

**FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO**

André Ricardo Casale Kitahara

**Relação entre Produtividade Total dos Fatores e
Investimento em Capital Fixo para a Economia
Brasileira**

**SÃO PAULO
2007**

André Ricardo Casale Kitahara

**Relação entre Produtividade Total dos Fatores e
Investimento em Capital Fixo para a Economia
Brasileira**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia Empresarial.

Campo de Conhecimento:
Desenvolvimento Econômico

Orientador: Prof. Dr. Alexandre
Lanhoz Mendonça de Barros

**SÃO PAULO
2007**

André Ricardo Casale Kitahara

**Relação entre Produtividade Total dos Fatores e
Investimento em Capital Fixo para a Economia
Brasileira**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia Empresarial.

Campo de Conhecimento:
Desenvolvimento Econômico

Data de Aprovação: -----/-----
/-----

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Lanhos
Mendonça de Barros

Prof. Dr. Jorge Pires

**SÃO PAULO
2007**

Agradecimentos

Ao Prof., Doutor Alexandre Lanhos
Mendonça de Barros e ao Prof., Doutor
Alexandre C. Nicolella pela orientação a
paciência.

À minha
família pelo apoio e incentivo.

Resumo

O presente trabalho utiliza a teoria do crescimento econômico a fim de analisar a relação das taxas de investimento em capital fixo e a evolução da produtividade total dos fatores no Brasil a partir de 1950 até 2005.

A partir de pesquisas bibliográficas abordam-se os estudos de Romer, Arrow, Pires, Solow se apresenta conceitos como o “learning by doing”, “spillovers” e decomposição da produtividade a fim de embasar teoricamente o estudo. As pesquisas apontam a importância da variável eficiência sobre a produtividade total dos fatores no caso brasileiro, principalmente durante os anos de incidência de inflação elevada.

A metodologia aplicada no trabalho se utiliza dos dados coletados junto ao IPEADATA e Pen World Tables para formação bruta de capital fixo, produto interno bruto e dados populacionais para o cálculo da produtividade total dos fatores seguindo a metodologia proposta por Solow.

Utilizam-se os dados calculados para se extrair uma relação matemática entre a produtividade total dos fatores e ao nível de estoque de capital físico.

O estudo comprova a relação entre a produtividade e o investimento em capital físico, também fica demonstrada a grande importância da eficiência sobre a produtividade no caso brasileiro.

Palavras chave: Produtividade total dos fatores, Eficiência, “Learning by Doing”, “Spillovers”, Formação bruta de capital físico.

Abstract

This work uses the theory of economic development to analyze the relation between capital investment and total factor productivity in the Brazilian economy from 1950 to 2005.

Using bibliographic research are found studies of Romer, Arrow, Pires, Solow and present concepts like “learning by doing”, “spillovers” and decomposition of productivity aiming to create some foundation to the study. The research point out the importance of the efficiency over total factor productivity in the Brazilian case, principally over the years of high inflation rates.

The applied methodology uses data collected on the IPEAdata database to physical capital formation, gross domestic product, and demographic data to calculate the total factor productivity under Solow’s method.

The study uses data calculated to extract a mathematical relation between total factor productivity and the level of physical capital. The study shows that in Brazil this relation between investment and productivity do exists and shows also great relevance of efficiency over productivity in the Brazilian case.

Keywords: Total factor productivity, Efficiency, “Learning by Doing”, “Spillovers”, Investment in physical capital.

Sumário

Capítulo 1 – Introdução.....	1
Capitulo 2 - A Relação entre Investimento em Capital Fixo e a Produtividade.....	2
Capitulo 3 - Revisão Teórica.....	5
3.1 Considerações Gerais a Respeito da Produtividade Total dos Fatores (PTF).....	5
3.2 Produtividade, Eficiência e Nível Tecnológico.....	9
3.3 Modelo Arrow Romer.....	16
Capitulo 4 - Fatos Estilizados de Crescimento Econômico.....	24
Capitulo 5 - Estudos Empíricos Envolvendo PTF e Investimento.....	25
Capitulo 6 – Metodologia.....	27
6.1 Cálculo da Produtividade Total dos Fatores para a Economia Brasileira.....	27
6.2 A Construção da Série de Estoque de Capital.....	28
6.3 Contrução da Série com Ajuste para Escolaridade.....	30
6.4 Resultados do Cálculo da PTF para a Economia Brasileira.....	31
6.5 Busca da Relação entre PTF e Investimento em Capital Fixo no Brasil.....	32
6.5.1 Teste de Raiz Unitária e Cointegração.....	33
Capitulo 7 – Conclusões.....	34
Referências Bibliográficas.....	36
Apêndice Estatístico.....	37

Capítulo I - Introdução

Esse trabalho tem como objetivo principal responder a seguinte pergunta: Há relação estável de longo prazo entre a produtividade total dos fatores e o investimento na economia brasileira?

Procura-se entender nessa dissertação se o aumento na taxa de investimento (medido pela evolução do estoque de capital) pode levar a ganhos de produtividade como prevê os estudos de: Arrow (1962), que sustenta a hipótese de a acumulação de conhecimento (descoberta de novos métodos para produção mais eficientes e o desenvolvimento da habilidade necessária para sua aplicação na prática) ser um subproduto da mecanização (learning by doing); Romer (1986, 1987), assume que o conhecimento técnico se espalha instantaneamente e sem custo algum pelo sistema produtivo (spillover).

Será usado o arcabouço da contabilidade do crescimento para se auferir a produtividade total dos fatores (PTF) usando a metodologia apresentada por Solow (1957) e o método de inventário perpétuo para a medida de estoque de capital. Será dado tratamento econométrico adequado às séries construídas para o caso brasileiro.

Os dados a serem usados no estudo foram levantados junto ao IPEAdata, Penn World Table 6.1 e FAPESP. As séries levantadas foram de formação bruta de capital fixo, produto interno bruto, população residente, população economicamente ativa, retorno à educação e escolaridade.

O trabalho resenha alguns resultados de trabalhos empíricos envolvendo a relação investimento e produtividade para outros países.

O principal resultado do artigo é o de comprovar que existe uma relação de longo prazo entre a produtividade e o investimento para o caso brasileiro.

Capítulo 2 - A Relação entre Investimento em Capital Fixo e a Produtividade Total dos Fatores (PTF)

De acordo com a teoria econômica a medida da PTF tem como ponto de partida o entendimento da produção de bens propriamente dita. Dessa forma, parte-se de uma função de produção com retornos constantes em escala, quantidades de insumos e fatores de produção e produto final, taxas marginais de substituição de fatores como a respectiva razão de preços entre os mesmos¹. Tendo isso em mente devemos diferenciar mudanças ao longo da função de produção de deslocamentos da função de produção.

Sabe-se que mudanças ao longo da função de produção podem ser explicadas pela variação no estoque de insumos e fatores de produção ou sua razão; já o deslocamento da função de produção é interpretado como variações na PTF. Entende-se que a taxa de crescimento na PTF é definida como a diferença entre a taxa de crescimento de produto final e a taxa de crescimento dos insumos e fatores de produção.

No seu trabalho seminal, Arrow (1971) levanta a discussão sobre a impossibilidade da alocação ótima de recursos para a atividade inovativa devido ao risco inerente a esta atividade. A atividade criativa seja ela fomentada pela pesquisa ou invenção é uma atividade permeada por incertezas, de forma que é extremamente difícil se auferir os resultados dos mesmos a partir do seu insumo. De acordo com Arrow o custo marginal da utilização da informação se aproxima do nulo, o que lhe confere a característica de bem público.

Dessa forma não existe nenhum incentivo para a firma o investimento em pesquisa básica para criação de novas tecnologias ou processos, uma vez que a informação gerada é um “bem intangível” e de difícil apropriação. Como se trata de uma atividade que gera economias externas (uma vez que o benefício social marginal é maior que o benefício privado marginal), seria desejável que o governo financiasse iniciativas de geração de novos conhecimentos.

¹ Mais detalhes na seção Revisão Teórica

Neste trabalho será simplificada a realidade, uma vez que se sabe que existem custos para se adquirir alguns tipos de tecnologia aplicada à produção (patentes), eficiência gerencial (consultorias) e organização industrial; porém, nesse caso, será usado como definição para mudanças na PTF as mesmas usadas por Abramovitz² “*the effect of ‘costless’ advances in applied technology, managerial efficiency, and industrial organization (cost-the employment of scarce resources with alternative uses-is, after all, the touchstone of an ‘input’)*”, ou seja, o crescimento da PTF nada mais é do que a tradução na prática dos efeitos de avanços em tecnologias e processos dentro das empresas.

Logicamente, sabe-se que mudanças na PTF são geralmente acompanhadas também por mudanças da função de produção; por exemplo, uma tecnologia ou forma de se organizar a produção pode ser criada a partir do uso de uma nova máquina.

Uma vez que este trabalho visa explicar a relação entre investimento em capital físico e a PTF, se deseja entender até que ponto investimentos em novas máquinas, por exemplo, são capazes de produzir novas tecnologias, novos processos ou novas técnicas gerenciais que elevam a eficiência das empresas de forma agregada.

Em seu trabalho Pires (2004) decompõe a PTF em progresso técnico, eficiência técnica, mudança na escala de produção e eficiência alocativa. No caso do progresso técnico e eficiência técnica é bastante intuitivo que ambos são importantes para a composição da PTF. Porém, no caso de mudança de escala da produção a sua importância só se confirma caso existam retornos não constantes em escala. De acordo com os resultados de seu trabalho para o Brasil o progresso técnico a eficiência técnica e a eficiência de escala contribuíram positivamente para o crescimento da PTF; por outro lado, a PTF calculada sem eficiência alocativa é geralmente superior à mesma quando calculada com a eficiência alocativa o que daria indícios de má alocação de fatores na economia brasileira.

Têm-se ilustrado acima, nesta seção alguns indícios de que novos processos, novas tecnologias tem impactos relevantes na produtividade da economia. Resta agora esclarecer de que forma o investimento em capital físico em uma economia tem influência sobre a

² Abramovitz (1,p. 764)

criação de novas tecnologias e processos; dessa forma se terá encadeado o racional causal entre investimento em capital físico e produtividade.

De acordo com o modelo de Arrow e Romer³ pode-se gerar conhecimento técnico ou de processos via o processo de “learning by doing” esse processo nada mais é do que aprender com a prática, um caso real clássico desse processo de aprendizado foi descoberto ao ser estudada a forma de produção de automóveis pelas indústrias japonesas que usavam os modelos de “just in time”, nos quais as máquinas eram “despregadas” do chão e os operários podiam definir o *lay out* ideal na concepção deles, além dos mesmos serem responsáveis pela conservação, e ajustes das máquinas por eles operadas. Esse tipo de liberdade/tarefa dado aos operários gerou “arrumações” de máquinas, processos e tecnologias diferenciadas que aumentaram de forma relevante a eficiência operacional dessas fábricas, sobrepujando em muito a produtividade ocidental na forma de produzir carros. Outro ponto importante que pode ser comentado nesse exemplo específico é o de os custos de transmissão dessa tecnologia ou desses processos pôde ser transmitida com custos extremamente baixos, dado que esse tipo de conhecimento técnico não é protegido por patentes. Na realidade, atualmente muito dessas técnicas é aplicada na fabricação de automóveis no ocidente. Romer (1986, 1987) chamou esse processo de disseminação do conhecimento sem custos e de forma extremamente rápida de efeito “spillover” (transbordamento).

