativa com relação a esse parâmetro.

## 6. Teste de Impulso-Resposta: A Influência da Propensão a Poupar dos Capitalistas

O segundo e último experimento consiste em analisar os efeitos do aumento de 1% na propensão a poupar dos capitalistas. Tal aumento pode ser visto, dentre outros fatores, como uma ação defensiva dos capitalistas frente a um aumento da incerteza, ou seja, como uma *proxy* do grau de confiança dos capitalistas com relação ao futuro da economia.

A figura 6 nos mostra a influência do aumento em 1% da propensão a poupar sobre o grau de utilização da capacidade e a taxa de investimento. Tal aumento faz com que o valor inicial do grau de utilização da capacidade apresente um deslocamento para baixo, saindo do nível padrão de 37,96% e indo para 35,90%. Percebe-se também que na fase inicial (até o décimo período) praticamente não há diferença entre a trajetória do grau de utilização padrão e a trajetória originária da maior propensão a poupar. Porém, após esse período, quando o grau de utilização atinge 76,45% da sua capacidade produtiva, as duas trajetórias passam a divergir.

Com efeito, a trajetória que descreve a dinâmica do grau de utilização quando a propensão a poupar é mais elevada atinge seu valor máximo em torno de 83,75% (ao contrário de 93,87% da situação padrão) e, depois, decresce monotonicamente até seu novo valor de equilíbrio de longo prazo equivalente a 65,43%. Como o valor de equilíbrio padrão se encontrava fixado em 73,53% tira-se daí que o aumento de 1% na propensão a poupar gerou uma diminuição de 11,02% no grau de utilização da capacidade.

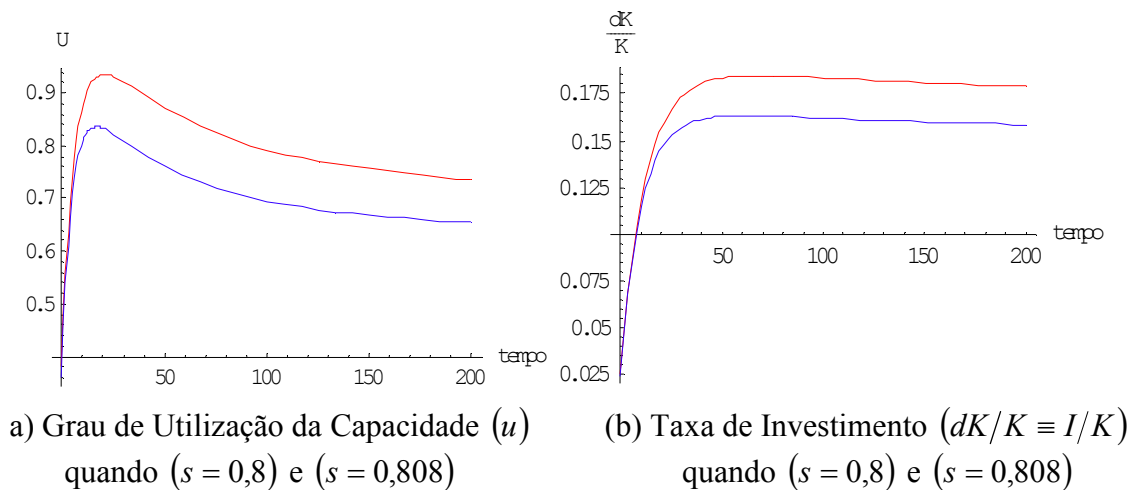


FIGURA 6: A INFLUÊNCIA DA PROPENSÃO A POUPAR SOBRE ( $u$ ) E ( $dK/K$ )

Por sua vez, a dinâmica da taxa de investimento descrita pela figura 6 nos mostra que o aumento da propensão a poupar teve um efeito leve sobre o valor inicial da taxa de investimento, que passou do valor padrão correspondente a 2,53% para o novo valor igual a 2,42%. Além disso, a trajetória da taxa de investimento foi inicialmente pouco afetada pelo aumento da propensão a poupar, no entanto, após o décimo primeiro período, as duas dinâmicas passam a divergir. De fato, o novo valor de equilíbrio para a taxa de investimento depois do aumento da propensão a poupar passa a ser de 15,85% bem menor quando comparado como valor padrão (correspondente com uma menor propensão a poupar) de 17,89%.

