

**TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 267**

**CAPITAL HUMANO E CRESCIMENTO:  
IMPACTOS DIRETOS E INDIRETOS**

**Luciano Nakabashi  
Lízia de Figueiredo**

**Junho de 2005**

Ficha catalográfica

330.34 Nakabashi, Luciano.  
N163e Capital humano e crescimento: impactos diretos e  
2005 indiretos. / Luciano Nakabashi, LÍZIA de Figueiredo. -  
Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2005.

35p. (Texto para discussão ; 267)

1. Desenvolvimento econômico – Modelos econométricos. 2. Macroeconomia - Modelos econométricos. 3. Capital humano - Modelos econométricos. I. Figueiredo, LÍZIA de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título. IV. Série.

CDU

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

**CAPITAL HUMANO E CRESCIMENTO: IMPACTOS DIRETOS E INDIRETOS**

**Luciano Nakabashi**

Professor Substituto do departamento de economia da Universidade Federal do Paraná e das Faculdades Eseei.  
E-mail: nakaba@ibest.com.br

**Lízia de Figueiredo**

Professora Adjunta do departamento de economia da Universidade Federal de Minas Gerais.

**CEDEPLAR/FACE/UFMG  
BELO HORIZONTE  
2005**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. CAPITAL HUMANO E TAXA DE CRESCIMENTO .....	10
2.1. Efeitos indiretos do capital humano .....	10
2.2. Comércio internacional e difusão.....	13
2.3. Difusão de tecnologia e investimento estrangeiro direto (IED) .....	14
3. O MODELO.....	16
4. METODOLOGIA E DADOS .....	20
5. RESULTADOS.....	21
6. CONCLUSÕES.....	25
7. REFERÊNCIAS .....	27
8. ANEXOS.....	30
Anexo I - Resultados das regressões sem correções.....	30
Anexo II – Testes das regressões do anexo I.....	32

## RESUMO

O objetivo do presente estudo é o de avaliar os diferentes canais pelo qual o capital humano afeta o nível e a taxa de crescimento da renda por trabalhador através do uso de uma variável que incorpora aspectos quantitativos e qualitativos deste fator. A proxy para capital humano a ser utilizada é anos de escola ( $h$ ) multiplicados pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e  $h$  vezes IDH ao quadrado. A suposição por trás do uso desta proxy é que quanto mais desenvolvido for o país, melhor é seu sistema de formação de capital humano. A análise empírica é baseada em um modelo que incorpora diversos canais pelo qual o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda por trabalhador: 1) através da melhora na produtividade marginal do trabalho; 2) criação de tecnologia; e 3) difusão de tecnologia. A consideração de variados canais em que o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda se deve à complexidade da relação entre estas duas variáveis. Assim, caso ocorra a omissão de alguns canais, podemos estar incorrendo em erros de especificação do modelo e obter coeficientes enviesados.

*Palavras Chaves:* Capital Humano; Renda por Trabalhador; Aspectos Qualitativos do Capital Humano; Produtividade Marginal do Trabalho; Criação de Tecnologia; Difusão de Tecnologia.

## ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the different channels in which human capital affects income level and growth and to use a proxy of human capital variable that incorporates quantitative and qualitative aspects of this factor. The human capital proxy that will be used is years of schooling ( $h$ ) times HDI (Human Development Index) and  $h$  times HDI squared. HDI utilization is to measure countries degree of development. The assumption is that the more developed a country is, the better is its system of human capital formation. The empirical analysis is based in a model that incorporates several channels in which human capital affects the rate of income per worker growth: 1) improving the marginal productivity of labor; 2) through creation of technology; and 3) diffusion of technology. The consideration of several channels in which human capital affects income is due to the complexity of the relationship between these two variables. Therefore, if we consider only some channels we can incur in model specification errors.

*Key words:* Human Capital; Income per Worker; Quality Aspects of Human Capital; Marginal Productivity of Labor; Creation of Technology; Diffusion of Technology

*JEL Classification:* C23; C60; C82; C87; E13; F43; I2; O11; O31; O33; O41.

## 1. INTRODUÇÃO

O papel do capital humano sobre o nível de renda e a taxa de crescimento foi enfatizado e formalizado no final dos anos 50 e começo dos 60 por três autores. Inicialmente, a introdução do capital humano na análise econômica foi associada à preocupação dos pesquisadores em entender a dinâmica da distribuição de renda entre os indivíduos. Esta foi a principal preocupação de Mincer (1958), em um dos primeiros trabalhos a elaborar o conceito de capital humano na forma em que ele é entendido atualmente. Um de seus objetivos centrais era explicar o aparente paradoxo em que os fatos sugeriam que a distribuição de probabilidade das habilidades dos indivíduos fosse normal, enquanto a variação de renda entre eles tivesse uma distribuição não normal, com o seu lado direito sendo assimétrico com uma cauda alongada (*positive skewed*). Ele enfatizou a importância de fatores econômicos sobre a distribuição de renda

Non-economic factors undoubtedly play an important role in the distribution of incomes. Yet, unless one denies the relevance of rational optimization behavior to economic activity in general, it is difficult to see how the factor of individual choice can be disregarded in analyzing personal income distribution, which can scarcely be independent of economic activity. (1958, pg. 283).

Assim, ele introduz indivíduos racionais maximizadores como um ponto de partida em seu estudo sobre a distribuição de renda. Essa preocupação do papel da educação sobre a distribuição de renda é natural, estando ela intimamente relacionada aos impactos da acumulação do capital humano sobre o crescimento e o nível de renda dos países. A diferença fundamental é que a primeira é, em geral, um estudo em âmbito microeconômico, enquanto que a segunda é no macro, apesar de ser possível estudar a distribuição de renda em uma esfera macroeconômica quando se está comparando diferentes países, como feito por Krueger (1968) e Lucas (1988).

Becker (1962) foi uma figura expoente no tratamento de vários assuntos econômicos através da utilização do conceito de capital humano. Partindo da suposição de que os indivíduos adquirem educação e treinamento, como uma forma consciente de investimento, Becker conseguiu explicar uma ampla gama de fenômenos para os quais eram fornecidas interpretações *ad hoc*. Entre seus objetivos estavam a explicação do padrão de rendimento dos trabalhadores e da distribuição de renda, além de fornecer uma explicação lógica para os seguintes fatos: 1) os rendimentos, usualmente, se elevam com a idade a uma taxa decrescente. A taxa de crescimento tende a ser positivamente correlacionada com o nível de qualificação, enquanto que o seu decréscimo tem uma correlação negativa; 2) taxas de desemprego tendem a ser negativamente correlacionadas com o grau de qualificação; 3) firmas, em países subdesenvolvidos, tendem a ser mais “paternalistas” com os empregados em relação aos países desenvolvidos; 4) pessoas mais jovens mudam de trabalho com maior frequência e recebem mais investimento, tanto no trabalho, quanto fora dele; 5) a distribuição de renda tende a ser “*positively skewed*”, principalmente entre trabalhadores mais qualificados; 6) pessoas com mais habilidades recebem mais educação e outros tipos de treinamento; 7) a divisão do trabalho é limitada pela extensão do mercado; e 8) o investidor típico em capital humano é mais impetuoso e, portanto, mais propenso a cometer erros, em relação ao investidor típico em capital físico.

Finalmente, Schultz (1960, 1961, 1962) foi fundamental no estabelecimento das relações macroeconômicas entre capital humano e crescimento econômico:

..., the hypothesis here advanced is that the inclusion of human capital will show that the ratio of all capital to income is not declining. Producer goods – structures, equipment and inventories – a particular stock of capital has been declining relative to income. Meanwhile, however, the stock of human capital has been rising relative to income. If the ratio of all capital to income remains essentially constant, then the unexplained economic growth which has been so puzzling originates mainly out of the rise in the stock of human capital. (Schultz, 1962, p. 1).

Assim, para Schultz, a inclusão da acumulação de capital humano é um elemento chave na compreensão do crescimento econômico, no longo prazo, pois ele é a principal fonte desse processo. A teoria do capital humano fornece, desse modo, a base teórica para o desenvolvimento dos modelos de crescimento endógeno desenvolvidos na segunda metade dos anos 80, como o de Romer (1986), por exemplo.

Apesar da teoria do capital humano fornecer muitos *insights* sobre as relações entre capital humano e crescimento econômico/nível de renda, ainda existem muitas controvérsias sobre a importância desse fator no crescimento econômico/nível de renda. Alguns estudos, como Romer (1990), Benhabib e Spiegel (1994), Hall e Jones (1998) e Pritchett (2001) encontram resultados que põem em dúvida a suposição de que o capital humano é um importante fator na determinação da renda de forma direta<sup>1</sup>. Entretanto, existem muitos outros que dão suporte a essa hipótese. Alguns deles são Krueger (1968), Easterlin (1981), Barro (1991), Mankiw, Romer e Weil (1992), além de Barro e Lee (2001), mas a maior parte das evidências é proveniente de estudos microeconômicos (Dowrick, 2003). As razões para o fato da maior parte das evidências serem provenientes de estudos na esfera microeconômica são erros de especificação do modelo e dados de reduzida qualidade.

Temple (2001, 1999) encontra que alguns *outliers* influentes podem mudar os resultados consideravelmente. Caso essas observações sejam omitidas, usando o método LTS<sup>2</sup>, a conclusão é de que o capital humano é mais importante na determinação da renda do que realmente parece ser. Nelson & Phelps (1966) fornecem um importante mecanismo alternativo sobre o papel do capital humano no crescimento/nível de renda como sendo um facilitador do processo de difusão tecnológica. Alguns estudos empíricos baseados na idéia deles, como Benhabib & Spiegel (1994, 2002) e Islam (1995), encontram evidências macroeconômicas que apóiam essa posição.

Apesar de serem minoria, outros estudos tentam analisar o impacto da educação sobre o crescimento controlando para a sua qualidade. Um exemplo é o estudo de Hanushek e Kimko (2000) onde eles utilizam como base teórica na análise empírica os modelos de crescimento endógeno em que o motor do crescimento é a acumulação de capital humano, como o de Lucas-Uzawa e introduzem a variável que mede a qualidade do ensino. De fato, os resultados encontrados indicam uma forte relação entre qualidade da educação e crescimento da renda per capita

---

<sup>1</sup> Por forma direta queremos dizer os efeitos do capital humano sobre a renda através da melhora marginal da produtividade do trabalho mantendo todos os outros fatores constantes (capital e tecnologia).

<sup>2</sup> *Trimmed Least Square*. Este consiste em procurar a parte da amostra para qual o modelo corrente tem o maior poder de explicação.

The corresponding estimates with the additional of our alternative measures of labor-force quality, found in the remaining columns, indicate a very strong relationship between quality and per capita growth rates. In the simplest form, adding either quality measure (QL1 or QL2) boosts the adjusted  $R^2$  to about 0.7, a substantial increase from the simpler models (p. 1190).