A figura abaixo, extraída de Rapping (1965) ilustram o quanto o “learning by doing” influenciou a construção de barcos no esforço produtivo durante a segunda guerra mundial. Nota-se que o número de homens-hora por embarcação construída cai vertiginosamente conforme passa o tempo e o aprendizado na construção introduz práticas ótimas na produção.

³ Assim denominado por Valdés (2000)

Figura 1 – Relação Homens Hora para Construção de Barco Tipo “Liberty Ship”

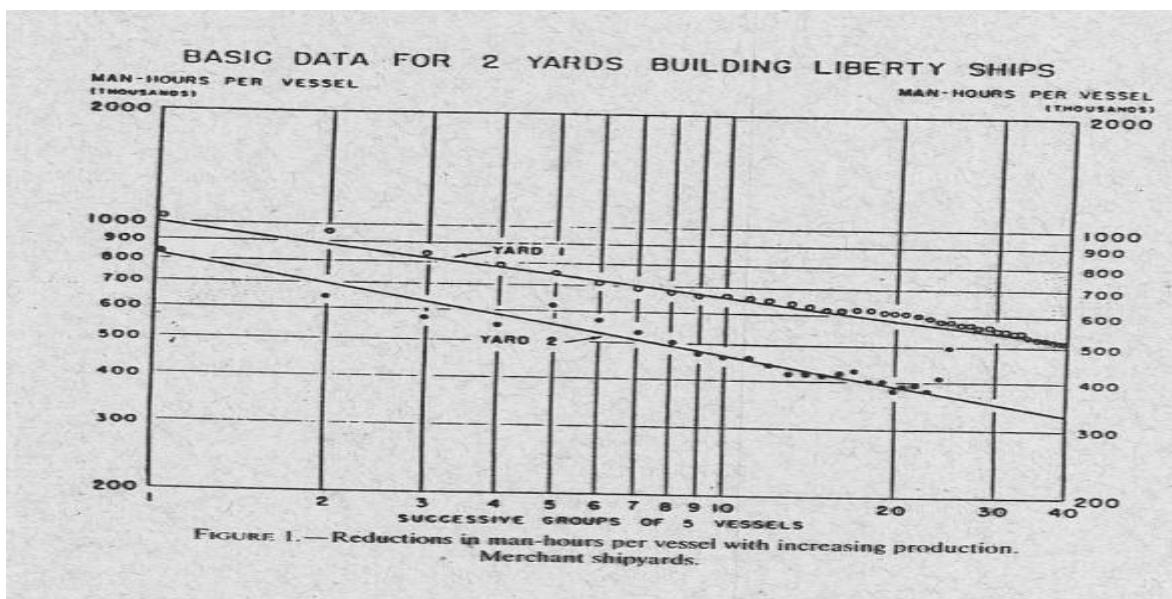
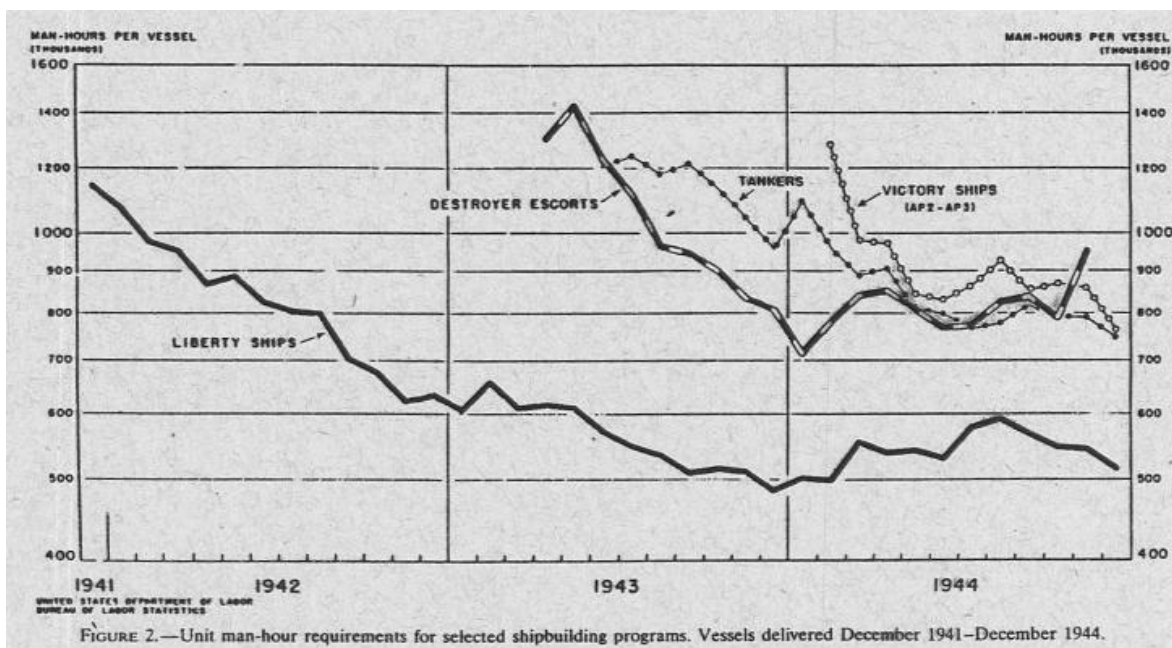


Figura 2 – Relação Homens Hora por Tipo de Embarcação



Gráficos extraídos do trabalho de Leonard Rapping (1965)–“Learning and WWII Production Functions”

Capítulo 3 - Revisão Teórica

3.1 Considerações Gerais a Respeito da Produtividade Total dos Fatores (PTF)

Medidas acuradas da eficiência com que são utilizados os recursos em uma economia são de suma importância para os economistas no estudo do crescimento econômico. Um dos principais meios de medição de eficiência é a produtividade total dos fatores ou PTF.

Um método bastante usado para estimação da PTF é o desenvolvido por Solow (1957). Esse método supõe que existe uma relação direta entre o volume de produto e os volumes dos insumos capital e trabalho empenhados na economia. Dessa forma ela é capaz de nos fornecer o produto potencial da economia dada a combinação de insumos.

Ao aplicar essa metodologia é necessário quebrar a função de produção em três componentes identificáveis como contribuidores do crescimento, ou seja, capital, trabalho e progresso técnico. Essa metodologia também é conhecida como Resíduo de Solow, pois a PTF é obtida por resíduo após a retirada das porções de crescimento econômico responsáveis pelos fatores trabalho e capital.

Procedimento Matemático do Modelo de Resíduo de Solow: (Valdés, 1999)

Inicia-se com uma função de produção do tipo neoclássico aumentadora de trabalho:

$$Y_t = F(K_t, E_t) = F(K_t, A_t L_t) \quad (3.1)$$

Após derivar a equação obtém-se:

$$\frac{dY_t}{dt} = \frac{\partial F}{\partial K_t} \cdot \frac{dK_t}{dt} + \frac{\partial F}{\partial E_t} \cdot \frac{dE_t}{dt} = \frac{\partial F}{\partial K_t} \cdot \frac{dK_t}{dt} + \frac{\partial F}{\partial E_t} \cdot \left(A_t \cdot \frac{dL_t}{dt} + L_t \cdot \frac{dA_t}{dt} \right)$$

Depois de alguma manipulação:

$$\frac{dY_t/dt}{Y_t} = \frac{\partial F}{\partial K_t} \cdot \frac{K_t}{Y_t} \cdot \frac{dK_t/dt}{K_t} + \frac{\partial F}{\partial E_t} \cdot \frac{E_t}{Y_t} \cdot \frac{dL_t/dt}{L_t} + \frac{\partial F}{\partial E_t} \cdot \frac{E_t}{Y_t} \cdot \frac{dA_t/dt}{A_t} \quad (3.2)$$

Nota-se que $E_t = A_t L_t$, e da equação (3.1) obtém-se:

$$\frac{\partial Y_t}{\partial L_t} = \frac{\partial F}{\partial E_t} \cdot \frac{\partial E_t}{\partial L_t} = \frac{\partial F}{\partial E_t} \cdot A_t \quad (3.3)$$

Seguindo:

$$\frac{\partial F}{\partial E_t} = \frac{1}{A_t} \cdot \frac{\partial F}{\partial L_t} \quad (3.4)$$

Trocando E_t e $\frac{\partial F}{\partial E_t}$ da equação (3.2) por seus valores dados por $A_t L_t$ e a equação (2.4) respectivamente, obtém-se:

$$\frac{dY_t/dt}{Y_t} = \frac{\partial F}{\partial K_t} \cdot \frac{K_t}{Y_t} \cdot \frac{dK_t/dt}{K_t} + \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} \cdot \frac{L_t}{Y_t} \cdot \frac{dL_t/dt}{L_t} + \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} \cdot \frac{L_t}{Y_t} \cdot \frac{dA_t/dt}{A_t} \quad (3.5)$$

Ou seja:

$$\dot{Y} = \varepsilon_K \dot{K} + \varepsilon_L \dot{L} + \varepsilon_A \dot{A} \quad (3.6)$$

Sendo que \dot{Y} representa a taxa de crescimento da variável Y .

Nota-se que ε_K e ε_L representam a elasticidade do produto agregado com respeito ao capital e o trabalho, respectivamente. A equação (3.6) é chamada de “equação da contabilidade do crescimento” e pode ser interpretada da seguinte forma: $\varepsilon_K \dot{K}$ é a contribuição do capital físico para o crescimento no produto, $\varepsilon_L \dot{L}$ é a contribuição do trabalho e $\varepsilon_A \dot{A}$ é a contribuição do progresso técnico.

Em uma economia competitiva os fatores de produção recebem como pagamento seus respectivos produtos marginais, ou seja, $\rho_t = PMK = \frac{\partial F}{\partial K_t}$ e $\varpi_t = PMT = \frac{\partial F}{\partial L_t}$. Dessa forma:

$$\varepsilon_K = \rho_t \cdot \frac{K_t}{Y_t} = \frac{\Pi_t}{Y_t} \quad (3.7)$$

e

$$\varepsilon_L = \varpi_t \cdot \frac{L_t}{Y_t} = \frac{W_t}{Y_t} \quad (3.8)$$

ou seja, ε_K e ε_L coincidem com as participações relativas aos lucros e relativas aos salários no produto agregado. Uma vez essa equivalência é feita a equação (3.6) tem grande uso

prático, pois permite calcular a contribuição de cada fator, seja ele trabalho, capital ou progresso técnico, no produto agregado.