A figura 7 descreve a dinâmica da taxa de lucro e da taxa de juros bancário antes e depois do aumento de 1% da propensão a poupar dos capitalistas. Assim, o aumento da propensão a poupar reduz o valor inicial da taxa de lucro de 3,63% para antes da mudança, para 2,99% depois da mudança. Verifica-se também, que os comportamentos das duas trajetórias da taxa de lucro permanecem semelhantes até o décimo período, quando então passa a descrever uma dinâmica significativamente mais baixa do que a padrão. Ou seja, o aumento da propensão a poupar implicou numa drástica redução na taxa de lucro de longo prazo dos capitalistas. Com efeito, o valor de equilíbrio de longo prazo reduz do patamar padrão de 22,36% para 19,62%.



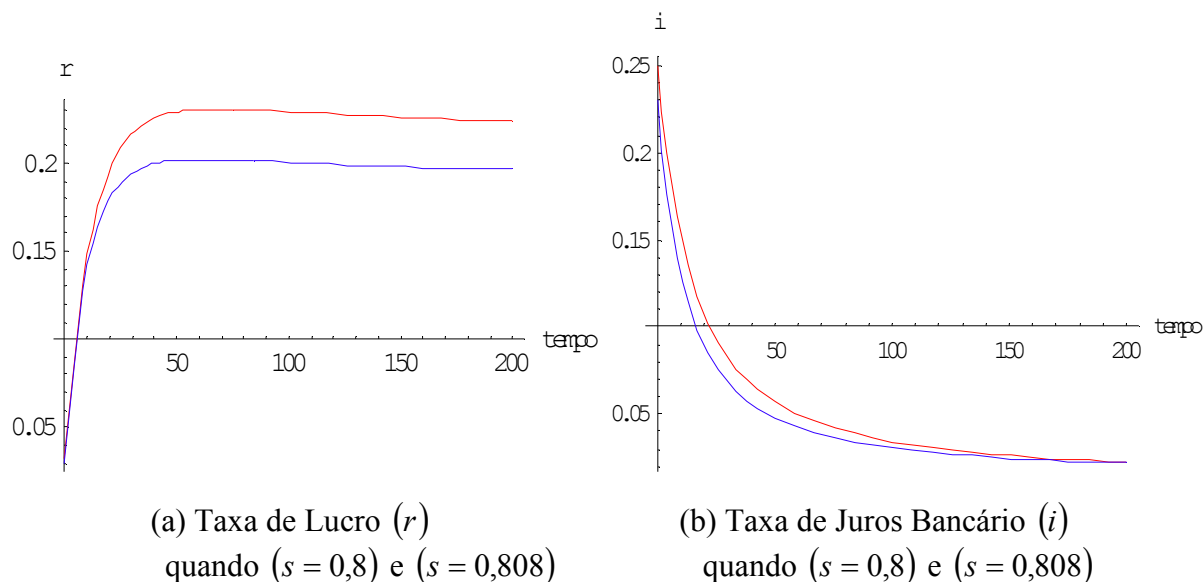


FIGURA 7: A INFLUÊNCIA DA PROPENSÃO A POUPAR SOBRE ( $r$ ) E ( $i$ )

A taxa de juros bancário depois do aumento da propensão a poupar assume desde o início uma trajetória diversa da trajetória padrão. O seu valor inicial cai de 24,96% para 23,00% após a mudança na propensão e, com o passar do tempo, passa a descrever uma trajetória monotonicamente decrescente e continuamente menor do que a padrão. Embora no longo prazo, elas convergem para valores praticamente iguais, correspondente a aproximadamente 2,22%.

