

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**Três ensaios em inovação tecnológica e crescimento econômico**

**JÚLIA MENDONÇA DA COSTA**

Orientador: Gilberto Tadeu Lima

São Paulo

2016

Prof. Dr. Marco Antonio Zago  
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischmann  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz  
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Márcio Issao Nakane  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

**JÚLIA MENDONÇA DA COSTA**

**TRÊS ENSAIOS EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E CRESCIMENTO  
ECONÔMICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de doutora em ciências.

Versão Corrigida

(Versão original disponível na Faculdade de Economia Administração e Contabilidade)

**SÃO PAULO**

**2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Costa, Júlia Mendonça da

Três ensaios em inovação tecnológica e crescimento econômico /  
Júlia Mendonça da Costa. -- São Paulo, 2016.

99 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2016.

Orientador: Gilberto Tadeu Lima.

1. Desenvolvimento econômico 2. Inovação tecnológica 3. Distribuição de renda 4. Capital humano I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II. Título

CDD – 338.9

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador, Gilberto Tadeu Lima, por todo o apoio e incentivo, por todas as reuniões e discussões, que tanto contribuíram durante a realização deste trabalho. Agradeço ao Lionello Punzo por ter me recebido na Universidade de Siena, e ao Edgar Sanchez Carrera pelas conversas e sugestões durante o estágio no exterior. Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Economia, em especial ao Pedro Garcia Duarte, ao Renato Perim Colistete, e à Marilda Sotomayor, pelas aulas sempre produtivas e tão agradáveis. Agradeço a todos os professores que de alguma forma contribuíram com a execução deste trabalho, particularmente ao Jorge Soromenho e ao Eleutério Prado, como membros da mini-banca de projetos; e ao Jaylson Jair da Silveira e à Vera Lúcia Fava pela participação na banca de qualificação. Agradeço ao amigo Guilherme Oliveira, pela amizade e colaboração em cada etapa do doutorado. Agradeço aos amigos uspianos, Carlândia, Elaine, Vivian, Denise e Thales pela companhia. Agradeço a todos os funcionários da FEA-USP pelo apoio. Agradeço aos amigos que estiveram comigo em São Paulo, tornando os meus dias mais felizes: Marília Gabriela, Tania, Alexandre, Priscila, Regiane, Ederly, Vânia e Antônio Matos. Agradeço ao Mário Bertella por nunca ter me deixado desistir de fazer o doutorado, e por todo apoio antes e durante o processo. Agradeço aos amigos do movimento espírita, em especial ao Rodrigo Calente, à Marcela Vargas e à Adriana Oliveira, que mesmo distantes, sempre se fizeram tão presentes. Agradeço a minha “amica del cuore”, Tanja Upravitelev, por ter sido uma verdadeira irmã em terras europeias. Agradeço à toda a minha família, pelas palavras de conforto sempre que precisei. Agradeço ao meu pai por me acalmar só com a sua voz ao telefone. Em especial, agradeço a minha madrastra, Izabella Pinheiro, pela colaboração direta nesta tese, por toda a força, e amizade. Agradeço à minha sogra Josefa Moura por me receber com tanto carinho e cuidado na reta final deste trabalho. Agradeço especialmente ao meu companheiro querido, Ricardo Luís Lopes, que foi o meu maior apoio, meu equilíbrio, e que suportou essa etapa sempre com tanto amor. Finalmente, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro, conforme processos nº 2014/04127-8 e 2014/18858-4.



## RESUMO

COSTA, J. M. **Três ensaios em inovação tecnológica e crescimento econômico**. 2016. 107 f. Tese (Doutorado em Economia do Desenvolvimento) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Esta tese tem como principal objetivo o estudo da relação existente entre crescimento econômico e inovação tecnológica, a partir da abordagem neokaleckiana de crescimento e distribuição de renda. Adicionalmente, discute-se a complementariedade existente entre capital humano e inovação. Para tanto, o trabalho foi dividido em três ensaios. No primeiro ensaio é desenvolvido um modelo em que é explicitamente formalizada a interação estratégica entre a geração intencional de inovação tecnológica poupadora de mão de obra, por meio de pesquisa e desenvolvimento (P&D), e a qualidade do capital humano da economia. Argumenta-se que os dois fatores são complementares. Por um lado, a inovação necessita de elevada qualidade do capital humano; por outro lado, mudanças qualitativas no capital humano gerarão impacto sobre as variáveis macroeconômicas do sistema apenas no caso de a inovação tecnológica ocorrer. No ensaio II é desenvolvida uma extensão do modelo contido no ensaio I, via introdução de uma heterogeneidade comportamental entre as firmas no que diz respeito à inovação. Deste modo, a homogeneidade da firma representativa desaparece. Em seu lugar emerge um cenário de incerteza, em que as firmas deparam-se com duas estratégias disponíveis: inovar - via gastos com P&D -, ou não inovar. O benefício da inovação é a elevação da produtividade do trabalho; porém, devido aos custos envolvidos nesse processo, nem todas as firmas inovam. É utilizado um modelo de jogos evolucionários, com o objetivo de se avaliarem os impactos da heterogeneidade microeconômica sobre a dinâmica da economia, o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico. O terceiro ensaio investiga empiricamente a existência de uma relação de longo prazo, bem como a direção de causalidade existente, entre salários reais e produtividade do trabalho para o Brasil, durante o período compreendido entre 1955 e 2008. Para esse fim, realiza-se o teste de cointegração de Johansen e o teste de causalidade de Granger. Nos modelos teóricos, elaborados nos ensaios I e II, argumentou-se que variações no salário real médio precedem variações na produtividade do trabalho. No entanto, no teste para o caso do Brasil, verificou-se que a causalidade caminhou no sentido inverso, isto é, variações na produtividade do trabalho precederam variações nos salários reais durante o período analisado.

Palavras-chave: Crescimento econômico; distribuição de renda; inovação tecnológica; capital humano.

## ABSTRACT

COSTA, J. M. **Three Essays on Technological Innovation and Economic Growth**. 2016. 107 f. Tese (Doutorado em Economia do Desenvolvimento) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

This dissertation aims to study the relationship between economic growth and technological innovation regarding the neokaleckian approach to growth and income distribution. In addition, we discuss the complementarity between human capital and innovation. The work was divided into three essays. Essay I shows the development of a model in which the strategic interaction between intentional generation of labor-saving technological innovation, by means of research and development (R&D), and the quality of human capital in the economy is explicitly formalized. We argue that the two factors are complementary. On the one hand, innovation requires high-quality human capital; on the other hand, qualitative changes in human capital will generate impact on the macroeconomic variables of the system only if technological innovation occurs. In Essay II, an extension of the model contained in Essay I is developed by means of the introduction of a behavioral heterogeneity between firms regarding innovation. Thus, the homogeneity of the representative firm disappears. In its place, a scenario of uncertainty emerges, where firms are faced with two strategies available: to innovate - via R&D spending - or not to innovate. The benefit of innovation is the rise in labor productivity. However, due to the costs involved in this process, not all firms innovate. A model of evolutionary game is used with the aim of assessing the impact of the microeconomic heterogeneity on the dynamics of the economy, the degree of capacity utilization and the economic growth. Essay III empirically investigates the existence of a long run relationship, as well as the direction of the existing causality between real wages and labor productivity with regard to Brazil within the period between 1955 and 2008. For this purpose, both Johansen's cointegration test and Granger causality test were performed. In the theoretical models developed in Essays I and II, we argued that variations in the average real wages precedes variations in labor productivity. However, with regard to the essay concerning Brazil, it was found that causality took the opposite direction, i.e., variations in labor productivity preceded variation in real wages over the analyzed period of time.

Keywords: economic growth; income distribution; technological innovation; human capital.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1- Teste de Cointegração de Johansen .....	76
Tabela 4.2- Vetor de Cointegração .....	77
Tabela 4.3- Coeficientes de Ajustamento do Modelo .....	78
Tabela 4.4- Teste de Causalidade de Granger .....	79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Equilíbrio com Geração de inovação e com baixo poder de barganha dos trabalhadores.....	36
Figura 2.2 - Equilíbrio com Geração de inovação e com elevado poder de barganha dos trabalhadores.....	37
Figura 2.3- Equilíbrio sem Geração de Inovação.....	41
Figura 3.1- Dinâmica Evolucionária sem Mutação.....	61
Figura 3.2- Dinâmica Evolucionária com Mutação .....	66
Figura 4.1- Produtividade do Trabalho e Salário Real em Nível.....	72
Figura 4.2- Produtividade do Trabalho e Salário Real em Logaritmo.....	75
Figura 4.3- Função de Resposta ao Impulso (FIR).....	80

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. MACRODINÂMICA DE GERAÇÃO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, ACUMULAÇÃO DE CAPITAL HUMANO E DISTRIBUIÇÃO DE RENDA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Introdução.....	17
2.2 Estrutura do Modelo .....	20
2.2.1 Mercado de Trabalho .....	21
2.2.2 Geração de Inovação e Capital Humano .....	24
2.2.3 Distribuição de Renda .....	25
2.3 Comportamento do Modelo no Curto Prazo .....	29
2.4 Comportamento do Modelo no Longo Prazo .....	32
2.4.1 Dinâmica com Geração de Inovação .....	32
2.4.2 Dinâmica sem Geração de Inovação .....	38
2.5 Conclusão .....	41
<b>3. GERAÇÃO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, ACUMULAÇÃO DE CAPITAL HUMANO E DISTRIBUIÇÃO DE RENDA: UMA MACRODINÂMICA COM JOGOS EVOLUCIONÁRIOS.....</b>	<b>43</b>
3.1 Introdução.....	43
3.2 Estrutura do Modelo .....	45
3.2.1 Mercado de Trabalho .....	47
3.2.2 Geração de Inovação e Capital Humano .....	49
3.2.3 Distribuição de Estratégias e Distribuição de Renda .....	50
3.3 Comportamento do Modelo no Curto Prazo .....	56
3.4 Dinâmica Evolucionária sem Mutação .....	59
3.5 Dinâmica Evolucionária com Mutação.....	63
3.6 Conclusão.....	67
<b>4 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA POUPADORA DE TRABALHO E SALÁRIO REAL: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA O BRASIL.....</b>	<b>69</b>
4.1 Introdução.....	69
4.2 Dados .....	71
4.3 Resultados .....	75
4.4 Conclusão.....	80
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>

<b>APÊNDICES (Referente ao capítulo 4) .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE A:TESTES DE RAIZ UNITÁRIA .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE B: TESTES DE COINTEGRAÇÃO .....</b>	<b>96</b>
<b>B.1- Seleção do Número de Defasagens .....</b>	<b>96</b>
<b>B.2- Teste de Cointegração.....</b>	<b>97</b>
<b>B.3- Vetor de Correção de erros .....</b>	<b>98</b>
<b>B.3- Teste Portmanteau de Autocorrelação.....</b>	<b>99</b>
<b>B.4- Teste LM de Autocorrelação .....</b>	<b>100</b>
<b>B.5- Testes de Normalidade .....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE C: TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER.....</b>	<b>102</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Entender a mudança técnica<sup>1</sup> como força capaz de explicar as divergências existentes no nível de renda per capita entre as nações tem sido um grande desafio para os teóricos do crescimento econômico. Na literatura atual, os fatores conhecimento e capital humano assumem grande destaque, e a inovação tecnológica, conseqüentemente, é tratada como um dos principais determinantes do crescimento econômico. Tal afirmação é válida tanto para a abordagem neoclássica, quanto para a não neoclássica.

Dentro da abordagem neoclássica, a importância da mudança técnica aparece desde os trabalhos de Solow (1956) e Swan (1956). No entanto, embora a conclusão destes trabalhos seja o fato de que o crescimento econômico é resultado da variável “mudança técnica”, a mesma não se explica em tais modelos, sendo tratada como exógena. Em meados da década de 1980, o trabalho de Romer (1986) inaugurou uma nova fase no estudo do crescimento econômico, denominada *teoria de crescimento endógeno*. De acordo com esta nova abordagem, a mudança técnica ocorre a partir da geração do conhecimento ou capital humano. A hipótese de rendimentos decrescentes na função de produção neoclássica é descartada, devido à possibilidade de externalidades positivas geradas pelo conhecimento.

Lucas (1988), seguindo a mesma direção de Romer, faz a distinção entre capital físico e capital humano, mostrando que o segundo é capaz de exibir retornos crescentes de escala. Tanto no modelo de Romer, quanto no de Lucas, o pressuposto da racionalidade dos agentes implica em maximização individual de preferências e tecnologias, explicando a elevação da taxa de crescimento no longo prazo. Neste contexto de racionalidade plena, o conhecimento é tratado como um gerador de externalidades positivas, isto é, uma nova ideia gera benefícios não apenas para uma firma individual, mas sim para todo o sistema econômico.

---

<sup>1</sup> Solow (1957) utiliza o termo mudança técnica para se referir a quaisquer tipos de mudança na função de produção, quais sejam, *slowdowns*, *speedups*, melhorias na educação da força de trabalho, ou qualquer outro fator capaz de impactar as relações de produção. No presente trabalho, considera-se a inovação tecnológica como uma das formas de mudança técnica, utilizando o termo segundo a definição de Solow.

Romer (1990) trata a mudança técnica como endógena, introduzindo os conceitos de rivalidade e exclusibilidade. Nesse trabalho, o autor argumenta que a tecnologia é um bem não rival e parcialmente excludente. O aspecto da não rivalidade se caracteriza pelo fato de que a utilização de uma tecnologia por uma firma não impede sua utilização por outras firmas na economia, ao contrário do que ocorre com um bem tangível, como, por exemplo, uma máquina. Ao ser desenvolvida, a nova tecnologia poderá ser difundida, ainda que as firmas guardem seu segredo e que o sistema de patentes vigente busque garantir o direito de exclusividade em seu uso. Por consequência, a tecnologia será apenas parcialmente excludente. Outro ganho proveniente da inovação tecnológica está relacionado ao aumento da produtividade do trabalho em decorrência da acumulação contínua de capital, isto é, aquisição de novas máquinas. Esta argumentação é igualmente válida para os neo-kaleckianos, conforme descrito nos trabalhos de Dutt (2003) e Lima (2004).

De acordo com Romer, o conhecimento é muitas vezes gerado fora da esfera produtiva, em universidades, por exemplo, e comprado por agentes maximizadores de lucro para ser utilizado na produção. Tal argumento contrasta com os modelos desenvolvidos a partir da hipótese de Arrow (1962) acerca do *learning by doing*, ou seja, o aprendizado se faz a partir da experiência dentro da atividade produtiva, e não fora dela. Seja a tecnologia gerada dentro ou fora da esfera produtiva, uma vez criada, ela poderá ser utilizada sem restrições, não implicando custos adicionais.

A maior divergência acerca do papel da inovação tecnológica no crescimento econômico entre economistas neoclássicos e não neoclássicos, ocorre em virtude da microfundamentação dos modelos em cada uma das correntes. Enquanto os primeiros partem da análise pelo lado da oferta, a partir da função de produção neoclássica, os segundos observam o lado da demanda, considerando a importância da distribuição de renda. Para os neoclássicos, os agentes são racionais e maximizadores de utilidade, enquanto que, para os não neoclássicos, o ambiente de incertezas impede a racionalidade plena.

Esta tese insere-se na literatura não neoclássica de crescimento econômico, particularmente relacionada aos modelos da tradição Kalecki-Steindl<sup>2</sup>, (Kalecki (1971), Steindl (1952), Dutt (1984, 1987, 1990) e Rowtorn (1982)), de natureza *demand led*, em que as principais hipóteses para a economia são: i) grau de utilização da capacidade endógeno, operando abaixo da capacidade plena, mesmo no longo prazo; ii) concorrência imperfeita, com a determinação de preços ocorrendo por meio da fixação de uma regra de markup sobre o custo variável direto; iii) possibilidade de uma relação positiva entre salário real, taxa de lucro e acumulação no equilíbrio de longo prazo; iv) função investimento dependente não só da taxa de lucro, conforme Kaldor (1956) e Robinson (1956, 1962), mas também do grau de utilização da capacidade, conforme Steindl (1952).

O objetivo principal desta pesquisa é fornecer contribuições teóricas e empíricas para a literatura supramencionada, no que diz respeito ao papel da inovação tecnológica e do capital humano. A inovação tecnológica é tratada em termos de mudanças na eficiência do trabalho, ou seja, por meio de variações em sua produtividade. Supostamente, a elevação da produtividade do trabalho não é acompanhada pela elevação da produtividade do capital, isto é, a inovação produz o tipo de mudança técnica denominada Harrod neutra. Além disso, assume-se que as inovações ocorrem como resultado do conflito distributivo, uma vez que as firmas, em busca de maiores markups, gastam com inovação poupadora de mão de obra. Esta hipótese está de acordo a abordagem da inovação tecnológica nos modelos neokaleckianos, como pode ser conferido nos trabalhos de Bhaduri (2006); Dutt (2006); Sasaki (2008); You (1994), Caseti (2003), Lima (2004), entre outros.

A originalidade do presente trabalho dentro da literatura neokaleckiana pode ser conferida por diferentes canais. Em primeiro lugar, é explicitamente formalizada a geração de inovação tecnológica como uma atitude intencional da firma representativa. Adicionalmente é introduzida a noção de complementariedade estratégica entre inovação tecnológica e capital humano no modelo de crescimento. Indo adiante, aborda-se, no segundo ensaio, a heterogeneidade no comportamento das firmas em relação ao gasto com inovação. Além do desenvolvimento teórico,

---

<sup>2</sup> Doravante denominados neokaleckianos.

busca-se comprovar empiricamente a existência de uma relação de longo prazo, bem como de causalidade, entre produtividade do trabalho e salários reais para o Brasil entre 1955 e 2008.

Para a execução do objetivo proposto, esta tese foi dividida em três ensaios. No primeiro ensaio é desenvolvido um modelo em que é explicitamente formalizada a interação estratégica entre a geração intencional de inovação tecnológica poupadora de mão de obra, por meio de pesquisa e desenvolvimento (P&D), e a qualidade do capital humano da economia. Argumenta-se que os dois fatores são complementares. Por um lado, a inovação necessita de elevada qualidade do capital humano; por outro lado, mudanças qualitativas no capital humano gerarão impacto sobre as variáveis macroeconômicas do sistema apenas no caso de a inovação tecnológica ocorrer.

No ensaio II é desenvolvida uma extensão do modelo contido no ensaio I, via introdução de uma heterogeneidade comportamental entre as firmas no que diz respeito à inovação. Deste modo, a homogeneidade da firma representativa desaparece. Em seu lugar emerge um cenário de incerteza, em que as firmas deparam-se com duas estratégias disponíveis: inovar - via gastos com P&D -, ou não inovar. O benefício da inovação é a elevação da produtividade do trabalho; porém, devido aos custos envolvidos nesse processo, nem todas as firmas inovam. É utilizado um modelo de jogos evolucionários, com o objetivo de se avaliarem os impactos da heterogeneidade microeconômica sobre a dinâmica da economia, o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico.

O terceiro ensaio investiga empiricamente a existência de uma relação de longo prazo, bem como a direção de causalidade existente, entre salários reais e produtividade do trabalho para o Brasil, durante o período compreendido entre 1955 e 2008. Para esse fim, realiza-se o teste de cointegração de Johansen e o teste de causalidade de Granger. Nos modelos teóricos, elaborados nos ensaios I e II, argumentou-se que variações no salário real médio precedem variações na produtividade do trabalho. No entanto, no teste para o caso do Brasil, verificou-se que a causalidade caminhou no sentido inverso, isto é, variações na produtividade do trabalho precederam variações nos salários reais durante o período analisado.

## 2. MACRODINÂMICA DE GERAÇÃO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, ACUMULAÇÃO DE CAPITAL HUMANO E DISTRIBUIÇÃO DE RENDA ENSAIO I

### 2.1. Introdução

A ideia de complementaridade estratégica entre a atividade de P&D e a acumulação de capital humano é amplamente aceita no *mainstream* da literatura relacionada ao crescimento econômico. A educação, atuando como determinante principal do capital humano, teria como papel principal a geração de novas tecnologias, bem como a adaptação às mesmas (Nelson & Phelps, 1966; Schultz, 1975). Reeding (1996) argumenta, em um modelo de crescimento endógeno, que o gasto com educação, por parte dos trabalhadores, e o gasto com P&D, por parte das firmas, são estrategicamente complementares, sendo que ambos determinam conjuntamente a taxa de crescimento da economia. Para tanto, ele interliga duas vertentes do crescimento endógeno: de um lado, os modelos que enfatizam a importância do gasto com P&D, como, por exemplo, Romer (1990) e Aghion & Howitt (1992); de outro, modelos focados no papel do capital humano, tais como Lucas (1988) e Stokey (1991). Ainda nessa tradição, outros estudos desenvolvem diferentes modelos em que esta complementaridade é abordada, como, por exemplo, Acemoglu (1997; 1998).

Accinelli *et al* (2009) apontam para o descompasso observado na relação entre o estoque de capital humano e as taxas de inovação nas nações menos desenvolvidas. O México, por exemplo, é um país relativamente mais desenvolvido em termos tecnológicos, se comparado a outros países da América Latina, e, no entanto, é pobre em acumulação de capital humano. A Argentina e o Uruguai, de outro modo, são exemplos de países com níveis relativamente elevados de capital humano, mas, ao mesmo tempo, com baixo nível de avanço tecnológico. Ross (2003) destaca as nações latino-americanas como casos paradigmáticos da necessidade de condições adicionais capazes de sustentar o processo de crescimento. Muitas delas, como é o caso da Argentina, do Uruguai e do Panamá não crescem tão rápido quanto outras nações que iniciam suas trajetórias com níveis similares de capital humano. A questão é: na ausência de uma interação entre capital

humano e inovação, cada um destes fatores isoladamente é capaz de afetar a taxa de crescimento da economia de modo sustentável ao longo do tempo?

Em termos de evidências empíricas, é possível encontrar trabalhos que constataam a existência de uma relação significativa entre gastos com P&D e crescimento econômico, como é o caso de Lichtenberg (1992) e Coe & Helpman (1993) e, ao mesmo tempo, trabalhos que corroboram a importância do capital humano para o crescimento, tais como Mankiw *et al.* (1992) e Barro (1991). Benhabib e Spiegel (1994), por sua vez, encontram evidências empíricas que indicam que o impacto do capital humano sobre a taxa de crescimento ocorre principalmente por meio da capacidade de inovação e difusão tecnológica.

Seguindo a direção oposta aos modelos supracitados, a teoria de crescimento econômico pós-keynesiana enfatiza os elementos da demanda, atribuindo grande importância à distribuição de renda como os determinantes do crescimento. No entanto, o papel da inovação tecnológica, embora no lado da oferta, não é ignorado. Limitando a análise aos modelos de crescimento à La Kalecki-Steindl (Rowthorn (1982) e Dutt (1984)), na qual insere-se o presente trabalho, é possível perceber que diversos estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de incorporar a inovação como um elemento endógeno, influenciando a distribuição da renda, o grau de utilização da capacidade e a taxa de crescimento da economia.