Partindo das equações (3.7) e (3.8) pode-se isolar a contribuição de crescimento do produto agregado que é gerada pelo progresso tecnológico:

$$\varepsilon_L \dot{A} = \dot{Y} - (\varepsilon_K \dot{K} + \varepsilon_L \dot{L}) \quad (3.9)$$

A equação (3.9) é chamada de equação de resíduo de Solow, uma vez que a contribuição de crescimento no produto que é gerada pelo progresso tecnológico é obtida por resíduo, subtraem-se do crescimento do PIB as parcelas correspondentes ao trabalho e ao capital.

Partindo da equação (3.9) é possível computar a taxa de crescimento do progresso tecnológico (\dot{A}).

$$\dot{A} = \frac{\dot{Y} - (\varepsilon_K \dot{K} + \varepsilon_L \dot{L})}{\varepsilon_L} \quad (3.10)$$

Na literatura econômica A_t (nível de progresso tecnológico) é chamado de Produtividade Total dos Fatores ou PTF, dessa forma \dot{A} corresponde à taxa de crescimento da PTF.

Construindo a partir da equação (3.10):

$$\dot{A} = \frac{1}{\varepsilon_L} \dot{Y} - \left(\frac{\varepsilon_K}{\varepsilon_L} \dot{K} + \dot{L} \right) = \text{crescimento econômico de } \left(\frac{Y^{1/\varepsilon_L}}{K^{\varepsilon_K/\varepsilon_L} L} \right) \quad (3.11)$$

Concluindo:

$$A = \frac{Y^{1/\varepsilon_L}}{K^{\varepsilon/K} \cdot L} \quad (3.12)$$

Dessa forma a equação (3.12) é usada como um índice para a produtividade total dos fatores e a equação (3.10) responde pela taxa de crescimento da PTF.

3.2 Produtividade, Eficiência e Nível Tecnológico

Uma vez que se investiga a importância do progresso técnico no crescimento econômico a pergunta que surge é como “produzimos” progresso técnico? Como ele se propaga na economia? Que tipo de renda ele auferir? O modelo neoclássico assume que o progresso técnico se dá de forma exógena, ou seja, o modelo por si só não é capaz de explicar de onde ele surge. O arcabouço da contabilidade do crescimento aqui descrito prevê que parte do crescimento econômico é atribuído ao progresso técnico da economia; assim sendo, torna-se de suma importância o entendimento dos fatores que regem e influenciam a mesma.

O grande problema com a assunção de que o progresso técnico é exógeno não é o de não existir necessariamente uma explicação plausível para o mesmo, que ele é criado fora da economia, mas sim a assunção de que o mesmo é dado fora do âmbito da economia de mercado, ou seja, fora do ambiente das firmas que atuam em mercados competitivos e pagam um “preço” pelas suas áreas de pesquisa e desenvolvimento. Nesse sentido pode-se considerar o progresso técnico como uma commodity, significando na verdade que ele não é verdadeiramente exógeno.

Neste trabalho será usado o modelo de Romer (1983) e Arrow (1962) para endogeneização do progresso tecnológico; esse processo será explicado com mais detalhes na próxima sessão.

Outra forma de encarar a PTF seria entendê-la como a medida da ignorância, dado que, por construção, a produtividade total dos fatores é extraída por resíduo a mesma medida a produtividade que não é explicada pelo nível de capital ou trabalho segundo o trabalho de Solow; também seu entendimento como reflexo do nível tecnológico da economia estaria equivocada.

Como mencionado, o conceito que se pode usar na tentativa de explicar melhor a produtividade da economia é o da decomposição da mesma. Weil (2005) aborda a decomposição da produtividade em nível tecnológico e eficiência, enquanto Bauer (1990) e Kumbhakar (2000) decompõe a PTF em progresso técnico, eficiência técnica, mudança na escala de produção e eficiência alocativa.

Tratando da abordagem de Weil a eficiência seria definida como a efetividade pelo qual os fatores de produção e a tecnologia aplicada se combinam para gerar produto, ou de outra forma, a eficiência seria a variável usada para capturar qualquer coisa que possa gerar diferenças na produtividade além das diferenças em tecnologia para produção.

A consideração dessa variável eficiência no computo da PTF é tratado por Weil e será descrita a seguir.

A produtividade, como já descrito anteriormente, pode ser determinada por duas coisas: tecnologia, que representa o conhecimento de como combinar os fatores de produção para produzir bens e eficiência, medida de quão efetivamente estão sendo usados os fatores de produção dado um nível tecnológico. O modo natural de se pensar nessa relação em termos matemáticos seria de que o produto entre o nível tecnológico e o nível de eficiência determinaria a PTF.

$$A = T \times E \tag{3.13}$$

Onde A é a medida de produtividade, T é a medida do nível tecnológico e E é a medida do nível de eficiência da economia.

Weil (2005) em seu trabalho fez um estudo empírico usando dados para a economia Americana e a economia Indiana, a fim de entender se a variável eficiência poderia ser

responsável pela diferença de produtividade entre os países. Weil abordou a questão indagando o quão longe estaria a Índia em termos tecnológicos da economia Americana, buscando saber em anos, qual seria a defasagem tecnológica entre os países estudados.

Suponha que a Índia está G anos atrás dos Estados Unidos em nível tecnológico; dessa forma, o nível de tecnologia na Índia em 1998 seria o mesmo nível de desenvolvimento tecnológico dos EUA no ano de 1998 menos G (anos). Matematicamente:

$$T_{1998, India} = T_{1998 - G, EUA} \quad (3.14)$$

Seja g a taxa de crescimento do nível tecnológico nos EUA. A relação da tecnologia nos EUA em 1998 e em 1998- G é dada pela equação:

$$T_{1998, EUA} = T_{1998 - G, EUA} X (1 + g)^G \quad (3.15)$$

Substituindo a primeira equação na segunda tem-se:

$$T_{1998, EUA} = T_{1998, India} X (1 + g)^G \quad (3.16)$$

Finalmente rearranjando a equação obtém-se:

$$\frac{T_{1998, India}}{T_{1998, EUA}} = (1 + g)^{-G} \quad (3.17)$$

A equação acima mostra a razão da tecnologia na Índia e a tecnologia dos EUA como sendo função da distancia da tecnologia entre os países em anos, G , e a taxa de crescimento do nível tecnológico americano, g . Por exemplo, suponha que a Índia se

encontre dez anos atrás dos EUA em nível tecnológico e a taxa de crescimento do nível tecnológico nos Estados Unidos seja de 0,81% ao ano. Assim a razão da tecnologia entre os países é:

$$\frac{T_{1998, India}}{T_{1998, EUA}} = 1,00081^{-10} = 0,92 \quad (3.18)$$

Ou seja, a Índia tem nível tecnológico 92% do nível Norte Americano.

Para ver como a equação (3.17) pode ser usada para inferir sobre as diferenças entre os dois países retorne-se à equação (3.13) que nos mostra a relação entre PTF, eficiência e tecnologia. As equações serão escritas separadamente:

$$\begin{aligned} A_{India} &= T_{India} X E_{India} \\ A_{EUA} &= T_{EUA} X E_{EUA} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Dividindo a primeira equação pela segunda temos:

$$\frac{A_{India}}{A_{EUA}} = \frac{T_{India}}{T_{EUA}} X \frac{E_{India}}{E_{EUA}} \quad (2.20)$$

O termo do lado esquerdo da equação, que significa a razão da produtividade de Índia e EUA, é 0,35 segundo o trabalho de Weil; o primeiro termo no lado direito, que é a razão de tecnologia entre os países pode ser calculada na equação (3.17). Tendo em mãos as duas razões, pode-se calcular o último termo à direita que mede a razão da eficiência entre os dois países.

Tabela 1 – Decomposição da Diferença da Produtividade entre Índia e Estados Unidos

Decomposição da Diferença da Produtividade entre Índia e Estados Unidos		
Anos de Atraso entre Índia e EUA em Tecnologia (G)	Nível de Tecnologia Relativa entre Índia e EUA (T)	Nível de Eficiência Relativa entre Índia e EUA (E)
10	0.92	0.38
20	0.85	0.41
30	0.79	0.45
40	0.72	0.48
50	0.67	0.52
75	0.55	0.64
100	0.45	0.78

Tabela Extraída de Weil (2005)

A tabela acima mostra a razão entre a eficiência na economia da Índia e a economia Americana seguindo a metodologia proposta por Weil e descrita acima. Como não se sabe com exatidão o atraso tecnológico da Índia em relação aos EUA a tabela traz uma série variada de valores possíveis, listadas no lado esquerdo.

A grande idéia por trás deste exercício é de que, salvo por atrasos tecnológicos extremados, muito da diferença de produtividade entre Índia e EUA pode ser explicado por diferenças na eficiência com que operam cada uma das economias. Por exemplo, dado que a velocidade de propagação de muitas das tecnologias avançadas da atualidade como os telefones celulares e a internet é extremamente elevada, dificilmente a Índia se encontra trinta anos defasada dos EUA em termos tecnológicos; caso a diferença fosse deste tamanho, a tecnologia na Índia corresponderia a 79% do nível Norte Americano enquanto a eficiência produtiva seria de apenas 45% da eficiência produtiva Norte Americana, ou seja a eficiência ainda responderia pela maior parte da diferença da produtividade entre os países. Como pode se visto na tabela acima o “break even point” entre eficiência e tecnologia se daria entre cinquenta e setenta e cinco anos de defasagem, o que intuitivamente não é razoável de se supor.

O gráfico abaixo foi construído por Pires (2004) tendo como base a abordagem de decomposição da produtividade apresentada por Bauer-Kumbhakar, nota-se claramente que a questão da ineficiência é relevante quando vamos estudar a produtividade total dos fatores.