A tabela 5 abaixo sintetiza a discussão feita com relação ao impacto no aumento da propensão a poupar sobre a dinâmica das principais macro-variáveis em estudo. Por ela percebe-se que a elasticidade da propensão a poupar sobre todas as variáveis econômicas estudadas é maior do que a unidade. Na realidade o aumento de 1% na propensão a poupar dos capitalistas gerou uma diminuição significativa no grau de utilização da capacidade, na taxa de investimento, na taxa de lucro e, em menor intensidade, na taxa de juros bancário.

TABELA 5: A INFLUÊNCIA DA PROPENSÃO A POUPAR ( $s = 0,808$  ou  $+1\%$ )

Variável	$u$	$I/K$	$r$	$i$
Valores Padrão	0,7353	0,1789	0,2236	0,0222
Valores Finais	0,6543	0,1585	0,1962	0,0220
Variação Percentual	-11,02%	-11,37%	-12,25%	-1,08%
Elasticidade	>1	>1	>1	>1

Um feliz resultado que surge da análise da tabela acima, é a possibilidade teórica da existência do paradoxo da frugalidade sugerido por Keynes na Teoria Geral e mais tarde estendido para o longo prazo por Joan Robinson. Observando a tabela 5 é fácil perceber que um aumento de 1% na propensão a poupar gera uma redução de 12,25% na taxa de lucro e como, pela equação (21), a poupança é definida como o produto da propensão a poupar sobre a taxa de lucro, segue então que um aumento da propensão a poupar causa uma redução na poupança total.

## 7. Considerações Finais

O presente artigo teve como objetivo explorar os aspectos de longo prazo de um modelo macrodinâmico de integração teórica Pós-keynesiana por meio de uma análise numérica realizada através de simulação computacional. Para isso, apresentamos um modelo macrodinâmico de terceira geração que incorpora alguns elementos centrais propugnados pela teoria Pós-keynesiana, notadamente a interdependência entre os fatores reais e monetários para a determinação da dinâmica de longo prazo do sistema econômico.

O elemento central que diferencia o presente modelo de seus pares é a forma pela qual a endogenia monetária exerce sua influência sobre as macrovariáveis em estudo. Esta influência se dá por meio do aumento do custo do crédito bancário, vale dizer, da taxa de juros bancário, em decorrência da ampliação da demanda por adiantamentos para financiar inovações no processo produtivo e/ou pela intervenção da autoridade monetária visando o controle da inflação. O que gera uma série de efeitos sobrepostos que condicionam significativamente o comportamento dinâmico de uma série de macrovariáveis-chaves, como por exemplo, do grau de utilização da capacidade, da taxa de investimento, da taxa de lucro e da taxa de juros bancário.

A natureza não-linear desse modelo permitiu evidenciar em termos qualitativos a existência de flutuações amortecidas na taxa de variação do estoque de capital em unidades de eficiência de trabalho e na parcela salarial. Ademais, da mesma forma que Dutt (1994) e Lima (1999), o modelo formaliza a dinâmica de preços e salários nominais com base na existência de conflitos distributivos entre capitalistas e trabalhadores, considera a ocorrência de progresso tecnológico endógeno e confere a demanda efetiva uma influência fundamental na dinâmica econômica por intermédio da flexibilização do grau de utilização da capacidade. Mas diferentemente destes, o sistema financeiro, por meio da ação dos bancos e da autoridade monetária, passa agora a influenciar a dinâmica da economia, aproximando dessa forma ao tipo de economia preconizada tanto por Schumpeter quanto por Keynes.

Ao analisarmos as condições de estabilidade do modelo, demonstrou-se a possibilidade da existência de equilíbrios múltiplos em torno do domínio distributivo relevante, ilustrando o caso em que o sistema apresenta um equilíbrio instável na região onde é baixa a parcela salarial e na qual a taxa de acumulação em unidades de eficiência de trabalho é “puxada” pelo aumento dos lucros dos capitalistas; e uma região na qual a parcela salarial é elevada, cujo equilíbrio é baseado em flutuações amortecidas e a acumulação de capital em unidades de eficiência de trabalho cresce quando a taxa de lucro dos capitalistas é comprimida.

