

LUCIANO NAKABASHI

**TRÊS ENSAIOS SOBRE CAPITAL HUMANO E RENDA POR  
TRABALHADOR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia.

Orientadora: Lízia de Figueiredo  
Co-orientador: Márcio A. Salvato

BELO HORIZONTE  
JUNHO/2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## **Dedicatória**

Dedico aos meus pais, à minha filha e à Lilian Roberta Matimoto

## **Agradecimentos**

A vida segue um curso com várias mudanças de direção. Ainda não sei ao certo se ela é complicada ou se somos nós que fazemos com que ela fique assim. Vamos seguindo e aprendendo, principalmente com nossos próprios erros, mas porque será que esse nosso mundo parece ficar mais complicado se vamos aprendendo? Quanto à vida, de uma maneira geral, acho uma pergunta um tanto quanto difícil de se responder, mas em relação aos estudos, acho que só aprendemos que pouco sabemos!

Essa fase do doutorado foi muito importante para mim. Aprendi muito com meus erros e percebi que devemos aceitar que as outras pessoas também cometem seus próprios erros. Talvez tenha passado por uma fase de amadurecimento, o que é natural ao ser humano. No entanto, não tenho dúvidas de que as pessoas mais próximas foram extremamente importante nesse processo que nunca termina.

Me sinto uma pessoa de muita sorte, pois tenho pais e irmãos maravilhosos! Nós não escolhemos a família onde nascemos, portanto, deve ser sorte! Meus pais são grandes exemplos com conseqüente influência positiva sobre seus filhos. Com meu pai (Fernando Tamotu Nakabashi), aprendi que devemos dar valor a tudo que temos, que para prosperar temos que batalhar muito e não desistir diante dos obstáculos e que, não importa qual seja a dificuldade, devemos ser honestos e respeitar o próximo. Com minha mãe (Suely Doimo dos Reis Nakabashi), aprendi a dar valor às pessoas próximas, a não ter vergonha das emoções que sinto, a reclamar quando necessário para fazer valer nossos direitos. Com ambos aprendi o que é amor e segurança, por ter sempre recebido isso deles, além de que devemos ter humildade sempre.

Meus irmãos também são um grande orgulho e tenho aprendido muito com eles. Os dois são exemplos de humildade e capacidade. Gosto muito de conversar com eles e sempre sou grato pela boa vontade dos dois. Minha irmã (Cláudia Cristina Doimo Nakabashi) me dá algumas broncas para que eu não fique culpando os outros quando eu faço algo de errado e tenho que confessar que, na maior parte das vezes, ela está certa. Gosto muito de conversar com meu irmão (Rodrigo Nakabashi) e acho ele uma ótima companhia.

Com o passar dos anos, acabei encontrando a maior fortuna da minha vida: minha querida filha (Luane Novaes Nakabashi). Eu, que não acreditava em amor à primeira vista, fui surpreendido: amo ela desde a primeira vez que a vi e tenho certeza que sempre terei esse sentimento. Hoje, ela é um dos principais motivos para minha luta e conquistas. Apesar dela não estar morando comigo, penso nela todos os dias e gostaria muito que ela estivesse!

Também tive a sorte de conhecer outra pessoa que é muito especial e também um dos meus maiores tesouros (Lilian Roberta Matimoto). Hoje ela é minha namorada e futura esposa. Sorte porque acabamos nos conhecendo quando crianças (eu tinha uns nove anos e ela uns sete ou oito). Depois de muito tempo, acabamos nos encontrando de uma outra forma e nesses três anos e meio juntos tenho aprendido muito com ela. Ela sempre tem estado ao meu lado e me ajudado em vários momentos, inclusive com minha tese, que não tem nada a ver com a área dela.

A nossa família veio a se juntar mais duas pessoas que têm trazido muita alegria também: minha cunhada (Adriana Lourenço) e meu cunhado (Ricardo Hamada). Do casamento do meu irmão ainda têm duas figurinhas (meus sobrinhos: Diego e Arianne) que tenho muito amor. Os dois são muito especiais e trazem muita alegria a todos da nossa família.

Pode parecer que o discurso anterior não tem muita relação com o meu doutorado, mas são essas as pessoas que mais me deram suporte para que eu pudesse começar o curso e concluir com êxito esse longo período de estudo. A minha opinião é que somos formados, em grande parte, pelas pessoas que estão a nossa volta. Se isso for verdade, eu não teria conseguido quase nada sem a presença deles.

Nesse sentido, a fila de agradecimentos é longa: tenho muito orgulho de toda minha família (parte de mãe e pai) e todos os meus amigos e colegas (a galera de Votu, da Unicamp, da UFPR, da UFMG e da Universidade do Texas) que tiveram, de uma forma ou de outra, algum convívio até o presente momento. Alguns amigos e pessoas mais próximas que marcaram e sempre estarão do lado esquerdo do peito são: de Votu, toda a nossa turma (Magal, Gorayb, Ronie, Solange, Jeff, Narigudo e Massaro); da Unicamp, Michel, Yoiti e Shiyoyiti (grandes companheiros de república e amigos de infância), Rafa, Gustavo, Jean, Sil, Jaque, Ana Maria, Flávia, Roberta, Harold e Emílio; do Mestrado, Marcelo Abílio, Alex Lava, Alexandre Figueiredo, Marcus Vinícius, José Guilherme, Paulinho, Thaiza Bahry, Ângela, Sandra, Fernanda e Léo; da UFMG, Marcelão, Euler, Maurício Meu Rei, Guilherme, Fernando Batista, Luciano Araxá, Helger, Kenya, Alexandre, Ana Cláudia e Marina; da UT, Luíz Fujiwara e Kara, Senichiro, Vilmar Faria People (Juliana, Magna, Murilo e Elaine), Ernesto, Sérgio, Renné e Maria, Michael, Tânia, Lissete e Alonzito. Todo esse pessoal veio dando a maior força nesses dez anos e meio de estudo de economia.

Voltando para a esfera do Doutorado, esse não foi um período muito fácil pessoalmente, mas de elevado aprendizado. O fato de ter morado em quatro cidades explica boa parte da dificuldade, pois o processo de adaptação a um novo lugar não é tão simples.

Comecei-o em Belo Horizonte (Cedeplar). O primeiro ano foi um tanto quanto puxado, pois tive que fazer todas as matérias do mestrado novamente e algumas do doutorado. Valeu a pena, pois tinha vários conceitos que precisavam ser reforçados e nunca aprendemos tudo quando vemos uma matéria apenas uma vez. Conheci alguns lugares em BH, mas não muitos, pois a turma 2002 gostava mais de ficar estudando, o que não posso criticar, pois não sobrava muito tempo. No entanto, fiz algumas boas amizades com algumas pessoas da minha turma e das turmas 2001 e 2003. Aproveitei para conhecer algumas das interessantes cidades históricas de Minas juntamente com minha namorada. Ouro Preto, Mariana, São João Del Rey e Tirandentes são visitas obrigatórias, mas ficou faltando Diamantina. Quem sabe em algum dos futuros congressos sobre economia mineira? A Serra do Cipó é outro lugar que vale a pena conhecer. No segundo ano, aproveitei para terminar os créditos do doutorado e começar a procurar alguns cursos para fazer na FGV-EPGE.