A base de dados utilizada para mensurar a qualidade educacional é composta por resultados de testes internacionais em ciências e matemática disponíveis para uma série de países (39 no total)<sup>3</sup>. Outro estudo que vai nessa direção foi realizado por Barro (2000) utilizando a base de dados montada por Barro e Lee (2001), também com 39 países e para as matérias matemática e ciências, baseados no TIMMS<sup>4</sup> para estudantes e no IALS<sup>5</sup> para adultos. Barro (2000) também encontra uma relação positiva entre os testes e taxas de crescimento da renda real per capita em dados de corte. Com a introdução da *proxy* para a qualidade, a *proxy* que mede a quantidade de educação perde importância e continua apenas marginalmente significativa o que o leva a concluir que “... *quality and quantity of schooling both matter for growth but that quality is much more important.*” (p. 24). Adicionalmente, Hanushek e Kimko (2000) encontram evidências de que a relação causal vai da medida de qualidade do capital humano para o crescimento econômico, pois ela está relacionada positivamente com a produtividade dos indivíduos.

Em um estudo para 48 estados americanos separados em cinco regiões, no período 1880, 1900, 1920 e 1950, Connolly (2004) utiliza como *proxy* para capital humano os gastos reais anuais (em dólares de 1967), baseado em um modelo de estoques perpétuos (*perpetual inventory model*). Segundo ela, esses dados são importantes para mensurar a qualidade do capital humano porque além de significar um maior grau de investimento no setor, também incorpora outras medidas de qualidade do capital humano como maiores salários dos professores, maior período de aula durante o ano e maior proporção de professores por aluno, com todas sendo positivamente correlacionadas com a quantidade de gastos no setor. Os resultados encontrados indicam que o aumento de produtividade devido à experiência do trabalhador é maior quanto mais capital humano embutido ele tiver.

O objetivo do presente estudo é analisar os diferentes canais pelos quais o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda, além de incorporar uma *proxy* desse fator que leva em conta aspectos qualitativos e quantitativos. A introdução dos vários canais pelos quais o capital humano influencia a taxa de crescimento da renda por trabalhador tem como objetivo a utilização de um modelo mais completo para evitar possíveis erros de especificação, pois no caso de omissão de uma variável relevante que esteja correlacionada com pelo menos uma outra variável independente, obteríamos coeficientes viesados e inconsistentes. De fato, a determinação das taxas de crescimento da renda por trabalhador entre os países é um assunto extremamente complexo e as formas em que o capital humano afeta essas taxas é variada. Além disso, é de se esperar a existência de algum grau de correlação entre as diversas formas em que o capital humano afeta essa taxa, pois um país que esteja engajado em criação de tecnologia provavelmente tem pessoas altamente capacitadas envolvidas no

---

<sup>3</sup> A variável que mede a qualidade do setor educacional é composta por testes de matemática e ciências. Quatro desses testes foram realizados pelo International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) e dois pelo International Assessment of Educational Progress (IAEP). Os anos em que os testes foram realizados são 1965, 1970, 1981, 1985, 1988 e 1991.

<sup>4</sup> The Third International Mathematics and Science Study in 1994 and 1995.

<sup>5</sup> International Adult Literacy Survey.

processo direto de produção de bens e serviços e no processo de difusão. Não há porque esperar que o capital humano de um determinado país esteja todo alocado em um setor, ainda mais se levarmos em consideração que existem forças que tendem a igualar o retorno desse fator empregado nos diferentes setores.

O método proposto de mensuração das *proxies* para capital humano consiste em multiplicar anos de escola pelo IDH e IDH<sup>2</sup>. A suposição por trás da utilização dessa *proxy* é de que a qualidade do sistema educacional depende do nível de desenvolvimento do país em questão, sendo o IDH a variável utilizada para tal mensuração. O emprego do IDH se deve por este ser um indicador bem estabelecido na literatura sobre desenvolvimento econômico e para os quais os dados estão disponíveis para uma ampla gama de países, além de eles serem de razoável confiabilidade. Duas amostras serão utilizadas no estudo empírico. Uma delas é composta por 96 países em quatro períodos de tempo (1985, 1990, 1995, 2000), mas a quantidade de observações não se iguala a 384, pois alguns países não possuem dados para todo o período. A outra amostra é composta por 29 países com uma base de dados mais completa e de maior confiabilidade<sup>6</sup>.

Segundo nossos resultados, a taxa de crescimento da renda não é influenciada diretamente pelo investimento em capital humano (ou este apresenta um impacto negativo na mesma). Esse resultado é o oposto ao encontrado em alguns estudos empíricos, como o de MRW, quando eles analisam o caso de convergência condicional, por exemplo. O capital humano destinado à criação de nova tecnologia parece ter um impacto negativo sobre o crescimento, o que é um fato um tanto quanto intrigante. Esse resultado contradiz a intuição dos modelos de crescimento endógeno baseados em P&D como, por exemplo, Romer (1990), Grossman e Helpman (1991a, 1991b), além de Aghion e Howitt (1992). No entanto, Jones (1995a, 1995b, 2002) apresenta evidências de que não há correlação positiva entre o capital humano destinado a P&D e crescimento econômico. Algumas evidências, no presente estudo, apontam que o capital humano atua através da aceleração do processo de difusão tecnológica, o que dá suporte ao modelo de Nelson e Phelps (1966), além de estar de acordo com evidências de alguns trabalhos empíricos, como Islam (1995) e Benhabib e Spiegel (1994). A difusão tecnológica é intensificada pelas importações e pelo investimento direto estrangeiro. Entretanto, o único fator que parece afetar a taxa de crescimento por trabalhador de forma consistente é a taxa de investimento em capital físico.

Além dessa introdução, o presente trabalho é composto pela próxima seção que discute os impactos indiretos do capital humano sobre a renda. Não discutimos os efeitos diretos pelo fato deles serem os mais tratados na literatura. Por efeitos diretos do capital humano, nós nos referimos àqueles que afetam a renda através da melhora na produtividade marginal do trabalho mantendo todos os outros fatores constantes (capital e tecnologia), isto é, da maior habilidade dos trabalhadores na realização de suas respectivas tarefas. Ele é representado pela introdução do capital humano de forma direta na função de produção. Os efeitos indiretos são aqueles que afetam a quantidade de tecnologia disponível para ser utilizada no processo de produção. Assim, são os fatores que influenciam na criação e difusão de tecnologia. Na terceira seção está o modelo a ser utilizado na análise empírica, que foi baseado na discussão realizada na seção anterior. A seção subsequente apresenta a metodologia e os dados. Finalmente, na quinta seção, são apresentados e discutidos os resultados.

---

<sup>6</sup> Assim, as regressões são feitas utilizando dados de painel com dados incompletos (não balanceado).

## 2. CAPITAL HUMANO E TAXA DE CRESCIMENTO

### 2.1. Efeitos indiretos do capital humano

Os impactos indiretos do capital humano no nível e crescimento da renda por trabalhador são os efeitos desse fator sobre o avanço tecnológico. Ele é um importante insumo na criação de tecnologia, além de ser um elemento essencial no processo de aquisição de tecnologia criada em períodos anteriores. O progresso tecnológico é tido como o principal fator na determinação do crescimento e nível de renda por trabalhador, no longo prazo

Science, technology and innovation increasingly determine the performance of modern economies and the competitiveness of industries. They influence macroeconomic variables such as employment, production and trade, and they contribute to economic prosperity by supporting the emergence and expansion of new industries, encouraging organizational changes and driving productivity improvements. (OECD, 2002, p. 23).

Desse modo, promover a produção e difusão de tecnologia é um elemento chave na determinação do crescimento de longo prazo. Para países que não participam de atividades voltadas à criação de tecnologia, o meio pelo qual eles podem experimentar melhoras tecnológicas é através do processo de difusão. Assim, esse canal passa a ser essencial na determinação do sucesso econômico dos países que não se engajam na criação de tecnologia. Nas palavras de Keller (2003):

International technology diffusion is also a major determinant of the world income distribution because most of the world's technological investments are undertaken by only a handful of highly developed countries. In consequence, international technology diffusion determines which less developed countries will succeed in catching-up with the currently rich countries, and which will not. (p. 2)

O capital humano é o principal fator na criação de novas idéias e, portanto, para o avanço tecnológico de uma forma geral. Boa parte dos estudos voltados para se entender esse mecanismo de criação de tecnologia surgiu em meados dos anos 80. Nesse período ocorreu um esforço no sentido de se entender quais forças internas ao sistema econômico eram capazes de gerar o crescimento econômico de longo prazo (Romer, 1994). Alguns dos expoentes da literatura sobre crescimento endógenos são Romer (1986, 1990), Grossman e Helpman (1991a,1991b) e Aghion e Howitt (1992). Nessa classe de modelos, seguindo Jones (1995a), o motor de crescimento pode ser representado por

$$(1) \quad \frac{\dot{A}_t}{A_t} = CL_{At}$$

em que  $C$  é uma medida de eficiência do trabalho na criação de tecnologia e  $L_{At}$  é a quantidade de trabalho alocada às atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Outro meio pelo qual o capital humano afeta o crescimento da renda é enfatizado por Nelson e Phelps (1966) que ressaltam a ligação entre capital humano e difusão de tecnologia: “*education*

*enhances one's ability to receive, decode, and understand information, and that information processing and interpretation is important for performing or learning to perform many jobs.*" (p. 69).

A quantidade de capital humano incorporada em cada indivíduo depende de sua ocupação. Se um indivíduo possui um emprego no qual as mudanças tecnológicas são frequentes e ele está em um ambiente de trabalho que requer adaptação constante, a quantidade de capital humano demandada para esse cargo será maior. Tendo essa idéia como pano de fundo, Nelson e Phelps (1966) desenvolvem um modelo onde o capital humano tem um papel decisivo no processo de difusão de tecnologia. No modelo deles, os retornos dos gastos em capital humano são positivos se a tecnologia está em constante progresso. A hipótese básica do modelo é a seguinte:

We suggest that, in a technologically progressive or dynamic economy, production management is a function requiring adaptation to change and that the more educated a manager is, the quicker will he be to introduce new techniques of production. To put the hypothesis simply, educated people make good innovators, so that education speeds the process of technological diffusion. (p. 70)

Algumas evidências dessa hipótese foram apresentadas por Foster e Rosenzweig (1996) em um estudo sobre a revolução verde na Índia (green revolution):

Not only did the returns to (primary) schooling increase on average during a period of rapid technical progress, but the returns increased at a higher rate in those areas that grew the most rapidly over the relevant period: educated individuals are either more able to manage new technologies or they become aware of productive innovations at earlier stages of growth than their less-educated counterparts. Regardless of which of these two components is responsible the implication is the same: faced with new information, educated individuals are better able to take advantage of technical change (p. 951).

No modelo formal, a suposição feita é de que a absorção e uso de novas tecnologias são dependentes do nível de educação e do *gap* tecnológico existente entre o nível de tecnologia do país  $i$  em  $t$  ( $A_{it}$ ) e a fronteira tecnológica ( $T_t$ ), definida como as melhores técnicas disponíveis para a produção, em  $t$ .  $T_t$  é uma medida do conhecimento e técnicas disponíveis para a produção. Ele é, supostamente, exógeno e avança a uma taxa constante ( $\gamma$ )

$$(2) \quad T_t = T_0 e^{\gamma t}$$

Com  $\gamma > 0$ . O crescimento do nível de tecnologia é dado por

$$(3) \quad \dot{A}_{it} = \Phi(H_i)(T_t - A_{it})$$

em que  $H$  é o nível de capital humano, que é constante por hipótese,  $\Phi(0) = 0$  e  $\Phi'(H) > 0$ . A equação (3) pode ser apresentada, de forma equivalente, como

$$(4) \quad \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \Phi(H_t) \left( \frac{T_t - A_t}{A_t} \right)$$

Por essa equação, a taxa de progresso tecnológico é uma função crescente do nível educacional e proporcional ao *gap* entre a fronteira tecnológica e o nível de tecnologia do país.