Em busca de se obter um conjunto plausível de parâmetros que gerassem dinâmicas e valores de equilíbrio de longo prazo condizentes com os resultados empíricos estimados para as variáveis dinâmicas em estudo, determinamos uma constelação de valores paramétricos que caracteriza de uma maneira única à economia estudada. De fato, a análise realizada diz respeito a uma economia com as seguintes características: baixa propensão autônoma (“*animal spirits*”) a investir, pequena influência do progresso tecnológico sobre o investimento desejado, taxa máxima de progresso tecnológico da ordem de 3%, elevado poder de monopólio das firmas, baixa taxa de crescimento populacional (1%), taxa de juros bancária não maior do que 3,45 vezes a taxa de juros básica, grande preocupação da autoridade monetária no controle do processo inflacionário e, finalmente, um baixo poder de barganha dos trabalhadores.

Sob este conjunto de parâmetros estruturais (e comportamentais) realizaram-se dois experimentos de impulso-resposta com vistas a analisar as conseqüências sobre a dinâmica econômica de um intenso choque tecnológico e de um leve aumento da incerteza representado por uma maior propensão a poupar dos capitalistas.

Nesse contexto, evidenciamos a possibilidade de um intenso choque tecnológico provocar, por um lado, uma leve diminuição (-0,95%) dos valores de equilíbrio de longo prazo da taxa de juros bancário e, por outro lado, uma elevação dos valores de equilíbrio de longo prazo do grau de utilização da capacidade (3,18%), da taxa de investimento (3,24%) e da taxa de lucro (43,51%). O ponto a ser ressaltado aqui, é que todas as macro-variáveis, com exceção da taxa de lucro, apresentaram pouca sensibilidade com relação ao choque tecnológico enquanto que para esta última à elasticidade foi significativamente maior do que um.

Por sua vez, a análise do impacto do aumento da incerteza por meio da elevação de 1% da propensão a poupar dos capitalistas mostrou que as macro-variáveis em estudo são significativamente elásticas com relação à propensão a poupar dos capitalistas com exceção da taxa de juros que apresentou uma elasticidade muito próxima da unitária. Ademais, os resultados mostraram que o aumento da propensão a poupar (*proxy* para a incerteza) diminuiu o grau de utilização da capacidade (-11,02%), a taxa de investimento (-11,37%), a taxa de lucro (-12,25%) e a taxa de juros (-1,08%) evidenciando dessa forma o alto impacto sobre as macro-variáveis reais e o baixo impacto sobre a macro-variável monetária, apesar desta sofrer uma significativa diminuição no curto prazo.

Os resultados da simulação evidenciaram também a existência do paradoxo da frugalidade, uma vez que o aumento da propensão a poupar dos indivíduos provocou a diminuição da poupança agregada. Mais especificadamente, o aumento de 1% na propensão a poupar dos capitalistas causou uma significativa queda na taxa de lucro (-12,25%) o que fez com que a poupança total diminuísse ao invés de aumentar.

Finalmente, os resultados da simulação sugerem que para uma economia desta natureza é mais importante a manutenção da estabilidade macroeconômica, que garanta uma baixa propensão marginal a poupar, do que o incentivo ao aumento da produtividade. Embora os resultados sejam inequívocos no sentido de mostrar que ambos os efeitos, elevado progresso tecnológico e baixa propensão a poupar são benéficos para a sociedade.

## 8. Bibliografia

CARVALHO, F. C. Moeda, Produção e Acumulação: uma perspectiva Pós-Keynesiana. In **Moedas e Produção: Teorias Comparadas**. Unb, Brasília. 1992.

CARVALHO, L.D. **Endogeneidade Monetária, Crescimento Econômico e Distribuição de renda: uma Integração Teórica da Macro-dinâmica Pós-keynesiana**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná – UFPR -, Curitiba, 2005.

BLANCHARD, O. **Macroeconomia: Teoria e Política**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

DAVIDSON, P. **Money and the Real World**. Londres, MacMillan, 2º ed., 1978.