Em BH, todos os professores que frequentei algum curso foram importantes na minha formação: Lízia de Figueiredo, Paulo Brígido, Elenice Biazi, Frederico Jayme, John McCombie, Mônica Viegas, Sueli Moro, Hugo Cerqueira, João Antônio, Luiz Antônio, Carlos Moreira e Edson Domingues. Entre eles, tenho uma dedicação especial para Lízia, que foi minha orientadora e esteve sempre me ajudando nos caminhos a serem traçados com muita competência, para Paulo Brígido, por quem tenho uma grande admiração por todo seu talento e dedicação e por Afonso Ferreira, que apesar de não ter sido meu professor, sempre me recebeu muito bem e me ajudou com a bibliografia da Tese. Meu co-orientador (Márcio Salvato) também foi fundamental no desenvolvimento da Tese e, pelo pouco que tivemos de contato, também ficou uma grande admiração. Gostaria ainda de agradecer à professora Ana Maria por ter participado da qualificação e aos professores Gabriel Porcile, Maurício Bittencourt, Fábio Gomes e Marcos Flávio pela participação na banca de defesa de Tese. Outras pessoas que muito me ajudaram durante o curso foram Maria Cecília, Andréia, Cleusa, Maria Célia e os outros funcionários da secretaria e biblioteca. Gostaria de deixar um agradecimento especial para eles.

Na FGV-EPGE, no quarto semestre do doutorado, frequentei dois cursos que foram de alto nível que muito agregaram ao meu conhecimento. Os professores foram Bernardo Blum e Ricardo Cavalcanti. Também frequentei algumas excelentes palestras e seminários que tomaram lugar tanto na FGV quanto na UFRJ. Apesar da curta temporada (um semestre) foi um período bastante proveitoso pelo excelente nível da FGV. A Adriana me ajudou muito com a burocracia para que eu pudesse passar esse semestre na FGV.

O ano que passei na Universidade do Texas em Austin (2004) foi, muito provavelmente, o mais proveitoso em termos acadêmicos, apesar de ter sido o que mais sofri pessoalmente pela distância da família e da namorada. No segundo semestre, quando a Lilian foi para lá, a vida ficou mais fácil e deu para curtir bem mais o país. Os amigos que fiz lá foram extremamente importantes para que eu continuasse levando o curso e para aproveitar a minha estadia. Apesar da distância e do sofrimento pela saudade das pessoas que amo, consegui ter bons momentos em Austin e sinto muitas saudades. Além das amizades, agradeço muito a ajuda de Kristine Hopkins, Joe Potter, Chandler Stolp e Linda Gonzales. Todos os professores que tive foram excelentes: na Demografia foram Joe Potter e Robert Hummer, no departamento de administração pública foi o Chandler Stolp e na Economia foram Wolfgang Keller, Carol Shuie, Stephen Donald e Paul Wilson. Ellen Butki, minha professora de inglês, também me ajudou muito na correção dos artigos. Fica uma grande admiração por todos pelo alto nível e especialmente por Joe Potter por ter nos dado essa oportunidade e por ter sido tão amigável, considerando o seu jeito meio fechado. Foi um período bastante fértil, onde aprendi bastante estatística e como fazer um projeto. Gostaria muito de ter ficado mais, se possível.

No final do meu doutorado acabei voltando para Curitiba (março/abril de 2005) para procurar um emprego e começar a vida profissional. Nesse tempo a ajuda de algumas pessoas foram essenciais como a de Marcelo Públio, Alexandre Figueiredo, José Guilherme e Fernanda Costa. A Ivone Portela também me ajudou e tem me ajudado muito mesmo quando eu era apenas aluno do Cedeplar. Agradeço a todos eles.

Acabei encontrando uma turma muito bacana aqui do Mestrado: Evânio, Dayani, Breno, Luciano, Daniel, Rafael, Felipe, Fernanda, Ana Paula, Fernando, Françoise, Janaína, Marco Túlio, entre outros. Espero que a amizade com todos seja duradoura. Acabei entrando em um projeto de pesquisa com professores de alto nível: Victor Pelaez, Nilson de Paula, Roseli dos Santos e Armando. Agradeço pela oportunidade.

Por fim, o suporte financeiro da Fapemig e da Capes foram essenciais para que eu pudesse realizar o curso. Sou muito grato às duas instituições.

Sei que cometi alguma injustiça por ter esquecido de citar o nome de alguém que foi importante no período pessoal ou acadêmico ou por não ter agradecido o suficiente a algumas pessoas. Gostaria que isso não tivesse acontecido, mas é por puro esquecimento e não por falta de importância. Além disso, se fosse a agradecer a todos como deveria, esta parte ficaria maior do que o restante da tese.

Agradeço muito a todos!

## Sumário

Lista de Tabelas.....	x
Lista de Ilustrações.....	xiii
Lista de Abreviaturas e Símbolos.....	xiv
Resumo.....	xvii
Abstract.....	xviii
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Capital humano: uma nova <i>proxy</i> para incluir aspectos qualitativos.....</b>	<b>16</b>
1 – Introdução.....	17
2 – Importância empírica do capital humano no processo de crescimento.....	18
3 – O modelo.....	25
3.1 – Estado estacionário.....	25
3.2 – Convergência.....	27
4 – Dados e metodologia.....	28
5 – Resultados.....	31
6 – Testes das regressões.....	35
7 – Introdução de anos de escola.....	36
8 – Dados.....	37
9 – Resultados.....	38

10 – Testes das regressões.....	41
11 – Conclusões.....	43
12 – Referências Bibliográficas.....	45
13 – Anexos.....	48
Anexo 1.....	48
Anexo 2.....	51
<b>3 Qualidade do capital humano nos estados brasileiros.....</b>	<b>54</b>
1 – Introdução.....	55
2 – Estudos empíricos dos estados brasileiros.....	59
3 – O modelo.....	59
3.1 – Estado estacionário.....	59
3.2 – Convergência.....	62
4 – Metodologia e dados.....	63
5 – Resultados.....	66
5.1 – Estado estacionário.....	66
5.2 – Convergência.....	70
6 – Conclusões.....	73
7 – Referências.....	75
8 – Apêndice.....	78

## **4 Capital humano e crescimento: impactos diretos e indiretos.....80**

1 – Introdução.....81

2 – Capital humano e taxa de crescimento.....86

2.1 – Efeitos indiretos do capital humano.....86

2.2 – Comércio internacional e difusão.....89

2.3 – Difusão de tecnologia e investimentos estrangeiros diretos (IED).....92

3 – O modelo.....94

4 – Metodologia e dados.....98

5 – Resultados.....101

6 – Conclusões.....106

7 – Referências.....109

8 – Anexos.....114

Anexo I.....114

Anexo II.....115

Anexo III.....116

Anexo IV.....118

**5 Conclusões.....119**

**6 Referências Bibliográficas.....123**

## Lista de Tabelas

### 2 Capital humano: uma nova *proxy* para incluir aspectos qualitativos

Tabela 1 – Variável <i>school</i> de MRW para países selecionados.....	30
Tabela 2 – Modelos de Solow e Solow ampliado: resultados de MRW.....	31
Tabela 3 – Modelo de Solow ampliado utilizando a nova variável ( <i>scidh</i> ).....	32
Tabela 4 – Convergência condicional: modelos de Solow e Solow ampliado – resultados de MRW.....	33
Tabela 5 – Convergência condicional: modelo de Solow ampliado para as novas proxies de capital humano.....	34
Tabela 6 – Modelos de Solow e Solow ampliado: proxy anos de escola.....	38
Tabela 7 – Modelo de Solow ampliado: novas proxies para capital humano.....	39
Tabela 8 – Convergência condicional: modelos de Solow e Solow ampliado e anos de escola como proxy para capital humano.....	40
Tabela 9 – Convergência condicional: modelo de Solow ampliado para as novas proxies de capital humano.....	41
Tabela A1 – Resultados robustos usando a variável <i>school</i> .....	48
Tabela A2 – Resultados robustos usando as variáveis <i>scidh</i> e <i>scidh</i> <sup>2</sup> no estado estacionário.....	48
Tabela A3 – Resultados robustos usando as variáveis <i>scidh</i> e <i>scidh</i> <sup>2</sup> em convergência.....	49