Figura 3 – Decomposição da Produtividade

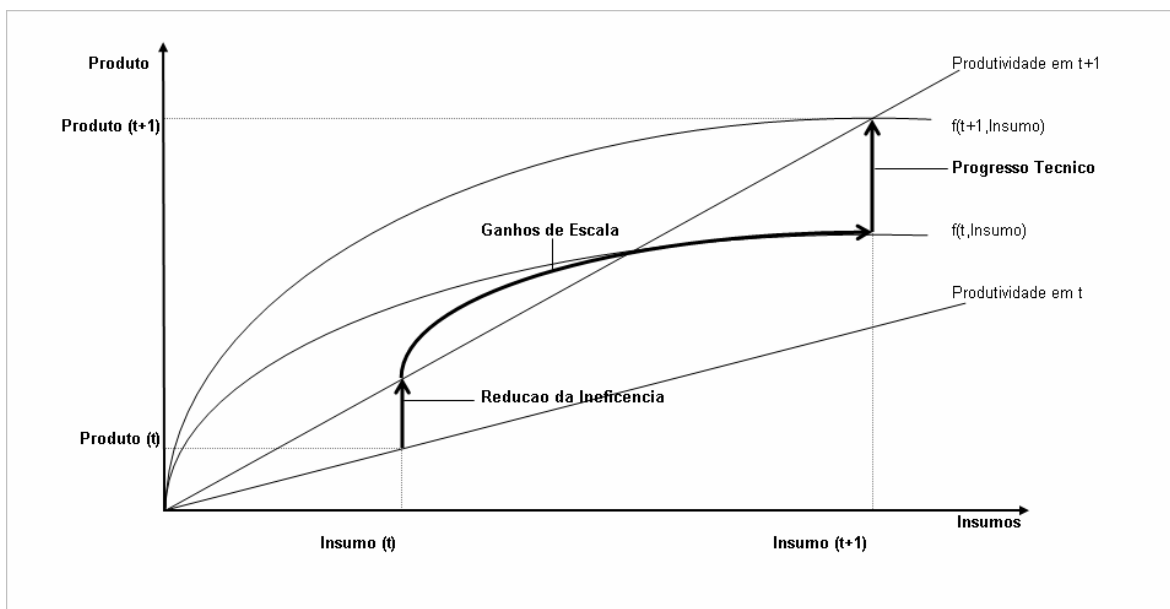


Gráfico extraído de Pires (2004)

Tão necessário quanto entender que a eficiência é uma variável relevante na composição da produtividade das nações é entender quais são as fontes de ineficiências em uma dada economia.

Um tipo de ineficiência ocorre quando recursos são desviados de atividades produtivas para outras improdutivas, ou seja, desperdiçadas em atividades sem fim econômico. Obviamente do ponto de vista da sociedade quanto mais deste tipo de desperdício ocorrer pior ela estará, uma vez que menos bens serão produzidos e menos bens estarão disponíveis para consumo. Por outro lado, na perspectiva do indivíduo, algumas vezes se engajar em atividades improdutivas pode ser uma decisão bastante racional, as pessoas podem ganhar mais para elas mesmas se envolvendo com atividades improdutivas do que trabalhando para gerar bens. Na verdade essa atividade envolve a redistribuição dos bens disponíveis na sociedade, existem vários exemplos deste tipo de atividade improdutiva, como: Roubo, furto, todo o tipo de gasto ou investimento em segurança (guardas, alarmes, etc), guerras, seqüestros.

Existe outra forma de atividade improdutiva na sociedade que envolve instituições ligadas ao estado, onde o indivíduo busca seu bem pessoal, chamamos de “rent seeking”.

Esse tipo de atividade ocorre quando políticas governamentais criam um tipo de renda artificial. Um exemplo bastante comum do “rent seeking” no Brasil é a corrupção que está instalada no âmbito do Estado, o funcionamento de lobbies, a contratação de parentes e membros partidários para cargos públicos, o constante pagamento de propinas para funcionários públicos em troca de benefícios e a própria atração dos recursos humanos mais brilhantes para o setor público visando extrair parte dessa renda vinda de atividades improdutivas geram uma alocação imperfeita que diminuem a capacidade da economia de gerar produto.

Uma segunda forma de ineficiência ocorre quando trabalho ou capital simplesmente não é usado plenamente. Exemplos práticos para o caso do trabalho seriam o desemprego, o subemprego que ocorre quando o trabalhador usa apenas uma parte do seu tempo no trabalho para produzir bens, o sobre emprego também ocorre quando um sindicato forte obriga a indústria a não demitir ou a contratar resultando em mais mão de obra do que o economicamente razoável; exemplo prático para o capital seria o não uso da capacidade instalada de uma indústria.

Taxas de inflação e carga tributária muito elevada também podem trazer grande ineficiência para o setor produtivo uma vez que atrapalha a formação de preços na economia no caso da primeira e gera extrema competição com o setor privado em busca de recursos escassos da economia no segundo caso, assim dificultando e induzindo a alocações economicamente não ótimas.

3.2 Modelo Arrow-Romer

Nesta seção se estará introduzindo alguns conceitos da teoria do crescimento econômico que serão úteis para o desenvolvimento desse trabalho. Será dada ênfase ao modelo Arrow-Romer, conforme Valdés (1999), também chamado de modelo aK⁴.

O modelo aK pressupõe que a acumulação de conhecimento é um subproduto da acumulação de capital. Esse processo é também conhecido como “learning by doing”.

⁴ O modelo é baseado em Valdés (1999)

Como aponta a teoria, cada nova máquina adquirida é capaz de modificar o ambiente produtivo de forma que o aprendizado e a invenção recebem estímulos contínuos. Um exemplo pode tornar esse ponto mais claro. Imagine uma firma com duas máquinas, 20 trabalhadores e uma máquina adicional é adquirida, elevando o nível de mecanização da empresa (relação capital trabalho mais elevada). Acontecerá que os trabalhadores operarão essa nova máquina e se tornarão cada vez mais acostumados a ela, conhecerão melhor seu funcionamento e serão capazes de tirar o melhor proveito da mesma. Em outras palavras, aprenderão as mais avançadas técnicas no uso prático do novo equipamento. Além disso, durante o processo de adaptação à nova máquina os trabalhadores podem criar novas formas de organizar a produção ou ter idéias para modificar e melhorar o equipamento.

Dessa forma, pode-se afirmar que níveis mais elevados de mecanização e aumentos no estoque de conhecimento são duas faces no mesmo processo de acumulação de capital.

Seja A_{it} o estoque de conhecimento da firma i ($i=1, 2, \dots, N$) no tempo t . A teoria descreve que sempre que a firma eleva seu grau de mecanização, seu estoque de conhecimento crescerá pelo processo de “learning by doing”. A magnitude pelo qual isso ocorre é uma questão empírica, porém em consideração à teoria, postula-se que A_{it} sobe θ por cento para cada um por cento de alta em K_{it}/L_{it} , onde K representa o capital e L representa a mão de obra, ou seja, a elasticidade de “learning by doing” de A_{it} com relação a K_{it}/L_{it} , é θ :

$$\theta = \frac{\partial \log A_{it}}{\partial \log(K_{it}/L_{it})}, \quad (\theta > 0)$$

O que quer dizer:

$$\partial \log A_{it} = \theta \cdot \partial \log \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)$$

Essa é a curva de “learning by doing”. Ela pode ser descrita em nível da seguinte forma:

$$\int d \log A_{it} = \theta \int d \log \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)$$

$$\log A_{it} + \log \mu = \theta \log \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right) + \log \eta,$$

Onde $\log \mu$ e $\log \eta$ são as constantes de integração, as quais são representadas em logaritmo por conveniência. Dado que $\log \eta - \log \mu = \log \left(\frac{\eta}{\mu} \right) = \log \varepsilon$, onde $\varepsilon = \left(\frac{\eta}{\mu} \right)$, tem-se:

$$\log A_{it} = \log \varepsilon + \theta \log \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)$$

$$A_{it} = \varepsilon \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^\theta, (\theta > 0)$$

Para continuar a revisão da teoria que nos auxiliará no decorrer deste trabalho levanta-se a hipótese do efeito “spillover”. Esse efeito, segundo Romer (1986) implica na disseminação sem custo e imediata de todo e qualquer tipo de idéias ou tecnologias. É claro que esta é uma suposição extrema porque não se adquire conhecimento instantaneamente e o sistema de patentes privilegia o desenvolvedor de nova tecnologia ou técnica, de forma que o conhecimento não se transmite de graça pela economia.

O conceito “learning by doing” de Arrow e a hipótese de transmissão de conhecimento instantânea e sem custo proposta por Romer juntos levam a importantes implicações: a economia como um todo deverá apresentar um nível homogêneo de conhecimento técnico em um dado tempo t .

Dessa forma tem-se para a firma individual:

$$A_{it} = \varepsilon \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^\theta = A_t \text{ para todo } i (i=1,2,\dots,N)$$

$$\frac{K_{it}}{L_{it}} = \left(\frac{A_t}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{\theta}} = \zeta_t \Rightarrow K_{it} = \zeta_t L_{it} \text{ para todo } i (i=1,2,\dots,N)$$

Olhando de forma agregada:

$$\sum_{i=1}^N K_{it} = \zeta_t \sum_{i=1}^N L_{it} \Leftrightarrow K_t = \zeta_t L_t$$

Rearranjando:

$$\frac{K_t}{L_t} = \zeta_t = \frac{K_{it}}{L_{it}} \text{ para todo } i (i=1,2,\dots,N)$$

Conclui-se, assim, que a relação capital-trabalho será a mesma tanto para a firma individual como para a economia como um todo. Dessa forma o nível tecnológico se dá da seguinte maneira:

$$A_t = \varepsilon \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\theta$$

É importante notar que A_t não é mais dada exogenamente: ela é dependente da alocação capital-trabalho das empresas. Dessa forma tem-se um modelo endógeno de geração de conhecimento. Torna-se relevante, então, modelar a decisão do agente econômico quanto à magnitude da relação capital/trabalho.

O modelo Arrow-Romer pressupõe um número grande de firmas idênticas i ($i=1,2,\dots,N$) que são tomadoras de preço e operam numa função de produção aumentadora de trabalho. Assumindo a forma Cobb-Douglas para a função de produção por razão de simplicidade, tem-se:

$$Y_{it} = K_{it}^{\alpha} (A_t L_{it})^{1-\alpha}; \quad (0 < \alpha < 1)$$

O modelo assume também que todo progresso técnico se dá por meio de “learning by doing” e que sua utilização pode ser feita sem custo algum. Dessa forma, é usada a notação A_t na função de produção para demonstrar que o nível de tecnologia é dado. Se nota que a função descrita possui retornos constantes em escala e seus produtos marginais (quanto a K e L) são positivos e decrescentes. Assim sendo o cálculo do lucro de uma firma individual será dado por:

$$\Pi_{it} = Y_{it} - \rho_t K_{it} - W_t L_{it}$$

Substituindo a função de produção em Y_{it} tem-se:

$$\Pi_{it} = K_{it}^{\alpha} (A_t L_{it})^{1-\alpha} - \rho_t K_{it} - W_t L_{it}$$

Dessa forma o problema da empresa é o de maximizar seu lucro Π_{it} escolhendo o quanto se usar de K_{it} e de L_{it} dados seus preços, ou seja:

$$MAX_{(K_{it}, L_{it})} \left\{ \prod_{it} A_t K_{it}^\alpha (A_t L_{it})^{1-\alpha} \rho_t K_{it} - W_t L_{it} \right\}$$

A solução da condição de primeira ordem para a equação acima é:

$$\rho_t = \alpha A_t^{1-\alpha} \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{\alpha-1}$$

$$W_t = (1-\alpha) A_t^{1-\alpha} \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^\alpha$$

Pode-se obter a função de produção agregada dessa economia simplesmente aplicando o somatório nas funções de cada empresa individual.

$$\sum_{i=1}^N Y_{it} = A_{it}^{1-\alpha} \left(\sum_{i=1}^N \frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^\alpha L_{it}$$

$$Y_t = A_t^{1-\alpha} \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha L_t$$