A inovação endógena é tipicamente tratada em termos de mudanças na eficiência do trabalho, ou seja, por meio de variações em sua produtividade. Supostamente, a elevação da produtividade do trabalho não é acompanhada pela elevação da produtividade do capital, isto é, a inovação produz o tipo de mudança técnica denominada Harrod neutra.

Dutt (2003) cita alguns dos efeitos da inovação tecnológica, quando inserida endogenamente em modelos desta natureza. Em primeiro lugar, uma elevada taxa de inovação, ao impactar positivamente o investimento desejado das firmas, eleva a demanda agregada e, então, o grau de utilização da capacidade. Adicionalmente, é possível que ocorra uma redução na taxa de poupança da economia, devido ao aumento da variedade de bens de consumo disponíveis (no caso de inovações de produto).

É amplamente difundida nessa literatura a ideia de que as inovações ocorrem como resultado do conflito distributivo. Uma expansão na demanda agregada leva a um rápido crescimento da taxa de emprego, resultando no aumento da taxa de inovação poupadora de mão de obra (Bhaduri (2006); Dutt (2006); Sasaki (2008). Entre os modelos que abordam o processo de inovação estão Rowthorn (1981), Dutt (1990, 1994), You (1994), Caseti (2003), e Lima (2004). Encontra-se, nessa literatura, um conjunto de trabalhos empíricos direcionados para a relação existente entre inovação e crescimento, como é o caso de Stockhammer & Onaran (2004), Naastepad (2006), Hein & Tarassow (2010) e Vergeer & Kleinknecht (2007).

Embora os modelos neokaleckianos mencionados atribuam ênfase à inovação tecnológica, observa-se que pouca atenção é dedicada ao papel do capital humano<sup>3</sup>, e que possíveis complementaridades entre capital humano e inovação tecnológica são totalmente ignoradas.

Neste sentido, o presente trabalho contribui para a literatura neokaleckiana de crescimento e distribuição de renda por duas vias. É elaborado um modelo de crescimento em que a geração de inovação tecnológica ocorre como uma atitude intencional da firma, e, indo além, é abordada a complementaridade entre capital humano e inovação. Argumenta-se que, embora seja feito o esforço de inovar, o resultado final da inovação será tanto maior quanto maior for a qualidade do capital humano envolvido nessa atividade.

Assume-se que, enquanto o governo gasta com educação, a firma gasta com P&D. A escolha sobre a magnitude do gasto com P&D ocorre a partir de um programa de minimização de custos, o qual leva em conta a qualidade média do capital humano dos pesquisadores disponíveis (denominados trabalhadores *high-skilled*). A intuição é: quanto maior a qualidade média do capital humano, melhores serão os resultados das pesquisas e, portanto, mais propensa ao gasto com inovação estará a firma. Quando a qualidade média do capital humano é alta (baixa), as firmas inovam (não inovam). Caso a inovação ocorra, o capital humano impactará positivamente a parcela salarial no curto prazo e, portanto, o grau de utilização da capacidade e a taxa de

---

<sup>3</sup> Dutt (2010) elabora um modelo em que o capital humano desempenha importante papel. Trabalhadores com diferentes níveis de especialização, *low* e *high-skilled* coexistem, de modo que a variação na proporção destes e em seus salários gera impactos sobre a distribuição de renda e sobre o crescimento econômico.

crescimento. No entanto, na ausência de inovação, o capital humano não possuirá efeito algum sobre as variáveis macroeconômicas do sistema, e o gasto governamental com educação será inócuo.

O artigo está organizado como segue. Na seção 2.2 é descrita a estrutura do modelo. A seção 2.3 apresenta seu comportamento no curto prazo. A seção 2.4 analisa as possíveis trajetórias da economia no longo prazo. A seção 2.5 encerra com a conclusão.

## 2.2. Estrutura do Modelo

A economia descrita neste modelo é fechada e com governo. Um único bem é produzido, o qual é utilizado para consumo e investimento. Os insumos utilizados para a produção são capital,  $K$ , e trabalho direto,  $L_D$ . Assume-se que, além da contratação de trabalho direto, a firma investe na contratação de trabalho indireto especializado,  $L_R$ , destinado à pesquisa e desenvolvimento, de forma que o total de mão de obra contratada,  $L$ , é dado por:

$$L = L_D + L_R. \quad (2.1)$$

A função de produção apresenta uma tecnologia de coeficientes fixos:

$$Y = \min[bK, a(L - L_R)] = \min[bK, aL_D], \quad (2.2)$$

$$L_D = Y/a, \quad (2.3)$$

$$L_R = \rho L_D \quad (2.4)$$

Em que  $0 \leq \rho \leq 1$  é a razão entre trabalhadores indiretos especializados (pesquisadores) e trabalhadores diretos,  $Y$  é o produto,  $K$  o estoque de capital,  $b$  o grau de utilização da capacidade produtiva, e  $a$  a produtividade do trabalho direto.

As firmas são homogêneas e atuam em um ambiente de concorrência imperfeita, onde o preço do bem é fixado por uma regra de *markup*. Assume-se que a quantidade produzida e a contratação de trabalho direto para a produção estão subordinadas à demanda efetiva, a qual, ao nível de preços vigente, é inferior ao necessário para a utilização plena da capacidade produtiva.

Neste contexto, a inovação tecnológica é produzida intencionalmente pelas firmas, que buscam, por esta via, a manutenção e/ou expansão do grau de monopólio. A atividade de pesquisa é tratada como um gasto adicional com trabalho indireto, necessário para a geração de inovações tecnológicas, cujo objetivo é o desenvolvimento de processos produtivos mais eficientes, ou seja, processos que permitam a elevação da produtividade do trabalho direto. Supostamente, a elevação da produtividade do trabalho direto não é acompanhada pela elevação da produtividade do capital, isto é, a inovação produz o tipo de mudança técnica denominada Harrod neutra.

Considera-se, neste modelo, que os resultados do gasto com P&D relacionam-se diretamente à qualidade do capital humano envolvido nessa atividade. Neste sentido, emerge uma interação estratégica entre os dois fatores supracitados e assume-se que, enquanto a firma é responsável pela geração de inovação tecnológica, o governo é responsável pela elevação da qualidade do capital humano, a partir da oferta de ensino gratuita financiada por uma taxa de imposto sobre a renda agregada.

### **2.2.1. Mercado de Trabalho**

Seguindo as mesmas definições de Skott (2006) para o mercado de trabalho, considera-se que a força de trabalho é heterogênea, constituída por dois tipos de trabalhadores: *high-skilled*,  $R$ , os quais são o capital humano mais especializado da economia, e *low-skilled*,  $D$ , trabalhadores

menos especializados, que realizam tarefas simples. Conforme mencionado acima, a firma contrata trabalho para duas finalidades: produção direta e P&D. A atividade de pesquisa tem como objetivo a geração de inovações capazes de melhorar o processo produtivo, elevando a produtividade do trabalho direto. Por hipótese, a firma contrata apenas trabalhadores *high-skilled* para a pesquisa, enquanto o trabalho direto das fábricas pode ser realizado pelos dois tipos de trabalhadores: *high-* e *low-skilled*. Assume-se que ambos possuem a mesma produtividade na atividade que exige baixa qualificação.

A educação é financiada gratuitamente pelo governo e não há custo monetário para a especialização por parte dos trabalhadores, embora exista o custo social, uma vez que o financiamento educacional ocorre por meio da arrecadação de impostos, conforme será descrito em detalhes na seção 2.2.3. No entanto, apesar do acesso universal à educação, nem todos os trabalhadores se tornam *high-skilled*, devido a razões exógenas, como, por exemplo, diferentes aptidões individuais. Deste modo, uma fração constante  $\delta$  da força de trabalho se torna mais especializada, enquanto  $(1 - \delta)$  se torna menos especializada.

Por simplificação, assume-se que o diferencial médio de especialização entre trabalhadores *high-* e *low-skilled* se mantém constante ao longo do tempo. A qualidade média do capital humano dos trabalhadores *high-skilled*,  $h$ , é observável pela firma na contratação destes para a produção de inovações.

A qualidade do capital humano pode ser entendida como o conjunto de habilidades cognitivas presente na força de trabalho especializada. Diversos fatores poderiam ser tratados como seus determinantes, tais como as habilidades individuais inatas, os anos de escolaridade, o acesso à saúde, a possibilidade de migração, entre outros. No presente modelo considerar-se-á que seu único fator determinante é o gasto governamental com educação.

Considera-se que a contratação de mão de obra especializada,  $L_R$ , para a pesquisa é um custo indireto de produção, determinado de forma discricionária como uma fração  $\rho$  de  $L_D$ . A determinação da magnitude de  $L_R$  é uma decisão da firma. As condições que definem essa

escolha serão descritas em detalhes na seção 2.2.3. Por outro lado, a contratação de  $L_D$  é um custo direto indispensável para a produção.

A oferta de trabalhadores *high-* e *low-skilled* é decomposta da seguinte forma:

$$R = L_R + L_{RD} + U_R$$

$$D = L_{DD} + U_D$$

E a demanda total por trabalho direto é dada por:

$$L_D = L_{DD} + L_{RD},$$

Em que  $L_{RD}$  é o total de trabalhadores *high-skilled* contratados como trabalhadores diretos,  $U_R$  é o total de trabalhadores *high-skilled* desempregados,  $L_{DD}$  é o total de mão de obra *low-skilled* empregada na produção e  $U_D$  é o total de trabalhadores *low-skilled* desempregados. Assume-se  $U_R > 0$  e  $U_D > 0$ , tal que a oferta dos dois tipos de trabalho é suficientemente elástica, não oferecendo restrições à produção e nem à pesquisa.

A razão entre os salários nominais dos pesquisadores e dos trabalhadores diretos é dada por  $s$ , tal que:

$$W_{LR}/W_{LD} = s > 1 \tag{2.5}$$

Sendo  $W_{LR}$  e  $W_{LD}$  os salários dos pesquisadores e dos trabalhadores diretos, respectivamente, e  $s$  um prêmio salarial constante pago aos pesquisadores. A justificativa para o prêmio salarial é o fato de que, quando usado na produção de pesquisas, o trabalhador *high-skilled* precisa colocar em prática seu diferencial de qualificação, e, dado que o diferencial de especialização entre os trabalhadores *high-* e *low-skilled* é, por hipótese, constante ao longo do tempo, o prêmio salarial,  $s$ , também o será. Logo,  $W_{LR}$  e  $W_{LD}$  variam sempre na mesma proporção.

### 2.2.2 Geração de inovação e capital humano

Visto que a contratação de trabalhadores *high-skilled* para as atividades de P&D tem por objetivo inovações de processo que elevem a produtividade do trabalho, argumenta-se que esta última varia em função da proporção de pesquisadores contratados como mão de obra adicional,  $\rho$ , isto é,  $a = a(\rho)$ , sendo  $a'(\rho) > 0$ ,  $a''(\rho) < 0$  e  $a(0) > 0$ , de modo que a sensibilidade da produtividade do trabalho direto em relação a variações na proporção de pesquisadores contratados é dada por:

$$\frac{a' \rho}{a} = \varepsilon_{\rho}. \quad 0 \leq \varepsilon_{\rho} < 1 \quad (2.6)$$

Supõe-se que o valor de  $\varepsilon_{\rho}$ , em nível, é proporcional ao nível da qualidade média do capital humano embutido nos trabalhadores *high-skilled*. Formalmente,

$$\frac{a' \rho}{a} = \varepsilon_{\rho} = \beta h. \quad (2.6a)$$

Sendo  $\beta$  uma constante positiva. Dado que a comparação percentual no cálculo da elasticidade é feita entre duas grandezas bem distintas, produtividade do trabalho e gasto com pesquisa, assume-se que, em termos monetários, o ganho em produtividade supera o gasto com pesquisa sempre que  $\varepsilon_{\rho} > 0$ .

Em um dado momento do tempo a produtividade do trabalho direto está dada, mas varia ao longo do tempo em função do nível de  $\rho$ :

$$\hat{a} = \chi_0 + \chi_1 \rho. \quad (2.7)$$

Sendo  $\chi_0$  e  $\chi_1$  parâmetros positivos.

### 2.2.3. Distribuição de Renda

A renda da economia é dividida entre trabalhadores e firmas, e tributada pelo governo, como segue:

$$Y = (W_{L_D}/P)L_D + (W_{L_R}/P)L_R + rK + \tau Y. \quad (2.8)$$

Em que  $r$  é a taxa de lucro e  $\tau$  é uma taxa de imposto constante, totalmente gasta com educação. Substituindo-se as equações (2.4) e (2.5) em (2.8), obtém-se:

$$Y = v_{L_D}L_D(1 + s\rho) + rK + \tau Y. \quad (2.9)$$

Sendo  $v_{L_D} = (W_{L_D}/P)$  o salário real dos trabalhadores diretos, tratado como o salário de referência. Os salários são plenamente gastos em consumo, e a parcela salarial na renda, ou custo variável unitário de produção (do ponto de vista das firmas),  $\sigma$ , é dada por:

$$\sigma = v_{L_D} \frac{(1 + s\rho)}{a(\rho)(1 - \tau)}. \quad (2.10)$$

A firma decide o quanto será gasto com pesquisa escolhendo a proporção de mão de obra adicional em relação ao trabalho direto (gasto com inovação), que minimiza a parcela salarial, a qual é para a firma seu custo variável de produção. A partir da equação 2.10, obtém-se a seguinte condição de primeira ordem:

$$\rho = \frac{\beta h}{s(1 - \beta h)}, \quad (2.11)$$

Visto que  $s$  é uma constante, e  $\partial\rho/\partial s = 0$ , a contratação de mão de obra adicional para pesquisa é totalmente determinada pelo nível da qualidade do capital humano disponível, sendo  $\partial\rho/\partial h > 0$ . Como  $\beta h$  representa a sensibilidade de  $a$  em relação a  $\rho$ , segue-se que  $\rho = 0$ , se  $\beta h = 0$  e que  $\rho$  será positivo, caso contrário.

Substituindo-se (2.11) em (2.10) obtém-se a parcela salarial em função da qualidade média do capital humano:

$$\sigma = \frac{v_{LD}}{a(\rho)(1-\tau)(1-\beta h)}. \quad (2.12)$$

De modo que o efeito de uma elevação em  $h$  sobre a parcela salarial, quando  $\beta h > 0$ , é dado por:

$$\frac{\partial\sigma}{\partial h} = \sigma_h = \frac{\beta}{[a(\rho)(1-\tau)(1-\beta h)]^2} > 0. \quad (2.13)$$

Pela equação (2.13) percebe-se que o nível da qualidade média do capital humano possui impacto positivo sobre a parcela salarial no curto prazo. Esse efeito se deve ao fato de que o gasto com inovação, como função de  $h$ , consiste na contratação de mão de obra adicional para a pesquisa, remunerada com um prêmio sobre o salário nominal. Visto que, no curto prazo, tanto o nível de preços, quanto o nível da produtividade do trabalho estão dados,  $h$ ,  $\rho$ , e  $\sigma$  variarão sempre na mesma direção. Para a firma, gastar com inovação consiste em incorrer em um custo extra imediato, visando o benefício futuro, que é a elevação da produtividade do trabalho direto ao longo do tempo.

No entanto, quando  $\beta h = 0$  e, portanto,  $\rho = 0$ , nota-se que  $\partial\sigma/\partial h = 0$ .

A taxa de lucro é expressa por:

$$r = \pi u = (1 - \sigma)(1 - \tau)u, \quad (2.14)$$

Sendo  $\pi = (1 - \sigma)(1 - \tau)$  a parcela dos lucros na renda e  $u$  o grau de utilização da capacidade.

O preço do bem é determinado pelas firmas a partir de uma regra de *markup* sobre o custo variável direto:

$$P = (1 + Z) \frac{W_{LD}}{a}, \quad (2.15)$$

Sendo  $Z > 0$  o *markup* da firma. O nível de preços é dado em um ponto do tempo, mas aumenta ao longo do tempo em função do desejo de maiores *markups* por parte das firmas. Sempre que o *markup* atual for inferior ao desejado, a firma elevará os preços pela seguinte regra:

$$\hat{P} = \theta(\sigma - \sigma_f), \quad (2.16)$$

Em que  $\theta$  é um parâmetro positivo,  $\sigma$  é a parcela dos salários na renda e  $\sigma_f$  é a parcela salarial desejada pelas firmas. Dada a produtividade do trabalho, o *markup* é inversamente proporcional à parcela dos salários na renda, de forma que um *gap* entre o *markup* atual e o desejado pode ser mensurado pelo *gap* entre a parcela atual dos salários e a desejada. No presente modelo assume-se que a firma possui duas estratégias de elevação do *markup*: geração de inovação e elevação de preços.

O *markup* desejado pelas firmas depende do estado do mercado de bens e de uma elevada taxa de utilização da capacidade, que reflete o dinamismo da demanda, induzindo as firmas a desejar uma rentabilidade superior. A parcela dos salários correspondente ao *markup* desejado das firmas pode ser descrita como:

$$\sigma_f = \varphi_1 - \varphi_2 u, \quad (2.17)$$

Em que  $\varphi_1$  e  $\varphi_2$  são parâmetros positivos. Quanto maior for o grau de utilização da capacidade, maior será o *markup* desejado pelas firmas. Como detalhado em Lima (2004), diversos argumentos podem ser utilizados para explicar a prociclicidade dos *markups*, tais como a

necessidade de *markups* maiores para ampliar os investimentos durante o período de expansão do ciclo econômico (Eichner, 1976).

O salário nominal de referência,  $W_{LD}$ , por sua vez, varia em função da diferença entre a parcela dos salários desejada pelos trabalhadores,  $\sigma_w$ , e a parcela dos salários atual. Como em Dutt (1994) e Lima (2004), a equação de ajustamento de salários pode ser descrita como segue:

$$\widehat{W}_{LD} = \psi(\sigma_w - \sigma), \quad (2.18)$$

Em que  $\widehat{W}_{LD}$  é a taxa de crescimento do salário nominal de referência,  $(dW_{LD}/dt)(1/W_{LD})$  e  $\psi$  é um parâmetro positivo que representa a velocidade de ajustamento. Considera-se que a parcela salarial desejada pelos trabalhadores varia em função da taxa de crescimento do emprego dos trabalhadores diretos<sup>4</sup>, e também em função da taxa de crescimento de sua produtividade do trabalho:

$$\sigma_w = \lambda_0 + \lambda_1 \widehat{L}_D + \lambda_2 \widehat{a} \quad (2.19)$$

Em que  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  são parâmetros positivos. A taxa de crescimento do emprego dos trabalhadores diretos é dada por:

$$\widehat{L}_D = \widehat{Y} - \widehat{a} \quad (2.20)$$

Nota-se que a taxa de crescimento da produtividade do trabalho produz um efeito ambíguo sobre a taxa de crescimento dos salários nominais. Por um lado, ela gera a redução da taxa de crescimento da demanda por trabalho direto, reduzindo o custo de produção das firmas. Por outro lado, os trabalhadores reivindicam salários maiores sempre que se percebem mais produtivos. O resultado final dependerá da magnitude relativa desses dois efeitos. Disto segue que a

---

<sup>4</sup>A taxa de emprego da economia é dada por  $e = uk$ , em que  $k = \frac{K}{N\alpha}$ , onde  $k$  é o estoque de capital per capita medido pela razão entre o estoque de capital agregado,  $K$ , e a oferta de trabalho,  $N$ , em unidades de produtividade. No presente modelo, assume-se que a taxa de crescimento da oferta de trabalho se ajusta, de forma a tornar a taxa de emprego constante ao longo do tempo.

apropriação dos ganhos de produtividade do trabalho pelos trabalhadores diretos será proporcional ao seu poder de barganha.

A poupança como proporção do estoque de capital, considerando-se que as firmas poupam integralmente seus lucros e que os trabalhadores consomem integralmente seus salários, é dada por:

$$\frac{S}{K} = g_s = r. \quad (2.21)$$

O investimento desejado como proporção do estoque de capital guarda uma relação positiva com o grau de utilização da capacidade.

$$\frac{I_K}{K} = g_d = \eta_0 + \eta_1 u. \quad (2.22)$$

O investimento agregado em capital humano,  $I_h$ , normalizado pelo estoque de capital, é dado por:

$$\frac{I_h}{K} = \frac{\tau Y}{K} = \tau u. \quad (2.23)$$

Esse investimento, feito pelo governo, tem por objetivo a qualificação de toda a força de trabalho. No entanto, devido à heterogeneidade existente entre os trabalhadores, uma fração constante da mão de obra disponível,  $\delta$ , (conforme descrito na seção 2.2.1) torna-se mais qualificada em relação ao restante dos trabalhadores.

### 2.3. Comportamento do Modelo no Curto Prazo

O curto prazo é definido como o período de tempo em que estoque de capital,  $K$ , o salário nominal,  $W_{LD}$ , os preços,  $P$ , a produtividade do trabalho,  $a$ , e a qualidade do capital humano,  $h$ , são dados. O equilíbrio no mercado de bens é dado por:

$$S + C + T = C + I_K + I_h. \quad (2.24)$$

Visto que o total de impostos arrecadados é completamente gasto com investimento em educação  $T = I_h$ , sendo  $I_h = \tau Y$ , obtém-se:

$$S = I_K. \quad (2.25)$$

Normalizando-se ambos os lados pelo estoque de capital, obtém-se  $g_s = g_i$ , de modo que, substituindo-se a equação (2.14) em (2.21), igualando-se o resultado à equação (2.22) e resolvendo-se para  $u$ , obtém-se o valor de equilíbrio de curto prazo do grau de utilização da capacidade:

$$u^* = \frac{\eta_0}{(1 - \sigma)(1 - \tau) - \eta_1}, \quad (2.26)$$

Sendo este um modelo liderado pela demanda, assume-se que a utilização da capacidade varia para se ajustar ao excesso de demanda no mercado de bens. O denominador da equação deve ser positivo, o que significa que a poupança deve ser mais sensível a variações em  $u$  do que o investimento. Esta é a condição para a estabilidade do valor de equilíbrio de  $u$ . O parâmetro do investimento,  $\eta_1$ , a taxa de imposto,  $\tau$ , e a parcela dos salários na renda,  $\sigma$ , encontram-se entre 0 e 1. Variações na parcela dos salários na renda são acompanhadas por variações na mesma direção no grau de utilização da capacidade:

$$\frac{\partial u^*}{\partial \sigma} = u_\sigma^* = \frac{\eta_0(1 - \tau)}{[(1 - \sigma)(1 - \tau) - \eta_1]^2} > 0. \quad (2.27)$$

Esse resultado segue a tradição dos modelos pós-keynesianos à La Kalecki-Steindl, Dutt (1984, 1990) e Rowthorn (1981), em que uma redistribuição de renda dos lucros em direção aos salários eleva o produto, via aumento da demanda. A taxa de crescimento efetiva é obtida ao se substituir  $u^*$  em (2.21) ou (2.22) resultando em:

$$g^* = r^* = \frac{\eta_0(1-\sigma)(1-\tau)}{(1-\sigma)(1-\tau) - \eta_1}. \quad (2.28)$$

A derivada parcial positiva da equação (2.28) em relação a  $\sigma$  indica que a taxa de acumulação varia positivamente com o aumento da parcela dos salários na renda, como é mostrado a seguir:

$$\frac{\partial g^*}{\partial \sigma} = g_\sigma^* = \frac{(1-\tau)(1-\eta_0)}{[(1-\sigma)(1-\tau) - \eta_1]^2} > 0. \quad (2.29)$$

A equação (2.29) mostra a natureza estagnacionista do modelo por meio da relação inversa entre  $g^*$  e  $\pi$ . Uma elevação na parcela dos lucros eleva o nível de poupança, reduzindo a demanda agregada, o grau de utilização da capacidade e, assim, o crescimento do produto.