Tabela A4 – Fator inflação da variância: estado estacionário.....	49
Tabela A5 – Fator inflação da variância: convergência.....	50
Tabela A6 – Testes de Breush-Pagan para heterocedasticidade.....	50
Tabela A7 – Testes de normalidade dos resíduos.....	51
Tabela A8 – Resultados robustos usando a variável $s_{25}$ .....	51
Tabela A9 – Resultados robustos usando as variáveis $s_{25idh}$ e $s_{25idh}^2$ no estado estacionário.....	52
Tabela A10 – Resultados robustos usando as variáveis $s_{25idh}$ e $s_{25idh}^2$ em convergência.....	52
Tabela A11 – Fator inflação da variância: estado estacionário.....	52
Tabela A12 – Fator inflação da variância: convergência.....	53
Tabela A13 – Testes de Breush-Pagan para heterocedasticidade.....	53
Tabela A14 – Testes de normalidade dos resíduos.....	53

### **3 Qualidade do capital humano nos estados brasileiros**

Tabela 1 – Regressões por MQO e EF no estado estacionário.....	67
Tabela 2 – Regressões por MQO e EF considerando convergência.....	71
Tabela A1 – Tecnologia e capital humano em relação ao Maranhão.....	78

#### **4 Capital humano e crescimento: impactos diretos e indiretos**

Tabela 1 – Efeitos diretos e indiretos do capital humano sobre a taxa de crescimento da renda (equação 27).....102

Tabela A1 – Resultados sem correção dos efeitos diretos e indiretos do capital humano sobre a taxa de crescimento da renda (equação 27).....114

Tabela A2 – Regressões por mqo baseadas na equação (27).....117

Tabela A3 – Países que compõem a menor amostra.....118

Tabela A4 – países que compõem a maior amostra.....118

## Lista de Ilustrações

### 3 Qualidade do capital humano nos estados brasileiros

Figura A1 – Tecnologia (A) e anos de escola (h).....78

Figura A2 – Tecnologia (A') e anos de escola multiplicados pelo IDH (h').....79

Figura A3 – Tecnologia (A'') e anos de escola multiplicados pelo IDH<sup>2</sup> (h'').....79

## Lista de Abreviaturas e Símbolos

A	- Nível de tecnologia
Afdi	- Termo de interação entre a distância da tecnologia do país $i$ em relação ao nível de tecnologia da fronteira tecnológica (em termos proporcionais) multiplicado pelo IED por trabalhador (terceiro artigo)
A'fdi	Corresponde a Afdi, mas utilizando $h'$ no cálculo da distância entre o nível de tecnologia da fronteira e do país $i$ (terceiro artigo)
A''fdi	Corresponde a Afdi, mas utilizando $h''$ no cálculo da distância entre o nível de tecnologia da fronteira e do país $i$ (terceiro artigo)
Afdih	- Afdi multiplicado multiplicado por $h$ (terceiro artigo)
A'fdih'	- A'fdi multiplicado multiplicado por $h'$ (terceiro artigo)
A''fdih''	- A''fdi multiplicado multiplicado por $h''$ (terceiro artigo)
Ah	- Distância da tecnologia do país $i$ em relação ao nível de tecnologia da fronteira tecnológica (em termos proporcionais) multiplicado por $h$ (terceiro artigo)
A'h'	- Corresponde à variável Ah, mas empregando $h'$ no cálculo da <i>proxy</i> (terceiro artigo)
A''h''	- Corresponde à variável Ah, mas empregando $h''$ no cálculo da <i>proxy</i> (terceiro artigo)
Am	- Termo de interação entre importações por trabalhador e a distância da fronteira (terceiro artigo)
A'm	- Corresponde à variável Am, mas utilizando $h'$ no cálculo (terceiro artigo)
A''m	- Corresponde à variável Am, mas utilizando $h''$ no cálculo (terceiro artigo)
Amh	- Termo de interação entre Am e $h$
A'mh'	- Termo de interação entre A'm e $h'$
A''mh''	- Termo de interação entre A''m e $h''$
Cons.	- Constante
EPO	- <i>European Patent Office</i>
FDI	- <i>Foreign Direct Investments</i>
g	- Taxa de crescimento do nível de tecnologia
GDP	- <i>Gross Domestic Product</i>
h	- Ln de anos de escola de Barro e Lee (2001 – segundo artigo)

h'	- Ln de anos de escola de Barro e Lee (2001) multiplicado pelo IDH (segundo artigo)
h''	- Ln de anos de escola de Barro e Lee (2001) multiplicado pelo IDH ao quadrado (segundo artigo)
h	- Anos de escola de Barro e Lee (2001 – terceiro artigo)
h'	- Anos de escola de Barro e Lee (2001) multiplicado pelo IDH (terceiro artigo)
h''	- Anos de escola de Barro e Lee (2001) multiplicado pelo IDH ao quadrado (terceiro artigo)
IAEP	- <i>International Assessment of Educational Progress</i>
IALS	- <i>International Adult Literacy Survey</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Economia e Estatística
IDH	- Índice de Desenvolvimento Humano
IDH <sup>2</sup>	- Índice de Desenvolvimento Humano elevado ao quadrado
IEA	- <i>International Association for the Evaluation of Educational Achievement</i>
IED	- Investimentos Estrangeiros Diretos
ih	- Variação de anos de escola das pessoas com 25 anos ou mais (terceiro artigo)
ih'	- ih multiplicado pelo IDH (terceiro artigo)
ih''	- ih multiplicado pelo IDH ao quadrado(terceiro artigo)
ik	- Investimento em capital físico (terceiro artigo)
IPEA	- Instituto de Pesquisa Aplicada
I/GDP	- Quantidade de investimentos dividida pelo PIB
JPO	- <i>Japanese Patent Office</i>
k	- Ln do consumo de energia industrial por trabalhador (segundo artigo)
ln	- Logaritmo natural
LTS	- <i>Trimmed Least Square</i>
MNEs	- <i>Multinational Enterprises</i>
MQO	- Mínimos Quadrados Ordinários
MRW	- Mankiw, Romer e Weil (1992)
n	- Taxa de crescimento da população acima de 25 anos
n+g+δ	- Depreciação efetiva do capital
OCDE	- Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
p	- quantidade de patentes concedidas por habitante (terceiro artigo)
PIB	- Produto Interno Bruto

Pr	- Probabilidade
PTF	- Produtividade Total dos Fatores
P&D	- Pesquisa e Desenvolvimento
R&D	- <i>Research and Development</i>
s	- Ln dataxa média de crescimento do consumo de energia industrial por trabalhador (segundo artigo)
SAEB	- Sistema de Acompanhamento da Educação Básica
<i>school</i>	- <i>Proxy</i> para capital humano utilizada por MRW (taxa de matrícula no ensino secundário - primeiro artigo)
scidh	- Ln de <i>school</i> multiplicado pelo IDH (primeiro artigo)
scidh2	- Ln de <i>school</i> multiplicado pelo IDH ao quadrado (primeiro artigo)
sp	- Publicações científicas por habitante (terceiro artigo)
s25	- <i>Proxy</i> para capital humano [Ln de anos de escola de Barro e Lee (2001) - primeiro artigo]
s25idh	- <i>Proxy</i> para capital humano [Ln de anos de escola de Barro e Lee (2001)] multiplicada pelo IDH (primeiro artigo)
s25idh2	- <i>Proxy</i> para capital humano [Ln de anos de escola de Barro e Lee (2001)] multiplicada pelo IDH ao quadrado (primeiro artigo)
T	- Nível de tecnologia na fronteira tecnológica
TIMMS	- <i>Third International Mathematics and Science Study</i>
UNCTAD	- <i>United Nations Conference on Trade and Development</i>
UNDP	- <i>United Nations Development Programme</i>
UNESCO	- <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
USPTO	- <i>United States Patent and Trademark Office</i>
Y60	- Ln da renda per capita, em 1960 (primeiro artigo).
$\delta$	- Taxa de depreciação do capital
$\lambda$	- Velocidade de convergência