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}$$

A solução no estado estacionário é:

$$A_t = \varepsilon \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\theta$$

$$\overset{\circ}{A} = \theta \left(\frac{K_t}{L_t} \right)$$

Se $\overset{\circ}{R}_t$ é constante $\Rightarrow \overset{\circ}{A}_t$ também é constante.

$$k_t = \frac{K_t}{L_t}$$

$$\bullet \quad \overset{\circ}{k}_t = \frac{\partial R_t}{\partial t} = \frac{\left(\frac{\partial K}{\partial t} \right) L_t - \left(\frac{\partial L_t}{\partial t} \right) K_t}{L_t^2} = sy - (\delta + \eta)k_t$$

Da função de produção:

$$y_t = \frac{Y_t}{L_t} = \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha A_t^{1-\alpha}$$

Sabe-se que:

$$A_t = \varepsilon \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\theta$$

Seja $\varepsilon^{1-\alpha} = a$, então:

$$y_t = \left(\frac{K_t}{L_t}\right)^\alpha \varepsilon^{1-\alpha} \left(\frac{K_t}{L_t}\right)^{\theta(1-\alpha)}$$

$$y_t = ak^{\alpha + \theta(1-\alpha)}, \text{ onde } k = \left(\frac{K_t}{L_t}\right)$$

Ou seja:

$$\bullet \quad \dot{k}_t = \frac{\partial k_t}{\partial t} = sak_t^{\alpha + \theta(1-\alpha)} - (\delta + \eta)k_t$$

$$\circ \quad \frac{\dot{k}}{k} = sak_t^{\alpha + \theta(1-\alpha) - 1} - (\delta + \eta)$$

Na expressão acima pode-se notar que \dot{k}_t será constante, ou seja, existirá crescimento balanceado, apenas se $\alpha + \theta(1-\alpha) = 1$ e, conseqüentemente, se $\theta = 1$. Assim, supondo $\theta = 1$ tem-se a seguinte função de produção agregada:

$$Y_t = aK_t$$

A fórmula acima mostra que, em nível agregado, o produto é proporcional ao estoque de capital. Pode-se estranhar na fórmula a ausência do fator trabalho. É importante notar que os bens não podem ser produzidos sem trabalho. A equação agregada exprime que o nível de produto é proporcional ao estoque de capital.

É importante entender a engenhosidade do modelo Arrow-Romer. As empresas individuais decidem o quanto de capital e trabalho contratar tomando por base os preços e o produto marginal dos fatores. Ocorre que elas não enxergam que da decisão de acumulação de capital ocorrerá uma externalidade positiva (novas idéias) que elevarão o produto. Essa externalidade “rompe”, em nível agregado, com os rendimentos marginais decrescentes dos fatores, tornando a função agregada linear, função aK.

Capítulo 4 - Fatos Estilizados de Crescimento Econômico

O modelo de Arrow-Romer reproduz os fatos estilizados observados por Kaldor (1961) que a partir de dados empíricos percebeu certas regularidades que qualquer modelo econômico que tente explicar crescimento deve contemplar. É possível mostrar que o modelo aK se encaixa nos pressupostos dos fatos estilizados.

Fato estilizado nº1: No longo prazo o produto per capita cresce a taxas positivas que não mostram tendência a diminuir.

Se $\theta = 1$, segue.

$$\overset{\circ}{k} = sa - (\delta + \eta), \text{ para } \overset{\circ}{k} > 0 \Rightarrow sa > (\alpha + \eta)$$

$$Y = aK$$

$$\text{Se } \overset{\circ}{k} > 0 \Rightarrow \overset{\circ}{y} > 0$$

Fato Estilizado nº2: A relação capital produto não apresenta tendência no longo prazo, ela tende a se manter constante.

$$\overset{\circ}{k} = \overset{\circ}{Y} = \frac{\overset{\circ}{k}}{\overset{\circ}{Y}} = \text{cte}$$

Fato Estilizado nº3: O retorno do capital físico, ou a taxa de lucro ρ não apresenta tendência no longo prazo, ela tende a se manter constante.

$$\rho = \text{cte}$$

$$\alpha A^{1-\alpha} \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{\alpha-1} = \rho_t$$

$$A = \varepsilon \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{\theta} \text{ para } \theta = 1$$

$$\alpha \varepsilon^{1-\alpha} \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{\theta(1-\alpha)} \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{\alpha-1} = \rho$$

$$\alpha a = \rho \Rightarrow \text{cte}$$

Fato Estilizado nº4: Existe grande variedade no crescimento do produto per capita dentre os países do mundo.

Como $\overset{\circ}{k} = sa - (\delta + \eta)$ é válido e os parâmetros s, a, η, δ diferem muito entre os países pode-se afirmar que contemplamos também o fato estilizado nº4.

Capítulo 5 - Estudos Empíricos Envolvendo PTF e Investimento

A teoria econômica tem como um dos seus principais objetivos tentar entender o porquê de alguns países apresentarem crescimento econômico acelerado durante as últimas décadas enquanto outros permaneceram na pobreza e subdesenvolvimento. Diversos estudos na literatura econômica focam esse fenômeno e dentro do escopo de estudo sobre o crescimento econômico é de suma importância entender sua relação com variáveis como acumulação de capital, produtividade, ciência e tecnologia. Dentre esses estudos pode-se ressaltar os trabalhos de Timmer e Van Ark (2000) e De Long e Summers (1991 e 1993).

O estudo de Timmer e Van Ark (2000) a respeito de formação de capital e crescimento de produtividade da Coreia do Sul e Taiwan revelou que a partir de meados dos anos 50 até os anos 90 o investimento em capital físico (máquinas) gerou crescimento na PTF com alguma defasagem. A tabela abaixo apresenta resultados de crescimento de estoque de capital, assim como o crescimento da PTF.

Tabela 2 – Taxas de Crescimento do Estoque de Capital e PTF

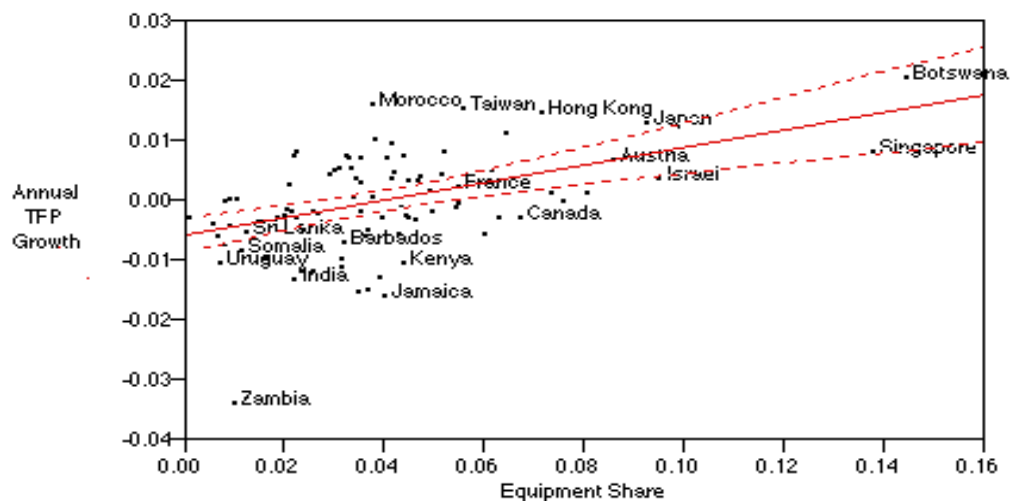
	Crescimento no Estoque de Capital em %	Crescimento na PTF
Coreia do Sul		
1963-73	12,48	0,05
1973-85	13,17	0,17
1985-96	10,8	2,27
Taiwan		
1963-73	12,58	2,14
1973-85	11,45	0,38
1985-96	8,35	1,91

Fonte: Timmer e Van Ark (2000)

Em seu trabalho De Long e Summers (1991 e 1993) mostram empiricamente com dados de países industrializados e países em desenvolvimento que a correlação entre o

investimento em máquinas e equipamentos e a PTF é positiva. A figura abaixo representa a relação entre o crescimento anual da PTF e a participação de maquinário no produto dos países estudados.

Figura 4 – Relação Crescimento da PTF com participação de maquinário no PIB



Fonte: De Long e Summers (1993)

Seguindo uma linha diferente o estudo de Easterly e Levine (1999) sustenta que o crescimento na PTF e não a acumulação de fatores são responsáveis pelas diferenças na renda per capita de diferentes países. O estudo de Blomstrom, Lipsey e Zejan (1996) mostra que o crescimento na PTF Granger causa o investimento, resultados distintos dos estudos acima referidos.

Capítulo 6 - Metodologia

6.1 Cálculo da Produtividade Total dos Fatores para a Economia Brasileira

Nesse trabalho serão calculadas quatro séries de PTF para o Brasil a partir do ano de 1948 até 2005. As séries históricas utilizadas no trabalho foram levantadas na base de dados do IPEA (ipeadata) e Penn World Tables 6.1. A produtividade total dos fatores foi medida segundo a metodologia apresentada por Solow (1957) e já descrita neste trabalho.

As medidas de produto escolhidas foram o PIB nominal dado pelo IPEAdata, o PIB per capitã por PPP fixo de agosto de 2001 obtido no Penn World Tables 6.1. A série de população residente foi estimada se valendo das taxas de crescimento populacional do IPEA de 1947 a 1979, a taxa de crescimento de 1980 foi de 2,41% a que corresponde a média entre as taxas de 1979 e 1981 e a partir de 1980 foi utilizado a população dada pelo IBGE. A série de investimento em capital físico utilizada foi a gerada pelo IBGE.

O objetivo desse exercício foi estabelecer comparação entre os efeitos de distintas séries de PIB e capital humano e os conseqüentes efeitos sobre a produtividade total dos fatores.

As quatro séries de PTF utilizando diferentes referências de dados foram calculadas:

PTF 1: Cálculo por PEA, PIB e Estoque de Capital

PTF 2: Cálculo por PEA com ajuste para capital humano, PIB e Estoque de Capital

PTF 3: Cálculo por População Residente, PIB e Estoque de Capital

PTF 4: Cálculo por PEA, Estoque de Capital e PIB por PPP

O cálculo das três primeiras séries de PTF são bastante intuitivas, suas diferenças estão apenas na forma de se computar o fator trabalho no resíduo de Solow. O cálculo da série de PTF quatro mescla dados obtidos por PPP e dados obtidos nas séries de contas nacionais, que são gerados em valores nominais.

Pode se levantar a discussão de que a série de investimento não corrigida para paridade de poder de compra pode distorcer de forma relevante os preços relativos e assim viesar os resultados para a produtividade total dos fatores.

Segundo o estudo de Cohen e Soto (2002) a utilização de PIB por PPP e série de investimento a valores nominais não induz a viés no cálculo de PTF, uma vez que as decisões de investimento são baseadas nos preços do mercado local e não em paridade de poder de compra.