O impacto de variações no nível da qualidade média do capital humano sobre o grau de utilização da capacidade e sobre o crescimento econômico, quando  $\beta h > 0$  e  $\rho > 0$ , ocorre via variações de  $\sigma$  em função do nível de  $h$ , sendo dado por:

$$\frac{\partial u^*}{\partial \sigma_h} = u_h^* = \frac{\eta_0(1-\tau)\sigma_h}{[(1-\sigma)(1-\tau) - \eta_1]^2} > 0. \quad (2.30)$$

e

$$\frac{\partial g^*}{\partial \sigma_h} = g_h^* = \frac{(1-\tau)(1-\eta_0)\sigma_h}{[(1-\sigma)(1-\tau) - \eta_1]^2} > 0. \quad (31)$$

Por outro lado, quando  $\beta h = 0$  e  $\rho = 0$ , o impacto do nível de  $h$  sobre  $\sigma$  será nulo e, conseqüentemente, o impacto de  $h$  sobre o grau de utilização da capacidade e sobre o crescimento econômico será igualmente nulo:

$$\frac{\partial u^*}{\partial \sigma_h} = u_h^* = 0. \quad (2.30a)$$

E

$$\frac{\partial g^*}{\partial \sigma_h} = g_h^* = 0. \quad (2.31a)$$

A partir deste resultado, verifica-se a interação estratégica existente entre capital humano e inovação tecnológica. A inovação necessita de elevada qualidade do capital humano, e, ao mesmo tempo, variações no capital humano gerarão impacto sobre as variáveis macroeconômicas do sistema se e somente se houver inovação tecnológica. Caso a inovação ocorra, a elevação do nível da qualidade média do capital humano por meio do gasto público com educação resulta em elevação do grau de utilização da capacidade e da taxa de crescimento. Caso contrário, o gasto público com capital humano é inócuo.

## 2.4. Comportamento do Modelo no Longo Prazo

Os valores de equilíbrio de curto prazo de  $u$  e  $g$  são mantidos também no longo prazo. A dinâmica da economia ocorre via variações no nível de preços, no salário nominal, na produtividade do trabalho e na qualidade média do capital humano. O comportamento dinâmico da economia será analisado a partir do sistema de equações das variáveis  $\sigma$  e  $h$ . Buscar-se-á observar a dinâmica entre a qualidade média do capital humano e a parcela dos salários na renda, que é a variável determinante do grau de utilização da capacidade e do crescimento econômico de longo prazo nos modelos de inspiração kaleckiana.

### 2.4.1. Dinâmica com Geração de Inovação

Quando o nível de capital humano é elevado, de modo que  $\beta h > 0$  e  $\rho > 0$ , o comportamento dinâmico da parcela dos salários, obtido via equação (2.12), será:

$$\hat{\sigma} = \hat{W}_{LD} - \hat{P} + \frac{\beta \dot{h}}{(1 - \beta h)} - \hat{a}. \quad (2.32)$$

É possível assumir que a taxa de crescimento do capital humano é positivamente relacionada ao crescimento econômico, visto que o crescimento da renda eleva a arrecadação de impostos e, conseqüentemente, o gasto público com educação. Por outro lado, a taxa de crescimento de  $h$  é negativamente relacionada ao seu próprio nível, formalmente:

$$\hat{h} = \gamma_0 g - \gamma_1 h, \quad (2.34)$$

Em que  $\gamma_0$  e  $\gamma_1$  são parâmetros positivos.

Realizando-se as substituições relativas às equações (2.7), (2.16), (2.17), (2.18), (2.19) e (2.20), e sendo  $\dot{h} = \hat{h}h$ , obtém-se:

$$\begin{aligned} \hat{\sigma} = \psi[\lambda_0 + \lambda_1 g - \sigma] - \theta(\sigma - \varphi_1 + \varphi_2 u) + \frac{(\gamma_0 g - \gamma_1 h)\beta h}{(1 - \beta h)} \\ + [\lambda_2 - (\lambda_1 + 1)] \left[ \chi_0 + \chi_1 \frac{\beta h}{s(1 - \beta h)} \right], \end{aligned} \quad (2.32a)$$

Sendo  $u$  dado por (2.26).

As equações (2.32a) e (2.34) formam um sistema bidimensional de equações diferenciais não lineares<sup>5</sup>, em que a taxa de variação de  $\sigma$  e  $h$  depende dos níveis de  $\sigma$  e  $h$  e dos parâmetros do sistema. A matriz jacobiana de derivadas parciais para este sistema dinâmico é dada por:

---

<sup>5</sup> Com o objetivo de verificar a existência de múltiplos equilíbrios, o sistema não linear foi resolvido via simulação numérica. Por este método, foram encontrados três valores para  $\sigma$ , sendo apenas um deles positivo, e portanto, com sentido econômico. Logo, apenas um único equilíbrio de longo prazo existe, o qual é representado por meio da análise qualitativa contida no diagrama de fases da figura 2.1.

$$J_{11} = \partial \hat{\sigma} / \partial \sigma = \psi(\lambda_1 g_\sigma^* - 1) - \theta(1 + \varphi_2 u_\sigma^*) + \gamma_0 g_\sigma^* \frac{\beta h}{(1 - \beta h)}. \quad (2.35)$$

$$J_{12} = \partial \hat{\sigma} / \partial h = \frac{(1 + \beta h)\beta(\gamma_0 \tau g - \gamma_1 h) + \beta h(\gamma_0 g_h^* - \gamma_1)}{(1 - \beta h)^2} + [\lambda_2 - (\lambda_1 + 1)]\chi_1 \beta s. \quad (2.36)$$

$$J_{21} = \partial \hat{h} / \partial \sigma = \gamma_0 g_\sigma^* > 0. \quad (2.37)$$

$$J_{22} = \partial \hat{h} / \partial h = \gamma_0 g_h^* - \gamma_1 h. \quad (2.38)$$

A equação (2.35) é ambígua, mostrando que o impacto de uma variação no nível de  $\sigma$  sobre sua taxa de crescimento dependerá de seu impacto sobre o crescimento e sobre grau de utilização da capacidade. Uma elevada parcela salarial, por meio da elevação do grau de utilização da capacidade, eleva o *markup* desejado pelas firmas, exercendo pressão negativa sobre a taxa de crescimento de  $\sigma$ . No entanto, o aumento de  $\sigma$ , ao impactar positivamente a taxa de crescimento da economia, eleva a taxa de emprego dos trabalhadores diretos, elevando o salário desejado e, conseqüentemente, a taxa de crescimento dos salários nominais. O sinal de  $J_{11}$  dependerá da magnitude relativa desses dois efeitos. A equação (2.37) mostra que variações na parcela salarial exercem efeito positivo sobre a taxa de crescimento da qualidade do capital humano, por meio da relação positiva existente entre crescimento e distribuição de renda.

A equação (2.36) mostra o impacto do nível da qualidade do capital humano sobre a taxa de crescimento da parcela salarial. Dada a impossibilidade de análise do sinal do primeiro termo da equação, assume-se que o sinal da derivada é ambíguo, dependendo do resultado do segundo termo,  $[\lambda_2 - (\lambda_1 + 1)]$ . Neste caso,  $\lambda_2$  representa a influência positiva de  $\hat{a}$  sobre a taxa de variação dos salários nominais, enquanto  $\lambda_1$  representa o efeito perverso de  $\hat{a}$  sobre a taxa de crescimento do emprego. Com elevado poder de barganha, a apropriação dos ganhos de produtividade pelos trabalhadores será alta e o sinal de  $J_{12}$  será positivo. Caso contrário, com pouco poder de barganha,  $J_{12}$  será negativo, situação favorável para a firma, no sentido de que

seu custo de produção será efetivamente reduzido com o gasto com inovação poupadora de mão de obra.

A equação (2.38) é também ambígua. Neste caso, o impacto de uma variação no nível da qualidade do capital humano é intermediado por seu impacto sobre a taxa de crescimento. Se esse impacto for suficientemente grande, tal que  $\gamma_0 \tau g_h^* > \gamma_1$ , uma elevação no nível de  $h$  será acompanhada por uma elevação em sua taxa de crescimento. Caso contrário, se o impacto de uma elevação em  $h$  sobre a taxa de crescimento da economia for baixo, de forma que  $\gamma_0 \tau g_h^* < \gamma_1$ , uma elevação no nível de  $h$  resultará em uma redução de sua taxa de crescimento. Como o impacto de  $h$  sobre  $g$  é intermediado por  $\sigma$ , conclui-se que quanto maior for o efeito positivo de  $h$  sobre a distribuição de renda, maior será  $g_h^*$ .

As características qualitativas da interação dinâmica entre  $\sigma$  e  $h$  podem ser conferidas pela análise dos diagramas de fase. Observa-se que os sinais de  $J_{11}$  e  $J_{12}$  estão diretamente relacionados à magnitude do poder de barganha dos trabalhadores diretos. No caso de elevado (baixo) poder de barganha, os sinais das derivadas parciais serão positivos (negativos).

A matriz jacobiana correspondente ao sistema dinâmico é dada por:

$$J = \begin{bmatrix} \pm & \pm \\ + & \pm \end{bmatrix}$$

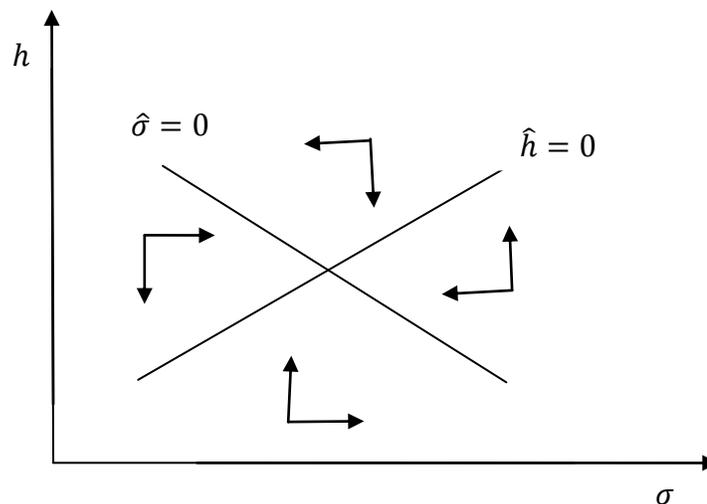
As condições de estabilidade do equilíbrio, dadas pelo traço negativo da matriz e pelo determinante positivo, são necessariamente satisfeitas com a seguinte combinação de sinais:

$$J_{11} < 0, J_{12} < 0 \text{ e } J_{22} < 0.$$

Ou seja, o equilíbrio de longo prazo será estável, caso os trabalhadores possuam baixo poder de barganha. Como resultado, obtém-se a seguinte matriz:

$$J_1 = \begin{bmatrix} - & - \\ + & - \end{bmatrix}$$

A análise qualitativa de  $J_1$  é feita no diagrama de fase da Figura 2.1, cujo equilíbrio é um foco estável. Considerando-se  $J_{11} < 0$  e  $J_{12} < 0$ , a inclinação da isolinha  $\hat{\sigma} = 0$ , dada por  $-(J_{11}/J_{12})$ , é negativa. Como  $\partial\hat{\sigma}/\partial\sigma$  é negativo, um aumento em  $\sigma$  implica em uma redução de sua taxa de crescimento, o que explica a direção dos vetores horizontais. A inclinação da isolinha  $\hat{h} = 0$ , dada por  $-(J_{21}/J_{22})$ , é positiva. Sendo  $\partial\hat{h}/\partial h < 0$ , uma variação em  $h$  implica em uma variação na direção oposta em  $\hat{h}$ , o que explica a direção dos vetores verticais.



**Figura 2.1 - Equilíbrio com geração de inovação e com baixo poder de barganha dos trabalhadores**

A Figura 2.1 ilustra o caso em que o poder de barganha dos trabalhadores é baixo, de forma que o efeito de uma elevação de  $\sigma$  sobre o grau de utilização da capacidade e sobre o crescimento exerce um efeito maior sobre o *markup* desejado pelas firmas do que sobre o salário desejado pelos trabalhadores. A maior parcela dos ganhos de produtividade do trabalho, dado o baixo poder de barganha, é apropriada pela firma.

A situação em que os trabalhadores possuem elevado poder de barganha, com  $J_{11} > 0$  e  $J_{12} > 0$  e em que o impacto de  $h$  sobre o crescimento econômico é alto, tal que  $J_{22} > 0$ , pode ser analisada a partir da seguinte matriz jacobiana:

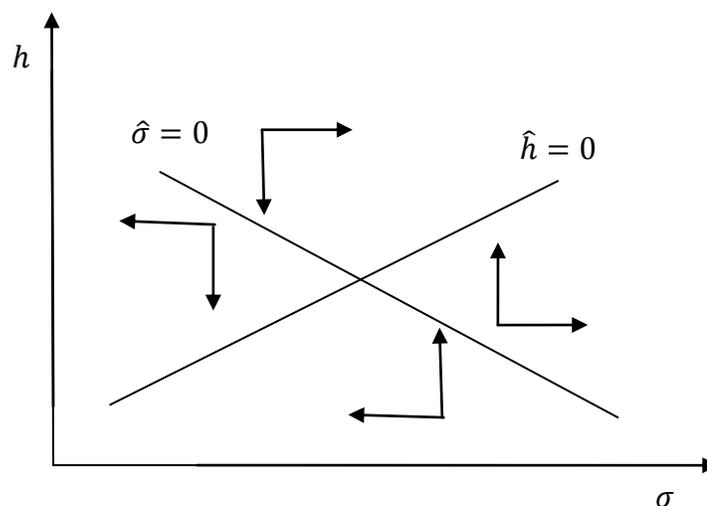
$$J_2 = \begin{bmatrix} + & + \\ + & + \end{bmatrix}$$

Visto que os elementos da diagonal principal da matriz  $J_2$  são ambos positivos, o equilíbrio do sistema, caso exista, será instável. Como não é possível conhecer o valor exato do determinante da matriz, conclui-se que duas situações são possíveis. Isto é, se  $Det J > 0$ , o equilíbrio existirá, todavia será instável. De outro modo, se  $Det J < 0$ , o resultado será a existência de um ponto de sela. Neste caso, a economia convergirá para o equilíbrio apenas por acaso. Caso contrário, divergirá permanentemente.

Outra possível situação é a coexistência de um elevado poder de barganha dos trabalhadores com o baixo impacto de  $h$  sobre a taxa de crescimento, de modo que  $J_{22} < 0$ . Logo, a matriz jacobiana correspondente será dada por:

$$J_3 = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix}$$

E visto que o determinante de  $J_3$  é negativo, este equilíbrio será do tipo ponto de sela. A análise qualitativa é feita no diagrama de fase da Figura 2.2.



**Figura 2.2 - Equilíbrio com geração de inovação e com elevado poder de barganha dos trabalhadores**

Considerando-se  $J_{11} > 0$  e  $J_{12} > 0$ , a inclinação da isolinha  $\hat{\sigma} = 0$ , dada por  $-(J_{11}/J_{12})$ , é negativa. Como  $\partial\hat{\sigma}/\partial\sigma$  é positivo, um aumento em  $\sigma$  implica em um aumento em sua taxa de crescimento, o que explica a direção dos vetores horizontais. A inclinação da isolinha  $\hat{h} = 0$ , dada por  $-(J_{21}/J_{22})$ , é positiva. Sendo  $\partial\hat{h}/\partial h < 0$ , uma variação em  $h$  implica em uma variação na direção oposta em  $\hat{h}$ , o que explica a direção dos vetores verticais. A estabilidade do ponto de sela ocorrerá apenas se, por acaso, a condição inicial estiver em algum ponto do braço estável. Caso contrário, a trajetória divergirá permanentemente do equilíbrio.

Nota-se que, no longo prazo, quando há geração de inovação, o único equilíbrio estável possível é compatível com: a variação nos preços superior à variação nos salários; o efeito negativo da taxa de crescimento da produtividade do trabalho sobre a taxa de variação dos salários nominais e, ainda, com o baixo impacto do nível da qualidade média do capital humano sobre a taxa de crescimento da economia. Qualquer alteração em alguma destas características conduzirá o sistema ao desequilíbrio (foco instável ou ponto de sela).

#### 2.4.2. Dinâmica sem Geração de Inovação

Quando o nível de capital humano é baixo, de modo que  $\beta h \leq 0$  e  $\rho = 0$ , o comportamento dinâmico da parcela dos salários, obtido via equação (2.12), será:

$$\hat{\sigma} = \widehat{W}_{LD} - \hat{P}. \quad (2.39)$$

Realizando-se as substituições relativas às equações (2.16), (2.17), (2.18), (2.19) e (2.20), obtém-se:

$$\hat{\sigma} = \psi[\lambda_0 + \lambda_1 g - \sigma] - \theta(\sigma - \varphi_1 + \varphi_2 u). \quad (2.40)$$

Sendo  $u$  dado por (2.26).

A equação que define a taxa de crescimento da qualidade do capital humano é a mesma obtida em (2.34):

$$\hat{h} = \gamma_0 \tau g - \gamma_1 h, \quad (2.34a)$$

Em que  $\gamma_0$  e  $\gamma_1$  são parâmetros positivos.

As equações (2.40) e (2.34a) formam um sistema bidimensional de equações diferenciais não lineares, em que a taxa de variação de  $\sigma$  e  $h$  depende dos níveis de  $\sigma$  e  $h$  e dos parâmetros do sistema. A matriz jacobiana de derivadas parciais para este sistema dinâmico é dada por:

$$J_{11} = \frac{\partial \hat{\sigma}}{\partial \sigma} = \psi(\lambda_1 g_\sigma^* - 1) - \theta(1 + \varphi_2 u_\sigma^*). \quad (2.41)$$

$$J_{12} = \frac{\partial \hat{\sigma}}{\partial h} = 0. \quad (2.42)$$

$$J_{21} = \frac{\partial \hat{h}}{\partial \sigma} = \gamma_0 \tau g_\sigma^* > 0. \quad (2.43)$$

$$J_{22} = \frac{\partial \hat{h}}{\partial h} = -\gamma_1. \quad (2.44)$$

A equação (2.41) é ambígua, similarmente à equação (2.35). No entanto, este é um caso em que o conflito distributivo ocorrerá apenas via variações nos preços e nos salários nominais. O sinal da derivada parcial, tal como em (2.35) dependerá dos efeitos relativos de  $\sigma$  sobre  $u$  e  $g$ .

O resultado de uma variação no nível de  $h$  sobre a taxa de crescimento de  $\sigma$  (equação 2.42) é zero, de forma que, na ausência de inovação tecnológica, a qualidade média do capital humano não possui nenhum efeito sobre a distribuição de renda no longo prazo. A equação (2.43) mostra que variações na parcela salarial exercem efeito positivo sobre a taxa de crescimento da

qualidade do capital humano, pela mesma razão descrita na equação (2.37). A equação (2.44) mostra que o impacto do nível da qualidade do capital humano sobre sua própria taxa é negativo, uma vez que  $g_h^* = 0$ .

As características qualitativas da interação dinâmica entre  $\sigma$  e  $h$  podem ser conferidas pela análise dos diagramas de fase. A matriz jacobiana correspondente ao sistema dinâmico é dada por:

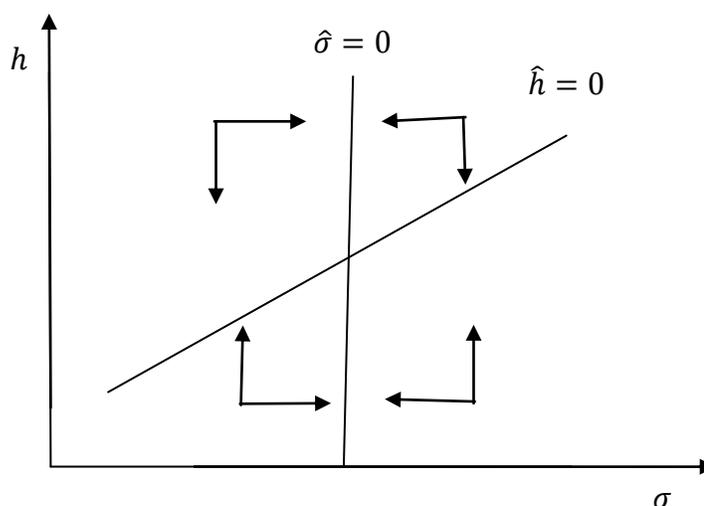
$$J_4 = \begin{bmatrix} \pm & 0 \\ + & - \end{bmatrix}$$

As condições de estabilidade do equilíbrio, dadas pelo traço negativo da matriz e pelo determinante positivo, são satisfeitas quando  $J_{11} < 0$ . Ou seja, o equilíbrio de longo prazo será estável, caso os trabalhadores possuam baixo poder de barganha.

Como resultado, obtém-se a seguinte matriz:

$$J_5 = \begin{bmatrix} - & 0 \\ + & - \end{bmatrix}$$

A análise qualitativa é realizada pelo diagrama de fase da Figura 2.3. Considerando-se  $J_{11} < 0$  e  $J_{12} = 0$ , a inclinação da isolinha  $\hat{\sigma} = 0$ , dada por  $-(J_{11}/J_{12})$ , é infinito. Como  $\partial\hat{\sigma}/\partial\sigma$  é negativo, um aumento em  $\sigma$  implica em uma queda em sua taxa de crescimento, o que explica a direção dos vetores horizontais. A inclinação da isolinha  $\hat{h} = 0$ , dada por  $-(J_{21}/J_{22})$ , é positiva. Sendo  $\partial\hat{h}/\partial h < 0$ , uma variação em  $h$  implica em uma variação na direção oposta em  $\hat{h}$ , o que explica a direção dos vetores verticais. O equilíbrio é um nó estável.



**Figura 2.3 – Equilíbrio sem Geração de Inovação**

Quando a inovação tecnológica não ocorre, o conflito distributivo é expresso apenas via inflação. Nota-se que, tal como no caso em que há geração de inovação, apenas um único equilíbrio estável é possível, o qual é compatível com o fraco poder de barganha dos trabalhadores, sendo a taxa de crescimento dos preços superior à taxa de crescimento dos salários nominais.