## Resumo

Apesar de já existir um razoável consenso de que o papel do capital humano sobre o nível de renda e taxa de crescimento dos países é crucial, os resultados empíricos não são tão favoráveis a essa idéia. Muitos estudos empíricos não encontram uma relação positiva significativa entre nível ou taxa de crescimento da renda e nível de capital humano. Aparentemente, os dois principais motivos para que isto aconteça é o fato de que a relação entre essas variáveis pode ser mais complexa do que é sugerido por alguns modelos de crescimento endógeno do tipo Lucas-Uzawa e pela *proxy* que geralmente é usada. O objetivo do presente trabalho foca, em primeiro lugar, no emprego de uma *proxy* que incorpore características quantitativas e qualitativas do fator capital humano, além de se testar se ocorre alguma melhora nos resultados com a utilização desta através de uma análise empírica comparativa com o modelo de Mankiw, Romer e Weil (1992) e outra análise para o caso brasileiro. Em segundo lugar, é feita uma análise empírica 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.

## **Abstract**

The role of human capital on the development process has been recognized as a crucial element by many researchers. Nevertheless, many empirical results have showed no correlation between human capital and income per capita level or between human capital and growth rates. It is argued that the interaction between the two variables is more complicated than predicted by endogenous model of growth as the one developed by Lucas-Uzawa. Other problem that is usually mentioned is the proxy's lack of quality because it does not take into account the disparities in the educational system when different nations are compared. The first goal of this study is to employ a proxy for human capital that tries to take into account this characteristic and compare with Mankiw, Romer and Weil's results, besides applying it to the Brazilian States. The second goal is to carry on an empirical analysis based on 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.

## 1 Introdução

Um dos grandes desafios da humanidade é a superação da miséria, pobreza e de todos os problemas relacionados a estas, principalmente nos países menos desenvolvidos. De uma forma mais ampla, o desenvolvimento econômico e as melhoras das condições de vida do ser humano são assuntos de grande importância que acumulam grande quantidade de esforço para que soluções venham a ser encontradas.

Há muito tempo, sabe-se que um dos principais fatores para que essas melhoras venham a ocorrer é o avanço tecnológico, pois este proporciona novas soluções de combate a doenças, melhora os meios de comunicação, a produtividade da agricultura através da biotecnologia, cria novos métodos de ensino que facilitam o aprendizado, dentre muitos outros meios. De uma forma mais ampla, o avanço tecnológico aumenta a produtividade dos fatores de produção e, desse modo, o produto por pessoa, possibilitando a superação da miséria e da pobreza. Mudanças tecnológicas são, assim, fundamentais na dinâmica econômica e um fator essencial para o crescimento e desenvolvimento de pessoas e nações.

Indo à direção de uma análise formal, o resíduo de Solow é uma das *proxies* utilizadas para a mensuração do nível de tecnologia de uma determinada economia. Ele é o fator responsável pelo crescimento do produto que não seja pelo aumento do montante de capital e trabalho utilizados na produção. Supondo que estes apresentem rendimentos marginais decrescentes e constantes de escala, pode-se dizer que o crescimento econômico sustentável, em termos per capita, só é possível graças à existência de seu avanço

The acceleration in technological progress stimulated the accumulation of human capital and brought about a demographic transition in which fertility rates declined rapidly, paving the way to an era of sustained economic growth with an average annual increase in income per capita of about 2 percent over the twentieth century. (Galor and Moav, 2002, pp. 1135-1136).

E foi esse crescimento sustentado, por um longo período de tempo, que permitiu uma profunda transformação na economia de vários países, com a capacidade de produção por trabalhador sendo multiplicada várias vezes: “*Output per hour worked in the United States today is 10 times as valuable as output per hour worked 100 years ago*” (Maddison 1982 apud Romer 1990, p. 71). Permitindo, assim, a superação da fase em que a Lei de Malthus<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> O modelo de Malthus implica que, na ausência de mudanças tecnológicas ou na indisponibilidade de terras que podem ser utilizadas na agropecuária, o tamanho da população se “auto-equilibra”. Além do mais, aumentos na quantidade de recursos disponíveis são, no longo prazo, contrabalançados por elevações no tamanho da população. Países com nível superior de tecnologia têm maiores densidades populacionais, mas o padrão de vida não está relacionado com o nível de tecnologia, seja através do tempo ou entre os diferentes países (Galor e Weil, 2000, pg. 807).

reinava, ou seja, desvinculando ou até invertendo a relação existente entre renda per capita e crescimento populacional

..., the relationship between income per capita and population growth was the opposite of that which exists in the Modern Growth Regime: “The most decisive mark of prosperity of any country,” observed Adam Smith (1776), “is the increase in the number of inhabitants.” (Galor and Weil, 2000, p. 806).

Apesar da consciência da existência de avanços tecnológicos com impactos sobre o nível de produção, foi somente com a publicação do artigo de Solow (1956), sobre crescimento econômico, que se tornou visível o tamanho da discrepância existente entre o crescimento dos fatores capital e trabalho e a elevação da produção, sendo ela explicada pelo crescimento da tecnologia, que é exógena ao modelo

Tough doubtless no economist would ever have denied the role of technological change in economic growth, its overwhelming importance relative to capital formation has perhaps only been fully realized with the important empirical studies of Abramovitz and Solow. (Arrow, 1962, p. 155).

Nessa perspectiva (do resíduo de Solow), novos produtos, novos processos de produção, maior grau de habilidade e destreza dos trabalhadores, conhecimento acumulado facilitando a busca de novos conhecimentos, *learning by doing*, economias de escala e de aglomeração (e todos os tipos de externalidades positivas), melhor qualidade do capital utilizado na produção, entre outros fatores que afetam a produtividade dos fatores de produção são considerados como mudanças tecnológicas

It will seen that I am using the phrase “technical change” as a short hand expression for any kind of shift in the production function. Thus slowdowns, speed-ups, improvements in the education of the labor force, and all sorts of things will appear as “technical change”. (Solow, 1957, p. 312).

O estudo de Solow foi seminal na área de crescimento econômico, apesar de não ter sido o primeiro modelo formal na linha que explica o fenômeno do crescimento econômico como resultado da acumulação de fatores (capital, trabalho) e da mudança de tecnologia. O ponto de partida para a construção de modelos de crescimento econômico foi o artigo de Ramsey (1928, apud Barro e Sala-i-Martin, 1995). Posteriormente, surgiram os modelos de Harrod (1939) e Domar (1946) e somente em 1956 foi publicado o trabalho de Solow no “*The Quarterly Journal of Economics*”.

Solow fez seu trabalho tendo em vista o modelo de Harrod-Domar. O fato do equilíbrio deste ser instável o incomodava, pois essa característica parecia não ser compatível com a realidade

The characteristic and powerful conclusion of the Harrod-Domar line of thought is that even for the long run the economic system is at best balanced on a Knife-edge of equilibrium growth. Were the magnitudes of the key parameters – the savings ratio, the capital-output ratio, the rate of increase of labor force – to slip ever so slightly from dead center, the consequence would be either growing unemployment or prolonged inflation. (Solow, 1956, p. 65).