6.2 A Construção da Série de Estoque de Capital

A construção do estoque de capital físico foi feita seguindo a metodologia de inventário perpétuo, descrito na equação abaixo:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (6.1)$$

Sendo que δ é a taxa de depreciação do capital físico, I_t a série de investimento em capital físico no período t e K_t o estoque de capital físico no momento t .

O método do inventário perpétuo requer que se tenha o estoque de capital físico no momento zero K_0 , que foi obtido a partir da equação (6.1):

$$K_0 = (1 - \delta)K_{-1} + I_{-1}$$

e

$$K_{-1} = (1 - \delta)K_{-2} + I_{-2}$$

Segue-se que

$$K_0 = I_{-1} + (1 - \delta)[I_{-2} + (1 - \delta)K_{-2}]$$

Substituindo sucessivamente, tem-se

$$K_0 = (1 - \delta)K_{-t} + \sum_{j=1}^t (1 - \delta)I_{-j}$$

Supondo que a economia se encontra em crescimento balanceado até o instante $t=0$, obtém-se.

$$I_{-j} = I_0(1 + g)^{-j}(1 + n)^{-j}$$

Onde n representa o crescimento da PEA e g a taxa de progresso técnico, tem-se então

$$K_0 = (1 - \delta)^t K_{-t} + \frac{I_0}{(1 + g)(1 + n)} \sum_{j=0}^{t-1} \left[\frac{1 - \delta}{(1 + g)(1 + n)} \right] \quad (6.2)$$

Sabendo que $1 - \delta < (1 + g)(1 + n)$, tomando-se o limite na equação (6.2) obtemos:

$$K_0 = \frac{I_0}{(1 + g)(1 + n) - (1 - \delta)}$$

Considerou-se I_0 o dado de investimento no primeiro ano observado na série, a taxa de progresso técnico g usado foi de 1,53% ao ano seguindo a metodologia adotada por

Gomes, Pessoa e Veloso (2003); como *proxy* de n utilizou-se a taxa de crescimento média da PEA no período estudado.

As elasticidades do capital e trabalho α e $(1-\alpha)$ na função de produção foram baseados nas pesquisas de Pires (2004), foi usado a elasticidade estimada para o meio do período e aplicada para toda a série estudada. Dessa forma α será igual a 0,55 e $(1-\alpha)$ será igual a 0,45.

6.3 Construindo a Série com Ajuste para Escolaridade

Os impactos do nível educacional na produtividade do trabalhador podem ser relevantes. Supõe-se que níveis de escolaridade mais elevados reflitam em maior produtividade por parte do trabalhador. Assim, supõe-se que o capital humano H seja dado por:

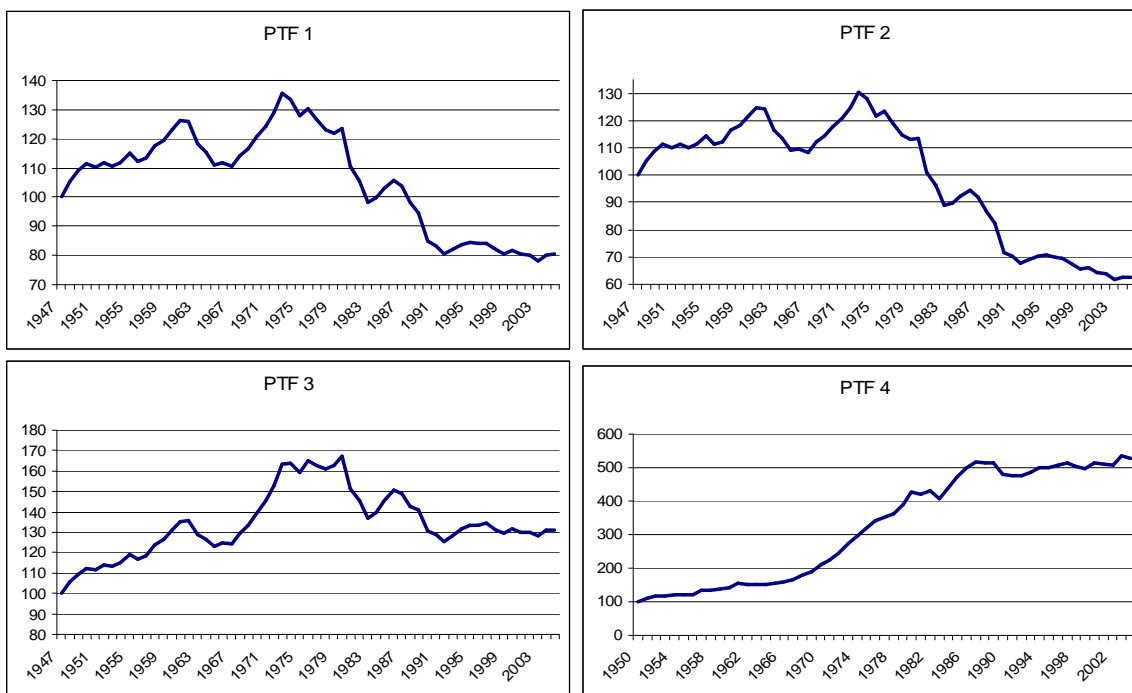
$$H = \phi^h$$

Onde H é o dado de capital humano ajustado à escolaridade, h é o número médio em anos da escolaridade do brasileiro, dado obtido junto ao banco de dados do IPEA; e ϕ corresponde à taxa de retorno para a educação⁵ extraído do trabalho de Lauro Ramos. Os dados referentes aos anos de escolaridade foram obtidos na FAPESP.

⁵ Tabelas disponíveis no Apêndice Estatístico

6.4 Resultados do Cálculo da PTF para a Economia Brasileira

Abaixo tem-se plotados os gráficos das séries de PTF calculadas segundo cada base de dados descrita no início desse capítulo. Os gráficos são expressos em índice, sendo que os gráficos 1,2 e 3 o ano de 1947 tem como base 100, no caso do gráfico 4 a série começa em 1950 e sua base neste ano é 100.



As séries de PTF 1, 2 e 3 que foram calculadas com dados extraídos do IPEAdata tem comportamento bastante semelhante: a PTF exibe taxas de crescimento moderado desde o fim da década de 40 até 1963 com o período de grande crescimento econômico que se obteve durante o plano de metas de Juscelino Kubitschek, e o enorme volume investido em projetos de infra-estrutura, principalmente a construção de Brasília e projetos de construção de rodovias, além da implantação de boa parte da indústria automobilística brasileira.

A partir de 1964, até meados da década de 70 nota-se um ciclo de crescimento acelerado da PTF no Brasil, que coincide temporalmente ao Plano de Ação Econômica do Governo (PAEG) posto em prática pelos governos militares.

Após a segunda metade da década de 70 os gráficos começam a se diferenciar, de forma que a PTF calculada usando dados de PEA com e sem ajuste e escolaridade (PTF 1 e 2) mostram uma queda acentuada da produtividade até o início da década de 90. O gráfico construído com base na população residente também apresenta queda, porém menos acentuada.

A partir da década de 90 até hoje se nota certa estabilidade da PTF nos dados calculados sobre a base do IPEA sem ajuste para escolaridade (gráficos 1 e 3); na série ajustada para escolaridade a PTF continua cadente inclusive após a década de 90.

O gráfico calculado tendo como base o PIB por PPP (gráfico 4) mostra uma série que tem crescimento durante praticamente todo o período de estudo mostrando maior aceleração durante a década de 70.

6.5 Busca da Relação entre PTF e Investimento em Capital Fixo no Brasil

Uma vez que foram geradas as séries da PTF, procurou-se estabelecer uma relação entre a produtividade total dos fatores e o investimento em capital fixo para a economia brasileira valendo-se do arcabouço econométrico. As séries que serão usadas para essa parte do estudo são a Formação Bruta de Capital Fixo (FBKF) e as séries de PTF calculado com a PEA e a PTF calculada com PEA ajustada por escolaridade (PTF 1 e 2).

Este estudo não tem como objetivo quantificar a relação entre PTF e investimento, mas sim buscar a existência ou falta de existência de uma relação de longo prazo entre as duas variáveis. Isso posto, a abordagem econométrica no caso será a de se testar as séries para busca de raiz unitária e em seguida aplicação de teste de cointegração sobre as séries a fim de se comprovar relação de longo prazo entre as bases de dados, ou seja, se estará seguindo o protocolo econométrico para a execução de uma regressão por mínimos

quadrados ordinários (OLS); porém, uma vez que não é do interesse se quantificar a relação entre as séries, a parte da regressão estará sendo deixada de lado.

6.5.1 Teste de Raiz Unitária e Cointegração

O teste para identificação de raiz unitária é necessário a fim de se evitar fazer uma regressão espúria, ou seja, uma regressão sem nenhum sentido econômico. As regressões espúrias são particularmente comuns quando se trata de séries não estacionárias, como no caso dos dados que são usados no trabalho, elas estariam relacionando a tendência da série altista ou baixista, podendo gerar alto R^2 , porém sem nenhum significado econômico prático.

Para mitigar o risco de incorrer em regressão espúria é necessário avaliar se as séries possuem estacionaridade, isso pode ser realizado através de teste de raiz unitária. Uma vez o teste aplicado, mesmo se descobrindo que as séries não são estacionárias, é possível abrir mão da regressão via (OLS) caso as séries sejam cointegradas.

O teste de raiz unitária aplicado nas séries foi o teste de Dickey Fuller (Dickey, Fuller 1979), pode-se ver os resultados do teste para cada uma das séries no apêndice estatístico e notar que em todas as séries tem-se uma única raiz unitária.

Tabela 4 - Teste de Cointegração de Johansen FBKF e PTF_PEA

Hipótese Nula	autovalores	π Traço	Valor crítico 5%	Valor crítico 1%
$r=0$		32.636	25.32	30.45
$r=1$	0.320	10.309*	12.25	16.26
$r=2$	0.163			

* significativo a 1 e 5%

Obs: Modelo com tendência estocástica e determinística

Apresentou 1 vetor de cointegração a 1% de significância no modelo com tendência linear

Tabela 5 - Teste de Cointegração de Johansen FBKF e PTF_KH

Hipótese Nula	autovalores	π Traço	Valor crítico 5%	Valor crítico 1%
$r=0$		36.596	25.32	30.45
$r=1$	0.364	10.303*	12.25	16.26
$r=2$	0.163			

* significativo a 1 e 5%

Obs: Modelo com tendência estocástica e determinística

Apresentou 1 vetor de cointegração a 1% de significância no modelo com tendência linear

A metodologia aplicada para o teste de cointegração foi o de Johansen, que pode ser entendida como uma generalização multivariada do teste de Dickey Fuller Aumentado. Os resultados do teste sobre as séries pode ser visto no apêndice estatístico. No presente exercício, as séries são cointegradas, indicando que há relação de longo prazo entre investimento e PTF. Esse resultado sugere que o investimento em capital físico guarda relação com o avanço da produtividade total dos fatores conforme sugere o modelo de Arrow-Romer.