## 2.5. Conclusão

Este ensaio contribuiu com a literatura de inspiração kaleckiana com a elaboração um modelo macrodinâmico de distribuição de renda e crescimento econômico, em que a inovação tecnológica poupadora de mão de obra surge como uma ação intencional da firma em busca de maior poder de monopólio. Paralelamente, argumenta-se que, embora seja feito o esforço de inovar, o resultado final da inovação será tanto maior quanto maior for a qualidade do capital humano envolvido nessa atividade. Neste sentido, emerge uma interação estratégica entre os dois fatores supracitados. Enquanto a firma é responsável pela geração de inovação tecnológica, o governo é responsável pela elevação da qualidade do capital humano, a partir da oferta de ensino gratuita financiada por uma taxa de imposto sobre a renda agregada.

A elasticidade da produtividade do trabalho em relação ao gasto com inovação é proporcional à qualidade média do capital humano utilizado em P&D. Quando a elasticidade é positiva, a firma inova. Disto segue que a inovação necessita de elevada qualidade do capital humano. Ao mesmo tempo, variações qualitativas no capital humano gerarão impacto sobre as variáveis macroeconômicas do sistema, se e somente se houver inovação tecnológica. Caso a inovação ocorra, a elevação do nível da qualidade média do capital humano por meio do gasto público com educação resulta em elevação do grau de utilização da capacidade e da taxa de crescimento no curto prazo. Caso contrário, o gasto público com capital humano é inócuo.

No longo prazo, quando a qualidade média do capital humano é suficientemente alta e a geração de inovação ocorre, o único equilíbrio estável possível é compatível com: a variação nos preços superior à variação nos salários; o efeito negativo da taxa de crescimento da produtividade do trabalho sobre a taxa de variação dos salários nominais e, ainda, com o baixo impacto do nível da qualidade média do capital humano sobre a taxa de crescimento da economia. Qualquer alteração em alguma destas características conduzirá o sistema ao desequilíbrio. Observa-se que, no equilíbrio de longo prazo, as firmas se apropriarão da maior parte dos ganhos de produtividade do trabalho, devido ao baixo poder de barganha dos trabalhadores. Quando a inovação tecnológica não ocorre, o conflito distributivo é expresso apenas via inflação.

Assumi-se que todas as firmas se comportam do mesmo modo em termos de geração de inovação. Entretanto, no ensaio II será apresentada uma extensão deste trabalho, incorporando a heterogeneidade das decisões a respeito de inovar ou não, visto que a inovação tem custos certos e benefícios incertos.

### **3. GERAÇÃO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, ACUMULAÇÃO DE CAPITAL HUMANO E DISTRIBUIÇÃO DE RENDA: UMA MACRODINÂMICA COM JOGOS EVOLUCIONÁRIOS**

#### **ENSAIO II**

##### **3.1.Introdução**

O presente ensaio tem por objetivo o desenvolvimento de uma extensão do modelo contido no ensaio I desta tese, a partir da introdução de uma heterogeneidade comportamental entre as firmas, no que diz respeito à inovação. Para tanto, serão mantidas as mesmas hipóteses relativas ao mercado de trabalho e à complementaridade existente entre capital humano, via gastos do governo com educação, e inovação tecnológica, gerada intencionalmente pela firma, por meio de P&D. Conforme abordado anteriormente, o objetivo da geração de inovação é a elevação do *markup* da firma, via ganhos adicionais de produtividade do trabalho.

A relação existente entre P&D, inovação tecnológica e ganhos de produtividade é corroborada por uma vasta gama de trabalhos empíricos realizados ao nível da firma, como, por exemplo, os trabalhos de Schankerman (1981), Griliches e Mairesse (1984), Griliches (1986) e Jaffe (1986), para os Estados Unidos; Cuneo e Mairesse (1984) e Mairesse e Cuneo (1985), para a França. Outras evidências que apontam para a mesma direção podem ser encontradas nos trabalhos de Griffith, Huergo, Mairesse e Peters (2006), Griffith, Redding e Van Reenen (2004), Mairesse e Mohnen (2010) e Mairesse, Mohnen e Kremp (2005). De modo geral, as investigações empíricas sugerem que o gasto com P&D é um fator estatisticamente significativo para a explicação das diferenças de produtividade entre as firmas.

Todavia, apesar de evidências robustas sobre os benefícios da geração de inovações via P&D, observa-se uma diversidade no comportamento das firmas inter e intra-indústria nesse sentido. Klette e Kortum (2004) salientam que, embora a relação entre produtividade e P&D seja um fato estilizado, os estudos sobre tal relação nada dizem sobre o porquê de as firmas conduzirem a atividade de pesquisa em escalas muito distintas, sendo a heterogeneidade entre as firmas, no que

diz respeito ao esforço inovativo, uma condição persistente<sup>6</sup>. É notável também o fato de que algumas firmas prosperam, mesmo com pouco ou nenhum gasto com P&D.

Com base nas evidências empíricas supracitadas da relação existente entre inovação tecnológica via gastos com P&D e produtividade, e, ainda, com base na observação de uma permanente heterogeneidade entre as firmas em relação à inovação, é desenvolvido um modelo de jogos evolucionários que visa integrar a diversidade microeconômica no âmbito do comportamento da firma e os resultados macroeconômicos, por meio de uma dinâmica guiada pela demanda efetiva. Em uma economia com concorrência imperfeita, cada firma pode escolher incorrer em custos adicionais, com geração de inovação, e, conseqüentemente, obter ganhos de produtividade do trabalho (estratégia inovadora), ou utilizar a tecnologia de produção disponível, sem custos extras, mantendo inalterada a produtividade do trabalho (estratégia não inovadora).

Considera-se a economia como um ambiente complexo, povoado por firmas limitadamente racionais, que podem ser levadas a seguir diferentes trajetórias ao longo do tempo por não conhecerem com precisão os resultados de suas escolhas. Assume-se que a distribuição das estratégias seja dada em um primeiro momento. No entanto, existe a possibilidade de variação na distribuição das estratégias ao longo do tempo, por meio de uma dinâmica evolucionária conhecida como dinâmica de replicação. Isto é, a frequência de utilização de uma estratégia aumenta na população quando seu benefício líquido é superior ao benefício líquido médio, e diminui, caso contrário.

Ao longo do tempo, a microdiversidade do comportamento das firmas e a macrodinâmica de crescimento e distribuição de renda coevoluem. A distribuição das estratégias influencia a dinâmica macroeconômica, a qual, por sua vez, influencia a tomada de decisão das firmas entre gastar ou não com a geração de inovação tecnológica. O equilíbrio evolucionário pode ser compatível tanto com a sobrevivência de apenas uma das estratégias (equilíbrio de estratégia pura), quanto com a sobrevivência de ambas (equilíbrio de estratégia mista).

---

<sup>6</sup> Vide Cohen e Klepper (1996)

Verifica-se que, na ausência de mutações, apenas equilíbrios de estratégia pura são garantidos. Em termos de estabilidade, o equilíbrio com extinção das firmas que adotam a estratégia inovadora (não inovadora) é um repulsor (atrator) local. No entanto, ao incluir agentes mutantes no modelo, os quais tomam decisões aleatoriamente, o resultado obtido é de que apenas equilíbrios de estratégia mista se tornam possíveis. Em todos os equilíbrios, a distribuição de renda é o fator determinante dos níveis de utilização da capacidade produtiva e crescimento econômico.

O ensaio está organizado como segue: na seção 3.2 é apresentada a estrutura do modelo; na seção 3.3 é feita a análise do equilíbrio de curto prazo; na seção 3.4 é apresentada uma dinâmica evolucionária sem mutação, em que são analisadas as propriedades dos equilíbrios de estratégia pura obtidos; na seção 3.5 é introduzida uma mutação em que emerge o equilíbrio de estratégia mista. A seção 3.6 encerra com a conclusão.

### **3.2. Estrutura do Modelo**

A economia descrita neste modelo é fechada e com governo. Um único bem é produzido, o qual é utilizado para consumo e investimento. As firmas atuam em um ambiente de concorrência imperfeita e são homogêneas, exceto em relação à estratégia adotada para inovação. Considera-se a existência de duas possíveis estratégias na economia: contratar pesquisadores para a atividade de P&D com o objetivo de desenvolver inovações de processo (estratégia  $i$ ) ou contratar apenas trabalho produtivo para as fábricas (estratégia  $n$ ). Uma firma que decide inovar é denominada firma  $i$ , e, caso contrário, firma  $n$ . Em um dado curto prazo existirá uma proporção  $\lambda \in [0,1] \subset \mathbb{R}$  de firmas  $i$  e uma proporção  $1 - \lambda$  de firmas  $n$ .

As firmas que adotam cada uma das possíveis estratégias terão as seguintes funções de produção com tecnologias de coeficientes fixos em ambos os casos:

$$Y_i = \min[bK_i, a_i L_{D_i}], \quad (3.1)$$

$$Y_n = \min[bK_n, a_n L_{D_n}], \quad (3.2)$$

Sendo:

$$Y = \lambda Y_i + (1 - \lambda) Y_n \quad (3.3)$$

$$L_{D_l} = Y_l / a_l, \quad l = i, n \quad (3.4)$$

Em que  $Y_i \in \mathbb{R}$  e  $Y_n \in \mathbb{R}$  são o produto das firmas que adotam respectivamente as estratégias  $i$  e  $n$ . Conforme descrito na equação (3.3), a quantidade produzida total é uma média ponderada entre as estratégias  $i$  e  $n$ .  $K_l$  é o estoque de capital das firmas  $l = i, n$ ,  $b$  é o grau de utilização da capacidade produtiva,  $a_l$  é a produtividade do trabalho nas firmas  $l = i, n$ ,  $L_{D_l}$  é o total de trabalhadores diretos utilizados na produção das firmas  $l = i, n$ .

Além da contratação de trabalhadores diretos, a firma  $i$  contrata mão de obra adicional (pesquisadores),  $L_R$ , como uma fração  $\rho$  do total de trabalho direto empregado para a produção de inovação:

$$L_R = \rho L_{D_i}. \quad 0 < \rho < 1 \quad (3.5)$$

A escolha da magnitude de  $\rho$  é feita a partir de um exercício de minimização de custos, demonstrado em detalhes na seção 3.2.3.

Conforme será explicado formalmente na seção 3.2.3, as firmas acumulam capital à mesma taxa, o que implica que o estoque de capital agregado,  $K$ , se mantém uniformemente distribuído entre as firmas:

$$\frac{K_i}{\lambda} = \frac{K_n}{(1 - \lambda)} = K \quad (3.6)$$

### 3.2.1. Mercado de Trabalho

Seguindo as mesmas definições de Skott (2005) para o mercado de trabalho, considera-se que a força de trabalho é heterogênea, constituída por dois tipos de trabalhadores: *high-skilled*,  $R$ , os quais são o capital humano mais especializado da economia, e *low-skilled*,  $D$ , trabalhadores menos especializados, que realizam tarefas simples. A firma inovadora contrata apenas trabalhadores *high-skilled* para a pesquisa, enquanto o trabalho direto das fábricas, tanto nas firmas  $i$  quanto nas firmas  $n$ , pode ser realizado pelos dois tipos de trabalhadores: *high-* e *low-skilled*. Assume-se que ambos possuem a mesma produtividade na atividade que exige baixa qualificação.

A educação é universal e financiada gratuitamente pelo governo, de modo que não há custo monetário para a especialização por parte dos trabalhadores, embora exista o custo social, uma vez que o financiamento educacional ocorre por meio de uma taxa de imposto sobre a renda agregada<sup>7</sup>. No entanto, apesar do acesso universal à educação, nem todos os trabalhadores se tornam *high-skilled*, devido a razões exógenas, como, por exemplo, diferentes aptidões individuais. Deste modo, uma fração constante  $\delta$  da força de trabalho se torna mais especializada, enquanto  $(1 - \delta)$  se torna menos especializada.

Por simplificação, assume-se que o diferencial médio de especialização entre trabalhadores *high-* e *low-skilled* se mantém constante ao longo do tempo. A qualidade média do capital humano dos trabalhadores *high-skilled*,  $h$ , é observável pela firma na contratação destes para a produção de inovações.

A qualidade do capital humano pode ser entendida como o conjunto de habilidades cognitivas presente na força de trabalho especializada. Diversos fatores poderiam ser tratados como seus determinantes, tais como as habilidades individuais inatas, os anos de escolaridade, o acesso à

---

<sup>7</sup> Assume-se que os impostos arrecadados são totalmente gastos com educação.

saúde e a possibilidade de migração, entre outros. No presente modelo considerar-se-á que seu fator determinante é o gasto governamental com educação.

Ao longo do tempo, a dinâmica da inovação impactará positivamente o crescimento da qualidade média do capital humano, devido a um efeito do tipo *learning by interacting* (Lundvall, 1992). Isto é, parte-se do pressuposto de que a aprendizagem ocorre também por meio de interações entre firmas, devido à possibilidade de intercâmbio de conhecimentos. Deste modo, quanto maior a proporção de firmas  $i$ , maior o volume de trabalhadores *high-skilled* contratados e maior será a interação entre eles, gerando impacto positivo sobre o crescimento de  $h$ .

A demanda total por trabalho em cada um dos conjuntos de estratégias, levando-se em conta a equação (3.5), é dada por:

$$L_i = L_{D_i} + L_R = (1 + \rho)L_{D_i}, \quad (3.7)$$

$$L_n = L_{D_n}. \quad (3.8)$$

Assume-se que a contratação de  $L_{D_l}$ , para todo  $l = i, n$ , é um custo direto indispensável para a produção, tanto nas firmas  $i$  quanto  $n$ , de forma que  $Y_l = \min[bK, aL_R] = \min[bK] = 0$ , para todo  $l = i, n$ .  $L_R$ , ou o gasto com pesquisa, é um custo indireto de produção para as firmas  $i$ , determinado como uma fração  $\rho$  de  $L_{D_i}$ . Contudo, este custo não é fixo, visto que a produção não se reduz a zero na sua ausência, isto é,  $Y_i = \min[bK, aL_D] > 0$ . Ao contrário, é um custo discricionário, de forma que a determinação de sua magnitude, ou seja, a escolha de  $\rho$ , é uma decisão da firma  $i$ .

A oferta de trabalhadores *high-* e *low-skilled* é decomposta da seguinte forma:

$$R = L_R + L_{RD} + U_R$$

$$D = L_{DD} + U_D$$

E a demanda total por trabalho direto, para todo  $l = i, n$ , é dada por:

$$L_{Dl} = L_{DD} + L_{RD},$$

Em que  $L_{RD}$  é o total de trabalhadores *high-skilled* contratados como trabalhadores diretos,  $U_R$  é o total de trabalhadores *high-skilled* desempregados,  $L_{DD}$  é o total de mão de obra *low-skilled* empregada na produção e  $U_D$  é o total de trabalhadores *low-skilled* desempregados. Assume-se  $U_R > 0$  e  $U_D > 0$ , tal que a oferta dos dois tipos de trabalho é suficientemente elástica, não oferecendo restrições à produção e nem à pesquisa.

A remuneração dos trabalhadores diretos é homogênea entre as estratégias, de forma que  $W_{L_{Dl}} = W_{L_{Dn}} = W_{L_D}$ . A razão entre os salários nominais dos pesquisadores e dos trabalhadores diretos é dada por  $s$ , tal que:

$$W_{L_R}/W_{L_D} = s > 1 \tag{3.9}$$

Sendo  $W_{L_R}$  o salário dos pesquisadores e  $s$  um prêmio salarial constante pago a eles. A justificativa para o prêmio salarial é o fato de que, quando usado na produção de pesquisas, o trabalhador *high-skilled* precisa colocar em prática seu diferencial de qualificação, e, dado que o diferencial de especialização entre os trabalhadores *high-* e *low-skilled* é, por hipótese, constante ao longo do tempo, o prêmio salarial,  $s$ , também o será. Assume-se que, do mesmo modo,  $W_{L_R}$  e  $W_{L_D}$  se mantêm constantes ao longo do tempo, para fins de simplificação do modelo.

### 3.2.2. Geração de inovação e capital humano

Assume-se que os ganhos de produtividade do trabalho nas firmas  $i$  ocorrem em função da proporção do estoque de capital gasta com a contratação de pesquisadores, isto é,  $a_i = a_i(\rho)$ , sendo  $a_i'(\rho) > 0$ ,  $a_i''(\rho) < 0$  e  $a_i(0) > 0$ , de modo que a elasticidade da produtividade do trabalho direto em relação a variações na proporção de pesquisadores contratados é dada por:

$$\frac{a_i' \rho}{a_i} = \varepsilon_\rho. \quad (3.10)$$

Em que  $0 \leq \varepsilon_\rho < 1$ . Supõe-se que o valor de  $\varepsilon_\rho$ , em nível, é proporcional ao nível da qualidade média do capital humano embutido nos trabalhadores *high-skilled*. Formalmente,

$$\frac{a_i' \rho}{a_i} = \varepsilon_\rho = \beta h. \quad (3.10a)$$

Sendo  $\beta$  uma constante positiva. Assume-se que  $\varepsilon_\rho < 1$ . Dado que a comparação percentual no cálculo da elasticidade é feita entre duas grandezas bem distintas - produtividade do trabalho e gasto com pesquisa -, assume-se que, em termos monetários, o ganho em produtividade supera o gasto com pesquisa sempre que  $\varepsilon_\rho > 0$ .

### 3.2.3 Distribuição das Estratégias e Distribuição de Renda

Enquanto a contratação de mão de obra, e então a produtividade do trabalho, é homogênea entre as firmas que adotam uma mesma estratégia, existirá um diferencial de produtividade entre as estratégias por conta do gasto feito pelas firmas do tipo  $i$  com a contratação de pesquisadores para a produção de P&D. A lógica é que a contratação de pesquisadores, ao gerar inovações tecnológicas no processo produtivo, é capaz de impactar positivamente a produtividade do trabalho direto. Dado que apenas firmas inovadoras contratam pesquisadores, a contratação média destes na economia será dada por:  $\bar{L}_R = \lambda L_R$ . O diferencial de produtividade entre firmas  $i$  e  $n$  ocorrerá em função da diferença entre a contratação de  $L_R$  por uma firma do tipo  $i$  e a contratação média de  $L_R$  na economia. Conforme equação (3.5), é possível definir tal diferença da seguinte forma:  $L_R - \bar{L}_R = (1 - \lambda)(\rho L_{D_i}) \geq 0$  para todo  $\lambda \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ . Disto segue que o diferencial de produtividade do trabalho entre as firmas  $i$  e  $n$  é endógeno, variando ao longo do tempo como função de  $\lambda$  e  $\rho$ . Formalmente:

$$\Omega \equiv a_i/a_n = f\left((1-\lambda)(\rho L_{D_i})\right), \quad (3.11)$$

Sendo  $f\left((1-\lambda)(\rho L_{D_i})\right) > 0$  e  $f'(\cdot) > 0$ , para todo  $\lambda \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ .

Nota-se pela equação (3.11) que o diferencial de produtividade entre as estratégias diminui à medida que aumenta a proporção de firmas  $i$ , isto é,  $\partial\Omega/\partial\lambda < 0$ . Se todas as firmas se tornam inovadoras, ( $\lambda = 1$ ), o diferencial de produtividade entre elas desaparece. Neste caso, prevalecerá apenas  $a_i$ , e, dado que  $a_i > a_n$ , pode-se assumir que  $f(0) > 1$ . Caso contrário, se todas as firmas adotarem a estratégia  $n$ , ( $\lambda = 0$ ), o diferencial de produtividade em potencial será máximo para o caso em que uma firma decida migrar para a estratégia  $i$ .

Por outro lado, o diferencial de produtividade entre as estratégias está positivamente relacionado a  $\rho$ , como é possível verificar na equação (3.11), tal que  $\partial\Omega/\partial\rho > 0$ . A escolha da magnitude de  $\rho$  pelas firmas  $i$  faz com que os ganhos de inovar cresçam em relação à estratégia  $n$ . Isto é, quanto maior a proporção do estoque de capital destinada à contratação de pesquisadores, maior será o ganho potencial das firmas que inovam. Visto pela equação (3.10a) que a sensibilidade da produtividade do trabalho direto nas firmas do tipo  $i$  relaciona-se diretamente ao nível da qualidade média do capital humano dos trabalhadores *high-skilled*, é possível afirmar que o diferencial de produtividade será tanto maior quanto maior o nível de  $h$ . Em outras palavras, o gasto público com educação, ao elevar  $h$ , induz ao gasto privado com inovação.

Observando-se o comportamento dos preços em cada uma das firmas, assume-se que, dada a homogeneidade do bem produzido, não existe diferencial de preços. Portanto, o diferencial de *markups* ocorrerá por meio das diferenças nas produtividades do trabalho relativas a cada estratégia. Formalmente:

$$1 = (1 + Z_i)(1 + s\rho) \frac{W_{LD}}{a_i} = (1 + Z_n) \frac{W_{LD}}{a_n} \quad (3.12)$$

Em que  $Z_i \in \mathbb{R}$  e  $Z_n \in \mathbb{R}$  são os *markups* das firmas  $i$  e  $n$ , e  $(1 + s\rho)$  é o custo da contratação de pesquisadores pela firma  $i$ , vide equações (3.7) e (3.9). Por simplificação, a produtividade do trabalho da firma  $n$  será normalizada em 1, o que implica que  $\Omega = a_i$  em (3.11). Além disso, dadas as propriedades de (3.11), assume-se que  $1 < f(0)$ , tal que  $1 < \Omega = a_i$ , para todo  $\lambda \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ . No curto prazo, dado o diferencial de produtividade do trabalho e a frequência de distribuição das estratégias, os *markups* se ajustam de forma a garantir a equalização dos preços.

As firmas inovadoras esperam obter o diferencial de produtividade,  $\Omega$ , suficientemente elevado para que seu *markup* seja superior ao das firmas que não inovam. No entanto, o diferencial de produtividade resultará da frequência de distribuição das estratégias e da magnitude de  $\rho$ . No curto prazo, os valores de equilíbrio dos *markups* individuais podem ser obtidos combinando-se (3.11) e (3.12):

$$Z_i^*(\lambda, \rho) = \frac{f\left((1 - \lambda)(\rho L_{D_i})\right)}{W_{L_D}(1 + s)} - 1, \quad (3.13)$$

E:

$$Z_n^* = \frac{1}{W_{L_D}} - 1. \quad (3.14)$$

É possível observar que  $Z_i^* > Z_n^*$  se  $f\left((1 - \lambda)(\rho K)\right) > (1 + s\rho)$ , condição que dependerá da distribuição das estratégias relativas à inovação.