Essa característica do modelo de Harrod-Domar se deve ao fato da tecnologia da função de produção utilizada permitir apenas proporções fixas de combinação dos fatores capital e trabalho. Assim, eles utilizam instrumentos de curto prazo, ou seja, a não possibilidade de substituição de capital por trabalho e vice-versa, para estudar problemas de longo prazo.

Com o objetivo de superar esse problema, Solow utiliza a forma neoclássica da função de produção<sup>2</sup>, que assume retornos constantes de escala, retornos decrescentes de cada fator de produção (capital e trabalho), com a produtividade marginal de ambos aproximando ao infinito (zero) quando a quantidade de um deles tender a zero (infinito)<sup>3</sup>, além de substituição entre eles. Essa suposição entra como uma forma de ampliar o campo de análise dos modelos de crescimento, com o de Harrod-Domar sendo um caso especial:

The bulk of this paper is devoted to a model of long-run growth which accepts all the Harrod-Domar assumptions except that of fixed proportions. Instead I suppose that the single composite commodity is produced by labor and capital under the standard neoclassical conditions. (Solow, 1956, p. 66).

As suposições do modelo são de existência de apenas um bem homogêneo que é a produção dessa economia, designada por  $Y_t$ . O produto é gerado através da utilização de dois fatores de produção, capital  $K_t$  e trabalho  $L_t$ . A quantidade de produto por unidade de capital e trabalho depende da função de produção. Portanto, esta representa o leque de possibilidades tecnológicas

$$(1) \quad Y_t = F(K_t, L_t, t)$$

Considerando o nível de tecnologia ( $A$ ) como sendo *Harrod neutral* ou *labor augmenting*<sup>4</sup>, ou seja, que a parcela relativa dos fatores de produção,  $KF_K/LF_L$ , permaneça

---

<sup>2</sup> É preciso ter certos cuidados com a utilização da função de produção agregada. Solow tinha consciência de alguns problemas, embora não tenha dado atenção para o fato de que ela pode ser diferente entre os países, como ressaltado por Miller e Upadhyay (2002).

<sup>3</sup> Estas são também conhecidas como condições de Inada.

<sup>4</sup> Essa expressão é empregada pelo fato do avanço tecnológico ter o mesmo efeito sobre a produção de um aumento na quantidade de trabalho.

constante para uma dada taxa capital/produto<sup>5</sup>, a função de produção, em um certo momento do tempo, toma a seguinte forma:

$$(2) \quad Y_t = F(K_t, L_t A_t)$$

A fração poupada do produto é uma parcela constante da renda, representada por  $\underline{s}$ . Assim, o montante total da poupança é  $sY_t$ . Investimento (I), em um determinado ponto do tempo, é o aumento do estoque de capital ( $dK/dt$ ) mais o montante de depreciação do capital ( $\delta K$ ). Com a suposição de equilíbrio no mercado de bens, isto é, de que a poupança é igual ao investimento, chega-se a

$$(3) \quad \frac{dK}{dt} = \dot{K} = I - \delta K = sF(K_t, L_t A_t) - \delta K$$

Suposições sobre a força de trabalho são de que a economia sempre opera em pleno emprego e a força de trabalho cresce a uma taxa constante  $\underline{n}$ , como resultado do crescimento da população ser exógeno, por suposição.

$$(4) \quad L_t = L_0 e^{nt}$$

em que  $L_0$  é a quantidade de força de trabalho no momento inicial. Dividindo os dois lados da equação (3) por  $A_t L_t$  e considerando que a taxa de progresso tecnológico é exógena e constante em um valor  $\underline{g}$ , isto é,  $A(t) = A_0 e^{gt}$ , onde  $A_0$  é o nível de tecnologia no início do processo, tem-se

$$(5) \quad \frac{\dot{K}}{LA} = sf(\hat{k}) - \delta \hat{k}$$

em que  $\hat{k} = K/LA$  representa a quantidade de capital (K) por unidades efetivas de trabalho (LA). Essa transformação da função produção só é possível pelo fato dos retornos de escala

---

<sup>5</sup> O motivo de adotar esse tipo de tecnologia é o seguinte: "Suppose that we consider only constant rates of technological progress. Then, in the neoclassical growth model, only labor-augmenting technological change turns out to be consistent with the existence of a steady state, that is, with constant growth rates of the various quantities in the long run (Barro e Sala-I-Martin, 1995, p.33).

serem constantes, ou seja, da função ser homogênea de grau 1. As variáveis do lado direito da equação (5) estão todas em unidades efetivas de trabalho, enquanto que as do lado esquerdo não. Para transformar todas as variáveis na mesma unidade, utiliza-se a seguinte condição

$$(6) \quad \dot{\hat{k}} = \frac{\dot{K}}{AL} - n\hat{k} - g\hat{k}$$

em que  $n = \dot{L}/L$  e  $g = \dot{A}/A$ . Substituindo (5) em (6), e dividindo ambos os lados por  $\hat{k}$ , chega-se a seguinte equação

$$(7) \quad \frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = \frac{sf(\hat{k})}{\hat{k}} - \delta - n - g$$

Essa é a equação que fornece a dinâmica do modelo de Solow. Como  $s$ ,  $\delta$ ,  $n$  e  $g$  são constantes e a segunda derivada de  $f(\hat{k})$  é negativa, conforme  $\hat{k}$  aumenta  $sf(\hat{k})/\hat{k}$  diminui, por isso, as taxas de crescimento do capital e, conseqüentemente, da renda por unidades efetivas de trabalho<sup>6</sup> decresce conforme  $\hat{k}$  se eleva, até que chega o ponto onde elas se igualam a zero, no qual, a economia atinge o estado estacionário. Nesse ponto, as taxas de crescimento do capital e da renda per capita se igualam a do avanço do progresso tecnológico ( $g$ ) e as taxas de crescimento dos níveis do capital e da renda são iguais à soma das taxas do progresso tecnológico e da variação populacional ( $g + n$ ). Nesse ponto  $\dot{\hat{k}}/\hat{k} = 0$ , então a equação (7) se torna

$$(8) \quad sf(\hat{k}) = (\delta + n + g)\hat{k}$$

A equação (8) aponta que, no estado estacionário, a poupança serve apenas para compensar a depreciação efetiva do capital ( $\delta + n + g$ ). Esse ponto de equilíbrio é estável,

---

<sup>6</sup> As duas seguem a mesma direção pelo fato da renda ser função do capital, assim como a renda per capita é função do capital per capita e a renda por unidades efetivas de trabalho é função do capital por unidades efetivas de trabalho.

pois caso o primeiro termo do lado direito da equação (7), representado pelo produto médio do capital, seja maior (menor) do que o segundo (depreciação efetiva do capital) haverá uma elevação (redução) do estoque de capital, fazendo com que os dois termos se aproximem um do outro até o ponto em que eles se tornam iguais. Devido às suposições da função de produção, esse equilíbrio existe e é único<sup>7</sup>.

É importante notar que antes de se alcançar o estado estacionário, ainda durante o período de transição, os retornos marginais decrescentes do capital levam a um maior crescimento de uma certa economia quanto menor for a quantidade de capital por trabalhador. Se os parâmetros de todos os países fossem iguais e como existe a suposição de que o nível de tecnologia é o mesmo em todos eles, os mais pobres (com menor quantidade de capital por trabalhador) cresceriam mais rápido e, quando todos atingissem o equilíbrio, o nível e a taxa de crescimento da renda per capita seriam os mesmos em todas as economias (convergência absoluta). Assim, no modelo existe uma força que leva à convergência que pode ser absoluta ou condicional aos parâmetros de cada economia, ou seja, que quanto mais distante cada economia estiver do seu próprio estado estacionário, que é diferente entre os países pela especificidade de cada um deles, maior será sua taxa de crescimento.