Capítulo 6 – Conclusões

Como já expressei durante o trabalho, é correto afirmar, segundo a teoria de Arrow e Romer que investimento em capital físico é capaz de gerar conhecimento técnico via o processo descrito como “learning by doing” e uma vez esse conhecimento disponível a sua propagação para toda a economia se dá instantaneamente e gratuitamente, processo chamado de “spillover”. Esses processos combinados são capazes de elevar a produtividade agregada da economia.

Os estudos de Arrow e Romer também permitem um certo nível de abstração, de forma a possibilitar o encadeamento do processo de investimento com o de aumento da produtividade total dos fatores para uma economia em específico, essa foi a abordagem desse trabalho focando especificamente os impactos do investimento na produtividade da economia brasileira a partir do final da década de 50 até o ano de 2005.

Os estudos econométricos aplicados às séries para a economia brasileira corroboram com as conclusões de Arrow e Romer, apontando que existe de fato uma relação de longo prazo entre as séries de investimento e produtividade para o Brasil.

Porém deve-se ressaltar que existem fatores presentes na economia brasileira durante o período estudado que corrompem ou enfraquecem premissas teóricas e econométricas usadas para embasar o estudo. Alguns componentes da produtividade, em especial aqueles relativos à eficiência podem complicar a relação entre PTF e investimento.

Elevada taxa de inflação⁶, principalmente na década de 80, o que certamente baixou o nível de eficiência alocativa da economia brasileira durante o período, uma vez que o surto inflacionário brasileiro nesse período distorceu completamente os preços relativos para os ativos brasileiros.

Baixo nível de FBKF⁷ durante todo o período estudado incluindo o período pos plano Real.

⁶ Dados relativos a inflação brasileira encontram-se no apêndice estatístico

⁷ Dados relativos a FBKF brasileira encontram-se no apêndice estatístico

Elevadas taxas de desemprego⁸ para a economia brasileira, o modelo de Arrow e Romer tem como pressuposto o estudo de uma economia em pleno emprego dos fatores de produção.

Nível de carga tributária⁹ extremamente elevado durante todo o período, com destaque para o período pos plano Real, o que também leva a queda da eficiência da economia, uma vez que expulsa o setor produtivo privado da economia, incentivando a informalidade; e impede ou prejudica de forma importante a alocação ótima dos recursos na economia.

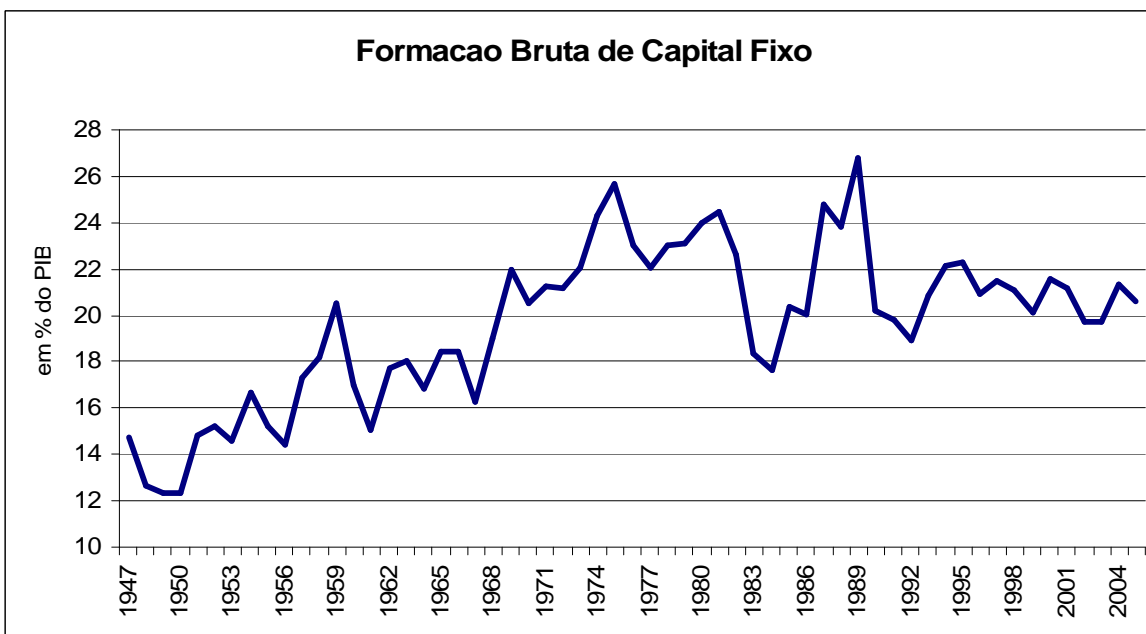
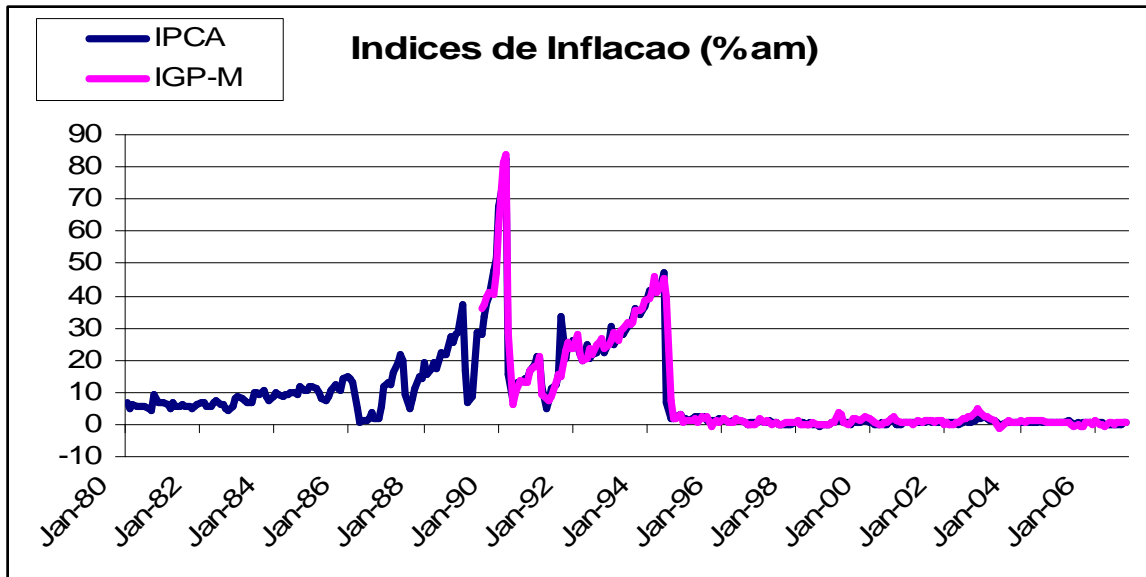
⁸ Dados relativos a desemprego no brasil encontram-se no apêndice estatístico

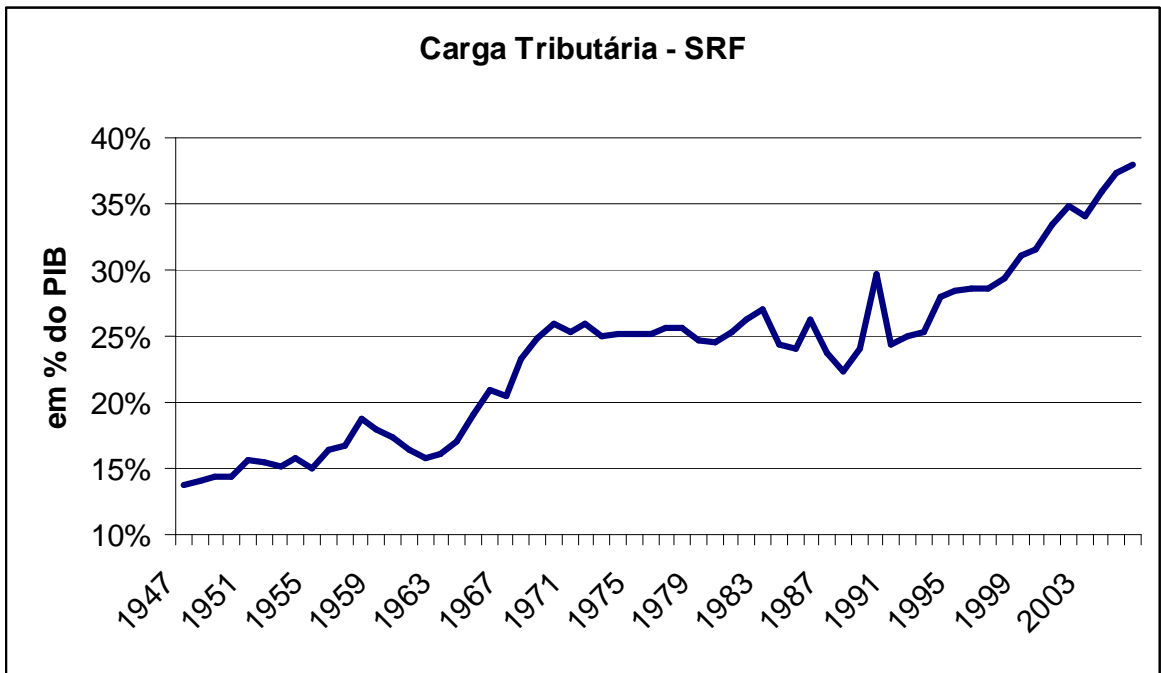
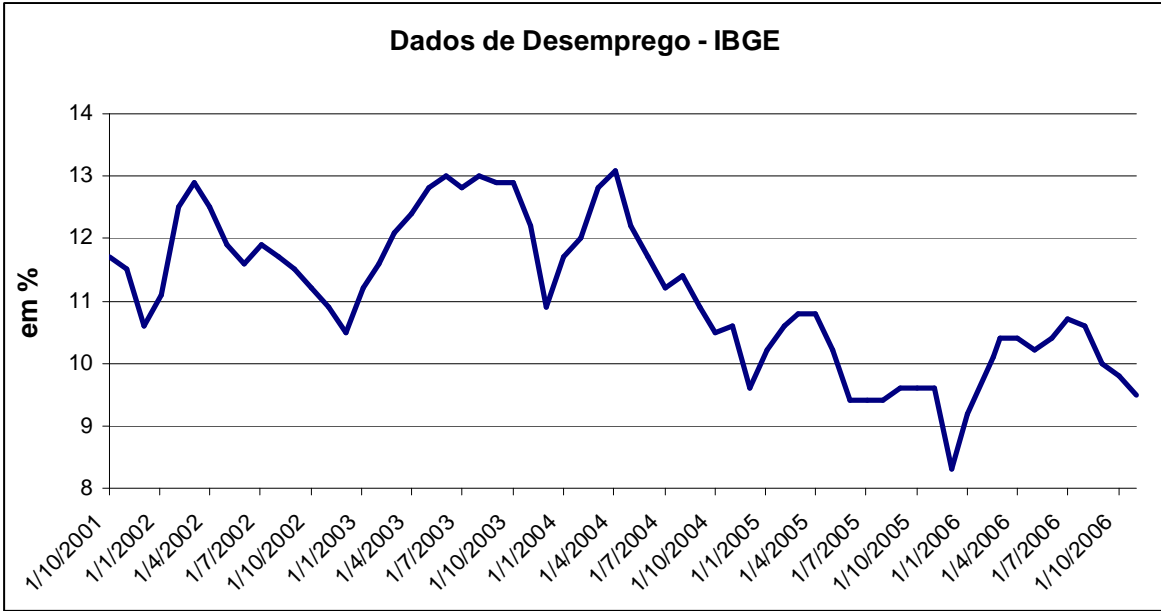
⁹ Dados relativos a carga tributaria brasileira encontram-se no apêndice estatístico