Feito o diferencial de *markups*, resta analisar a forma de como será distribuída a renda, levando-se em conta que o volume total de emprego poderá ser diferente em cada uma das estratégias. Assim, a renda da economia pode ser decomposta pela renda do total das firmas que inovam e pelo total das que não inovam. Em ambos os casos, a renda é dividida entre trabalhadores e firmas, como segue:

$$Y_i = (W_{LD}/P)L_{D_i} + (W_{LR}/P)L_R + r_i K_i, \quad (3.15)$$

$$Y_n = (W_{LD}/P)L_{D_n} + r_n K_n, \quad (3.16)$$

Em que  $r_l$  é a taxa de lucro das firmas  $l = i, n$ . Substituindo-se as equações (3.7) e (3.9) em (3.15), obtém-se:

$$Y_i = v(1 + s\rho)L_{D_i} + r_i K \quad (3.17)$$

Sendo  $v = (W_{LD}/P)$  o salário real dos trabalhadores diretos, tratado como o salário de referência. E então, a renda das firmas não inovadoras pode também ser reescrita, como segue:

$$Y_n = vL_{D_n} + r_n K. \quad (3.18)$$

A parcela dos salários na renda para as firmas  $i$ ,  $\sigma_i$ , é dada por:

$$\sigma_i = \frac{v(1 + s\rho)}{a_i}. \quad (3.19)$$

A firma  $i$  decide o quanto será gasto com pesquisa escolhendo a proporção de pesquisadores contratados em relação ao total de trabalhadores diretos, dada por  $\rho$  (vide equação (3.5)), que minimiza a parcela salarial, a qual é para a firma seu custo variável de produção. Logo, pela condição de primeira ordem  $\partial\sigma/\partial\rho = 0$ , utilizando-se a equação (3.10a) e resolvendo-se para  $\rho$ , obtém-se:

$$\rho = \frac{\beta h}{s(1 - \beta h)}, \quad (3.20)$$

Dado que  $s$  é uma constante, a contratação de pesquisadores será determinada pela qualidade média do capital humano, sendo  $\partial\rho/\partial h > 0$ .

Substituindo-se (3.20) em (3.19), obtém-se a parcela salarial em função da qualidade do capital humano:

$$\sigma_i(h) = \frac{v}{(1 - \beta h)a_i}. \quad (3.21)$$

Usando-se a equação (3.11), pode-se reescrever (3.21) em função de  $\lambda$  e  $h$ , como segue:

$$\sigma_i^*(\lambda, h) = \frac{v}{(1 - \beta h)f\left((1 - \lambda)(\rho L_{D_i})\right)}. \quad (3.22)$$

A parcela salarial das firmas que não inovam é dada por

$$\sigma_n^* = v. \quad (3.23)$$

A parcela dos lucros, em cada uma das estratégias, por sua vez, é expressa por:

$$\pi_i^*(\lambda, h) = 1 - \left[ \frac{v}{(1 - \beta h)f\left((1 - \lambda)(\rho L_{D_i})\right)} \right], \quad (3.24)$$

$$\pi_n^* = (1 - v). \quad (3.25)$$

Nota-se que, no curto prazo, a parcela salarial e a parcela dos lucros na renda são constantes para as firmas  $n$ , enquanto no caso das firmas  $i$  variam de acordo com a proporção de firmas que adotam a estratégia  $i$ :

$$\frac{\partial \pi_i^*(\lambda, h)}{\partial \lambda} = -\frac{v\rho L_{D_i} f'(\cdot)}{(1-\beta h)f(\cdot)^2} = -\frac{v}{f(\cdot)} \frac{\varepsilon_\lambda}{(1-\lambda)} < 0, \quad (3.26)$$

Para todo  $\lambda \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ , em que  $\varepsilon_\lambda = f'(\cdot) \frac{(1-\lambda)(\rho L_{D_i})}{f(\cdot)} = f'(\cdot) \frac{(L_R - \bar{L}_R)}{f(\cdot)}$  é a elasticidade do diferencial de produtividade do trabalho direto em relação à proporção do gasto com inovação, sendo  $\varepsilon_\lambda > 0$ . Nota-se, pelo resultado de (3.26), que, quanto maior a proporção de firmas do tipo  $i$ , menor a diferença entre a contratação de pesquisadores por uma firma do tipo  $i$  e a contratação média de pesquisadores da economia.

A taxa de lucro, para cada uma das estratégias, é dada por:

$$r_i^*(\lambda, h) = \pi_i^*(\lambda, h)u, \quad (3.27)$$

$$r_n^* = \pi_n^*u, \quad (3.28)$$

Em que  $u = Y/K$  é o grau de utilização da capacidade. Considerando-se que o estoque de capital e o produto são ambos uniformemente distribuídos entre as firmas, conforme equações (3.3) e (3.6), o grau de utilização da capacidade também o será, tal que:

$$u_i = u_n = u = \frac{Y}{K}. \quad (3.29)$$

A frequência da distribuição das estratégias é dada no curto prazo, mas varia de acordo com uma dinâmica evolucionária baseada na observação dos *payoffs* das estratégias. Supõe-se que em cada período de tempo, uma firma com probabilidade  $Pr > 0$  observa a recompensa de uma firma aleatoriamente escolhida, e modifica sua estratégia atual se percebe que o *payoff* da outra estratégia é maior. Trata-se de um cenário de informações imperfeitas, de forma que não é possível conhecer com clareza os *payoffs* esperados de cada estratégia. Deste modo, quanto maior for a diferença entre os *payoffs* observados, maior será a probabilidade de que uma firma mude

sua estratégia (Gintis, 2001). Assim, a trajetória de  $\lambda$  ao longo do tempo é dada pela equação dinâmica do replicador, formalmente:

$$\dot{\lambda} = r_i - r = \lambda(1 - \lambda)[r_i - r_n] = \lambda(1 - \lambda)[\pi_i^*(\lambda, h) - \pi_n^*]u, \quad (3.30)$$

Sendo  $r = (\lambda r_i^* + (1 - \lambda)r_n^*) = [\lambda\pi_i^*(\lambda, h) + (1 - \lambda)\pi_n^*]u$  a taxa de lucro média. Sob a dinâmica do replicador, a frequência de distribuição das estratégias relativas à inovação na população de firmas aumenta (diminui) quando a estratégia se encontra acima (abaixo) do *payoff* médio. Substituindo-se os valores de (3.24) e (3.25) em (3.30), a dinâmica do replicador pode ser descrita como segue:

$$\dot{\lambda} = \lambda(1 - \lambda)v \left[ 1 - \frac{1}{(1 - \beta h)f((1 - \lambda)(\rho L_{D_i}))} \right] u, \quad (3.31)$$

### 3.3. Comportamento do Modelo no Curto Prazo

O curto prazo é definido como o período de tempo em que o estoque de capital,  $K$ , o salário nominal,  $W_{LD}$ , os preços,  $P$ , e as produtividades do trabalho,  $a_i = \Omega$  e  $a_n = 1$  são dados. A proporção de firmas em cada uma das estratégias é igualmente dada, de forma que o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico se ajustam para equilibrar o mercado de bens.

Os custos da acumulação de capital humano são pagos pelo governo por meio da arrecadação de uma taxa de imposto constante,  $\tau$ , sobre a renda. O investimento agregado em capital humano,  $I_h$ , normalizado pelo estoque de capital, é dado por:

$$g_h = \frac{I_h}{K} = \tau(Y_i + Y_n)u. \quad (3.32)$$

Seguindo a tradição de Kalecki (1971), Kaldor (1956), Robinson (1956, 1962) e Pasinetti (1962), assume-se que trabalhadores e firmas possuem diferentes comportamentos em relação ao consumo. Particularmente no presente modelo, os trabalhadores diretos e os pesquisadores consomem todo o seu salário, e as firmas, em ambas as estratégias relativas à inovação, poupam todo o lucro. Assim sendo, a taxa de poupança agregada da economia será dada pelo lucro líquido após a tributação do conjunto de firmas da economia:

$$g_s = \frac{S}{K} = (1 - \tau) \left( \frac{r_i^*}{K} + \frac{r_n^*}{K} \right) = (1 - \tau) [\lambda \pi_i^*(\lambda, h) + (1 - \lambda) \pi_n^*] u. \quad (3.33)$$

O investimento desejado pelas firmas, como proporção do estoque de capital, é o mesmo em ambas as estratégias, sendo dado por:

$$g_I = \frac{I^d}{K} = \frac{I_i^d}{K} = \frac{I_n^d}{K} = \eta_0 + \eta_1(1 - \tau)r^e + \eta_2 u^e, \quad (3.34)$$

Em que  $r^e$  e  $u^e$  são, respectivamente, a taxa de juros e o grau de utilização da capacidade esperados, e  $\eta_0$ ,  $\eta_1$  e  $\eta_2$  são parâmetros positivos. Tal como Silveira e Lima (2015), segue-se Kalecki (1935) e Robinson (1962) ao se assumir que a taxa de acumulação de capital (média) depende da taxa de lucro (média) esperada, a qual possui como *proxy* a taxa corrente de lucro. A racionalidade é que a taxa corrente de lucro é tratada como um índice de expectativas de rentabilidade futura. Ao mesmo tempo, segue-se Rowthorn (1982) e Dutt (1984), que, por sua vez, seguem Steindl (1952), ao fazer a taxa de acumulação depender positivamente da taxa de utilização da capacidade (média). A partir da suposição de que as taxas correntes de lucro e de utilização da capacidade são *proxies* de suas taxas esperadas, segue de (3.6) e (3.29) que:

$$u^e = \lambda u_i + (1 - \lambda) u_n = u. \quad (3.35)$$

E

$$r^e = \lambda r_i + (1 - \lambda)r_n = [\lambda\pi_i^*(\lambda, h) + (1 - \lambda)\pi_n^*]u. \quad (3.36)$$

Substituindo-se os valores de (3.35) e (3.36) em (3.34), a função investimento desejado será:

$$g_I = \eta_0 + \eta_1(1 - \tau)[\lambda\pi_i^*(\lambda, h) + (1 - \lambda)\pi_n^*]u + \eta_2 u. \quad (3.37)$$

O equilíbrio no mercado de bens é dado por:

$$Y = C + I_K + I_h. \quad (3.38)$$

Visto que os impostos arrecadados são totalmente gastos com investimento em educação,  $T = \tau(Y_i + Y_n) = I_h$ , obtém-se:

$$S = I_K. \quad (3.39)$$

Em que  $S = Y - T - C$ . Normalizando-se ambos os lados da equação (3.39) pelo estoque de capital, obtém-se  $g_s = g_i$ , de modo que, igualando-se as expressões (3.33) e (3.37) e resolvendo-se para  $u$ , obtém-se o valor de equilíbrio do grau de utilização da capacidade no curto prazo em função de  $\lambda$  e de  $h$ :

$$u^*(\lambda, h) = \frac{\eta_0}{(1 - \eta_1)(1 - \tau)[\lambda\pi_i^*(\lambda, h) + (1 - \lambda)\pi_n^*] - \eta_2}, \quad (3.40)$$

O denominador da equação deve ser positivo, o que significa que a poupança deve ser mais sensível a variações em  $u$  do que o investimento. Esta é a condição para a estabilidade do valor de equilíbrio de  $u$ . E substituindo-se (3.40) em (3.33), obtém-se o valor de equilíbrio da taxa de crescimento no curto prazo:

$$g^*(\lambda, h) = (1 - \tau)[\lambda\pi_i^*(\lambda, h) + (1 - \lambda)\pi_n^*]u^*(\lambda, h). \quad (3.41)$$

### 3.4. Dinâmica Evolucionária sem Mutação

No longo prazo, assume-se que os valores de equilíbrio de curto prazo do grau de utilização da capacidade e da taxa de crescimento econômico são ambos mantidos. A frequência de distribuição das estratégias relativas à inovação na população de firmas e os níveis de produtividade e *markup* variam ao longo do tempo, de acordo com a dinâmica do replicador, conforme equação (3.31). Substituindo-se o valor de equilíbrio de  $u$  em (3.31), obtém-se:

$$\dot{\lambda} = \lambda(1 - \lambda)v \left[ 1 - \frac{1}{(1 - \beta h)f((1 - \lambda)(\rho L_{D_i}))} \right] u^*(\lambda, h). \quad (3.42)$$

A equação (3.42) varia não apenas em função de  $\lambda$ , como também em função de  $h$ .

A taxa de crescimento de  $h$ , por sua vez, é determinada tanto pelo nível de  $h$  quanto pela fração de firmas que inovam, devido às razões descritas na seção 3.2.1. Formalmente:

$$\dot{h} = \gamma_0 - \gamma_1 h + \gamma_2 \lambda. \quad (3.43)$$

Observa-se que a taxa de crescimento da qualidade média do capital humano é negativamente afetada pelo seu nível, de acordo com a suposição de que quanto maior o nível da qualidade do capital humano, mais difícil se torna, no setor educacional, a realização de novas melhorias responsáveis pela elevação da taxa de crescimento de  $h$ .

A análise de longo prazo é feita por meio de um sistema de equações diferenciais em tempo contínuo, de forma a captar o comportamento das taxas de variação de  $\lambda$  e  $h$ , em resposta a mudanças em seus respectivos níveis.

Quando  $\lambda = 0$  ou  $\lambda = 1$ , segue de (3.42) que  $\dot{\lambda} = 0$ . Deste modo, observam-se dois equilíbrios de estratégias puras, ou seja, com extinção de uma delas, quais sejam  $(0, \bar{h}_1)$  e  $(1, \bar{h}_2)$ , sendo  $\bar{h}_1 = \gamma_0/\gamma_1$  e  $\bar{h}_2 = (\gamma_0 + \gamma_2)/\gamma_1$  os valores de equilíbrio de  $h$  no estado estacionário. Ainda pela equação (3.42), é possível perceber que um possível equilíbrio com estratégias mistas, isto é, sem extinção de uma delas, não é garantido na ausência de mutações, conforme é mostrado a seguir. Supondo-se que exista algum  $\xi(\lambda^*)$ , tal que,

$$\xi(\lambda^*) = 1 - \frac{1}{(1-\beta\bar{h}^*)f((1-\lambda)(\rho L_{D_i}))} \Leftrightarrow f\left((1-\lambda)(\rho L_{D_i})\right) - \frac{1}{(1-\beta\bar{h}^*)} = 0, \quad (3.44)$$

A existência de um valor de equilíbrio  $\lambda^* \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ , tal que  $\xi(\lambda^*) = 0$  pode ser demonstrada por meio do teorema do valor intermediário, se e somente se existir algum valor para a solução particular de  $h$ , dada por  $\bar{h}^* = (\gamma_0 + \gamma_2\lambda^*)/\gamma_1$  tal que  $\xi(0) = f\left((\rho L_{D_i})\right) - \frac{1}{(1-\beta\bar{h}^*)}$  e  $\xi(1) = f(0) - \frac{1}{(1-\beta\bar{h}^*)}$  possuam sinais opostos. No entanto, dado que o valor de  $\bar{h}^*$  é dependente dos parâmetros do sistema dinâmico, não é possível afirmar com precisão que, na ausência de mutações, existirá algum  $\bar{h}^*$  compatível com o equilíbrio de estratégia mista. Infere-se, portanto, que a existência de  $\lambda^* \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ , tal que  $\xi(\lambda^*) = 0$  não é garantida na dinâmica sem mutação.

A análise qualitativa dos dois equilíbrios de estratégias puras é feita por meio do sistema dinâmico composto pelas equações (3.42) e (3.43), cujo espaço de estados é dado por  $\Theta = \{(\lambda, h) \in \mathbb{R}^2: 0 \leq \lambda \leq 1, h > 0\}$ . No primeiro equilíbrio,  $(0, \bar{h}_1)$ , a estratégia  $i$  desaparece. No segundo equilíbrio,  $(1, \bar{h}_2)$ , apenas a estratégia  $i$  sobrevive.

As propriedades de estabilidade local desses dois equilíbrios de estratégias puras podem ser observadas pelas respectivas matrizes jacobianas. A matriz em torno do equilíbrio  $(0, \bar{h})$ , em que a variação de  $\lambda$  e  $h$  depende dos níveis de  $\lambda$  e  $h$  e dos parâmetros do sistema, será:

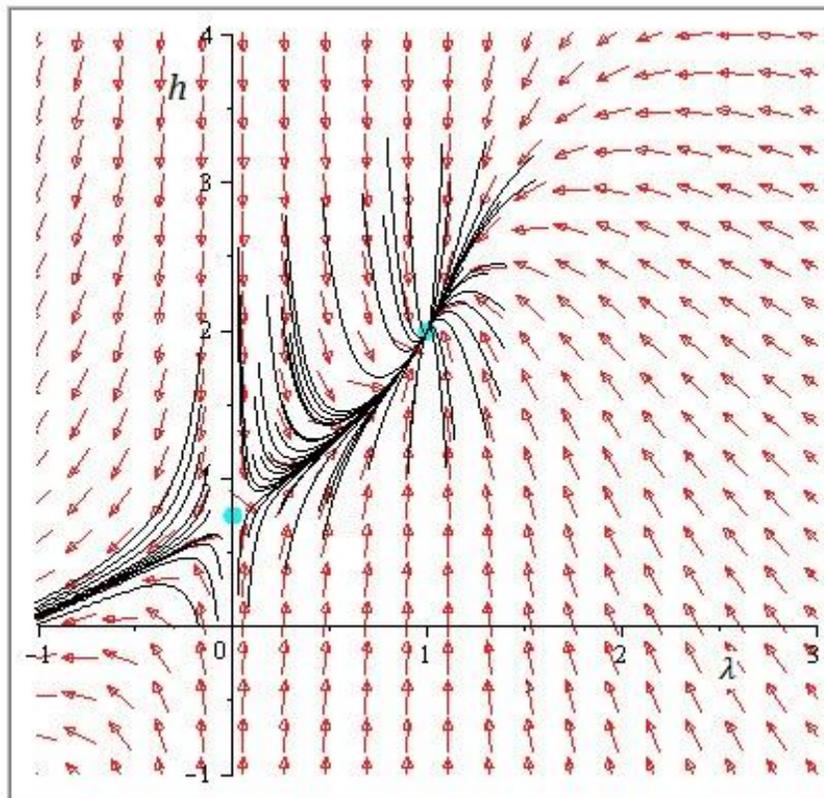
$$J(0, \bar{h}_1) = \begin{bmatrix} v_{L_D} \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta\bar{h}_1)f(\rho L_{D_i})} \right] u^*(0, \bar{h}_1) & 0 \\ \gamma_2 & -\gamma_1 \end{bmatrix}$$

Cujos elementos da diagonal principal são dados por  $J_{11} > 0$  e  $J_{22} < 0$ , de forma que o determinante da matriz é negativo, indicando que o equilíbrio em que a estratégia  $i$  desaparece é do tipo ponto de sela.

A matriz em torno do equilíbrio  $(1, \bar{h}_2)$  é dada por:

$$J(1, \bar{h}_2) = \begin{bmatrix} v_{LD} \left[ \frac{1}{(1 - \beta \bar{h}_2) f(0)} - 1 \right] u^*(1, \bar{h}_2) & 0 \\ \gamma_2 & -\gamma_1 \end{bmatrix}$$

Cujos elementos da diagonal principal são  $J_{11} < 0$  e  $J_{22} < 0$ , garantindo que o determinante da matriz seja positivo e o traço negativo, que são as condições para a existência e estabilidade do equilíbrio. Infere-se, portanto, que o equilíbrio caracterizado pela extinção da estratégia  $n$  é um atrator local, conforme mostra a Figura 3.1:



**Figura 3.1. Dinâmica Evolucionária sem Mutação**

A análise de estabilidade local, por meio da linearização em torno dos dois equilíbrios de estratégia pura, mostra que o jogo evolucionário entre diferentes estratégias relativas à inovação conduz a economia para um resultado semelhante ao obtido no ensaio I desta tese. Isto é, no equilíbrio estável de longo prazo, todas as firmas inovam quando  $\beta h > 0$ . Do mesmo modo, a magnitude do gasto com inovação, medida por  $\rho$ , variará conforme a qualidade média do capital humano embutida nos trabalhadores *high-skilled* contratados como pesquisadores.

Embora no curto prazo seja possível a coexistência de ambos os tipos de estratégias, no longo prazo haverá supostamente a extinção de uma delas. Em ambos os equilíbrios, a produtividade do trabalho se torna homogênea entre as firmas, uma vez que a heterogeneidade comportamental desaparece. Todavia, no equilíbrio em que somente a estratégia  $i$  é adotada, a produtividade do trabalho será maior do que no equilíbrio em que ela desaparece, visto que  $a_i > a_n$ .

Nota-se que o equilíbrio com extinção da estratégia  $i$  é um ponto de sela, configurando um cenário em que, apenas no caso em que a economia parta de uma situação inicial na qual todas as firmas são do tipo  $n$ , esta situação poderá ser alcançada como propriedade emergente da dinâmica evolucionária.

Os efeitos de um equilíbrio de estratégia pura sobre o grau de utilização da capacidade e sobre o crescimento econômico, dados os valores de equilíbrio de ambos pelas equações (3.40) e (3.41), podem ser analisados como segue:

$$u^*(0, \bar{h}_1) = \frac{\eta_0}{(1 - \eta_1)(1 - \tau)(1 - v) - \eta_2}, \quad (3.40a)$$

$$u^*(1, \bar{h}_2) = \frac{\eta_0}{(1 - \eta_1)(1 - \tau) \left( 1 - \frac{v}{(1 - \beta h)f(0)} \right) - \eta_2}, \quad (3.40b)$$

E:

$$g^*(0, \bar{h}_1) = \frac{\eta_0(1-\tau)(1-v)}{(1-\eta_1)(1-\tau)(1-v) - \eta_2}, \quad (3.41a)$$

$$g^*(1, \bar{h}_2) = \frac{\eta_0(1-\tau) \left(1 - \frac{v}{(1-\beta h)f(0)}\right)}{(1-\eta_1)(1-\tau) \left(1 - \frac{v}{(1-\beta h)f(0)}\right) - \eta_2}, \quad (3.41b)$$

Nota-se, pelas equações (3.40a), (3.40b), (3.41a) e (3.41b), que o grau de utilização da capacidade e a taxa de crescimento dependerão da magnitude da parcela dos lucros na renda em cada um dos possíveis equilíbrios. Dada a natureza *wage-led* do modelo, a estratégia que, no equilíbrio de estratégia pura, apresentar a menor parcela dos lucros (e, portanto, maior parcela salarial) gerará maior grau de utilização da capacidade e taxa de crescimento. Disto segue que  $u^*(1, \bar{h}_2) > u^*(0, \bar{h}_1)$  e  $g^*(1, \bar{h}_2) > g^*(0, \bar{h}_1)$  quando  $\pi_i(\lambda, h) < \pi_n$ , condição que requer  $f(0) < 1/(1-\beta h)$ . Caso contrário, se  $f(0) > 1/(1-\beta h)$  de modo que  $\pi_i(\lambda, h) > \pi_n$ , o resultado será  $u^*(1, \bar{h}_2) < u^*(0, \bar{h}_1)$  e  $g^*(1, \bar{h}_2) < g^*(0, \bar{h}_1)$ .

A dinâmica evolucionária baseada exclusivamente na observação do *payoff* das estratégias pode conduzir à eliminação de uma possível heterogeneidade comportamental entre as firmas. Deste resultado emerge a seguinte questão (da perspectiva da abordagem de jogos evolucionários): como os resultados obtidos seriam mantidos caso a economia fosse sujeita a uma outra dinâmica evolucionária, com uma fração das firmas escolhendo sua estratégia relativa à inovação de modo aleatório (mutação) e não com base nos *payoffs* observados (seleção)? A seção seguinte aborda essa questão.