Islam (1995) encontra evidências que dão suporte ao modelo de difusão de tecnologia de Nelson e Phelps (1966). Sua medida de tecnologia é altamente correlacionada com o estoque de capital humano por trabalhador de cada país. Em sua análise empírica, Benhabib e Spiegel (1994) fazem uso de uma especificação semelhante à equação (4), mas que incorpora o efeito direto da capital humano sobre a criação de tecnologia:

$$(5) \quad \frac{\dot{A}_t}{A_t} = g(H_t) + \Phi(H_t) \left( \frac{T_t - A_t}{A_t} \right)$$

em que  $g(H_t)$  representa o termo que mede o impacto do capital humano empregado na criação de nova tecnologia. A equação (5) pode ser apresentada como:

$$(6) \quad \frac{\dot{A}_t}{A_t} = [g(H_t) - \Phi(H_t)] + \Phi(H_t) \left( \frac{T_t}{A_t} \right)$$

Como uma aproximação de (6) e utilizando o nível de renda como uma *proxy* para o nível de tecnologia, Benhabib e Spiegel utilizam a seguinte função na realização da análise empírica<sup>7</sup>:

$$(7) \quad [\log A_t(H_t) - \log A_0(H_t)]_i = c + (g - \Phi)H_i + \Phi H_i \left( \frac{Y_{\max}}{Y_i} \right)$$

Se empregarmos a diferença do ln na seguinte função de produção  $Y_t = A_t(H_t)K_t^\alpha L_t^\beta$ , e empregarmos a equação (7), chegamos a

$$(8) \quad \Delta \log Y_i = c + (g - \Phi)H_i + \Phi H_i \left( \frac{Y_{\max}}{Y_i} \right) + \alpha \Delta \log L_i + \beta \Delta \log K_i + \gamma \Delta \log H_i + \Delta \log \varepsilon_i$$

em que  $\Delta \log X = \log X_T - \log X_0$ , sendo X uma variável qualquer. Na equação (8) podemos ver que o capital humano pode afetar o crescimento da renda através de diferentes canais: pela criação de tecnologia (primeiro termo), incentivando a difusão de tecnologia (segundo termo) e diretamente pela melhora na capacitação da força de trabalho (último termo).

---

<sup>7</sup> Note que na equação (7) a opção dos autores foi pela utilização de uma função linear em H.

## 2.2. Comércio internacional e difusão

Comércio internacional é um importante meio de difusão de tecnologia porque esta se encontra embutida em bens comercializáveis. Portanto, quando um país compra bens de outro e os usa no processo de produção, a quantidade de tecnologia utilizada aumenta. Um exemplo é um país que compra máquinas de um outro que seja mais desenvolvido no setor em questão (de máquinas) para utilizá-las na produção doméstica. A idéia é de que quando se emprega bens intermediários estrangeiros no processo produtivo, o país está fazendo uso de tecnologia que foi desenvolvida com investimentos em P&D do inventor estrangeiro. O comércio internacional disponibiliza bens que incorporam conhecimento externo, fornecendo tecnologia que, de outro modo, não estaria disponível ou que seria muito mais custosa para ser obtida.

Como sugerido por Keller (2003), esse método de difusão de tecnologia deve ser chamado de “*passive technology spillover*” (p. 6)<sup>8</sup>, pois apesar do fato do país que importa possuir acesso indireto dos resultados do P&D externo, o conhecimento tecnológico que está incorporado no bem importado não está disponível aos inventores domésticos. Neste sentido, o comércio internacional conduz a aumentos de produtividade porque apenas um país precisa inventar um novo produto, enquanto que, potencialmente, todos podem se beneficiar do uso dele através da importação e, desse modo, fazerem proveito da nova tecnologia estrangeira (Keller, 2002). Além disso, na presença de comércio internacional, apenas um país precisa inventar e produzir uma nova variedade de produto, assim os países podem se especializar na produção daqueles bens em que são mais competitivos gerando um aumento de produtividade devido à melhor alocação de recursos.

Connolly (2003a, 2003b) argumenta que a importação de bens pode gerar oportunidades através de engenharia reversa (*reverse engineering*). Connolly (2003b) ainda sugere que bens de capital estrangeiros podem reduzir os custos de imitação. Assim, por esses dois argumentos, a importação de bens eleva a probabilidade de imitação e difusão.

De acordo com as idéias discutidas anteriormente, na presença de comércio internacional, a relação entre acumulação de conhecimentos e produtividade total dos fatores (PTF)<sup>9</sup> se move do nível nacional para o internacional e os países que não mantêm nenhuma atividade de P&D podem se beneficiar das atividades dos demais. Quando um país tem livre acesso à utilização de qualquer insumo disponível na economia mundial, sua produtividade depende das atividades de P&D mundiais, pois ele pode comprar qualquer insumo como os outros países e utilizá-lo no processo produtivo (Coe and Helpman, 1995). Este é um caso extremo onde todos os insumos intermediários são *tradables*, inclusive capital humano, além de que P&D doméstico e estrangeiro possuem os mesmos efeitos de produtividade sobre a economia doméstica<sup>10</sup>. Um efeito adicional do comércio internacional no processo de difusão de tecnologia é que ele pode gerar economias de escala na medida que as economias vão se tornando mais especializadas.

---

<sup>8</sup> Spillovers são as parcelas públicas do retorno de um determinado investimento. Um exemplo é um determinado investimento na criação de uma tecnologia que beneficia firmas e/ou indivíduos que são externos ao processo inventivo.

<sup>9</sup> Onde  $TFP = Y - \beta K - \alpha L$  e  $Y$  é produto,  $K$  e  $L$  são os fatores capital e trabalho empregados na produção,  $\beta$  e  $\alpha$  são as parcelas dos fatores capital e trabalho na renda, respectivamente.

<sup>10</sup> Cabe lembrar que devido a existência de patentes e outras formas de internalização do retorno dos investimentos em P&D, os efeitos positivos da criação de um novo produto são maiores na economia que o produziu e que se não existissem certas barreiras, legais ou não, para garantir a internalização desses retornos, não haveria incentivo para tais investimentos.

Coe e Helpman (1995), por meio de um modelo no qual uma economia produz bens manufaturados finais através do emprego de uma gama de insumos *tradables* e *nontradables*, encontram que economias mais abertas ao comércio internacional extraem maiores benefícios dos gastos em P&D estrangeiros quando comparadas com economias mais fechadas. Eles estimaram a seguinte equação com dados dos países da OCDE para o período 1971-1990:

$$(9) \quad \log F_i = \alpha_i^0 + \alpha_i^d \log S_i^d + \alpha_i^f m_i \log S_i^f$$

em que  $\log F$  é o log da PTF,  $S^d$  e  $S^f$  representam o estoque de capital em P&D doméstico e estrangeiro, respectivamente, onde o último é definido como o estoque de capital em P&D doméstico de cada parceiro comercial ponderado pela parcela das importações do país em questão provenientes de cada um deles, e  $m$  é a proporção das importações em relação ao PIB. Os resultados encontrados foram de que enquanto o estoque de capital em P&D doméstico tem um impacto muito maior sobre a produtividade em grandes economias, as pequenas, que são em geral mais abertas ao comércio internacional, beneficiam-se mais do P&D estrangeiro. Quando a análise é estendida de modo a englobar 77 países em desenvolvimento provenientes da África, Ásia, América Latina e Oriente Médio, e se inclui o capital humano na análise, Coe, Helpman e Hoffmaister (1997) encontram que *spillovers* provenientes de atividades de P&D de países desenvolvidos da região norte para os países menos desenvolvidos da região sul são substanciais. Estimando equações de regressão baseadas na seguinte especificação:

$$(10) \quad \log F_{it} = \alpha_i^0 + \alpha_i^S \log S_{it}^f + \alpha_i^M M_{it} + \alpha_i^E E_{it} + \alpha_i^{SM} M_{it} \log S_{it}^f + \alpha_i^{SE} E_{it} \log S_{it}^f + \alpha_{it}^T T_t + \mu_t$$

em que  $i$  e  $t$  representam países e período de tempo, respectivamente. Os coeficientes  $\alpha_i$ s representam parâmetros que são específicos a cada país,  $M$  é a parcela de máquinas e equipamentos importados de países industriais,  $E$  é a taxa de matrícula no ensino secundário,  $T$  denomina tempo,  $\mu$  é um termo de erro aleatório e as outras variáveis são as mesmas que foram especificadas na equação (9). Eles encontram que a PTF dos países em desenvolvimento é mais elevada quanto maior o estoque de capital em P&D estrangeiro, mais aberta a economia for para a importação de máquinas e equipamentos provenientes de países desenvolvidos e mais educada a força de trabalho.

### 2.3. Difusão de tecnologia e investimento estrangeiro direto (IED)

Os efeitos da operação de empresas multinacionais no país de origem ou destino não são claros o suficiente para gerar um consenso

The debate on foreign direct investment (FDI) has ranged from worries that outward FDI may substitute for domestic investment and erode technology leadership to the argument that firms must invest abroad in order to stay competitive in an increasingly international environment. (Blomström and Kokko, 1998, p. 1)

Rodrick (1999), também aponta para a possibilidade de causalidade reversa nos onde existe correlação entre crescimento da renda e investimento estrangeiro direto (IED): “*Much, if not most, of the correlation between the presence of [FDI] and superior performance seems to be driven by reverse causality: multinational enterprises tend to locate in the more productive and profitable economies*” (p.37). Porém, as razões para se acreditar que o investimento estrangeiro direto tem um papel importante sobre o processo de difusão de tecnologia são muitas. Primeiramente, quando uma multinacional inaugura uma subsidiária em um país, ela traz consigo conhecimento incorporado em capital físico e pessoas, além de novos métodos de produção (conhecimento não-incorporado). Ela também traz novos conhecimentos que serão ensinados para trabalhadores domésticos da nova fábrica através de vários tipos de treinamento:

The transfer of technology from [Multinational Enterprises (MNEs)] parents to affiliates is not only embodied in machinery, equipment, patent rights, and expatriate managers and technicians, but is also realized through the training of the affiliates’ local employees. This training affects most levels of employees, from simple manufacturing operatives through supervisors to technically advanced professionals and top-level managers. Types of training range from on-the-job training to seminars and more formal schooling to overseas education, perhaps at the parent company, depending on the skills needed. Although higher positions are often initially reserved for expatriates, the local share typically increases over time. (Blomström and Kokko, 1998, p. 13)

Segundo Aitken e Harrison (1999): “*Several studies have shown that foreign firms initiate more on-the-job training programs than their domestic counterparts.*” (p. 605). De acordo com Blomström e Kokko (1998) esse tipo de *spillovers* pode ser ainda mais importante para países em desenvolvimento porque “... *the public education systems in developing countries are relatively weaker*” (p. 14). Adicionalmente, subsidiárias interagem com fornecedores domésticos e alguns competidores, além de fornecerem insumos intermediários de alta qualidade. Seguindo Dimelis e Louri (2003): “*Strengthening competition, since [MNEs<sup>11</sup>] usually enter markets with high entry barriers and consequently strong oligopolistic rigidities, may also be important*” (p. 4). *Spillovers*<sup>12</sup> podem ocorrer também quando firmas domésticas se tornam mais eficientes pela imitação através da observação, por serem expostas a novos produtos e técnicas de produção e de mercado (Aitken e Harrison 1999), através da contratação de trabalhadores que foram treinados por eles e por engenharia reversa. Um outro possível efeito positivo ressaltado por Blomström e Kokko (1998) é que

As a result of their own export operations, [MNEs] may pave the way for local firms to enter the same export markets, either because they create transport infrastructure or because they disseminate information about foreign markets that can be used also by local firms. (p. 2)

Uma potencial fonte adicional de *spillovers* é a existência de interações entre as subsidiárias e os fornecedores domésticos. Estas são chamadas de ligações para trás (backward linkages). As razões para sua existência são os elevados custos e riscos na dependência de fornecedores que estão situados

---

<sup>11</sup> Multinational Enterprises.