Apesar da existência desse período de transição, onde o retorno marginal do capital também possui um papel importante na determinação da taxa de crescimento, se for considerado um longo período de tempo, onde todas as economias atingem o equilíbrio, o fator essencial para o crescimento é apenas a ocorrência de mudanças tecnológicas.

A inclusão do capital humano na análise do crescimento e outros fenômenos econômicos é um aspecto relativamente recente no campo da economia. O seu surgimento só ocorreu no final da década de 50 e início da de 60, do século XX. A visão tradicional, antes dessa revolução do conceito de capital humano, era de que a demanda por bens e serviços, que pudessem melhorar e inserir novas habilidades, era consumo, dependendo, portanto, das preferências e renda das famílias, além de seus respectivos preços. Eram desconsiderados, desse modo, os rendimentos presentes e futuros na tomada de decisão para aquisição desse tipo de serviço. Essa visão se devia, principalmente, à percepção do papel da educação formal sobre o bem estar social e cultural. Ela era vista como um serviço que melhorava o comportamento e compreensão dos valores considerados importantes

---

<sup>7</sup> Particularmente de que a primeira derivada é positiva e a segunda é negativa em relação aos fatores de produção para todos os pontos da função. As condições de Inada garantem que o equilíbrio não ocorre no momento inicial (na origem).

To those who hold this view the very idea of human capital is repugnant, because for them education is basically cultural and not economic in its purpose, because education serves to develop individual to become competent and responsible citizens by giving men and women an opportunity to acquire an understanding of the values they hold and an appreciation of what they mean to life. (Schultz, 1960, pp 572) .

Essas atribuições tão nobres relegadas ao papel da educação são motivos que dificultavam vê-la como uma parte de um processo maior, que segue as regras capitalistas e onde a valorização do retorno do capital são peças chaves. Essa visão e os valores dos pesquisadores da época, envolvidos nessa temática, que levavam a esse tipo de repulsa pelas idéias da teoria do capital humano, principalmente pelo conceito de investimento em seres humanos, tinha raízes antigas e, de acordo com Schultz (1961), estavam relacionadas com a luta da sociedade contra a escravidão

The mere thought of investment in human beings is offensive to some among us. Our values and beliefs inhibit us from looking upon human beings as capital goods, except is slavery, and this we abhor. We are not unaffected by the long struggle to rid society of indentured service and to evolve political and legal institutions to keep man free from bondage. These are achievements that we prize highly. Hence, to treat human beings as wealth that can be augmented by investments runs counter to deeply held values. It seems to reduce man once again to a mere material component, to something akin to property. And for man to look upon himself as a capital good, even if it did not impair his freedom, may seem to debase him. (p. 2).

Devido a esses problemas, Becker teve, até mesmo, receio ao escolher o título de seu livro:

... I hesitated a while before deciding to call my book Human Capital – and even hedged the risk by using a long subtitle. In the early days, many people were criticizing this term and the underlying analysis because they believed it treated people like slaves or machines. (1993, p. 16).

No entanto, as primeiras idéias que deram origem à formulação da teoria sobre capital humano, mostrando a importância dos investimentos realizados em pessoas, para o desenvolvimento de suas habilidades é, ao menos, tão antiga quanto o próprio surgimento da economia clássica, pois ninguém menos do que Adam Smith já tinha atentado para essa questão, além de Thünen, Fisher e Marshall

Among the few who have looked upon human beings as capital, there are three distinguished names. The philosopher-economist Adam Smith boldly included all of the acquired and useful abilities of all the inhabitants of a country as a part of capital. So did H. von Thünen, who then went on to argue that the concept of capital applied to man did not degrade him or impair his freedom and dignity... Irving Fisher also clearly and cogently presented all-inclusive concept of capital. ... Marshall, whose great prestige goes far to explain why this view was accepted, held that while human beings are

incontestably capital from an abstract and a mathematical point of view, it would be out of touch with the market place to treat than as capital in practical analysis. (Schultz, 1961, pp. 2-3).

Apesar destes e alguns outros economistas perceberem a relevância do nível de habilidade dos indivíduos, como uma forma de capital e, desse modo, sobre a produção das economias, esse fator não foi incorporado ao núcleo de análise. Isto aconteceu apenas quando certos autores, como Jacob Mincer, Gary Becker e Theodore Schultz, trataram desse assunto com maior profundidade. A ênfase colocada no processo de formação educacional como uma forma de investimento fica clara em vários pontos dos textos desses autores, como em um artigo de Schultz de 1960

I propose to treat education as an investment in man and to treat its consequences as a form of capital. Since education becomes a part of the person receiving it, I shall refer to it as human capital. Since it becomes an integral part of a person, it cannot be bought or sold or treated as property under our institutions. Nevertheless, it is a form of capital if it renders a productive service of value to the economy. (p. 571).

Outros cientistas, principalmente da Universidade de Chicago, também foram de crucial importância na construção da teoria, como Milton Friedman e Simon Kuznets:

In addition to the earlier works of Smith, Mill, and Marshall, see the brilliant work (which greatly influenced my own thinking about occupational choice) by M. Friedman and S. Kuznets, *Income from Independent Professional Practice*, New York, NBER, 1945;...(Becker, 1993, p. 29, footnote).

O seu desenvolvimento não aconteceu de forma independente, pelos três autores, mas sim através de uma participação conjunta, onde cada um deles tinha conhecimento dos trabalhos feitos pelos demais, além de manterem alguma participação direta através de críticas, discussões e sugestões, não faltando relatos disso, como o de Becker, no prefácio da primeira edição do seu livro sobre capital humano (1964 apud Becker, 1993, p. XXII)

T.W. Schultz, the major figure in economics of education, has been liberal with encouragement and most helpful with criticism. I fell greatly indebted to him, and would like to record my appreciation here. Jacob Mincer has been exceedingly helpful in countless discussions and on numerous drafts with suggestions, criticisms, and that intangible asset – enthusiasm.

Caso semelhante é o de Schultz, que em um artigo de 1962, além de comentar os trabalhos dos outros dois autores, ele aponta algumas das participações de Becker e Mincer, no desenvolvimento da teoria. Schultz ressalta a importância da avaliação dos retornos em educação formal (*high-school and college*), nos Estados Unidos, feita por Becker e o tratamento do treinamento no trabalho como uma forma de investimento que os empregados

fazem neles mesmos, por Mincer. O mesmo pode ser dito deste, que em seu trabalho, publicado em 1962, relata

This work was stimulated and made possible by Gary Becker's fundamental theoretical analysis of investment in human capital. H. G. Lewis contributed very thoughtful and useful comments on the first version of the paper. I am also indebted for helpful comments to T. W. Schultz, G. H. Moore, G. P. Shultz, Z. Griliches, and H. Gilman. (p. 50, footnote).

A genialidade da idéia de educação como um processo de investimento pode ser percebida pelo fato dela não excluir a maior parte das idéias anteriores sobre o processo educacional e sim de vir a somar, apesar de grande parte dos críticos não terem aceitado isso, na época

My reply to those who believe that this is an analysis that treats education as one of the activities that may add to the stock of human capital in no way denies the validity of their position; my approach is not designed to show that these cultural purposes should not be, or are not being, served by education. What is implied is that, in addition to achieving these cultural goals, some kinds of education may improve the capabilities of a people as they work and manage their affairs and that these improvements may increase the national income. These cultural and economic effects may thus be joint consequences of education. My treatment of education will in no way detract from, or disparage, the cultural contributions of education. (Schultz, 1960, p. 572).