DUTT, A. K. Accumulation, distribution and inflation in a Marxian/Post keynesian model with a rentier class. **Review of Radical Political Economics**, 21(3): 18-26, 1989.

\_\_\_\_\_. Expectations and Equilibrium: implications for Keynes, the Neo-Ricardian Keynesians, and the Post-Keynesians. **Journal of Post Keynesian Economics**, vol. 14, nº 2, 1992.

\_\_\_\_\_. On the Long-run Stability of Capitalist Economies: Implications of a Model of Growth and Distribution. In A. K. Dutt (org.), **New Directions in Analytical Political Economy**, Aldershot: Edward Elgar, 1994.

DUTT, A. K.; AMADEO. E. J. A Post-Keynesian theory of growth, interest and money. In **The Dynamics of the Wealth of Nations: Growth, Distribution and Structural Change**. M. BARANZINI & G. C. HARCOURT (Eds.). St. Martins's Press, New York, 1993.

FIOCCA, D. **A oferta de moeda na macroeconomia Keynesiana**. Editora Paz e Terra, São Paulo, 2000.

HANSEN, L.; HECKMAN, J. The empirical foundations of calibration. **Journal of Economic Perspectives**, vol. 10, nº1, 1996.

HARROD, R. An Essay in Dynamic Theory. **Economic Journal**. Vol. 49, mar., 1939.

- HICKS, J. Mr. Keynes and the classics: a suggested interpretation. **Econometrica**, 1937.
- JARSULIC, M. Endogenous credit and endogenous business cycle. **Journal of Post Keynesian**, v. 12, n. 1, p. 35-47, 1989.
- KALDOR, N. Marginal Productivity and the Macroeconomic Theories of Distribution. In **Post Keynesian Theory of Growth and Distribution**. Carlo Panico; Neri Salvadori, University Press, Cambridge, 1993.
- KALECKI, M. **Selected Essays on the Dynamics of the Capitalist Economy**. Cambridge University Press, 1971.
- KREGEL, J. A. Hamlet without the Prince: Cambridge Macroeconomics without Money. **American Economic Review**. 1985.
- LIMA, G. T. Progresso Tecnológico Endógeno, Crescimento Econômico e Distribuição de Renda. In LIMA, G. T, SICSÚ, J, DE PAULA, L. F (orgs). **Macroeconomia Moderna: Keynes e a Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- LIMA, G. T.; MEIRELLES, A. J. Mark-up Bancário, Conflito Distributivo e Utilização da Capacidade Produtiva: Uma Macrodinâmica Pós-Keynesiana. **Revista Brasileira de Economia**. Jan. - mar, 2003.
- MARX, K. **O Capital**. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1971.
- NELSON, R.; WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- ROWTHORN, R. Demand, Real Wages and Economic Growth. **Thames Papers in Political Economy**. Fall, 1981.
- RUNDE, J. Keynesian Uncertainty and Liquidity Preference. **Cambridge Journal of Economics**, 18, 1994.
- \_\_\_\_\_. Risk Uncertainty and Bayesian Decision Theory: a Keynesian view. In DOW, S; HILLARD, J. (org.). **Keynes, Knowledge and Uncertainty**. Edward Elgar: Aldershot, 1995.
- SAMUELSON, P. **Fundamentos da Análise Econômica**. Abril Cultural: São Paulo (1983) [edição original: 1945]
- SCHUMPETER, J. **The Theory of Economic Development**. 2ª ed. Nova York: Harper & Brothers, 1934 [1912].
- \_\_\_\_\_. **History of Economic Analysis**. Nova York: Oxford University Press, 1954.
- SIMON, H. A. A racionalidade do processo decisório em empresas. **Edições Multiplic**, vol. 1, nº 1, pp. 25-60, 1980.
- WATANABE, K-I. An Endogenous Growth Model with Endogenous Money Supply: Integration of Post-Keynesian Growth Models. **Banca Nazionale Del Lavoro Quarterly Review**, 200, mar., 1997.
- YOU, JONG-IL. Macroeconomic Structure, Endogenous Technical Change and Growth. **Cambridge Journal of Economics**, 18, 1994.