<sup>12</sup> “Spillovers from FDI take place when the entry or presence of multinational corporations increases the productivity of domestic firms in a host country and the multinationals do not fully internalize the value of these benefits.” (Javorcik, 2003, p. 4).

em regiões distantes, pois a probabilidade de atrasos é maior e no caso de insumos com especificações incorretas, o tempo gasto na reposição do item deve ser longo, o que força a manutenção de elevados e custosos níveis de estoque desses tipos de insumo (Rodríguez-Clare, 1996). Desse modo, as subsidiárias que estão situadas em regiões mais distantes do país de origem estão mais propensas a gerar esse tipo de ligação: “*U.S. firms that locate production plants in interior regions of Mexico, such as Guadalajara, would generate more linkages than similar firms that locate in the border region*” (Rodríguez-Clare, 1996, p. 867). Ligações para trás também têm um papel importante no processo de difusão tecnológica e geração de *spillovers*, como exposto por Javorcik (2003), pelas seguintes razões:

(i) direct knowledge transfer from foreign customers to local suppliers; (ii) higher requirements for product quality and on-time delivery introduced by multinationals, which provides incentives to domestic suppliers to upgrade their production management or technology; and (iii) multinational entry increasing demand for intermediate products, which allows local suppliers to reap the benefits of scale economies. (Javorcik, 2003, p. 5)

Enfim, as atividades de P&D das afiliadas podem ser importantes em certos casos:

Firstly, [MNEs] do undertake R&D in their host countries, although it is strongly concentrated to the home countries. The affiliates research efforts could be important, and should be compared with the R&D efforts of local firms, rather than with the parents’ total R&D. Doing so, Fairchild and Sosin (1986) conclude that foreign firms in Latin America ... are very similar to those of domestic firms. In addition, they have access to the aggregate know-how base of the parent and related affiliates, and sometimes also to the parent’s R&D facilities. (Blomström and Kokko, 1998, pp. 14-15)

Assim, pela disponibilidade de novos conhecimentos, iniciação de programas de treinamento no trabalho (on-the-job training), fornecimento de insumos de alta qualidade, aumento da concorrência, facilitação da imitação, criação de novas oportunidades de exportação e criação de ligações para trás, seria de se esperar que fluxos positivos de IED tivessem como decorrência uma elevação na velocidade de difusão de tecnologia.

### 3. O MODELO

A função de produção é a seguinte:

$$(11) \quad Y_{it} = K_{it}^{\alpha} H_{it}^{\beta} (AL)_{it}^{1-\alpha-\beta}$$

em que Y é o nível de renda, K é o nível de capital físico, H é o nível de capital humano, A é o nível de tecnologia e L é a quantidade do fator trabalho usado no processo de produção. Os subscritos i e t se referem ao país i no tempo t. Adicionalmente,  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $1 - \alpha - \beta$  são as parcelas de cada um dos fatores na renda. Usando logaritmos naturais e derivando a equação (11) em relação ao tempo, temos:

$$(12) \quad \frac{\dot{Y}_{it}}{Y_{it}} = \alpha \frac{\dot{K}_{it}}{K_{it}} + \beta \frac{\dot{H}_{it}}{H_{it}} + (1 - \alpha - \beta) \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + (1 - \alpha - \beta) \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}}$$

em que  $\dot{X}$  corresponde a  $\partial X/\partial t$  e X representa qualquer uma das variáveis na equação (12).  
Dividindo e multiplicando o lado esquerdo e os dois primeiros termos da equação (12) por L, produz:

$$(13) \quad \frac{\dot{Y}_{it}/L_{it}}{Y_{it}/L_{it}} = \alpha \frac{\dot{K}_{it}/L_{it}}{K_{it}/L_{it}} + \beta \frac{\dot{H}_{it}/L_{it}}{H_{it}/L_{it}} + (1-\alpha-\beta) \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + (1-\alpha-\beta) \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}}$$

Pela validade de (14),

$$(14) \quad \frac{\dot{X}}{L} = x + nx$$

em que X representa qualquer uma das variáveis acima,  $x = \dot{X}/L$ , e  $n = \dot{L}/L$ , a equação (13) pode ser reescrita como

$$(15) \quad \frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} = \alpha \frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} + \beta \frac{\dot{h}_{it}}{h_{it}} + (1-\alpha-\beta) \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}}$$

Fazendo as mesmas suposições do modelo ampliado de Solow sobre as equações que regem a dinâmica da acumulação dos fatores capitais físico e humano, temos:

$$(16) \quad \dot{K}_{it} = s_{it}^k Y_{it} - \delta K_{it}$$

$$(17) \quad \dot{H}_{it} = s_{it}^h Y_{it} - \delta H_{it}$$

Se as duas equações acima forem expressas na forma de crescimento do capital por unidades efetivas de trabalho, encontramos:

$$(18) \quad \dot{k}_{it} = s_{it}^k y_{it} - (n_{it} + \delta)k_{it}$$

$$(19) \quad \dot{h}_{it} = s_{it}^h y_{it} - (n_{it} + \delta)h_{it}$$

O primeiro termo do lado direito das equações acima representa o investimento em capital por unidades de trabalho. Portanto, elas podem ser representadas por:

$$(20) \quad \frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} = i_{it}^k - (n_{it} + \delta)$$

$$(21) \quad \frac{\dot{h}_{it}}{h_{it}} = i_{it}^h - (n_{it} + \delta)$$

em que  $i^k$  e  $i^h$  representam a razão entre o investimento em capital físico e humano em unidades de trabalho pela quantidade de capital físico e humano em unidades de trabalho [ $i^k = (s^k y)/k$  e  $i^h = (s^h y)/h$ ] Fazendo o uso de (20) e (21) na equação (15), temos:

$$(22) \quad \frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} = \alpha i_{it}^k + \beta i_{it}^h + (1 - \alpha - \beta) \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} - (\alpha + \beta)(n_{it} + \delta)$$

Se utilizarmos a especificação de Benhabib e Spiegel (1994), que é baseada em Nelson e Phelps (1996) e Romer (1990), a dinâmica do progresso tecnológico pode ser representada por:

$$(23) \quad \dot{A}_{it} = \pi H_{A_{it}} A_{it}^{\xi} + \phi h_{it} (T_t - A_{it}) + \varepsilon$$

em que  $H_A$  é a quantidade de capital humano empregada em pesquisa e desenvolvimento (P&D),  $T_t$  é a fronteira tecnológica no tempo  $t$ ,  $\xi \leq 1$  relaxa a suposição *knife-edge*<sup>13</sup>, permitindo que esse canal, por onde o capital humano afeta o avanço tecnológico, não gere, necessariamente, crescimento endógeno (Solow, 1994) e  $\varepsilon$  é o termo de erro aleatório que representa outros fatores que podem afetar o crescimento do nível de tecnologia. Usando (23) em (22):

$$(24) \quad \frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} = \alpha i_{it}^k + \beta i_{it}^h + \frac{(1 - \alpha - \beta) \pi H_{A_{it}}}{A_{it}^{1-\xi}} + (1 - \alpha - \beta) \phi h_{it} \left( \frac{T_t - A_{it}}{A_{it}} \right) - (\alpha + \beta)(n_{it} + \delta) + \frac{(1 - \alpha - \beta)}{A_{it}} \varepsilon$$

Pela equação (24), o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda por unidade de trabalho por três vias distintas: 1) diretamente, onde o investimento em capital humano mensura a mudança nas habilidades dos trabalhadores que estão empregados no processo de produção; 2) criação de tecnologia, onde o que importa é a quantidade de capital humano empregada em atividades de P&D e a quantidade de tecnologia previamente acumulada; e 3) facilitando o emprego de tecnologia – criada previamente em outras regiões/países – no processo de produção (difusão de tecnologia)<sup>14</sup>.

Entretanto, o processo de difusão de tecnologia, como foi visto na seção anterior, é bem mais complexo do que aquele expresso por (23). Seguindo Coe e Helpman (1995), Coe, Helpman e Hoffmaister (1997), Keller (1999) e Connolly (2003), importações também pode ser um canal

<sup>13</sup> Suposição de retornos marginais constantes para o conhecimento acumulado (A)..

<sup>14</sup> As proxies para mensurar as várias maneiras pelo qual o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda por trabalhador são a variação de anos de escola da população com 25 anos ou mais como *proxy* para investimento em capital humano por trabalhador, anos de escola da população acima de 25 como *proxy* para estoque e publicações científicas/patentes concedidas como *proxy* para capital humano investindo em criação de tecnologia.

essencial no processo de difusão de tecnologia. Alguns outros estudos mostram que o investimento estrangeiro direto (IED) pode ser crucial nesse processo, como Javorcik (2003), Xu (2000) e Borensztein et al. (1998). Além disso, alguns outros estudos sugerem que o capital humano interage com os dois canais acima mencionados de modo a intensificar o processo de difusão. A introdução desses elementos na análise transforma a equação (23) em:

$$(25) \quad \dot{A}_{it} = \pi H_{Ait} A_{it}^{\xi} + \phi h_{it} (T_t - A_{it}) + (\phi_2 FDI_{it} + \phi_3 M_{it} + \phi_4 FDI_{it} h_{it} + \phi_5 M_{it} h_{it}) (T_t - A_{it}) + \varepsilon$$

em que é feita a suposição de que os canais de difusão são mais efetivos quando existe um maior nível de tecnologia que pode ser utilizada pelo país em questão, ou seja, quando ele está distante da fronteira tecnológica. Dividindo (25) por  $A_{it}$ , temos:

$$(26) \quad \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = \frac{\pi H_{Ait}}{A_{it}^{1-\xi}} + (\phi h_{it} + \phi_2 FDI_{it} + \phi_3 M_{it} + \phi_4 FDI_{it} h_{it} + \phi_5 M_{it} h_{it}) \left( \frac{T_t - A_{it}}{A_{it}} \right) + \frac{\varepsilon}{A_{it}}$$

Empregando (26) em (22):

$$(27) \quad \frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} = \alpha i_{it}^k + \beta i_{it}^h + (1 - \alpha - \beta) \left[ \frac{\pi H_{Ait}}{A_{it}^{1-\xi}} + (\phi h_{it} + \phi_2 FDI_{it} + \phi_3 M_{it} + \phi_4 FDI_{it} h_{it} + \phi_5 M_{it} h_{it}) \left( \frac{T_t - A_{it}}{A_{it}} \right) \right] - (\alpha + \beta)(n_{it} + \delta) + \frac{(1 - \alpha - \beta)}{A_{it}} \varepsilon$$

Com essa especificação, podemos avaliar o impacto de quase todos os canais discutidos na seção anterior em que o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda por trabalhador. Nessa equação é importante ressaltar que o crescimento da renda per capita não é, necessariamente, gerado de forma endógena já que os dois primeiros termos tendem a ter um efeito cada vez menor conforme se elevam os estoques dos capitais físico e humano por trabalhador, pois  $i^k = (s^k y)/k$  e  $i^h = (s^h y)/h$ , enquanto que o terceiro depende do valor de  $\xi$ , sendo este o único possível motor de crescimento endógeno da equação, o que somente ocorre quando  $\xi = 1$  (*knife-edge assumption*). O quarto termo depende da distância entre o nível de tecnologia da fronteira e do país em questão, pois quando os dois são os mesmos, o crescimento da renda por trabalhador proveniente desse canal é nulo. O último termo é apenas o da depreciação do capital. Quando todos os países chegassem na fronteira, todos cresceriam a uma taxa  $\gamma$ .