Assim como Schultz, os outros teóricos do capital humano consideram que as contribuições da educação sobre a cultura e outros benefícios sociais existem, mas não tratam desses pontos com o objetivo de avançar sobre os efeitos econômicos desse fator.

A introdução desse elemento na análise econômica foi fundamental no avanço da própria ciência e no entendimento de vários assuntos como: 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 freqüência 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.

Sobre o entendimento na esfera macroeconômica, a introdução desse fator também foi crucial. Em seus artigos de 1956 e 1957, Solow não fornece explicações sobre quais fenômenos ou fatores poderiam se encaixar no conceito de mudança tecnológica, lançando um enigma sobre o que é avanço tecnológico. Uma parte importante da discrepância se deve à utilização de estimativas estritas do conceito de fatores de produção, de maneira a excluir mudanças realizadas na qualidade desses recursos, além da existência de economias de escala. A inclusão do aumento da produtividade do trabalho, proveniente de investimento em capital humano, nada mais é do que levar em consideração a variação na qualidade do fator trabalho.

Para Schultz (1961), a variação da qualidade do fator trabalho é o item mais importante excluído das estimativas dos fatores de produção e a sua introdução explica uma boa parte da diferença existente entre o crescimento da renda e dos fatores de produção (terra, trabalho e capital), ou seja, explica uma boa parcela do resíduo de Solow

Two sets of forces probably account for the discrepancy ... One is returns to scale; the second, the large improvements in the quality of inputs that have occurred but have been omitted from the input estimates.... The improvements in the quality of inputs that have not been adequately allowed for are no doubt partly in material (nonhuman) capital. My own conception, however, is that both this defect and the omission of economies of scale are minor sources of discrepancy between the rates of growth of inputs and outputs compared to the improvements in human capacity that have been omitted. (p. 6).

Fazendo a suposição de que a acumulação de capital humano explica boa parte do resíduo de Solow, como preconizado por Schultz, a soma dos dois tipos de capital não teria, necessariamente, retornos marginais decrescentes e, portanto, a relação deles com a renda seria constante

..., 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, sendo ele a principal fonte desse processo: *“No doubt the growth in investment in man has improved markedly de quality of work entering into economic endeavor, and these improvements in quality have been a major source of economic growth”*. (1962, p. 6). Portanto, a acumulação de capital

humano acaba gerando impactos de grande importância sobre a renda nacional, como relatado por Schultz (1960), em um estudo sobre esse processo nos Estados Unidos

The principal hypothesis underlying this treatment of education is that some important increases in national income are a consequence of additions to the stock of this form of capital. Although it will be far from easy to put this hypothesis to the test, there are many indications that some, and perhaps a substantial part, of the unexplained increases in national income in the United States are attributable to the formation of this kind of capital. ( p.571).

A teoria do capital humano fornece, desse modo, a base teórica para o desenvolvimento dos modelos de crescimento endógeno. A sugestão dada por Schultz seria de considerar os dois tipos de capital como um só fator na função de produção, sendo essa idéia compartilhada por Becker “... *human and tangible capital appears to differ more in the time pattern of depreciation than in its existence*”. (Becker, 1962, p. 14). Introduzindo o conceito de capital humano na função de produção de Solow (1956) conforme definido por Schultz, ou seja, como parte de um conceito mais amplo de capital, que não apresenta retornos marginais decrescentes, chega-se ao modelo de crescimento endógeno semelhante ao AK, no caso em que a oferta de mão-de-obra é fixa.

Os argumentos acima dão suporte à idéia de que o capital humano possui um papel importante sobre o nível e a taxa de crescimento renda. Entretanto, é importante se analisar qual a maneira em que esse fator afeta a renda. O capital humano possui um papel crucial na explicação da renda tanto de forma direta quanto de forma indireta, pois ele afeta diretamente a produtividade dos trabalhadores, elevando a produtividade marginal do trabalho, além de ser o principal insumo nos departamentos que têm como objetivo a manutenção do processo de inovação. O próprio termo “nível de tecnologia de uma certa sociedade”, depende e está altamente correlacionada com o grau de conhecimento das pessoas inerentes a ela

Consider, then, variations across countries in ‘technology’ – its level and rate of change. This seems to me to be the one factor isolated by the neoclassical model that has the potential to account for wide differences in income levels and growth rates. ... I think when we talk in this way about differences in ‘technology’ across countries we are not talking about ‘knowledge’ in general, but about the knowledge of particular people, or perhaps particular subcultures of people. (Lucas, 1988, p. 15).

Os efeitos diretos do investimento em capital humano sobre a renda é que pessoas mais capacitadas realizam maior quantidade e/ou melhor qualidade de trabalho, considerando o mesmo período de tempo, a mesma quantidade de capital e tecnologia. Elas possuem maiores qualificações para realização de seus serviços específicos melhorando, dessa forma, a produtividade do trabalho

The schooling implications of modern human capital theory can be stated in a nutshell as three propositions. First, on the labor supply side: In order to induce a person to forego earnings, pay tuition, and undergo additional schooling, that worker must be compensated by sufficiently higher lifetime earnings. Second, on the labor demand side: In order to be able to command higher earnings, the more schooled workers must be sufficiently more productive in employment than their less schooled fellows workers, that is, marginal products of workers must increase with the level of schooling; otherwise, employers would not pay premium wages for more highly educated workers. Third, on market equilibrium: In long-run competitive equilibrium the relationship between schooling and lifetime earnings must be such that the supply of and demand for workers of each schooling level are equated, and no worker wishes to alter his or her level of schooling. (Berndt, 1996, pg. 154).

Os resultados indiretos dos gastos em capital humano são provenientes do fato do processo de geração de inovações possuir uma grande dependência da importância da quantidade, capacidade e grau de conhecimento das pessoas envolvidas nesse processo. O conhecimento científico é um dos fatores-chaves no processo de inovação e a crescente relevância da ciência no processo inovativo tem aumentando muito a importância da educação formal como um fator de grande relevância nesse processo. Assim, a renda seria afetada de forma indireta através do avanço tecnológico.

As formas concretas do avanço tecnológico se dão, em sua maioria, através da criação de novos produtos ou processos de produção. Atualmente, em todas as áreas de conhecimento, uma grande quantidade de esforço é realizada, de forma contínua, com o objetivo de se criar ou aperfeiçoar produtos e processos de produção que são frutos da dedicação e da capacidade humana. Portanto, para que se tenha uma inovação com a intenção de resolver problemas práticos é preciso que uma certa quantidade de esforço seja dedicada a cumprir esse objetivo, sendo esse processo definido como esforço dedicado à pesquisa aplicada. Esta, por sua vez, depende da base tecnológica ou científica que é fruto da pesquisa básica, sendo que a quantidade, capacidade e qualificação das pessoas empregadas nessa área também são elementos essenciais no seu desenvolvimento. A pesquisa básica é um processo muito amplo, podendo ser desenvolvida sem um objetivo muito prático ou sendo mais direcionada a um determinado problema (Nelson, Peck e Kalachek, 1967).

A pesquisa básica, como o próprio nome diz, serve de base para que inovações que tenham uso comercial ou que resolvam problemas práticos venham a ocorrer, embora nem sempre isso aconteça. Adicionalmente, muitos dos produtos provenientes das indústrias de ciência básica são o material usado pelas outras indústrias e o seu aperfeiçoamento e desenvolvimento podem proporcionar um significativo aumento de produtividade em vários segmentos e indústrias.