### 3.5. Dinâmica Evolucionária com Mutação

A presente seção incorpora o que a literatura de jogos evolucionários denomina mutação. Trata-se de uma perturbação análoga ao que ocorre em ambientes naturais. Mais precisamente, trata-se

da entrada de agentes no jogo, que realizam escolhas aleatórias, sem levar em conta o *payoff* das estratégias.

A modelagem do processo de mutação é feita com base em Lima e Silveira (2014), os quais, por sua vez, seguem Gale, Binmore e Samuelson (1995). Mais precisamente, seja  $\theta \in (0,1)$  a quantidade de firmas mutantes que escolhem entre uma das estratégias, desconsiderando ambos os *payoffs*. Deste total de mutantes,  $\theta\lambda$  são firmas do tipo  $i$  e  $\theta(1-\lambda)$  são firmas do tipo  $n$ . Supõe-se que um mutante escolhe uma das estratégias com igual probabilidade, de modo que  $\theta\lambda 1/2$  são firmas  $i$  mutantes e  $\theta(1-\lambda) 1/2$  são firmas  $n$  mutantes que mudarão efetivamente de estratégia. Assim, o fluxo líquido de mutantes que se tornarão firmas  $i$  é dado por:

$$\theta(1-\lambda)\frac{1}{2} - \theta\lambda\frac{1}{2} = \theta\left(\frac{1}{2} - \lambda\right). \quad (3.45)$$

Acrescentando este ruído à dinâmica de seleção (3.42), obtém-se a seguinte dinâmica evolucionária com mutação:

$$\begin{aligned} \dot{\lambda} = (1-\theta)\lambda(1-\lambda)v \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta h)f\left((1-\lambda)(\rho L_{D_i})\right)} \right] \\ + \theta\left(\frac{1}{2} - \lambda\right)u^*(\lambda, h). \end{aligned} \quad (3.42a)$$

Consequentemente, o sistema dinâmico passa a ser entre as equações (3.42a) e (3.43), com o mesmo espaço de estados  $\Theta = \{(\lambda, h) \in \mathbb{R}^2: 0 \leq \lambda \leq 1, h > 0\}$ . Ao contrário do ocorrido na seção anterior, o sistema (3.42a)-(3.40) não apresenta equilíbrio de estratégia pura, pois quando  $\lambda = 0$  ou  $\lambda = 1$ , segue de (3.42a) que  $\dot{\lambda} = (\theta/2)u^*(0, h) > 0$  e  $\dot{\lambda} = (-\theta/2)u^*(0, h) < 0$ . Deste modo  $\dot{\lambda} = 0$  será obtido se e somente se:

$$(1-\theta)\lambda(1-\lambda)v \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta h)f\left((1-\lambda)(\rho L_{D_i})\right)} \right] = \theta\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)u^*(\lambda, h). \quad (3.46)$$

Reescrevendo-se a condição (3.46), dado por hipótese que existe  $\theta \in (0,1)$  para qualquer  $\lambda \in (0,1)$ , tem-se:

$$\begin{aligned} \phi(\lambda) &= v \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta h)f((1-\lambda)(\rho L_{D_i}))} \right] - \frac{\theta}{(1-\theta)} \frac{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)}{\lambda(1-\lambda)} u^*(\lambda, h) \\ &= 0. \end{aligned} \quad (3.47)$$

Sendo  $\phi(\lambda) > 0$  para qualquer  $\lambda \in (0, 1/2)$ , em particular  $\phi(1/2) = v \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta h)f((1/2)(\rho\phi(\lambda)=))} \right] > 0$ . E, ainda,  $\lim_{\lambda \rightarrow 1^-} \phi(\lambda) = v \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta h)f(0)} \right] - \infty = -\infty$ . Infere-se, então, pelo teorema do valor intermediário, que existe pelo menos um  $\lambda^* \in (1/2, 1)$ , tal que  $\phi(\lambda) = 0$ . Deste modo, a dinâmica evolucionária com mutação (3.42a)-(3.43) apresenta pelo menos um equilíbrio de estratégia mista  $(\lambda, h) = (\lambda^*, \bar{h}^*)$ , em que preponderam firmas que adotam a estratégia  $i$ .

Supondo-se a existência de um único equilíbrio de estratégia mista, a matriz jacobiana de derivadas parciais para este sistema dinâmico é dada por:

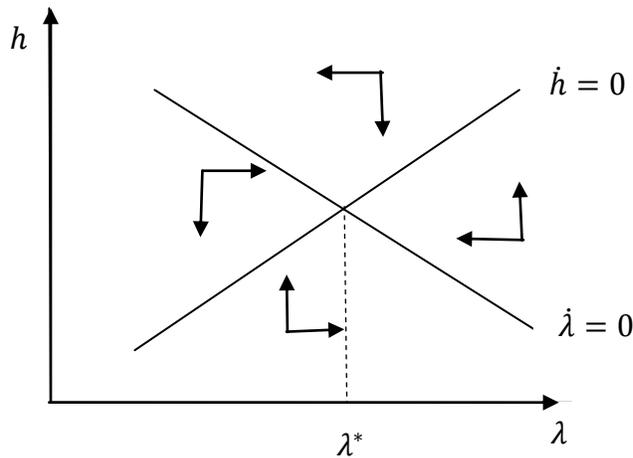
$$\begin{aligned} J_{11} = \frac{\partial \dot{\lambda}}{\partial \lambda} &= v \left\{ (1-\theta)(1-2\lambda^*) \left[ 1 - \frac{1}{(1-\beta \bar{h}^*)f(\cdot)} \right] \right. \\ &\quad \left. + (1-\theta)\lambda^*(1-\lambda^*) \left[ \frac{f'(\cdot)\rho L_{D_i}}{(1-\beta \bar{h}^*)f(\cdot)^2} \right] \right\} - \theta u^*(\lambda^*, \bar{h}^*) < 0, \end{aligned} \quad (3.48)$$

$$\begin{aligned} J_{12} = \frac{\partial \dot{\lambda}}{\partial h} &= -(1-\theta)\lambda^*(1-\lambda^*) \left[ \frac{f'(\cdot)\beta L_{D_i}}{((1-\beta \bar{h}^*)f(\cdot))^2} \right] + \theta \left( \frac{1}{2} - \lambda \right) u_h^*(\lambda^*, \bar{h}^*) \\ &< 0 \end{aligned} \quad (3.49)$$

$$J_{21} = \frac{\partial \dot{h}}{\partial \lambda} = \gamma_2 > 0, \quad (3.50)$$

$$J_{22} = \frac{\partial \dot{h}}{\partial h} = -\gamma_1 < 0. \quad (3.51)$$

Em que o determinante é positivo e os elementos da diagonal principal são ambos negativos, condições para a existência e estabilidade do equilíbrio. A inclinação da isolinha  $\dot{\lambda} = 0$ , dada por  $-(J_{11}/J_{12})$ , é negativa. Como  $\partial \dot{\lambda}/\partial \lambda$  é negativo, um aumento em  $\lambda$  implica em uma redução em sua taxa de crescimento, o que explica a direção dos vetores horizontais. A inclinação da isolinha  $\dot{h} = 0$ , dada por  $-(J_{21}/J_{22})$ , é positiva. Sendo  $\partial \dot{h}/\partial h < 0$ , uma variação em  $h$  implica em uma variação na direção oposta em  $\dot{h}$ , o que explica a direção dos vetores verticais. Assim, o equilíbrio caracterizado pela estratégia mista é um atrator local, conforme mostra a Figura 3.2:



**Figura 3.2. Dinâmica Evolucionária com Mutação**

No equilíbrio de longo prazo caracterizado por estratégia mista, dado por  $1/2 < \lambda^* < 1$ , a parcela dos lucros na renda é a mesma em ambas as estratégias, tal que  $\pi_i(\lambda^*, \bar{h}^*) - \pi_n = 0$ . O grau de utilização da capacidade para este caso é dado por:

$$u^*(\lambda^*, \bar{h}^*) = \frac{\eta_0}{(1 - \eta_1)(1 - \tau)(1 - v) - \eta_2}, \quad (3.40c)$$

E, substituindo-se a condição  $\pi_i(\lambda^*, \bar{h}^*) = \pi_n = 1 - v$  e a equação (3.40c) em (3.41), obtém-se o valor de equilíbrio da taxa de crescimento quando  $1/2 < \lambda^* < 1$ :

$$g^*(\lambda^*, \bar{h}^*) = (1 - \tau)(1 - v)u^*(\lambda^*, \bar{h}^*). \quad (3.41c)$$

Conclui-se que, quando prevalece a estratégia mista, o grau de utilização da capacidade e a taxa de crescimento econômico serão os mesmos obtidos no equilíbrio de estratégia pura em que nenhuma das firmas inova, isto é, quando  $\lambda = 0$ .

### 3.6. Conclusão

O presente ensaio desenvolveu um modelo de jogos evolucionários com o objetivo de avaliar os impactos do comportamento heterogêneo das firmas em relação à inovação sobre a dinâmica da economia, o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico. Assumiu-se que o mercado de trabalho é igualmente heterogêneo, composto por trabalhadores *high-* e *low-skilled*. A educação é universal e gratuita, fornecida pelo governo. Argumentou-se que, embora todos os indivíduos recebam a mesma formação, existirá um diferencial de qualificação entre eles, por conta de diferentes aptidões inatas.

As firmas deparam-se com duas estratégias disponíveis: contratar trabalhadores *high-skilled* (pesquisadores) para a geração de inovações por meio de P&D (estratégia *i*), ou contratar apenas trabalho necessário para a produção (estratégia *n*). A estratégia *i* implica em custos adicionais, mas conta com a expectativa do benefício futuro, que é a elevação da produtividade do trabalho. Firmas que adotam a estratégia *n* não são beneficiadas por ganhos de produtividade do trabalho, mas, ao mesmo tempo, não possuem custos adicionais com a contratação de pesquisadores.

Considerou-se que o diferencial de produtividade entre as estratégias é endógeno, variando em função da frequência de distribuição das estratégias entre as firmas e em função da magnitude do gasto com inovação. Este último, por sua vez, é determinado por meio de uma minimização de

custos, a qual leva em conta a qualidade média do capital humano dos trabalhadores *high-skilled*, alocados na pesquisa.

Em um determinado curto prazo, a distribuição das estratégias está dada. No entanto, ao longo do tempo, essa distribuição é governada pela dinâmica do replicador, segundo a qual a estratégia com o maior benefício líquido esperado torna-se evolucionariamente estável. Os resultados da dinâmica evolucionária apontaram para a possibilidade de convergência para os dois equilíbrios de estratégia pura, embora o único equilíbrio estável seja obtido na situação em que a estratégia  $n$  desaparece. Em ambos os casos, obtêm-se resultados ambíguos em relação ao grau de utilização da capacidade e ao crescimento econômico, a depender da distribuição de renda vigente.

Para se verificar a possibilidade de coexistência de ambas as estratégias na economia, foi relaxada a hipótese de que a decisão das firmas baseia-se exclusivamente na observação do *payoff* de cada uma das estratégias. Assumiu-se a existência de firmas mutantes, que se comportam de forma aleatória em relação à escolha de inovar ou não, por diferentes razões, como, por exemplo, o caso de firmas entrantes, que desconhecem os resultados do jogo.

Nesta dinâmica evolucionária com mutação, foi demonstrado que apenas o equilíbrio de estratégia mista, com a preponderância de firmas inovadoras, sobrevive. À semelhança dos equilíbrios de estratégia pura, sem firmas mutantes, o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico dependerão igualmente da distribuição de renda vigente. Devido à natureza *wage-led* do modelo, a demanda efetiva é impulsionada mais pelo consumo do que pelo investimento. Visto que, por hipótese, apenas os trabalhadores consomem, a utilização da capacidade produtiva e o crescimento econômico variarão positivamente de acordo com a parcela dos salários na renda em cada uma das estratégias.

## **4. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA POUPADORA DE TRABALHO E SALÁRIO REAL: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA O BRASIL**

### **ENSAIO III**

#### **4.1. Introdução**

O objetivo do ensaio III é investigar empiricamente a existência de uma relação de longo prazo, bem como a direção de causalidade, entre salários reais e produtividade do trabalho para o Brasil, durante o período compreendido entre 1955 e 2008. A análise justifica-se devido ao fato de que tal relação assume papel central nos ensaios I e II desta tese. Argumentou-se que a produtividade do trabalho cresce em função do gasto com inovação por parte das firmas, o qual ocorre via contratação de pesquisadores para atividades de P&D. Visto que estes trabalhadores recebem um prêmio salarial, o resultado de sua contratação é a elevação do salário médio da economia. Estabelece-se, deste modo, uma relação de causalidade do salário médio em direção à produtividade do trabalho. No entanto, no ensaio I, verificou-se, ainda, a possibilidade de uma direção de causalidade inversa entre as variáveis, isto é, da produtividade do trabalho em direção aos salários, por meio de barganha salarial.

A ideia de que variações no salário real precedem variações na produtividade do trabalho é respaldada pela noção de mudança técnica contida no pensamento clássico e neoclássico. Para ambas as correntes, a possibilidade de substitutibilidade entre capital e trabalho geraria a redução do fator de produção com o maior custo relativo. Kennedy (1964) menciona a teoria dos salários de Hicks, segundo a qual uma elevação no custo do trabalho, relativamente ao capital, seria responsável por induzir inovações poupadoras de mão de obra. Por esta razão, quanto maior a elevação nos salários reais, maior seria o incentivo das firmas para a geração e/ou adoção de novas técnicas capazes de elevar a produtividade do trabalho, de forma a reduzir a quantidade de mão de obra necessária para a produção.

Seguindo a tradição clássica, Duménil e Lévy (1995) desenvolveram um modelo estocástico de mudança técnica para a economia norte-americana avaliando o padrão de mudança técnica para

três subperíodos 1869-1920, 1920-1960, e 1960-1989. A conclusão dos autores foi de que os salários reais afetam a trajetória da mudança técnica através da taxa de lucro. Um aumento nos salários reais reduz a lucratividade, induzindo a adoção de tecnologias poupadoras de trabalho. Em linha com Duménil e Lévi, Marquetti (2004) utilizou o procedimento de cointegração de Engle e Granger (1987) com o objetivo de verificar a existência de uma relação de longo prazo, bem como a direção de causalidade, entre salários reais e produtividade do trabalho para os EUA, durante o período compreendido entre 1869 e 1999. A conclusão do estudo foi a constatação de que há uma relação de longo prazo entre as variáveis, e de que a direção de causalidade caminha no sentido dos salários reais em direção à produtividade do trabalho.

Ao contrário do pensamento clássico e neoclássico, nos modelos de crescimento e distribuição de renda neokaleckianos, percebe-se a possibilidade de uma relação inversa entre as variáveis acima mencionadas. A noção de substituição entre capital e trabalho não é aceita, e argumenta-se, de modo geral, que o estado do mercado de trabalho, particularmente a taxa de emprego da economia, determina o poder de barganha dos trabalhadores na reivindicação *ex post* dos ganhos de produtividade do trabalho obtidos pela firma inovadora. No entanto, a hipótese de que variações no salário real precedem variações na produtividade do trabalho, não é descartada. Silveira e Lima (2015), por exemplo, desenvolvem um modelo em que a elevação dos salários é uma estratégia da firma para extrair maior esforço dos trabalhadores. Uma vez que os modelos neokaleckianos pressupõem a existência de desemprego involuntário, quanto maior o salário ofertado por uma firma, maior será o esforço do trabalhador para manter-se empregado.

A importância da relação entre salários reais e produtividade do trabalho deve-se ao fato de ser esta o determinante da distribuição funcional da renda. Quando os salários reais crescem no mesmo compasso da produtividade do trabalho, a parcela salarial na renda permanece inalterada ao longo do tempo. De fato, Kaldor (1961) aponta a constância da parcela salarial no longo prazo como um dos fatos estilizados do crescimento econômico.

Com o objetivo de verificar o comportamento conjunto da produtividade do trabalho e dos salários reais, utilizar-se-á o teste de cointegração de Johansen (1988), pelo qual conclui-se que as variáveis são cointegradas. A relação de causalidade entre elas indicou um resultado oposto ao

obtido por Marquetti para os EUA. Isto é, constatou-se que no Brasil, no período entre 1955 e 2008, variações na produtividade do trabalho precederam variações nos salários reais. Outra observação relevante é de que as taxas de crescimento médias das duas variáveis foram muito próximas. A produtividade do trabalho cresceu em média 2,20%, enquanto a taxa de crescimento média dos salários reais foi de 2,17%. Deste modo, embora a parcela dos salários na renda tenha oscilado ao longo do tempo, sua taxa de crescimento média durante o período analisado foi quase nula, em linha com o fato estilizado observado por Kaldor (1961) de uma participação constante dos salários na renda.

O ensaio está organizado como segue: na seção 4.2 são apresentados os dados; na seção 4.3 é feita a análise dos resultados; A seção 4.4 encerra com a conclusão.

## 4.2. Dados

As séries utilizadas são: salário real ( $w$ ) e produtividade do trabalho ( $a$ ). Ambas foram extraídas da base de dados do trabalho de Marquetti & Porsse (2014)<sup>8</sup>. O salário real é a compensação total do trabalho deflacionada pelo deflator do produto interno bruto (PIB), e a produtividade do trabalho é a razão entre o PIB e o número total de trabalhadores empregados.

As séries temporais são apresentadas em nível na figura 4.1. Observa-se um descolamento entre salário real e produtividade do trabalho a partir de meados da década de 1960, que se acentua, atingindo o pico em 1980. A partir de então, há uma quebra na tendência de elevação da produtividade do trabalho, de modo que o *gap* entre as duas variáveis passa a se manter constante, apesar das oscilações observadas na série da produtividade do trabalho no período compreendido entre 1980 e 2008.

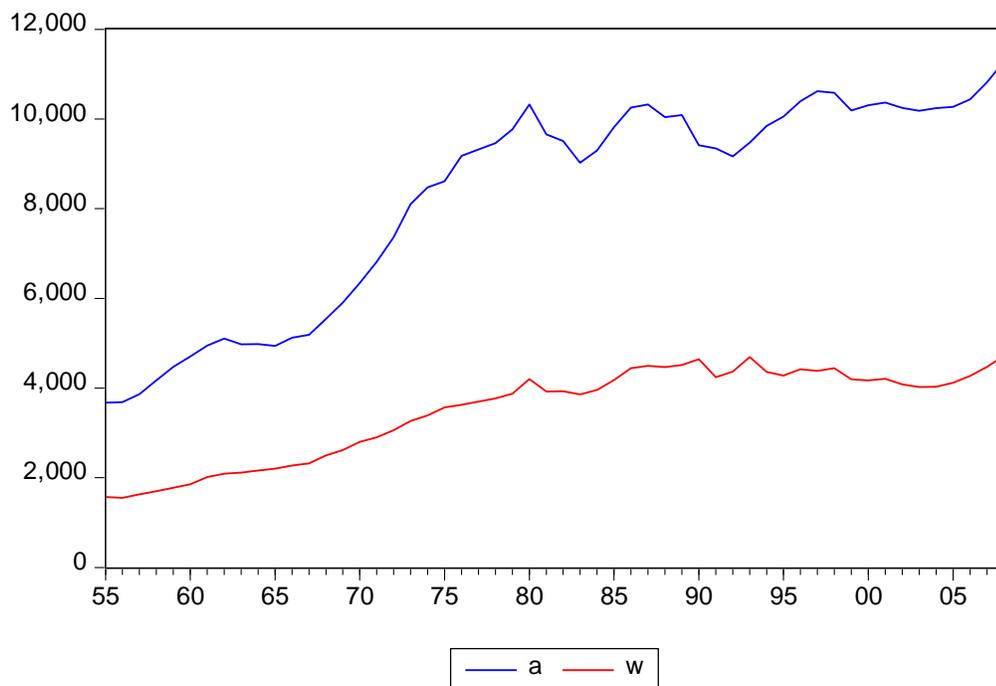
Nota-se que o período em que o *gap* entre salários e produtividade do trabalho é crescente corresponde ao período do governo militar, o qual foi marcado por taxas médias de crescimento

---

<sup>8</sup> As informações sobre as fontes e os procedimentos usados para a construção das séries encontram-se no apêndice de Marquetti & Porsse (2014).

econômico muito elevadas, por um lado, e compressão salarial, por outro. De fato, após 1964, foi definida uma política salarial com regras de reajuste bem definidas, as quais passaram a depender crescentemente da aprovação governamental (Lago, 1990).

Resende (1990) salienta que as negociações diretas entre trabalhadores e empregados foram substituídas pelas fórmulas de reajuste oferecidas pelo governo, e que ainda em 1965, foi implementada a primeira política salarial do regime militar. Vinculada ao Programa de Ação Econômica do Governo (PAEG), seu objetivo foi deliberadamente a compressão salarial. Os reajustes salariais anuais passaram a ser feitos com base na média aritmética dos salários reais dos últimos 24 meses. Somado a isso, incidia sobre o reajuste uma taxa de produtividade passada e estimativas de inflação futura. Esta regra de reajuste salarial, elaborada em um primeiro momento para o funcionalismo público, foi estendida em 1966 para caso de dissídios no setor privado. Para Fishlow (1978), a principal causa do agravamento da desigualdade na distribuição de renda durante a década de 1960 foi o efeito nefasto exercido pelo PAEG sobre o salário mínimo real e sobre o salário médio entre 1964 e 1967.



**Figura 4.1. Produtividade do Trabalho e Salário Real em Nível**

Entre 1967 e 1973, os indicadores de distribuição funcional da renda urbana e da participação salarial no valor da transformação industrial sugerem que os salários não foram proporcionalmente beneficiados pelo forte crescimento do produto (Lago, 1979). Ao contrário, verificou-se redução ou estagnação do salário mínimo real, apesar do acelerado crescimento econômico e da elevada produtividade do trabalho registrados no período.

No governo Geisel (março 1974 - março 1979) foram estabelecidas novas regras de correção salarial, que passaram a considerar a média dos salários reais nos últimos 12 meses para o cálculo do reajuste, ao invés do período de 24 meses adotado na fórmula anterior. Ainda que o novo método tenha reduzido as distorções na reposição das perdas salariais ocasionadas pela inflação, e provocado uma melhoria salarial, o produto e a produtividade, impulsionados pelo segundo plano nacional de desenvolvimento (II PND) cresceram em ritmo muito mais acelerado do que os salários.

Além da política de reajustes imposta pelo governo, outro fator prejudicial à barganha salarial foi a política antissindical, perpetrada durante todo o período militar. Colistete (2009) ressalta que tal política foi praticada em diferentes intensidades por todos os governos do regime. Castello Branco (abril 1964 - março 1967) iniciou a repressão às atividades sindicais. Costa e Silva (março 1967 - agosto 1969) deu continuidade a tal prática. No governo Médici (outubro 1969 - março 1974), o controle sobre as organizações trabalhistas chegou ao seu maior nível. O governo Geisel (março 1974 - março 1979), do mesmo modo desmobilizou a atividade sindical.