Bibliografia:

- (1) Arrow, Kenneth J., 1962, The economic implications of learning by doing, *Review of Economic Studies* 29, 155-177.
- (2) Abramovitz, Moses, “Economic Growth in the United States”, *American Economic Review*, 52, Número 4 (setembro 1962), página 762-782.
- (3) Cohen, Daniel and Soto Marcelo. (2002) “Why are some countries so poor? Another look at the evidence and a message of hope”. OECD technical papers number 197.
- (4) De Long, J. Bradford and Lawrence Summers. (1993) “How Strongly Do Developing Economies Benefit from Equipment Investment?” *Journal of Monetary Economics*, 32: 395-416.
- (5) Easterly, W. and R. Levine, 2001. “It's not a Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models”, *The World Bank Economic Review*, 15 (2): 177-219.
- (6) FERREIRA, P. C., PESSÔA, S. A. e VELOSO, F. A. *The Evolution of International Output Differences (1960-2000): from Factors to Productivity*. Rio de Janeiro, 2004.
- (7) FERREIRA, P. C., PESSÔA, S. A. e VELOSO, F. A. *On the Tyranny of Numbers: East Asian Miracles in World Perspective*. Rio de Janeiro, 2004.
- (8) PIRES, J.O. *Produtividade das Nações: uma abordagem de fronteiras estocásticas*. São Paulo, 2004.
- (9) RAMOS, Lauro; VIEIRA, Maria Lucia (1996). *A relação entre educação e salários no Brasil*. In: *A economia brasileira em retrospectiva - 1996*. Rio de Janeiro: Ipea.
- (10) Rapping, Leonard, “Learning and WWII Production Functions”, *Review of Economic and Statistics*, 47, Número 1 (fevereiro 1965), página 81-86.
- (11) VALDÉS, B., *Economic Growth: theory, empirics and policy*. United Kingdom, Edward Elgar Publishing Limited, 1999.
- (12) Blomstrom, Magnus, Robert E. Lipsey e Mario Zejan 1996. “Is Fixed Investment the Key to Economic Growth?” *Quarterly Journal of Economics*, 111(1):269-276.
- (13) Weil, David N 2005, “Accounting for the Effect of Health on Economic Growth”

Apêndice Estatístico





Retornos à Educação

VARIÁVEL	1976	1981	1985	1990
S_1	0,0865 (18,4)	0,0883 (21,6)	0,0846 (21,2)	0,0985 (15,9)
S_2	0,1409 (22,3)	0,1145 (22,0)	0,1062 (21,0)	0,0852 (12,6)
S_3	0,0985 (7,0)	0,1137 (9,6)	0,1011 (9,6)	0,1123 (8,3)
S_4	0,1826 (32,1)	0,1763 (44,6)	0,1889 (51,7)	0,1921 (41,2)
D_P	0,0904 (6,1)	0,0828 (6,4)	0,0695 (5,2)	0,0634 (3,2)
D_I	0,0240* (0,9)	-0,0034* (-0,2)	0,0723 (3,7)	0,0591 (2,3)
D_H	0,1856 (4,8)	0,1540 (4,7)	0,1846 (6,3)	0,1846 (5,0)
D_C	0,2889 (9,8)	0,2192 (9,9)	0,2005 (9,6)	0,1878 (6,8)
$\%R_P$	55	55	54	58
$\%R_I$	76	58	64	49
$\%R_H$	62	64	63	68
$\%R_C$	233	201	214	215
R^2	0,562	0,579	0,567	0,551

Nota: Os valores entre parênteses são as estatísticas t.

$\%R_j$: retornos totais associados ao curso completo do estágio j expressos em percentagem.

* Não são significativamente diferentes de 0 a 10%.

Período	Capital físico	PIB	PIB PPP	População economicamente ativa (PEA) - urbana	Capital humano total	População Residente
1947	167.058.602	106.938.751		6.254.216	7.361.275	46.726.616
1948	176.038.267	117.311.810		6.451.371	7.607.029	47.938.329
1949	185.447.437	126.344.819		6.654.742	7.861.145	49.231.324
1950	195.583.982	134.936.267	15.819.223.253	6.864.523	8.123.913	50.609.692
1951	209.753.310	141.548.144	18.307.024.680	7.160.724	8.490.260	52.075.806
1952	225.474.060	151.881.159	20.239.952.237	7.469.706	8.873.310	53.625.165
1953	240.777.885	159.019.573	21.299.521.368	7.792.020	9.273.835	55.251.542
1954	260.921.239	171.423.100	23.346.688.697	8.128.242	9.692.643	56.948.716
1955	280.176.230	186.508.332	25.134.052.626	8.478.972	10.130.581	58.710.465
1956	298.066.549	191.917.074	26.775.467.483	8.844.836	10.588.534	60.530.563
1957	323.497.527	206.694.689	30.800.061.410	9.226.486	11.067.429	62.402.790
1958	353.766.130	229.017.715	33.514.040.193	9.624.605	11.568.239	64.320.921
1959	393.063.405	251.461.451	37.266.393.015	10.039.900	12.091.977	66.278.733
1960	426.092.524	275.098.828	40.476.901.810	10.473.120	12.639.717	68.270.004
1961	456.179.420	298.757.327	46.225.570.127	10.958.150	13.252.620	70.290.604
1962	496.564.385	318.475.310	48.403.985.175	11.465.630	13.895.548	72.344.767
1963	536.972.910	320.386.162	51.715.109.852	11.996.620	14.570.014	74.438.823
1964	574.021.009	331.279.292	54.891.121.075	12.552.200	15.277.577	76.579.102
1965	616.425.659	339.229.995	59.988.744.180	13.133.510	16.019.882	78.771.930
1966	661.581.816	361.958.405	64.111.340.474	13.741.750	16.798.668	81.023.639
1967	699.758.626	377.160.657	69.261.836.597	14.378.150	17.615.731	83.340.555
1968	753.844.832	414.122.402	80.010.735.837	15.044.020	18.472.986	85.729.008
1969	827.280.006	453.464.030	91.423.081.440	15.740.730	19.372.444	88.195.327
1970	901.170.533	500.624.289	105.891.958.800	16.469.700	20.456.607	90.745.840
1971	988.148.888	557.409.712	122.690.954.506	17.520.780	21.971.827	93.383.090
1972	1.085.897.876	623.966.372	142.767.988.442	18.638.930	23.609.281	96.094.466
1973	1.204.661.217	711.126.498	171.772.389.628	19.828.440	25.380.009	98.863.574
1974	1.349.480.287	769.111.317	198.369.989.880	21.093.870	27.296.177	101.674.018
1975	1.510.103.095	808.848.600	232.393.554.490	22.440.060	29.371.201	104.509.404
1976	1.662.743.675	891.813.248	271.295.128.297	23.872.150	31.619.895	107.353.333
1977	1.810.873.375	935.818.240	304.168.393.381	25.395.640	34.058.695	110.189.412
1978	1.973.754.273	982.327.449	332.216.470.640	27.016.360	36.705.784	113.001.244
1979	2.147.324.008	1.048.728.464	381.381.819.594	28.740.510	39.581.333	115.772.433
1980	2.346.995.677	1.145.211.482	448.614.397.760	30.574.700	42.814.202	118.562.549
1981	2.533.052.560	1.096.539.994	471.972.064.414	31.823.090	45.023.358	121.381.328
1982	2.694.616.048	1.105.641.276	510.928.813.346	33.122.470	47.361.427	124.250.840
1983	2.797.594.490	1.073.245.987	524.915.614.183	34.474.890	49.837.046	127.140.354
1984	2.899.130.426	1.131.201.270	581.042.138.895	35.882.540	52.459.607	130.082.524
1985	3.046.451.325	1.220.000.570	641.904.271.280	37.347.660	55.239.185	132.999.282
1986	3.202.650.247	1.311.378.612	697.660.049.615	38.872.610	58.186.697	135.814.249
1987	3.426.797.111	1.357.670.277	742.415.278.087	40.459.820	61.313.898	138.585.894
1988	3.630.188.095	1.356.855.675	777.229.294.936	42.111.840	64.633.529	141.312.997
1989	3.878.063.942	1.399.732.315	819.590.246.870	45.200.000	70.287.719	143.997.246
1990	4.012.331.102	1.338.843.959	812.378.483.800	49.210.172	80.915.594	146.592.579
1991	4.139.307.032	1.352.653.924	846.874.723.266	50.593.269	83.594.511	149.094.266
1992	4.249.158.726	1.345.301.170	863.084.941.587	51.994.309	86.331.458	151.546.843
1993	4.394.695.804	1.411.554.107	926.339.941.103	53.411.533	89.124.545	153.985.576
1994	4.571.773.953	1.494.170.652	993.840.624.822	54.844.017	91.973.249	156.430.949
1995	4.758.858.389	1.557.281.324	1.063.519.820.880	56.286.608	94.869.915	158.874.963
1996	4.926.764.137	1.598.683.044	1.111.443.188.565	57.733.762	98.718.034	161.323.169
1997	5.109.244.548	1.650.975.967	1.174.259.431.800	59.178.515	102.694.179	163.779.827
1998	5.279.529.977	1.653.153.871	1.165.653.185.046	60.613.542	106.793.102	166.252.088
1999	5.430.654.657	1.666.138.963	1.214.030.675.908	62.029.120	111.004.976	168.753.552
2000	5.615.185.821	1.738.782.622	1.319.745.052.260	63.418.686	115.325.108	171.279.882
2001	5.792.112.075	1.761.560.674		64.774.700	119.746.683	173.821.934
2002	5.944.161.780	1.795.558.795		66.092.930	124.268.618	176.391.015
2003	6.092.839.850	1.805.343.780		68.609.680	131.263.079	178.985.306
2004	6.283.414.017	1.894.460.294		69.805.574	135.958.369	181.586.030
2005	6.462.092.332	1.937.598.291		70.000.000	138.862.885	184.184.264