#### 4. METODOLOGIA E DADOS

O período do estudo é 1985-2000, com dados para cada cinco anos. A primeira amostra é composta por 96 países em quatro períodos distintos (1985, 1990, 1995, 2000), mas o tamanho da amostra não se iguala a 384 pela ausência de dados em alguns períodos. A segunda amostra é composta por 29 países cujos dados são compostos por uma base mais completa e confiável<sup>15</sup>. Essa amostra é empregada com fins de comparação dos resultados.

Pela equação (27), podemos ver quais as variáveis necessárias para avaliar os vários canais pelo qual o capital humano afeta o crescimento da renda por trabalhador. A *proxy* para investimento em capital humano por trabalhador é a variação dos anos de escola da população acima de 25 anos de Barro e Lee (2001). O estoque de capital humano por trabalhador é mensurado pelos anos de escola da população acima de 25 anos de Barro e Lee (2001). O investimento em capital físico por trabalhador é composto pela taxa de investimento multiplicada pela renda por trabalhador, com ambas retiradas da Penn World Tables 6.1, em preços constantes (1996).

Para a maior amostra, a *proxy* para quantidade de capital humano alocada para P&D é o número de patentes por habitantes concedidas pelo *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Pelo fato dessa medida ser influenciada pela vantagem que os aplicadores domésticos possuem em relação aos seus congêneres estrangeiros, a *proxy* para quantidade de capital humano alocada para P&D da menor amostra é o número de publicações científicas por habitante<sup>16</sup>, que também tem como fonte a OCDE (Science, Technology and Industrial Outlook – 2002).

A base de dados para investimentos estrangeiros diretos é da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). As importações são das Contas Nacionais da Penn World Tables. Ambas as séries foram divididas pela população acima de 25 anos de Barro e Lee (2001). Crescimento da força de trabalho é medido pelo crescimento da população acima de 25 anos e essa variável é utilizada como *proxy* para depreciação efetiva do capital<sup>17</sup>. O Índice de Desenvolvimento Humano usado na construção das *proxies* para capital humano que levam em consideração o diferencial em sua qualidade é do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP 2004).

A variável da equação (27) que ainda não foi mencionada é o nível de tecnologia da fronteira e de cada um dos países em questão. Eles são calculados através do emprego das equações de regressão de efeitos fixos baseadas nas regressões em nível<sup>18</sup>. A *proxy* para o nível de tecnologia de cada país é o coeficiente da variável dummy de cada um deles<sup>19</sup>, pois os coeficientes das dummies expressam as especificidades de cada país que não foram capturadas pelas variáveis explicativas utilizadas na regressão. Pelo fato de termos três *proxies* para capital humano, nós também calculamos três *proxies* para o nível de tecnologia: A, A', e A''. Cada uma delas correspondente às regressões usando h (anos

---

<sup>15</sup> Os países que compõem cada amostra estão no apêndice.

<sup>16</sup> Nós poderíamos usar a triadic patent families: um conjunto de patentes provenientes do European Patent Office (EPO), Japanese Patent Office (JPO) e USPTO. Entretanto, no período de análise, ela está disponível apenas para os anos 1990 e 1995.

<sup>17</sup> Pelo fato de assumirmos que o crescimento tecnológico e taxa de depreciação são as mesmas para todos os países.

<sup>18</sup> Essas regressões são baseadas no modelo de Solow estendido, onde as variáveis estão em nível. A variável dependente é o nível de renda enquanto que as independentes são a taxa de depreciação efetiva do capital, o nível de capital físico e o nível de capital humano. Todas as variáveis estão em ln.

<sup>19</sup> Pelo fato da tecnologia na equação 7 estar em ln, o nível de tecnologia de cada país é medido pela exponencial do coeficiente das variáveis dummies.

de escola),  $h'$  (anos de escola vezes IDH) e  $h''$  (anos de escola vezes IDH ao quadrado) como *proxy* para capital humano, respectivamente. Portanto, existem três estimativas de regressão para a equação (27) usando diferentes bases de dados para cada amostra. Quando  $A$  é utilizado como *proxy* para o nível de tecnologia, todas as outras variáveis que envolvem capital humano são calculadas com base em  $h$ . Assim, quando fazemos uso de  $A'$  e  $A''$ , empregamos  $h'$  e  $h''$ .

Nós utilizamos o método MQO<sup>20</sup> e de efeitos fixos para analisar a importância da especificidade de cada país depois que controlamos pelas variáveis da equação (27). Pelo fato do termo de erro aleatório ( $\varepsilon$ ) ser específico para cada país é possível que exista uma correlação entre  $\varepsilon$  e pelo menos uma das variáveis independentes da equação (29). Seguindo as palavras de Islam “*panel data framework provides a better and more natural setting to control for this technology shift term  $\varepsilon$* ” (1995, pp. 1134-35). Esse método de estimação é uma forma melhor de se analisar preferências e tecnologia entre os países, que são variáveis de difícil mensuração. Pelo fato dessas especificidades não estarem mais nos resíduos, a probabilidade de que estes sejam correlacionados com uma das variáveis independentes é menor.

Utilizando dados de painel, temos que decidir entre efeitos fixos e aleatórios. A estimação por efeito fixo assume que as diferenças entre as unidades de análise podem ser consideradas como mudanças paramétricas da função de produção. O método de estimação via efeitos aleatórios tem como suposição que a especificidade de cada unidade de análise é distribuída de forma aleatória. A principal desvantagem desse método é a suposição de que as especificidades de cada unidade de análise capturada por esse método de estimação não são correlacionadas com os outros regressores. Como a nossa principal motivação para a utilização de dados de painel é justamente porque esses efeitos individuais podem estar correlacionados com alguma outra variável independente, efeitos fixos é o método de análise mais apropriado na presente ocasião.

No presente trabalho, os resultados apresentados são por efeitos fixos, já que eles representam um avanço quando ao método MQO devido às razões expostas anteriormente. Os resultados por MQO estão no anexo.

## 5. RESULTADOS

Na tabela 1 estão os resultados das regressões baseadas na equação (27). Portanto, a variável dependente é a taxa de crescimento da renda por trabalhador e as variáveis não estão em ln. O método de estimação das regressões é de efeitos fixos. Todos os resultados foram corrigidos para heterocedasticidade e normalidade devido a potenciais problemas dessa ordem, como apontam os testes, que estão no anexo. Nas três primeiras regressões empregamos a amostra menor, representadas por S na segunda linha da Tabela 1. A diferença entre elas é a *proxy* para capital humano e todas as outras variáveis que envolvem seu uso, como o nível de tecnologia ( $A$ ) e os termos interativos. Na primeira, utilizamos variação de anos de escola ( $ih$ ). O nível de tecnologia, que tem como *proxy* os coeficientes das variáveis dummies das regressões em que as variáveis estão em nível, é baseado em  $ih$ , assim como os termos interativos que envolvem  $h$  e  $A$ . Na segunda, as respectivas variáveis são baseadas em  $h'$  (anos de escola vezes IDH), enquanto que na terceira  $h''$  (anos de escola vezes IDH ao quadrado). Nas três próximas regressões a amostra empregada é composta por 96 países, sendo ela representada por L, na segunda linha.

---

<sup>20</sup> Os resultados estão no anexo.

TABELA 1

Efeitos Diretos e Indiretos do Capital Humano sobre a Taxa de Crescimento da Renda (Equação 27)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	S	S	S	L	L	L
n	0.372 (1.22)	0.95 (2.74)**	0.912 (2.56)*	0.138 (0.63)	0.054 (0.25)	-0.011 (0.05)
ik	2.99E-05 (6.78)**	3.75E-05 (7.62)**	3.78E-05 (7.40)**	3.14E-05 (5.58)**	3.24E-05 (5.78)**	3.34E-05 (5.89)**
ih	-0.073 (4.10)**			-367 (3.15)**		
ih'		-0.260 (1.96)			-69 (0.37)	
ih''			-0.196 (1.52)			63 (0.41)
sp	-1.92E-05 (0.14)	-3.07E-04 (2.08)*	-2.73E-04 (1.80)			
p				-5.66e-06 (2.29)*	-5.30e-06 (2.29)*	-5.02e-06 (2.18)*
Ah	0.897 (4.17)**			1.37E-03 (1.56)		
A'h'		0.176 (0.80)			-1.52E-03 (0.73)	
A''h''			0.057 (0.24)			-3.86E-03 (1.26)
Afdi	4.57E-04 (0.43)			4.73E-05 (2.04)*		
A'fdi		4.71E-04 (0.45)			7.88E-05 (3.42)**	
A''fdi			2.82E-04 (0.26)			7.69E-05 (3.36)**
Am	7.89e-08 (6.04)**			2.24e-10 (1.38)		
A'm		2.72e-08 (1.75)			1.67e-10 (1.19)	
A''m			1.59e-08 (0.99)			2.37e-10 (1.81)
Afdih	-5.29E-05 (0.49)			-5.42e-06 (2.13)*		
A'fdih'		-5.82E-05 (0.51)			-9.50e-06 (3.44)**	
A''fdih''			-3.85E-05 (0.30)			-9.89e-06 (3.39)**
Amh	-1.57e-08 (6.41)**			-4.81e-11 (1.57)		
A'mh'		-8.74e-09 (2.85)**			-5.16e-11 (1.24)	
A''mh''			-8.71e-09 (2.37)*			-8.39e-11 (1.57)
c	-1.093 (3.37)**	-0.260 (3.39)**	-0.30 (0.20)	0.99 (1.67)	0.45 (2.74)**	0.45 (2.78)**
N	112	107	107	366	332	333
R <sup>2</sup>	0.80	0.78	0.76	0.65	0.68	0.68
F	3.31	3.30	3.38	2.04	2.59	2.47
Prob > F	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000	0.000

Notas: testes t estão entre parênteses. \* significativa ao nível de 5%; \*\* significativa ao nível de 1%. A variável dependente é a taxa de crescimento da renda por trabalhador, n é a taxa de crescimento de trabalhadores de cada país, ih é a variação de anos de escola das pessoas com 25 anos ou mais, ih' é a variação anos de escola multiplicado pelo IDH, ih'' é a variação de anos de escola multiplicado pelo IDH ao quadrado. A variável ik é o investimento em capital físico por trabalhador, p é o número de patentes por habitante concedidas, sp é o número de publicações científicas por habitante, Ah é  $[(T - A_i)/A_i]$  multiplicado por h, onde T é o nível de tecnologia na fronteira e  $A_i$  é o nível de tecnologia do país i, A'h' e A''h'' correspondem a Ah, mas empregando h' e h'', respectivamente. Afdi é o termo de interação entre  $[(T - A_i)/A_i]$  e IED, enquanto que A'fdi e A''fdi são os correspondentes usando a distância da fronteira calculado com h' e h''. Am é o termo de interação entre importações e a distância da fronteira. A'm, e A''m são os correspondentes quando h' e h'' são utilizados para calcular a distância da fronteira. Afdih é o termo de interação entre Afdi e h, enquanto A'fdih' e A''fdih'' são os correspondentes quando a distância da fronteira é calculada usando h' e h'', respectivamente. Amh é a interação entre Am e h, enquanto A'mh' e A''mh'' são os correspondentes utilizando h' e h'', c é a constante, N é o tamanho da amostra e F é o teste F para testar a hipótese de que todos os coeficientes das variáveis dummies são iguais a zero.