Lago (1990), assim como Fishlow (1972, 1973), Hoffmann e Duarte (1972), e Bacha e Taylor (1980) afirmam não ser possível desconsiderar os efeitos da política salarial do governo militar sobre a distribuição funcional da renda. Em suma, a política de reajustes, e o controle sobre as relações trabalhistas, resultaram em uma piora distributiva, na medida em que favoreceram a manutenção de uma elevada parcela dos lucros, impedindo que a massa salarial crescesse na magnitude do crescimento da renda interna. Essa é uma possível explicação para o fato de os salários reais não terem sido proporcionalmente beneficiados pelo elevado crescimento do produto e da produtividade do trabalho, neste período, conforme é possível verificar na figura 4.1.

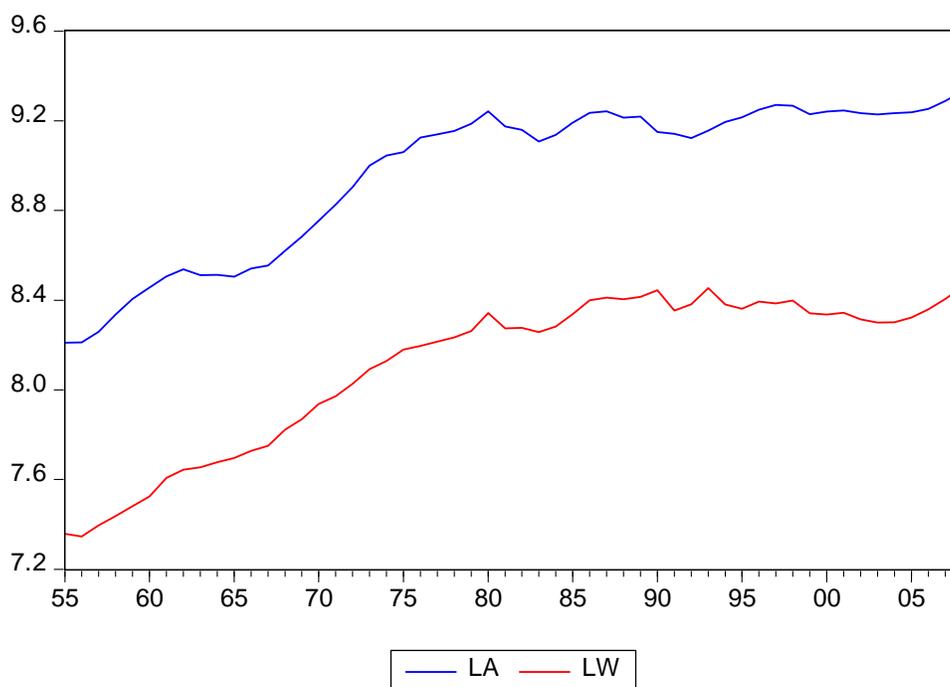
O ano de 1980 apresentou uma taxa de crescimento do produto surpreendentemente alta. O PIB cresceu 7,2% (Baer, 2002), fato que pode explicar o pico observado na série da produtividade do trabalho na figura 4.1. No entanto, o ano mencionado encerra o ciclo de crescimento acelerado, por conta da reversão da política econômica do governo Figueiredo<sup>9</sup>. Como resultado, o PIB foi reduzido em 1,6% e o setor industrial encolheu 5,5% em 1981. A situação brasileira agravou-se com a moratória da dívida mexicana em agosto de 1982, pois a partir de então, os mercados internacionais interromperam o financiamento da dívida latino-americana. Como pode ser visto na figura 4.1, o ano de 1983 foi marcado por forte queda da produtividade do trabalho, ocasionada pela profunda recessão econômica. Por essa razão, incluiu-se uma variável dummy para o ano de 1983 no teste de cointegração.

Embora a série da produtividade do trabalho tenha apresentado comportamento irregular, durante o intervalo de tempo investigado (1955-2008), os salários, por sua vez, cresceram sempre de forma constante, sem sobressaltos. Cabe analisar se, apesar do descolamento das séries durante o período militar, existe alguma relação de longo prazo entre elas, conforme sugere a teoria econômica, e conforme pode ser observado para outros países. Existindo tal relação, outra importante questão a ser verificada é a relação de causalidade entre produtividade do trabalho e salário real.

Com o objetivo de evitar problemas de heterocedasticidade foi aplicado o logaritmo às variáveis, conforme pode ser observado na figura 4.2. Pela análise visual da figura 4.2, as séries em logaritmo parecem caminhar juntas ao longo do tempo. O teste de cointegração é, então realizado com as variáveis em logaritmo, sendo *LA* o logaritmo da produtividade do trabalho e *LW* o logaritmo do salário real.

---

<sup>9</sup> Cabe ressaltar que as elevadas taxas de crescimento obtidas a partir do final da década de 1960 foram consequência de um crescente endividamento externo. Com o segundo choque do petróleo, ocorrido em 1979, a dificuldade de obtenção de novos empréstimos no exterior, bem como o encarecimento da dívida, levaram a uma reversão da política macroeconômica, com o objetivo de conter a demanda interna, reduzindo importações. A política monetária tornou-se progressivamente restritiva. Foram tomadas medidas de cunho ortodoxo, tais como reajustes tarifários, liberação de preços controlados e redução de investimentos nas estatais (Baer, 2002).



**Figura 4.2. Produtividade do trabalho e salário real em logaritmo**

### 4.3. Resultados

Na presente seção investiga-se a existência de uma relação de longo prazo, bem como a direção de causalidade existente entre salários reais e produtividade do trabalho para o Brasil durante o período compreendido entre 1955 e 2008. Feita a constatação de que ambas as séries são não estacionárias<sup>10</sup>, o método mais adequado para a análise é a realização do teste de cointegração, cujo objetivo é captar as relações de longo prazo existentes entre as duas variáveis. Para tanto, foi escolhida a metodologia de Johansen (1996)<sup>11</sup>, pela qual é possível analisar a tendência

<sup>10</sup> Os testes de raiz unitária são apresentados na tabela A.1 do apêndice A.

<sup>11</sup> Outra metodologia possível para testar a relação de cointegração entre duas variáveis é o teste de Engle & Granger (1987). O procedimento consiste na estimação da seguinte equação, por mínimos quadrados ordinários:  $y_t = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t$ , em que tanto  $y_t$  quanto  $x_t$  são variáveis integradas de ordem 1 e  $\varepsilon_t$  é o resíduo. Para que os componentes de  $y_t$  e  $x_t$  sejam correlacionados, devem-se ter resíduos cointegrados. Em outras palavras,  $\varepsilon_t$  deve ser estacionário. Para o teste de estacionariedade de  $\varepsilon_t$ , utiliza-se o teste de raiz unitária ADF sobre os resíduos da equação anterior. A hipótese nula é de que os resíduos apresentam raiz unitária, e, portanto, não há cointegração. Optou-se por não utilizar esta metodologia, devido às limitações apresentadas pela mesma, quais sejam: a exigência da classificação das variáveis em endógenas e exógenas; o desconhecimento da quantidade de vetores de cointegração existentes; além do baixo poder do teste.

estocástica sincronizada das variáveis no longo prazo. Deste modo, eventuais desequilíbrios de curto prazo são corrigidos pela dinâmica de curto prazo das próprias variáveis.

O primeiro procedimento foi a avaliação dos termos deterministas que devem ser considerados na estimação do VEC, dado que sua inclusão ou exclusão afeta a potência dos testes que indicam o número de vetores de cointegração. A avaliação do modelo mais adequado para o procedimento de Johansen é baseada na inspeção visual das séries analisadas. Verificou-se que o modelo mais apropriado é o modelo 2 do Eviews com constante dentro do vetor de cointegração.

Em seguida, a determinação do número de defasagens foi realizada a partir da estimação do modelo VAR, via análise dos critérios de informação (LR, final predictor error, Akaike, Schuartz e Hanna-Quinn)<sup>12</sup>. Os critérios apontaram para a utilização de duas defasagens para o VAR, de modo que o teste de cointegração, na tabela 4.1, foi realizado com apenas uma defasagem.

**Tabela 4.1. Teste de Cointegração de Johansen**

<b>Teste do Traço</b>			
Nº de Vetores	Estatística	Valor	
		Crítico	Prob.**
Nenhum *	2.054.106	2.026.184	0.0458
No máximo 1	4.331.945	9.164.546	0.3649
<b>Teste do Máximo Autovalor</b>			
Nº de Vetores	Estatística	Valor	
		Crítico	Prob.**
Nenhum*	1.620.912	1.589.210	0.0446
No máximo 1	4.331.945	9.164.546	0.3649

Os testes indicam a presença de 1 vetor de cointegração a 5%

\* indica rejeição da hipótese nula a 5%

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Fonte: elaboração própria a partir de resultados do Eviews.

<sup>12</sup> Em anexo na tabela B.1 do apêndice B.

Os testes da tabela 4.1 indicam a presença de uma equação de cointegração<sup>13</sup>, tanto pelo teste de traço, quanto pelo teste do autovalor. Infere-se, a partir deste resultado, a existência de uma combinação linear entre as variáveis do modelo, indicando uma estável relação de longo prazo entre as mesmas, apesar de potenciais desequilíbrios no curto prazo. A relação de longo prazo, ou vetor de cointegração, é apresentada na tabela 4.2.

**Tabela 4.2. Vetor de Cointegração**

<b>Eq. Coint. (Beta)</b>	<b>Coef.</b>	<b>Erro</b>	<b>Estatística t</b>
LA	1		
LW	- 4.626	(1.2372)	[-3.739]
c	30.162	(10.134)	[ 2.976]

Fonte: elaboração própria a partir de resultados do Eviews.

Com o objetivo de verificar a especificação do modelo, procedeu-se à análise da presença de autocorrelação nos resíduos do modelo estimado, bem como de sua não normalidade<sup>14</sup>. A existência destes possíveis problemas violam as hipóteses necessárias para que o modelo tenha sido estimado de forma adequada. A autocorrelação foi testada por meio dos testes LM e Portmanteau. Em ambos foi aceita a hipótese nula de ausência de autocorrelação. A análise relativa à normalidade dos resíduos indicou que estes não obedeceriam a distribuição normal<sup>15</sup>, como indicado pelos critérios de curtose e de simetria quando da análise conjunta dos resíduos pelos testes multivariados de Cholesky, Doornik-Hansen e Urzua. Estes problemas também foram apontados pelo teste individual Jarque-Bera para cada termo de erro. Neste último teste, a variável que apresentou o problema de não normalidade dos resíduos foi o logaritmo da produtividade do trabalho.

A análise dos coeficientes do vetor de cointegração, normalizados para a produtividade do trabalho, conforme tabela 4.2, permitem a compreensão do comportamento das variáveis no longo prazo. É importante destacar que ambas as variáveis encontram-se do lado esquerdo da

<sup>13</sup> Os resultados completos dos testes de cointegração encontram-se na tabela B.2 do apêndice B.

<sup>14</sup> Os resultados dos testes de correlação e de normalidade encontram-se nas tabelas B.3, B.4 e B.5 do apêndice B.

<sup>15</sup> Dado que foram testadas diferentes especificações de modelos, prosseguiu-se à análise dos resultados mesmo com o problema de não normalidade dos resíduos.

equação, de modo que para a interpretação dos resultados, deve-se inverter os sinais (Johnston e Dinardo, 1997). Deste modo, o logaritmo do salário real apresenta coeficiente positivo, e além disso, é estatisticamente significativo.

Visto que as variáveis são cointegradas, a relação entre elas pode ser expressa na forma de um mecanismo de correção de erros, permitindo a análise do comportamento das variáveis no curto prazo. Os coeficientes de ajustamento associados a este mecanismo de correção são apresentados na tabela 4.3<sup>16</sup>.

**Tabela 4.3. Coeficientes de ajustamento do modelo**

Equações	D(LA)	D(LW)
Coeficiente de ajustamento	0.008869	0.011210
Desvio padrão	(0.00267)	(0.00290)
Estatística t	[ 3.32499]	[ 3.87194]

Fonte: elaboração própria a partir de resultados do Eviews.

Por meio dos coeficientes de ajustamento, torna-se possível a investigação sobre a atuação das variáveis em eventuais desequilíbrios na relação de longo prazo. Ambas as variáveis são candidatas à variável de ajuste, visto que são estatisticamente diferentes de zero. No entanto, é preciso verificar se os sinais dessas variáveis comportam-se conforme o esperado. Para tanto, será tomado como base o seguinte modelo:

$$\Delta X = \alpha\beta'X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dado o vetor de cointegração, representante da relação de longo prazo entre as variáveis (tabela 4.2), e o coeficiente de ajustamento da produtividade do trabalho (tabela 4.3), a equação estimada para LA é formalizada como segue:

$$\Delta LA = 0.008(LA_{t-1} - 4,6LW_{t-1} + 30,16)$$

<sup>16</sup> Os resultados completos do Vetor de Correção de Erros encontram-se na tabela B.3 do apêndice B.

Na ocorrência de um desequilíbrio positivo na relação de longo prazo entre as variáveis, a produtividade do trabalho não atua como variável pró-equilíbrio, ou seja, contribui para o desequilíbrio da relação de longo prazo. No entanto, seu efeito é inexpressivo, visto que a magnitude do coeficiente é muito baixa.

Ao realizar a mesma análise para o salário real, obtém-se:

$$\Delta LW = 0,01(LA_{t-1} - 4,6LW_{t-1} + 30,16)$$

Nota-se que os coeficientes de ajustamento possuem valores próximos para as variáveis LA e LW. No entanto, visto que LW apresenta sinal negativo, conclui-se que esta variável atua reestabelecendo o equilíbrio, de forma que podemos considerá-la como variável de ajuste. Sendo a velocidade de ajustamento igual a 1%, a relação de longo prazo é reestabelecida muito lentamente.

Em relação à exogeneidade das séries, efetuando-se o teste de razão de verossimilhança (teste LR) para o logaritmo da produtividade do trabalho, LA, não é possível rejeitar a hipótese de exogeneidade fraca. Portanto, faz sentido procede-se à análise de causalidade de Granger. Os resultados para o teste de causalidade Granger encontram-se na Tabela 4.4.

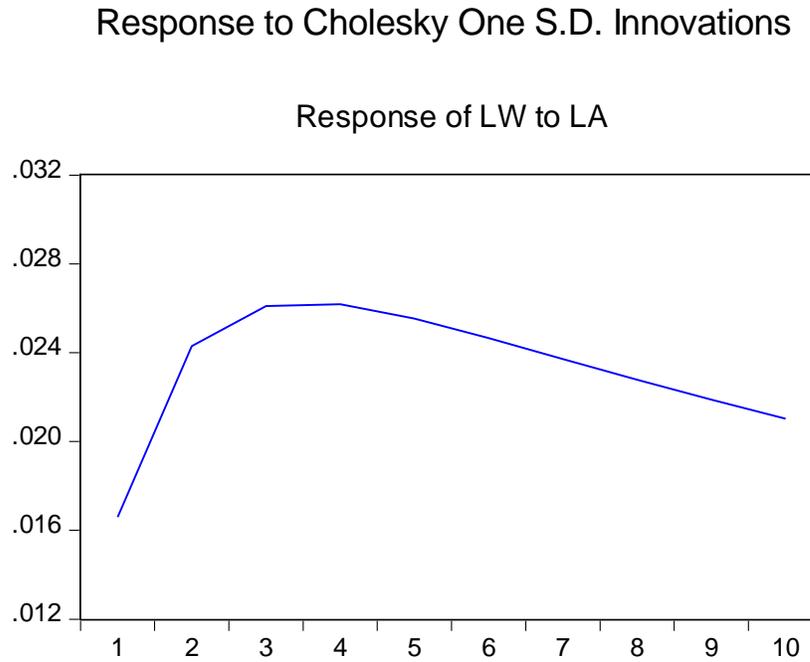
**Tabela 4.4. Teste de Causalidade de Granger**

<b>Hipótese Nula</b>	<b>Chi quadrado</b>	<b>P-valor</b>
H0: LW não granger causa LA	0.139960	0.7083
H0: LA não granger causa LW	4.722459	0.0298

Fonte: elaboração própria a partir de resultados do Eviews.

O resultado do teste é contrário ao esperado. Não é possível rejeitar, com 5% de significância, a hipótese de que a produtividade do trabalho Granger-cause o salário real. A seguir, é apresentada a resposta do salário real a um choque de Cholesky na produtividade do trabalho. A figura 4.3 apresenta o comportamento do salário real diante de impulsos na produtividade do trabalho, entre

1 e 24 meses. A escolha desse período levou em conta o tempo necessário para que os choques pudessem ser totalmente dissipados.



**Figura 4.3. Função de Resposta ao Impulso (FIR)**

Um choque na produtividade do trabalho gera um impacto positivo imediato sobre o salário real, por um período de aproximadamente quatro anos, e a partir de então, este efeito se dissipa no tempo.

#### **4.4. Conclusão**

Foi analisada a relação de longo prazo entre salários reais e produtividade do trabalho, por meio do teste de cointegração de Johansen, para a economia brasileira, durante o período compreendido entre 1955 e 2008. Os salários reais e a produtividade do trabalho, ambas em logaritmo, são cointegradas, de acordo com os testes do traço e do autovalor, em anexo na tabela B.2. Este resultado indica que existe uma relação de longo prazo entre as variáveis. Embora o teste tenha fornecido os resultados esperados, constatou-se problemas em relação à normalidade dos resíduos. Outro problema encontrado foi a baixa velocidade do ajuste de curto prazo. Pelos

resultados obtidos, a variável de ajuste de curto prazo, LW, possui uma velocidade de ajustamento muito baixa, de modo que não é possível afirmar que, diante de um choque no curto prazo, esta variável será capaz de reestabelecer o equilíbrio da relação de longo prazo.

O teste de causalidade entre salários reais e produtividade do trabalho indicou que a produtividade do trabalho Granger-cause os salários reais, resultado contrário ao obtido por Marquetti (2004) para os EUA. Uma possível explicação pode ser o excesso de intervenção governamental nas regras de reajuste salarial, responsável por engessar as negociações entre empregados e empregadores. Isto é particularmente notável a partir de 1965, em que as regras salariais implementadas durante o PAEG, passaram a repassar a produtividade do ano anterior para os salários.

Conclui-se, por fim, que a inovação poupadora de trabalho no Brasil entre 1955 e 2008 não foi induzida por pressões no custo relativo do trabalho em relação ao capital, conforme a abordagem clássica da mudança técnica. De acordo com esta, elevações no custo do trabalho aumentam o incentivo para a adoção de técnicas poupadoras de mão de obra. Do mesmo modo, reduções no custo do trabalho geram redução na taxa de crescimento de sua produtividade. Ao contrário, no caso brasileiro, verifica-se que o repasse da produtividade para os salários associa-se ao poder de barganha dos trabalhadores, conforme proposto pelos modelos de crescimento e de distribuição de renda de inspiração kaleckiana.



## 5. CONCLUSÕES

Esta tese focou-se no estudo da relação existente entre crescimento econômico e inovação tecnológica, a partir da abordagem neokaleckiana de crescimento e distribuição de renda. Paralelamente, discutiu-se a complementariedade existente entre capital humano e inovação. Para tanto, o trabalho foi dividido em três ensaios. Nos dois primeiros ensaios foram desenvolvidos modelos teóricos de crescimento e distribuição de renda. No terceiro, foi realizado um teste empírico.

O ensaio I apresentou uma formalização da complementariedade existente entre a geração intencional de inovação tecnológica poupadora de mão de obra, por meio de pesquisa e desenvolvimento (P&D), e a qualidade do capital humano da economia. Assumiu-se que, enquanto o governo gasta com educação, a firma gasta com P&D. A escolha sobre a magnitude do gasto com P&D é feita por meio de um programa de minimização de custos, o qual leva em conta a qualidade média do capital humano dos pesquisadores disponíveis. Como resultado, argumentou-se que quando a qualidade média do capital humano é alta (baixa), as firmas inovam (não inovam). Caso a inovação ocorra, o capital humano é capaz de impactar positivamente a parcela salarial no curto prazo e, portanto, o grau de utilização da capacidade e a taxa de crescimento. No entanto, na ausência de inovação, o capital humano não gera efeito algum sobre as variáveis macroeconômicas do sistema.

No longo prazo, foram demonstradas as possíveis trajetórias da economia, por meio do sistema dinâmico composto pela parcela dos salários na renda e pela qualidade média do capital humano. Os resultados obtidos indicam que quando a qualidade média do capital humano é suficientemente alta e a geração de inovação ocorre, o único equilíbrio estável é compatível com: a variação nos preços superior à variação nos salários; o efeito negativo da taxa de crescimento da produtividade do trabalho sobre a taxa de variação dos salários nominais e, ainda, com o baixo impacto do nível da qualidade média do capital humano sobre a taxa de crescimento da economia. Qualquer alteração em alguma destas características poderia conduzir o sistema ao desequilíbrio. Quando a inovação tecnológica não ocorre, o conflito distributivo é expresso apenas via inflação. Em ambos os casos, observou-se que, no equilíbrio de longo prazo, as firmas

se apropriam da maior parte dos ganhos de produtividade do trabalho, devido ao baixo poder de barganha dos trabalhadores.

No ensaio II elaborou-se uma extensão do modelo contido no ensaio I, via introdução de uma heterogeneidade comportamental entre as firmas no que diz respeito à inovação. Foi utilizado um modelo de jogos evolucionários, com o objetivo de se avaliarem os impactos da heterogeneidade microeconômica sobre a dinâmica da economia, o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico. A homogeneidade da firma representativa foi assim substituída por um cenário de incerteza, em que as firmas deparam-se com duas estratégias disponíveis: inovar - via gastos com P&D -, ou não inovar. O benefício da inovação é a elevação da produtividade do trabalho; porém, devido aos custos envolvidos nesse processo, nem todas as firmas inovam.

Considerou-se que o diferencial de produtividade entre as firmas inovadoras e não inovadoras é endógeno, variando em função da frequência de distribuição das estratégias e em função da magnitude do gasto com inovação. A dinâmica da distribuição das estratégias é governada pela dinâmica do replicador, segundo a qual a estratégia com o maior benefício líquido esperado torna-se evolucionariamente estável. Os resultados da dinâmica evolucionária apontaram para a possibilidade de convergência para os dois equilíbrios de estratégia pura, embora o único equilíbrio estável seja obtido na situação em que a estratégia  $n$  desaparece.

Com o objetivo de verificar a possibilidade de coexistência de ambas as estratégias na economia, foi relaxada a hipótese de que a decisão das firmas baseia-se exclusivamente na observação do *payoff* de cada uma das estratégias. Assumiu-se a existência de firmas mutantes, que se comportam de forma aleatória em relação à escolha de inovar ou não, por diferentes razões, como, por exemplo, o caso de firmas entrantes, que desconhecem os resultados do jogo. Na dinâmica evolucionária com mutação, foi demonstrado que apenas o equilíbrio de estratégia mista, com a preponderância de firmas inovadoras, sobrevive. À semelhança dos equilíbrios de estratégia pura, sem firmas mutantes, o grau de utilização da capacidade e o crescimento econômico são igualmente dependentes da distribuição de renda vigente.