Na terceira linha da Tabela 1 vemos que o coeficiente da depreciação efetiva do capital ( $n$ ) é positivo em quase todos os casos e significativo nas segunda e terceira regressões. Esse resultado é o oposto do que poderíamos esperar pela teoria neoclássica de crescimento. Uma potencial explicação para esse resultado é a relação de causalidade. Nossa suposição é de que a depreciação efetiva do capital é exógena, embora seja mais provável que ela seja determinada endogenamente, pelo menos a taxa de crescimento do fator trabalhador, que é a *proxy* utilizada para essa variável. Se esse for o caso, países que possuem economias mais dinâmicas são justamente aqueles com maior crescimento da força de trabalho, o que explica a relação positiva entre as duas variáveis. Essa teoria ganha força caso os países mais desenvolvidos sejam os mais dinâmicos, pois os coeficientes são positivos, de maior magnitude e significativos em dois casos quando se emprega a amostra menor, que é composta por países mais desenvolvidos.

O único fator que parece afetar a taxa de crescimento por trabalhador de forma consistente é a taxa de investimento em capital físico ( $ik$ ), pois seu coeficiente é positivo, significativo e estável em magnitude, em todas as regressões, independentemente do tamanho da amostra e da variável utilizada como *proxy* para capital humano.

Os efeitos diretos do capital humano sobre a taxa de crescimento, que são capturados pelo investimento desse fator ( $ih$ ,  $ih'$  e  $ih''$ ), são negativos em todos os casos, com exceção da última regressão. Entretanto, quando levamos em conta o diferencial de qualidade desse fator ele deixa de ser significativo. Esses resultados são contrários aos esperados, pois, pelo modelo de Solow estendido e pela equação (27), eles deveriam ser positivos e significativos. Contudo, eles são semelhantes aos encontrados por Benhabib e Spiegel (1994): “*The most surprising result concerns the coefficient on the log difference in human capital,  $dH$ . The log difference in human capital always enters insignificantly, and almost always with a negative coefficient.* Resultados que não se alteram mesmo quando eles incluem variáveis dummies para a África e a América Latina. Outros estudos encontram resultados semelhantes, como Islam (1995) e Pritchett (2001). De acordo com Romer (1990b),

...there seems to be a general sense that the “human capital revolution” in development has been a disappointment, and that growth-accounting measures of the effects of education do not help us understand much of the variation in growth rates observed in the world. (Romer, 1990b, p. 274).

É possível que, mesmo com o ajuste para se levar em conta o diferencial de qualidade no capital humano, as *proxies* ainda estejam longe de capturar a real diferença desse fator entre os países analisados.

Outro resultado relativamente consistente é o papel negativo da capital humano destinado à criação de tecnologia. A relação é negativa tanto para a menor amostra, quando empregamos número de publicações científicas por habitante ( $sp$ ), quanto para a maior amostra, onde a *proxy* para quantidade de capital humano empregada em atividades relacionadas à criação de tecnologia é a quantidade de patentes concedidas ( $p$ ). Esse resultado é o contrário do que poderia ser esperado com base na teoria dos modelos de crescimento endógeno como Romer (1990), Grossman e Helpman (1991a,1991b) e Aghion e Howitt (1992). Mas como ressaltado por Pack (1994): “*Most empirical research generated by endogenous growth theory has tested earlier growth models, rather than testing endogenous theory itself*” ( p. 55), ou seja, os autores da nova teoria do crescimento não estavam muito preocupados com a validade empírica de seus modelos teóricos e parece, pelas observações

empíricas, que a relação é mais complexa do que a proposta nesses modelos, além de existirem inúmeras variáveis que não foram levadas em consideração na explicação de taxas de crescimento. Esse resultado está mais de acordo com as observações empíricas feitas por Jones (1995a, 1995b, 2002):

The number of scientists engaged in R&D in advanced countries has grown dramatically over the last forty years (because of population growth and an increase in the intensity of R&D), and growth rates either have exhibited a constant mean or have even declined on average. For example, according to the National Science Foundation (1989), the number of scientists engaged in R&D in the United States has grown from under 200,000 in 1950 to nearly one million by 1987; per capita growth rates in the United States exhibit nothing remotely similar to this fivefold increase (Jones, 1995a, p. 760).

Jones (1995b) mostra que Japão, Alemanha e França seguem padrões semelhantes, com um elevado crescimento do número de cientistas e engenheiros engajados em atividades de P&D, enquanto que a taxa de crescimento ou a produtividade total dos fatores permaneceram estáveis ou até mesmo sofreram reduções.

O capital humano parece ser mais importante através de seu papel sobre a difusão de tecnologia. Os coeficientes de sua interação com a distância da fronteira, como podemos ver pelos coeficientes de  $A_h$ ,  $A'h'$  e  $A''h''$ , são positivos, exceto nas duas últimas regressões, embora significativo apenas na primeira. No entanto, de forma geral, o coeficiente não é estatisticamente diferente de zero.

Investimento estrangeiro direto também parece ser um importante canal de difusão, ainda mais quando consideramos países menos desenvolvidos, pois os coeficientes de interação entre o *gap* tecnológico e IED ( $A_{fdi}$ ,  $A'_{fdi}$  e  $A''_{fdi}$ ) são positivos em todos os casos e significativos na maior amostra. Esse resultado está de acordo com os argumentos teóricos de Blomström and Kokko (1998) onde os *spillovers* provenientes de IED são mais importantes para países menos desenvolvidos. Entretanto, Xu (2000) e Keller e Yeaple (2003) encontram evidências de que IED é uma importante fonte de difusão de tecnologia e geração de *spillovers* para países desenvolvidos, como os EUA. Os termos de interação entre distância da fronteira, IED e capital humano ( $A_{fdih}$ ,  $A'_{fdih}$  e  $A''_{fdih}$ ) são todos negativos, além de significativos na maior amostra, embora de menor magnitude. Isto indica que países com maior nível de capital humano são aqueles que tiram menos proveito das oportunidades geradas pelos investimentos estrangeiros diretos. Além de contrastar com os argumentos teóricos dados anteriormente, os resultados são contrários aos encontrados por Xu (2000) e Borensztein et al. (1998). Ainda mais intrigante é o fato de que quando o termo de interação é incluído, no estudo de Borensztein et al. (1998), o coeficiente do IED se torna negativo e significativo em todas as especificações, o que os levam a concluir que “... *FDI makes a negative contribution to growth in countries with a low level of human capital.*” (p. 126).

Outro potencial canal que parece ser importante para difusão é importações, em que os coeficientes são positivos em todas as especificações, embora ele seja significativo apenas na primeira regressão. No entanto, ele é significativo na segunda e última regressões caso se considere o nível de significância de 10%. Os efeitos das importações estão de acordo com outros estudos como Coe e

Helpman (1995) e Coe, Helpman e Hoffmaister (1997), embora a variável dependente, no estudo deles, seja o logaritmo natural (ln) da produtividade total dos fatores e a *proxy* para medir o efeito das importações seja a fração das importações na renda multiplicada pelo ln do estoque de capital estrangeiro em P&D. Novamente, os países com um maior nível de capital humano parecem tirar menos proveito das oportunidades de difusão e *spillovers* geradas pelas importações, pois o coeficiente é negativo em todos os casos e significativo e de maior magnitude nas regressões da menor amostra.

## 6. CONCLUSÕES

A introdução dos vários canais pelo qual o capital humano influencia a taxa de crescimento da renda por trabalhador tem como objetivo a utilização de um modelo mais completo para evitar possíveis erros de especificação, pois no caso de omissão de uma variável relevante que esteja correlacionada com pelo menos uma outra variável independente obteríamos coeficientes enviesados e inconsistentes (os que têm correlação com a variável omitida).

No nosso modelo, a omissão dos canais indiretos pelo qual o capital humano afeta a taxa de crescimento da renda por trabalhador, por exemplo, iria aumentar o papel do capital humano de forma direta, caso este seja correlacionado positivamente com as variáveis omitidas. Assim, poderíamos chegar a concluir que seu papel direto é positivo e significativo, enquanto que, pelos resultados obtidos, concluímos que seu papel sobre o crescimento da renda por trabalhador é irrelevante ou até mesmo negativo. Na Tabela 1, podemos ver que os coeficientes do investimento em capital humano, que era negativo, perdem a significância quando levamos em conta a diferença na qualidade desse fator. Isso pode ser pelo fato de que os países que mais acumularam capital humano o fizeram apenas quantitativamente e, portanto, não tiveram um aumento do capital humano na mesma proporção, causando uma relação negativa entre investimento em capital humano e crescimento econômico. Assim, quando levamos em conta o diferencial em sua qualidade, vemos que esses países não tiveram um acúmulo de capital humano tão expressivo, levando o coeficiente a perder a sua significância.

O fator que parece afetar a taxa de crescimento por trabalhador de forma consistente é a taxa de investimento em capital físico. Vale a pena ressaltar que o investimento em capital físico é uma forma de aumentar o nível de tecnologia desde que se esteja implementando máquinas e equipamentos mais avançados tecnologicamente, o que deve ter ocorrido no período, pelo menos em parte.

A influência negativa do capital humano destinado à criação de tecnologia está presente em todas as amostras, contrariando as previsões dos modelos de crescimento endógeno. Assim, controlando para todos os canais da equação (27), os países que investem mais em criação de tecnologia são os que têm um pior desempenho em termos de taxa de crescimento. Evidências empíricas que não encontram relação positiva entre a quantidade de capital humano destinado a criação de tecnologia e taxa de crescimento também foram encontrados por Jones (1995a, 1995b, 2002). No entanto, ele não encontra evidências de que a relação seja negativa.