Ao assumir que a atividade de P&D, responsável pela elevação da produtividade do trabalho, ocorre a partir da contratação de mão de obra adicional, e sendo esta remunerada com um prêmio sobre o salário nominal, estabeleceu-se uma relação positiva entre o salário médio da economia e a produtividade do trabalho. Por essa razão, o objetivo do terceiro ensaio foi a investigação empírica da existência de uma relação de longo prazo, bem como a direção de causalidade existente, entre salários reais e produtividade do trabalho para o Brasil, durante o período compreendido entre 1955 e 2008. Para esse fim, foi utilizado o teste de cointegração de Johansen e o teste de causalidade de Granger. O teste de Johansen indicou a existência de um vetor de cointegração entre as variáveis. No teste de causalidade de Granger, verificou-se que variações na produtividade do trabalho precederam variações nos salários reais durante o período analisado. Esse resultado é contrário ao pressuposto dos modelos teóricos, elaborados nos ensaios I e II, de que variações no salário médio precedem variações na produtividade do trabalho<sup>17</sup>.

Em síntese, as contribuições teóricas para a literatura neokaleckiana de crescimento e distribuição foram: i) a formalização da geração de inovação tecnológica como uma atitude intencional da firma representativa; ii) a introdução do conceito de complementariedade estratégica entre inovação tecnológica e capital humano no modelo de crescimento; iii) a formalização da heterogeneidade no comportamento das firmas em relação ao gasto com inovação. A contribuição empírica foi a tentativa de comprovação da existência de uma relação de longo prazo entre produtividade do trabalho e salários reais para o Brasil entre 1955 e 2008. Observou-se ainda uma relação de causalidade da produtividade do trabalho em direção aos salários reais.

---

<sup>17</sup> No ensaio 1, menciona-se também a possibilidade de os trabalhadores se beneficiarem *ex post* da elevação da produtividade do trabalho, conforme seu poder de barganha. No entanto, a hipótese central foi de que a geração de inovações capazes de elevar a produtividade do trabalho é precedida pela elevação do salário médio.



## Referências

ACCINELLI, E. LONDON, S., PUNZO, L. F. e CARRERA, E. S. **A Model of Imitative Behavior in the Population of Firms and Workers**. Siena: University of Siena. Feb. 2009. 9 p. (Quaderni del Dipartimento di Economia Politica 554)

ACEMOGLU, D. Training and innovation in an imperfect labor market. **Review of Economic Studies**, v.64, n. 3, p. 445-64, 1997.

\_\_\_\_\_. Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. **Quarterly Journal of Economics**, v.113, n. 4, p. 1055-89, 1998.

AGHION, P. and HOWITT, P. A model of growth through creative destruction. **Econometrica**, v. 60, n. 2, p. 323-51, 1992.

ARROW, K. J. The Economic Implications of Learning by Doing. **The Review of Economic Studies**, v.29, n. 3, p. 155-173, 1962

BACHA, E.; TAYLOR, Lance. Brazilian Income Distribution in the 1960s: Acts, Model Results, and the Controversy. In: TAYLOR, L. et. al. (eds.) **Models of growth and distribution for Brazil**. Oxford: Oxford University Press, 1980. p. 296-342,

BAER, W. **Economia brasileira**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 2002. 508 p.

BARRO, R. Economic growth in a cross-section of countries. **Quarterly Journal of Economics**, v. 106, n. 2, p. 407-43, 1991.

BENHABIB, J. AND SPIEGEL, M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary Economics**, v. 34, n. 2, p.143-73, 1994.

BHADURI, A. Endogenous Economic Growth: A New Approach. **Cambridge Journal of Economics**, v. 30, n. 1, p. 69-83. 2006.

CASSETTI, M. Bargaining power, effective demand and technical progress: a Kaleckian model of growth. **Cambridge Journal of Economics**, v. 27, n. 3, p. 449-64, 2003.

COE, D.; HELPMAN, E.; HOFFMAISTER, A. W. **International R&D spillovers**. Cambridge: National Bureau of Economics Research, 1993. 37 p. (NBER Working Paper, nº 4444).

COHEN, W.; KLEPPER, S. A Reprise of Size and R & D. **Economic Journal** v.106, n.437, p. 925-951, 1996

COLISTETE, R. P. salários, produtividade e lucros na indústria brasileira, 1945-1978. **Rev. Econ. Polit.**, vol.29, n.4, p. 386-405, 2009.

CUNEO, P.; MAIRESSE, J. Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing firms. In: GRILICHES, Z. (ed.): **R&D, Patents and Productivity**. Chicago: Chicago University Press, 1984. p. 375-92.

DUMÉNIL, G. AND D. LÉVY A stochastic model of technical change: an application to the US economy (1869–1989). **Metroeconomica**, v. 46, n.3, p. 213–245, 1995

DUTT, A. K. Stagnation, income distribution and monopoly power. **Cambridge Journal of Economics**, v. 8, n. 1, p. 25–40, 1984.

\_\_\_\_\_. Alternative Closures Again: a Comment on Growth, Distribution and Inflation, **Cambridge Journal of Economics**, v. 11, n. 1, p. 75-82, 1987.

\_\_\_\_\_. **Growth, Distribution and Uneven Development**, Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 276 p.

\_\_\_\_\_. **New Directions in Analytical Political Economy**. Aldershot: Edward Elgar, 1994. 368 p.

\_\_\_\_\_. New Growth, Theory Effective Demand, and Post-Keynesian Dynamics. In: SALVADORI, N. (ed.): **Old and New Growth Theories: An Assessment**. Cheltenham: Edward Elgar, 2003. p. 67-100.

\_\_\_\_\_. Aggregate demand, aggregate supply and economic growth, **International Review of Applied Economics**, vol. 20, n. 3, p. 319–36, 2006

\_\_\_\_\_. Keynesian growth theory in the 21st century, In: ARESTIS, P.; SAWYER, M. (eds.): **Twenty-first Century Keynesian Economics**. London: Macmillan Palgrave, 2010. Cap. 2, p. 39-80.

EICHNER A. S. **The Megacorp and Oligopoly: micro foundations of macro dynamics**, Cambridge: Cambridge University Press, 1976. 378 p.

ENGLE, R.; GRANGER, C.W. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. **Econometrica**. v. 55, n. 2, p. 251–276. 1987.

FISHLOW, A. A distribuição de renda no Brasil. In: TOLIPAN, R; TINELLI, A. C. (coord.). **A Controvérsia sobre a Distribuição de Renda e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. p. 159-89.

\_\_\_\_\_. Brazilian Size Distribution of Income. **American Economic Review**, v.62, n.2, p. 391-402, 1972.

\_\_\_\_\_. Distribuição de renda no Brasil: um novo exame. **Dados**, v.11, n. 1, p. 10-80, 1973.

GALE, J.; BINMORE, K.; SAMUELSON, L. Learning to be imperfect: the ultimatum game. **Game and Economic Behavior**, v.8, n.1, p. 56-90, 1995

GRIFFITH, R.; REDDING, S.; VAN REENEN, J., 2004. Mapping the two faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD industries. **Review of Economics and Statistics**, v. 86, n. 4, p. 883–895, 2004.

GRIFFITH, R.; HUERGO, E.; MAIRESSE, J.; PETERS, B. Innovation and productivity in four European countries. **Oxford Review of Economic Policy**, v.22, n. 4, p. 483-498, 2006.

GRILICHES, Z.; J. MAIRESSE. Productivity and R&D at the firm level. In: GRILICHES, Z. (ed.): **R&D, Patents and Productivity**. Chicago: Chicago University Press, 1984. p. 339-74.

GRILICHES, Z. Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970s. **American Economic Review**, v. 76, n. 19, p. 141-54, 1986.

HEIN, E.; TARASSOW, A. Distribution, aggregate demand and productivity growth – theory and empirical results for six OECD countries based on a Post-Kaleckian model, **Cambridge Journal of Economics**, v. 34, n. 4, p. 727-54, 2010

HOFFMAN R; DUARTE, J. C. A Distribuição de Renda no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, v.12, n.2, p. 46-66, 1972.

JAFFE, A. Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value. **American Economic Review**, v. 75, n. 6, p. 984-1002, 1986.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **J. Econ. Dyn. Control**. v. 12, n. 2–3, p. 231–254. 1988.

JOHNSTON, J.; DINARDO, J., **Econometric Methods**, 4th Edition, London: McGraw-Hill, 1997. 531 p.

KALDOR N. Alternative theories of distribution. **Review of Economic Studies**, v. 23, n. 2, p. 83–100. 1956

\_\_\_\_\_. Capital accumulation and economic growth. In LUTZ, F. A.; HAGUE, D. (Eds.). **The Theory of Capital**. New York: St. Martin's Press, 1961. p. 177–222.

KALECKI, M. A macrodynamic theory of the business cycle. **Econometrica**, v.3, n. 3, p. 327–44, 1935.

\_\_\_\_\_. **Selected Essays on the Dynamics of the Capitalist Economy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971. 193 p.

KENNEDY, C. Induced bias in innovation and the theory of distribution. **The Economic Journal**, v. 74, n. 295, p. 541–547, 1964.

KLETTE, T. J.; KORTUM, S. Innovating Firms and Aggregate Innovation. **Journal of Political Economy**, v.112, n. 5, p. 986-1018, 2004.

LAGO, L. A. C. **A indústria brasileira de bens de capital. Origens, situação recente e perspectivas**. Rio de Janeiro: FGV/IBRE. 1979. 525 p. (Estudos Especiais Ibre / Instituto Brasileiro De Economia, Fundacao Getulio Vargas)

\_\_\_\_\_. A retomada do crescimento e as distorções do 'milagre 1967-1973. In: ABREU, M. P. (org.). **A ordem do progresso. Cem anos de política econômica republicana, 1889-1989**. Rio de Janeiro: Campus, 1990. Cap. 10, p. 232-294.

LICHTENBERG, S. **R& D investment and international productivity differences**. Cambridge: National Bureau of Economics Research, 1992. 37 p. (NBER Working Paper, nº 4161)

LIMA, G. T. Endogenous technological innovation, capital accumulation and distributional dynamics. **Metroeconomica**, v. 55, n. 4, p. 386–408, 2004

LIMA, G. T, SILVEIRA, J. J. **Monetary Neutrality under Evolutionary Dominance of Bounded Rationality**. 2014. (mimeo)

LUCAS, R., E. On the mechanics of economic development, **Journal of Monetary Economics**, v.22, n. 1, 3-42, 1988.

LUNDEVALL, B. Å. (ed.) **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Pinter, 1992. p. 404

MAIRESSE, J.; CUENO, P. Recherche, developement et performances des entreprises: Une etude econometrique sur données individuelles. **Revue Économique**, v. 36, n. 5, p. 1001-41, 1985.

MAIRESSE, J.; MOHNEN, P.; KREMP, E. The importance of R&D and innovation for productivity: A reexamination in light of the 2000 French innovation survey. **Annales d'Économie et de Statistique**, n.79/80, p.487-527, 2005.

MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. Using innovation surveys for econometric analysis, In: HALL, B. H; ROSENBERG, N. (eds.), **Handbook of the Economics of Innovation**, Vol II, Amsterdam: Elsevier, 2010. Cap. 26, p. 1129-55.

MARQUETTI, A. Do rising real wages increase the rate of labor-saving technical change?: Some econometric evidence. **Metroeconomica**, v. 55, n. 4, p. 432–441, 2004.

MARQUETTI, A; PORSSE, M. C. S. Patronos de progresso técnico en la economía brasileña, 1952-2008. **CEPAL Review**, n. 113, p. 61-78, 2014.

NAASTEPAD, C. W. M. Technology, demand and distribution: a cumulative growth model with an application to the Dutch productivity growth slowdown, **Cambridge Journal of Economics**, vol. 30, n. 3, 403–34, 2006.

NELSON, R.; PHELPS, E. Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth, **American Economic Review**, v. 56, n. 1/2, p. 69-75, 1996

MANKIW, N., ROMER, D. AND WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 107, n. 2, p. 407-37, 1992.

REDDING, S. The Low-Skill, Low-Quality Trap: Strategic Complementarities between Human Capital and R&D, **Economic Journal**, v. 106, n. 435, 458-70, 1996.

RESENDE, A. L. Estabilização e reforma: 1964-1967. In: ABREU, M. P. (org.). **A ordem do progresso. Cem anos de política econômica republicana, 1889-1989**. Rio de Janeiro: Campus. Campus, 1990. cap. 9, p. 213-231.

ROBINSON J. **The Accumulation of Capital**. London: Macmillan, 1956. p. 444.

ROBINSON J. **Essays in the Theory of Economic Growth**. London: Macmillan, 1962. p. 138

ROMER P. M. Increasing Returns and Long-Run Growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-37, 1986.

\_\_\_\_\_. Endogenous Technological Change, **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 5, p. S71-S102, 1990.

ROS, J. **Development Theory and the Economics of Growth**. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2000. 448 p. (Development and Inequality in the Market Economy).

ROWTHORN, B. **Demand, real wages and economic growth**. London: North East London polytechnic, 1981. 40 p. (Thames papers in political economy).

ROWTHORN, R. Demand, real wages, and economic growth. In: SAWYER, M. C. (ed.), **Post-keynesian economics**. Edward Elgar. 1982. 516 p. (Schools of thought of economics)

SASAKI, H. Classical Biased Technical Change Approach and its Relevance to Reality. **International review of applied economics**, v. 22, n. 1, p. 77-91. 2008.

SCHANKERMAN, M. The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D. **Review of Economics and Statistics**, v. 63, n. 3, p. 454-458, 1981.

SILVEIRA, J. J.; LIMA, G. T. Effort Elicitation, Wage Differentials and Income Distribution in a Wage-Led Growth Regime. **Metroeconomica**, v. 67, n. 1, p. 44-75, 2016.

SKOTT, P. Wage Inequality and Overeducation in a Model with Efficiency Wages. Forthcoming in Canadian Journal of Economics, February, 2006.

SOLOW, R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

\_\_\_\_\_. Technical Change and the Aggregate Production Function. **Review of Economics and Statistics**, v. 39, n. 2, p. 312-320, 1957.

STEINDL, J. **Maturity and Stagnation in American Capitalism**. New York: Monthly Review Press, 1952. p. 398.

STOCKHAMMER, E. and ONARAN, Ö. Accumulation, Distribution and Employment: A Structural VAR Approach to a Kaleckian Macro Model, **Structural Change and Economic Dynamics**, v.15, n. 4, p. 421-47. 2004.

STOKEY, NANCY Human capital, product quality and growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 106, n. 2, p. 587-616. 1991.

SWAN, T W Economic Growth and Capital Accumulation. **Economic Record**, v. 32, n. 3, p. 334-361, 1956.

VERGEER, R.; KLEINKNECHT A. Jobs versus Productivity? The Causal Link from Wages to Labour Productivity Growth. (Anais) In: EAEPE Conference, Porto, 2007 ([http://www.fep.up.pt/conferencias/eaep2007/Papers%20and%20abstracts\\_CD/Vergeer.pdf](http://www.fep.up.pt/conferencias/eaep2007/Papers%20and%20abstracts_CD/Vergeer.pdf))

YOU J. I. Macroeconomic structure, endogenous technical change and growth, **Cambridge Journal of Economics**, v.18, n. 2, p. 213-33. 1994.



## APÊNDICE

### Apêndice A – Análise de Estacionariedade

**Tabela A.1 - Testes de raiz unitária**

Teste	Raíz Unitária	Termos Deterministas	Estatística	Lag
<b>Produtividade do Trabalho</b>				
<b>Dickey-Fuller ADF</b>	1	Constante e tendência	-1,16*	0
	1	Constante	-1,66*	0
<b>DF-GLS</b>	1	Constante e tendência	-1,01*	0
	1	Constante	0,81*	0
<b>KPSS</b>	1	Constante e tendência	0,21***	5
	1	Constante	0,77*	6
<b>Salário Real</b>				
<b>Dickey-Fuller ADF</b>	1	Constante e tendência	-1,21*	0
	1	Constante	-1,58*	0
<b>DF-GLS</b>	1	Constante e tendência	-1,10*	0
	1	Constante	0,57*	0
<b>KPSS</b>	1	Constante e tendência	0,23*	5
	1	Constante	0,77*	6

(\*\*\*) significância de 1% e (\*) significância de 10%

Fonte: elaboração própria a partir de dados do EvIEWS

## Apêndice B – Teste de cointegração

**Tabela B.1. Seleção do número de defasagens**

---

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: LA LW  
 Exogenous variables: D1983  
 Date: 03/19/16 Time: 21:52  
 Sample: 1955 2008  
 Included observations: 49

---

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-106.5899	NA	0.288372	4.432239	4.509456	4.461535
1	201.6812	578.7946	1.17e-06	-7.986987	-7.755336*	-7.899099
2	208.1845	11.67947*	1.05e-06*	-8.089164*	-7.703078	-7.942684*
3	209.7947	2.760310	1.16e-06	-7.991620	-7.451100	-7.786548
4	215.5171	9.342761	1.09e-06	-8.061924	-7.366970	-7.798259
5	217.7984	3.538298	1.18e-06	-7.991772	-7.142383	-7.669515

---

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela B.2. Teste de Cointegração**

Sample (adjusted): 1957 2008

Included observations: 52 after adjustments

Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)

Series: LA LW

Exogenous series: D1983

Warning: Critical values assume no exogenous series

Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.267809	20.54106	20.26184	0.0458
At most 1	0.079931	4.331945	9.164546	0.3649

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.267809	16.20912	15.89210	0.0446
At most 1	0.079931	4.331945	9.164546	0.3649

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b\* $\Sigma$ \*b=I):

LA	LW	C
0.629692	-2.913318	18.99320
-19.26470	19.06967	18.20858

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(LA)	D(LW)	
0.014084	0.017802	0.005049
		-0.003442

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 222.6441

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LA	LW	C
1.000000	-4.626578	30.16269
	(1.23725)	(10.1347)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LA)	D(LW)
0.008869	0.011210
(0.00267)	(0.00290)

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela B.3. Vetor de Correção de Erros**

Vector Error Correction Estimates

Date: 08/01/16 Time: 09:19

Sample (adjusted): 1957 2008

Included observations: 52 after adjustments

Standard errors in ( ) &amp; t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1	
LA(-1)	1.000000	
LW(-1)	-4.626578 (1.23725) [-3.73941]	
C	30.16269 (10.1347) [ 2.97618]	
Error Correction:	D(LA)	D(LW)
CointEq1	0.008869 (0.00267) [ 3.32499]	0.011210 (0.00290) [ 3.87194]
D(LA(-1))	0.337751 (0.15309) [ 2.20620]	0.361111 (0.16617) [ 2.17312]
D(LW(-1))	0.054550 (0.14581) [ 0.37411]	-0.169533 (0.15827) [-1.07116]
D1983	-0.056947 (0.03083) [-1.84709]	-0.024838 (0.03346) [-0.74222]
R-squared	0.368071	0.284477
Adj. R-squared	0.328575	0.239757
Sum sq. resids	0.044783	0.052763
S.E. equation	0.030545	0.033154
F-statistic	9.319299	6.361264
Log likelihood	109.7014	105.4383
Akaike AIC	-4.065437	-3.901473
Schwarz SC	-3.915342	-3.751378
Mean dependent	0.021529	0.021401
S.D. dependent	0.037277	0.038025
Determinant resid covariance (dof adj.)		7.68E-07
Determinant resid covariance		6.55E-07
Log likelihood		222.6441
Akaike information criterion		-8.140159
Schwarz criterion		-7.727396

**Tabela B.4. Teste Portmanteau de Autocorrelação**

<b>Teste de Portmanteau</b>						
Lags	Estatística	Prob.	Estatística	Prob.	df	
1	0.327325	NA*	0.333743	NA*	NA*	
2	3.868.467	0.7948	4.016.531	0.7779	7	
3	9.352.662	0.5894	9.836.493	0.5452	11	
4	1.248.544	0.6420	1.323.033	0.5845	15	
5	1.907.369	0.4521	2.051.946	0.3639	19	
6	2.106.586	0.5771	2.277.148	0.4742	23	
7	2.339.939	0.6634	2.546.800	0.5483	27	
8	2.640.340	0.7018	2.901.820	0.5683	31	
9	2.925.244	0.7414	3.246.354	0.5912	35	
10	3.157.186	0.7952	3.533.521	0.6378	39	
11	3.381.910	0.8407	3.818.537	0.6798	43	
12	3.533.070	0.8944	4.015.045	0.7500	47	

Fonte: Elaboração Própria a partir de resultados do Eviews

**Tabela B.5. Teste LM de Autocorrelação**

<b>Teste LM</b>			
Lags	Est. LM	Prob	
1	3.434.343	0.4879	
2	3.941.361	0.4140	
3	5.882.441	0.2081	
4	3.049.536	0.5496	
5	6.678.587	0.1539	
6	2.020.730	0.7319	
7	2.340.275	0.6734	
8	2.951.177	0.5660	
9	2.935.383	0.5687	
10	2.475.932	0.6490	
11	2.544.682	0.6367	
12	1.686.726	0.7931	

Fonte: Elaboração Própria a partir de resultados do Eviews

**Tabela B.6. Testes de Normalidade**

Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)				
Null Hypothesis: residuals are multivariate normal				
Sample: 1955 2008				
Included observations: 52				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	-1.051634	9.584754	1	0.0020
2	-0.509579	2.250479	1	0.1336
Joint		11.83523	2	0.0027
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	4.482868	4.764275	1	0.0291
2	4.484864	4.777109	1	0.0288
Joint		9.541384	2	0.0085
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	14.34903	2	0.0008	
2	7.027588	2	0.0298	
Joint	21.37662	4	0.0003	
Orthogonalization: Residual Correlation (Doornik-Hansen)				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	-1.025803	8.624106	1	0.0033
2	-0.430266	1.868262	1	0.1717
Joint		10.49237	2	0.0053
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	4.444569	0.349360	1	0.5545
2	3.794827	1.979181	1	0.1595
Joint		2.328541	2	0.3122
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	8.973466	2	0.0113	
2	3.847443	2	0.1461	
Joint	12.82091	4	0.0122	
Orthogonalization: Residual Correlation (Doornik-Hansen)				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	-1.025803	8.624106	1	0.0033
2	-0.430266	1.868262	1	0.1717
Joint		10.49237	2	0.0053
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	4.444569	0.349360	1	0.5545
2	3.794827	1.979181	1	0.1595
Joint		2.328541	2	0.3122
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	8.973466	2	0.0113	
2	3.847443	2	0.1461	
Joint	12.82091	4	0.0122	
Jarque-Bera				
Resíduo	Jarque-Bera	Probabilidade		
1	14.34903	0.000766		
2	1.659907	0.436070		

Fonte: dados da pesquisa.

## Apêndice C – Teste de Causalidade de Granger

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/01/16 Time: 09:25

Sample: 1955 2008

Included observations: 52

Dependent variable: D(LA)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LW)	0.139960	1	0.7083
All	0.139960	1	0.7083

Dependent variable: D(LW)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LA)	4.722459	1	0.0298
All	4.722459	1	0.0298