O capital humano parece ser mais importante através da sua interação com a distância da fronteira, ou seja, pela aceleração do processo de difusão tecnológica. O fato de o coeficiente ser positivo em todos os casos da amostra menor e somente para a primeira regressão da amostra maior

pode ser um indicativo de que é preciso que se tenha um nível mínimo de capital humano para poder se aproveitar dos conhecimentos e técnicas criados em períodos anteriores por outros países ou até pelo próprio país em questão. Países pobres com baixo nível de capital humano não aproveitam as oportunidades geradas pela criação de tecnologia em outras partes do mundo ou região pelo simples fato de não possuírem pessoas capacitadas para a aplicação e utilização das novas técnicas e conhecimentos. Porém, o coeficiente do investimento em capital humano só é estatisticamente diferente de zero na primeira regressão.

Investimento estrangeiro direto também parece ser um importante canal de difusão, ainda mais quando consideramos países menos desenvolvidos. Entretanto, o coeficiente da interação entre distância da fronteira, capital humano e IED é negativo, além de significativo em todos os casos quando empregamos a maior amostra. Esses resultados são justamente os opostos dos encontrados por Borensztein et al. (1998). Para se ter uma melhor idéia das causas desses resultados é preciso que seja feita uma análise mais detalhada sobre os fluxos de IED, além do grau de desenvolvimento tecnológico no processo de produção da subsidiária e da capacitação exigida dos empregados.

Outro potencial canal que parece ser um importante no processo de difusão é importações, em que os coeficientes são positivos em todas as especificações e significativos em três casos ao nível de significância de 10%. Os efeitos das importações estão de acordo com outros estudos como Coe e Helpman (1995) e Coe, Helpman e Hoffmaister (1997). Novamente, os países com um maior nível de capital humano parecem tirar menos proveito das oportunidades de difusão e *spillovers* geradas pelas importações, pois o coeficiente é negativo em todos os casos e significativo para a menor amostra. A mesma observação que foi feita no caso do IED sobre a necessidade de mais estudos vale para as importações.

Cabe ressaltar que, ao interpretar os resultados, não podemos desconsiderar os possíveis problemas de especificação do modelo, da falta de qualidade dos dados que sabemos que existe, além da possível utilização de *proxies* que não são adequadas na representação das variáveis em questão. Qualquer desses problemas aparece nos resultados da análise distorcendo o que realmente acontece no mundo real. Além disso, vários elementos que são cruciais no nível e taxa de crescimento da renda por trabalhador não foram considerados no presente artigo, como instituições e o conjunto de políticas econômicas adotadas por cada país, como ressaltado por Hall e Jones (1998), Sach e Warner (1997), Acemoglu et al. (2001) e Engerman e Sokolof (2004).

## 7. REFERÊNCIAS

- Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J.A., 2001. The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation. *The American Economic Review*, 91: 1369-1401.
- Aghion, P., Howitt, P., 1992. A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*, 60 (2): 323-351.
- Aitken, B.J., Harrison, A.E., 1999 Do Domestic Firms Benefit from Direct Foreign Investment? Evidence from Venezuela. *The American Economic Review*, 89 (3): 605-618.
- Barrel, R., Pain, N., 1997. Foreign Direct Investment, Technological Change, and Economic Growth Within Europe. *The Economic Journal*, 107(445): 1770-1786.
- Barro, R.J., 2000. Education and Economic Growth. *Department of Economics, Harvard University*, Working Paper.
- Barro, R.J., 1991. Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106 (2): 407-443.
- Barro, R.J., Lee, J.W., 2001 International Data on Educational Attainment: Update and Implications. *Oxford Economic Papers*, 53 (3): 541-563.
- Becker, G.S., 1993. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. United States: The University of Chicago Press, Chicago, Third Edition, pp. 3-130.
- Becker, G.S., 1962. Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis. *The Journal of Political Economy*, 70(5): 9-49.
- Benhabib, J., Spiegel, M.M., 2002. Human Capital and Technology Diffusion. *Federal Reserve Bank of San Francisco*, Working Paper 2003-02.
- Benhabib, J., Spiegel, M.M., 1994. The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34 (2):143-173.
- Blomström, M., Kokko, A., 1998. Multinational Corporations and Spillovers. *Journal of Economic Surveys*, 12 (2): 1-31.
- Borensztein, E., De Gregorio, J., Lee, J.W., 1998. How does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth. *Journal of International Economics*, 45: 115-135.
- Card, D., Krueger, A.B., 1992. Does School Quality Matter? Returns to Education and the Characteristics of Public Schools in the United States. *The Journal of Political Economy*, 100(1): 1-40.
- Coe, D.T., Helpman, E., 1995. International R&D Spillovers. *European Economic Review*, 39: 859-887.
- Coe, D.T., Helpman, E., Hoffmaister, A.W., 1997. North-South R&D Spillovers. *The Economic Journal*, 107 (440): 134-149.

- Connolly, M.P., 2004. Human Capital and Growth in the Post-Bellum South: A Separate but Unequal Story. *Journal of Economic History*, 64 (2): 1-39.
- Connolly, M.P., 2003a. North-South Technological Diffusion: A New Case for Dynamic Gains From Trade. *Duke University, Economics Department, Working Paper 99-08*: 1-29.
- Connolly, M.P., 2003b. The Dual Nature of Trade: Measuring its Impact on Imitation and Growth. *The Journal of Development Economics*, 72 (1): 31-55.
- Dimelis, S., Louri, H., 2003. Foreign Direct Investment and Technology Spillovers: Which Firms Really Benefit? *Athens Laboratory of Economic Policy Studies, Athens University of Economics and Business, Research Papers*: 1-28.
- Dowrick, S. 2003. Ideas and Education: Level or Growth Effects? *NBER Working Paper*, 9709: 1-30.
- Easterlin, R.A., 1981. Why Isn't the Whole World Developed. *The Journal of Economic History*, 41 (1): 1-21.
- Engerman, S. L., Sokolof, K.L., 2004. Factor Endowments, Institutions, and Differential Paths of Growth Among New World Economies: A View from Economic Historians of the United States. *National Bureau of Economic Research Working Paper*: H0066.
- Foster, A.D., Rosenzweig, M.R., 1996. Technical Change and Human-Capital Returns and Investments: Evidence from the Green Revolution. *The American Economic Review*, 86 (4): 931-953.
- Grossman, G.M., Helpman, E., 1991a. Quality Ladders and Product Cycles. *The Quarterly Journal of Economics*, 106 (2): 557-586.
- Grossman, G.M., Helpman, E., 1991b. Quality Ladders in the Theory of Growth. *The Review of Economic Studies*, 58 (1): 43-61.
- Hall, R.E., Jones, C.I., 1998. Why Some Countries Produce so Much More Output per Worker than Others? *National Bureau of Economic Research, Working Paper 6564*: 1-49.
- Hanushek, E.A., Kimko, D.D., 2000. Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations. *The American Economic Review*, 90 (5): 1184-1208.
- Islam, N., 1995. Growth Empirics: A Panel Data Approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (4): 1127-1170.
- Javorcik, B.S., 2003. Does Foreign Direct Investment Increase the Productivity of Domestic Firms? In Search of Spillovers Through Backward Linkages. Mimeo.
- Jones, C.I., 2002. Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas. *The American Economic Review*, 92 (1): 220-239.
- Jones, C.I., 1995a. R&D Based Models of Economic Growth. *The Journal of Political Economy*, 103 (4): 759-784.
- Jones, C.I. 1995b. Time Series Tests of Endogenous Growth Models. *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2): 495-525.

- Keller, W., 2003. International Technology Diffusion. *Journal of Economic Literature*. Under revision.
- Keller, W., 2002. Trade and the Transmission of Technology. *Journal of Economic Growth*, 7(1): 5-24.
- Keller, W., 1999. How Trade Patterns and Technology Flows Affect Productivity Growth. *National Bureau of Economic Research*, Working Paper 6990: 1-55.
- Keller, W., Yeaple, S.R., 2003. Multinational Enterprises, International Trade, and Productivity Growth: Firm-Level Evidence from the United States. Mimeo, pp. 1-52.
- Krueger, A.O., 1968. Factor Endowments and Per Capita Income Differences among Countries. *The Economic Journal*, 78 (311): 641-659.
- Lucas, R.E. Jr., 1988. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22 (1): 3-42.
- Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D., 1992. A contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107 (2): 407- 437.
- Mincer, J. 1958. Investment in Human Capital and Personal Income Distribution. *The Journal of Political Economy*, 66(4): 281-302.
- Nelson, R.R., Phelps, E.S., 1966. Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, LVI(2): 69-75.
- OECD Science, Technology and Industrial Outlook, 2002. Organization for Economic Co-operation and Development.
- Pack, H., 1994. Endogenous Growth Theory: Intellectual Appeal and Empirical Shortcomings. *The Journal of Economic Perspectives*, 8 (1): 55-72.
- Pritchett, L. 2001. Where Has All the Education Gone? *The World Bank Economic Review*, 15 (3): 367-391.
- Rodríguez-Clare, A., 1996. Multinationals, Linkages, and Economic Development. *The American Economic Review*, 86 (4): 852-873.
- Rodrik, D., 1999. The New Global Economy and Developing Countries: Making Openness Work. United States of America, Published by The Overseas Development Council.
- Romer, P., 1994. The Origins of Endogenous Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, 8(1): 3-22.
- Romer, P., 1990. Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98 (5): S71-S102.
- Romer, P. 1990b. Human Capital and Growth: Theory and Evidence. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, North Holland, 32: 251-286.
- Romer, P., 1986. Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.

- Sachs, J.D., Warner, A.M., 1997. Fundamental Sources of Long-Run Growth. *The American Economic Review*, 87(2): 184-188.
- Solow, R.M., 1994. Perspectives on Growth Theory. *The Journal of Economic Perspectives*, 8 (1): 45-54.
- Solow, R.M., 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39: 312-320.
- Solow, R.M., 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1): 65-94.
- Schultz, T.W., 1962. Reflections on Investment in Man. *The Journal of Political Economy*, 70(5): 1-8.
- Schultz, T.W., 1961. Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 51(1): 1-17.
- Schultz, T.W., 1960. Capital Formation by Education. *The Journal of Political Economy*, 68: 571-583.
- Temple, J.R.W., 2001. Heterogeneity and Growth Process. Generalizations that Aren't? Evidence on Education and Growth. *European Economic Review*, 45 (4-6): 905-918.
- Temple, J.R.W., 1999. A Positive Effect of Human Capital on Growth. *Economic Letters*, 65 (1): 131-134.
- Uzawa, H. 1965. Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth. *International Economic Review*, 6 (1): 18-31.
- Xu, B., 2000. Multinational Enterprises, Technology Diffusion, and Host Country Productivity Growth. *Journal of Development Economics*, 62: 477-493.

## **8. ANEXOS**

### **Anexo I - Resultados das regressões sem correções**

Na tabela A1 estão os resultados utilizando efeitos fixos sem correções com base na equação (27), onde a variável dependente é o a taxa de crescimento da renda por trabalhador. A diferença entre elas está no tamanho da amostra. As três primeiras são compostas pela menor amostra, enquanto que as demais pela maior amostra.

TABELA A1

Resultados sem Correção dos Efeitos Diretos e Indiretos do Capital Humano sobre a Taxa de Crescimento da Renda (Equação 27)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	S	S	S	L	L	L
<b>n</b>	0.31 (0.80)	0.436 (1.10)	0.422 (1.06)	0.182 (0.59)	-0.014 (0.05)	0.017 (0.06)
<b>ik</b>	2.88E-05 (5.15)**	3.10E-05 (5.53)**	3.16E-05 (5.53)**	3.73E-05 (5.02)**	3.43E-05 (4.90)**	3.63E-05 (5.00)**
<b>ih</b>	-0.042 (1.87)			-524 (3.18)**		
<b>ih'</b>		-0.151 (0.99)			-382 (1.62)	
<b>ih''</b>			-0.083 (0.58)			-87 (0.45)
<b>sp</b>	-1.49E-04 (0.88)	-5.8E-05 (0.34)	-2.8E-05 (0.16)			
<b>p</b>				9.67E-07 (0.27)	1.39E-06 (0.48)	1.28E-06 (0.43)
<b>Ah</b>	0.614 (2.25)*			-0.00384 (3.16)**		
<b>A'h'</b>		0.139 (0.55)			-0.00267 (1.02)	
<b>A''h''</b>			0.047 (0.18)			-0.001742 (0.45)
<b>Afdi</b>	2.00E-03 (1.20)			Dropped (.)		
<b>A'fdi</b>		1.00E-03 (0.56)			7.57E-05 (2.63)**	
<b>A''fdi</b>			4.76E-04 (0.38)			-2.72E-12 (0.06)
<b>Am</b>	6.45E-08 (3.89)**			-5.35E-10 (2.37)*		
<b>A'm</b>		2.97E-08 (1.68)			1.18E-10 (0.68)	
<b>A''m</b>			1.90E-08 (1.06)			3.31E-10 (1.98)*
<b>Afdih</b>	-1.66E-04 (1.22)			-9.91E-12 (0.62)		
<b>A'fdih'</b>		-7.2E-05 (0.55)			-9.25E-06 (2.69)**	
<b>A''fdih''</b>			-5.3E-05 (0.37)			-4.57E-07 (0.53)
<b>Amh</b>	-1.28E-08 (4.13)**			9.58E-11 (2.24)*		
<b>A'mh'</b>		-9.38E-09 (2.68)**			-3.74E-11 (0.72)	
<b>A''mh''</b>			-9.70E-09 (2.36)*			-1.16e-10 (1.71)
<b>c</b>	-0.41 (2.91)**	-0.22 (1.85)	-0.19 (1.84)	0.094 (1.27)	-0.021 (0.29)	-0.066 (0.99)
<b>N</b>	112	107	107	366	332	333
<b>R<sup>2</sup></b>	0.85	0.86	0.86	0.47	0.56	0.54
<b>A.R<sup>2</sup></b>	0.77	0.78	0.78	0.27	0.36	0.34
<b>F</b>	3.31	3.30	3.38	2.04	2.59	2.47
<b>Pr&gt;F</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000	0.000

## Anexo II – Testes das regressões do anexo I

Testes 1 – Os testes abaixo correspondem às regressões da Tabela A.1 para a menor amostra. Os três primeiros resultados correspondem às regressões realizadas pelo método MQO (que não estão apresentadas no anexo anterior), enquanto que as três últimas correspondem ao método de efeitos fixos

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of yg

$\chi^2$  (1) = 11.79 10.60 13.29 11.35 8.60 11.39 8.77 10.42 12.42  
 Pr >  $\chi^2$  = 0.0006 0.0011 0.0003 0.0008 0.0034 0.0007 0.0031 0.0012 0.0004

Variable	VIF	1/VIF				
ik	2.22	1.93	1.86	7.44	7.03	7.24
sp	2.01	2.18	2.21	47.08	45.13	45.44
Afdi	98.10			196.41		
Alfdi		89.18			174.17	
A2fdi			79.03			155.02
Afdih	100.84			197.75		
Alfdih1		92.28			176.90	
A2fdih2			82.09			158.01
n	1.22	1.34	1.40	7.80	7.92	8.00
Am	43.79			307.88		
Alm		7.08			62.14	
A2m			4.39			38.93
Amh	42.80			246.97		
Almh1		7.26			38.10	
A2mh2			4.59			22.51
ih	1.11			1.68		
ih1		1.61			2.37	
ih2			1.77			2.79
ah	1.54			210.16		
alh1		1.50			99.91	
a2h2			1.48			65.95
M. VIF	32.63	22.71	19.87	90.62	28.52	21.72

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
Res1	0.020	0.012	10.10	0.0064
Res2	0.013	0.028	9.52	0.0086
Res3	0.032	0.021	8.73	0.0127
Res4	0.019	0.025	9.22	0.0100
Res5	0.004	0.010	12.55	0.0019
Res6	0.006	0.009	12.11	0.0023

Durbin-Watson statistic (original)

1.2720 1.3797 1.4124 2.1297 2.2484 2.2340

Testes 2 – Os testes abaixo correspondem às regressões da Tabela A.1 para a maior amostra. Os três primeiros resultados correspondem às regressões realizadas pelo método MQO (que não estão apresentadas no anexo anterior), enquanto que as três últimas correspondem ao método de efeitos fixos

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity  
 Ho: Constant variance

$\chi^2(1) = 1.35 \quad 11.14 \quad 12.00 \quad 159.04 \quad 0.06 \quad 0.01$   
 $Pr > \chi^2 = 0.2449 \quad 0.0008 \quad 0.0005 \quad 0.0000 \quad 0.8119 \quad 0.9039$

Variable	VIF	1/VIF				
n	25.07	1.57	27.94	90.97	5.77	103.55
afdi						
alfdi	18.70				40.43	
a2fdi			26.89			94.95
afdih	24.22			83.77		
alfdih1		19.15			39.35	
a2fdih2			1.18			1.79
ah	2.14			79.55		
alhl		1.40			85.93	
a2h2			1.22			66.58
ih	1.67			3.21		
ih1		1.29			3.60	
ih2			1.27			3.19
ik	1.59	1.85	1.82	14.58	18.20	18.87
am	29.41			299.62		
alm		9.82			75.68	
a2m			6.94			45.46
amh	27.26			203.16		
almhl		9.14			47.25	
a2mh2			6.86			26.32
patents	1.05	1.06	1.06	11.07	11.05	11.11
MeanVIF	14.05	7.11	8.3	5	93.28	13.91
					13.85	

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
Res1	0.000	0.000	.	0.0000
Res2	0.000	0.000	28.68	0.0000
Res3	0.000	0.000	27.24	0.0000
Res4	0.000	0.000	.	0.0000
Res5	0.000	0.000	36.77	0.0000
Res6	0.001	0.000	29.55	0.0000

Durbin-Watson statistic (original)

1.0141    0.9366    0.9550    1.9358    2.0729    2.1006

### Anexo III – Resultado por MQO corrigidos

Na tabela A2 estão os resultados das regressões por MQO fazendo o uso da equação (27). As três primeiras regressões foram feitas utilizando a menor amostra, enquanto que nas três subsequentes se utiliza a maior amostra e todas foram corrigidas para problemas de heterocedasticidade e normalidade.

**TABELA A2**  
**Regressões por MQO baseadas na equação (27)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	S reg	S reg	S reg	L reg	L reg	L reg
N	0.242 (1.31)	0.155 (0.76)	0.070 (0.33)	0.050 (0.33)	0.033 (0.20)	0.079 (0.49)
Ik	1.36E-05 (3.70)**	1.16E-05 (3.16)**	1.04E-05 (2.83)**	8.19e-06 (3.45)**	9.21e-06 (3.58)**	1.17E-05 (4.59)**
Ih	-0.003 (0.15)			-229 (2.06)*		
Ih'		0.175 (1.12)			-57 (0.36)	
Ih''			0.298 (2.28)*			241 (1.73)
sp	-1.30E-04 (3.08)**	-1.43E-04 (3.10)**	-1.28E-04 (2.71)**			
P				3.46e-08 (0.03)	2.24e-07 (0.22)	3.56e-07 (0.35)
Ah	0.123 (4.37)**			-3.67E-04 (1.94)		
A'h'		0.151 (3.92)**			-7.11E-04 (1.86)	
A''h''			0.155 (3.10)**			-4.46E-04 (0.74)
Afdi	2.78E-03 (2.40)*			3.82E-05 (1.78)		
A'fdi		2.58E-03 (2.40)*			3.29E-05 (1.46)	
A''fdi			2.60E-03 (2.33)*			-3.20E-05 (1.43)
Am	1.00e-08 (1.33)			2.88e-11 (0.44)		
A'm		8.15e-09 (1.09)			-5.64e-11 (0.78)	
A''m			4.17e-09 (0.54)			-1.06e-10 (1.46)
Afdih	-2.55E-04 (2.17)*			-4.24e-06 (1.76)		
A'fdih'		-2.54E-04 (2.17)*			-3.56e-06 (1.29)	
A''fdih''			-2.72E-04 (2.08)*			-3.79e-06 (1.29)
Amh	-1.98e-09 (1.27)			-3.47e-12 (0.24)		
A'mh'		-1.93e-09 (1.01)			2.96e-11 (1.12)	
A''mh''			-1.26e-09 (0.54)			6.30e-11 (1.62)
C	-0.056 (1.40)	-0.042 (0.99)	-0.037 (0.85)	0.034 (1.19)	0.020 (0.62)	0.012 (0.38)
N	112	107	107	366	332	333
R <sup>2</sup>	0.31	0.31	0.29	0.13	0.10	0.10

**Anexo IV – países que compõem as duas amostras**

**TABELA A3**  
**Países que compõem a menor amostra**

Australia	Germany United	Japan	Portugal
Austria	Greece	Korea	Spain
Belgium	Hungary	Mexico	Sweden
Canada	Iceland	Netherlands	Switzerland
China	Ireland	New Zealand	Turkey
Denmark	Israel	Norway	United Kingdom
Finland	Italy	Poland	United States
France			

**TABELA A4**  
**Países que compõem a maior amostra**

Algeria	Denmark	India	Netherlands	Spain
Argentina	Dominican Rep.	Indonesia	New Zealand	Sri Lanka
Australia	Ecuador	Iran, I.R. of	Nicaragua	Sweden
Austria	Egypt	Ireland	Niger	Switzerland
Bangladesh	El Salvador	Israel	Norway	Syria
Barbados	Fiji	Italy	Pakistan	Taiwan
Belgium	Finland	Jamaica	Panama	Thailand
Benin	France	Japan	Papua New Guin.	Togo
Bolivia	Gambia	Jordan	Paraguay	Trinidad & Tob.
Botswana	Germany, United	Kenya	Peru	Tunisia
Brazil	Ghana	Korea	Philippines	Turkey
Cameroon	Greece	Lesotho	Poland	Uganda
Canada	Guatemala	Malawi	Portugal	United Kingdom
Central Afr. R.	Guyana	Malaysia	Romania	United States
Chile	Haiti	Mali	Rwanda	Uruguay
China	Honduras	Mauritius	Senegal	Venezuela
Colombia	Hong Kong	Mexico	Sierra Leone	Zaire
Congo	Hungary	Mozambique	Singapore	Zambia
Costa Rica	Iceland	Nepal	South Africa	Zimbabwe
Cyprus				