Relaxando a hipótese de que a tecnologia está livremente disponível para todos os países, um outro importante meio de avanço tecnológico é a difusão de tecnologia, principalmente para os países menos desenvolvidos. A quantidade de capital humano é crucial para determinar a ocorrência e a velocidade da difusão tecnológica. Nelson e Phelps (1966) desenvolvem um modelo onde o capital humano desempenha um papel somente através da difusão tecnológica. Assim, gastos em educação exibem retornos positivos se a tecnologia está sempre melhorando. 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).

Assim, a educação entra na função de produção por, pelo menos, três formas distintas: uma direta através da melhora na capacitação dos trabalhadores na realização de seus respectivos serviços; sendo as outras duas de forma indireta, como um insumo essencial no processo de desenvolvimento de novos produtos e processos e como um fator crucial no processo de absorção de tecnologia de outros países.

A falta de uma análise teórica e empírica detalhada incluindo o impacto de todos esses fatores no crescimento da renda per capita justifica a escolha do tema. A introdução de uma *proxy* para capital humano que leva em consideração a qualidade do capital humano e que está disponível para uma ampla gama de países também é um ponto crucial da análise, visto a diferença de qualidade existente em cada ano de escola nos diferentes países. O principal objetivo do presente trabalho é o de analisar o papel do capital humano sobre a renda (taxa e crescimento) levando em consideração que sua qualidade difere entre as unidades de análise e que a relação entre essas duas variáveis é bem mais complexa do que proposta em modelos anteriores. A apresentação formal do modelo de Solow (1956) nessa introdução se deve ao fato de que, de alguma forma, ele serve de ponto de partida na formulação da base teórica dos três artigos.

O objetivo do primeiro artigo é o de se utilizar uma *proxy* para capital humano que leve em conta aspectos quantitativos e também qualitativos para se medir com um maior nível de precisão os impactos diretos desse fator sobre o diferencial do nível e da taxa de crescimento da renda entre os países. O estudo empírico será feito através de uma análise comparativa com o modelo de Solow estendido conforme apresentado no trabalho de

Mankiw, Romer e Weil (1992). Assim, o foco principal está apenas na análise dos efeitos diretos.

O método proposto de mensuração das *proxies* para capital humano consiste em multiplicar a *proxy* de Mankiw, Romer & Weil (1992)<sup>8</sup> pelo IDH e pelo IDH<sup>2</sup>, procedendo da mesma forma com a *proxy* anos de escola, de Barro e Lee (2001). A suposição por trás da utilização dessas *proxies* 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, em que os dados estão disponíveis para uma ampla gama de países, além dos dados que compõem o IDH serem de razoável confiabilidade. Portanto, nosso objetivo é mensurar o impacto dessas *proxies* sobre o nível<sup>9</sup> e sobre a taxa<sup>10</sup> de crescimento da renda per capita do grupo de países utilizado por Mankiw, Romer & Weil (1992) no mesmo período (1960-1985), fazendo uma análise comparativa com o trabalho destes.

No segundo artigo, o objetivo é fazer uso das mesmas *proxies* para capital humano para analisar a importância desse fator sobre o nível e a taxa de crescimento da renda dos estados brasileiros. Alguns estudos empíricos mostram que os estudantes de estados mais pobres têm, em geral, uma pior performance escolar. Devido ao fato dos estados mais pobres serem os que possuem menor IDH, essa evidência dá suporte ao emprego do IDH como uma forma de reclassificar a quantidade de capital humano de cada estado brasileiro.

No terceiro artigo, o objetivo é analisar os diferentes canais pelo qual o capital humano afeta o nível de renda e seu crescimento, além de utilizar a mesma *proxy* desse fator que foi empregada nos dois artigos anteriores. 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 se ter um melhor entendimento das relações entre capital humano e taxa de crescimento da renda e 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 destas que seriam

---

<sup>8</sup> Fração da população matriculada no ensino secundário da UNESCO yearbook vezes a população em idade de estar no ensino secundário dividida pela população em idade de trabalhar.

<sup>9</sup> Quando se considera que os países estão no estado estacionário.

<sup>10</sup> Quando se considera a possibilidade de convergência condicional.

enviesados e inconsistentes. De fato, 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 processo direto de produção de bens e serviços e engajadas 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.

## 2 Capital humano: uma nova *proxy* para incluir aspectos qualitativos

### Resumo

Apesar de já existir um razoável consenso de que o papel do capital humano sobre o nível de renda e taxa de crescimento dos países é crucial, os resultados empíricos não são tão favoráveis a essa idéia. Muitos estudos empíricos não encontram uma relação positiva significativa entre nível ou taxa de crescimento da renda e nível de capital humano. Aparentemente, os dois principais motivos para que isto aconteça é o fato de que a relação entre essas variáveis pode ser mais complexa do que é sugerido por alguns modelos de crescimento endógeno do tipo Lucas-Uzawa e pela *proxy* que geralmente é usada. O objetivo do presente trabalho foca nesse segundo problema através da utilização de uma *proxy* que incorpore características quantitativas e qualitativas do fator capital humano. O trabalho e dados de Mankiw, Romer e Weil (1992) são utilizados como base de comparação dos resultados.

**Palavras chaves:** Capital humano, resultados empíricos, nova *proxy*.

### Abstract

The role of human capital on the development process has been recognized as a crucial element by many researchers. Nevertheless, many empirical results have showed no correlation between human capital and income per capita level or between human capital and growth rates. It is argued that the interaction between the two variables is more complicated than predicted by endogenous model of growth as the one developed by Lucas-Uzawa. Other problem that is usually mentioned is the proxy's lack of quality because it does not take into account the disparities in the educational system when different nations are compared. The main goal of this paper is to employ a proxy for human capital that tries to take into account this characteristic and compare with Mankiw, Romer and Weil 1992's results.

**Key words:** Human capital, empirical results, new proxy.

**JEL Classification:** C21, E10, I20, O11, O41, O50.

## 1 – Introdução

O capital humano é tido como um fator importante sobre o crescimento pois, como enfatizado por Lucas-Uzawa (1988), ele afeta diretamente as habilidades do trabalhador. Um trabalhador mais preparado pode fazer o mesmo serviço, utilizando as mesmas técnicas, máquinas e equipamentos, obtendo um produto final maior do que outro que não esteja tão bem preparado. O capital humano também afeta indiretamente a produção, dadas as externalidades por ele geradas, que atenuam os efeitos dos rendimentos decrescentes do capital, como presente no modelo de Lucas (1998). Além disso, trabalhadores mais qualificados aceleram o processo de difusão, questão crucial para os países em desenvolvimento, como salientado por Nelson e Phelps (1966) e Barro e Sala-i-Martin (1997). Uma quarta via é a da capacitação dos indivíduos que estão engajados nos processos de P&D ou qualquer outro processo que afete a criação de tecnologia. Este é um efeito indireto da educação sobre o crescimento. Assim P&D depende da quantidade de capital humano das pessoas empregadas nesse processo, como ressaltado por Romer (1990).

O objetivo desse trabalho é o de se utilizar uma *proxy* para capital humano que leve em conta aspectos quantitativos e também qualitativos para se medir com um maior nível de precisão os impactos diretos desse fator sobre o diferencial do nível de renda entre os países. O estudo empírico será feito através de uma análise comparativa com o modelo de Solow estendido, conforme apresentado no trabalho de Mankiw, Romer e Weil (1992). Assim, o foco principal está apenas na análise dos efeitos diretos.

O método proposto de mensuração das *proxies* para capital humano consiste em multiplicar a *proxy* de Mankiw, Romer & Weil (1992)<sup>1</sup> pelo IDH e pelo IDH<sup>2</sup>, procedendo da mesma forma com a *proxy* anos de escola, de Barro e Lee (2001). 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 o qual os dados estão disponíveis para uma ampla gama de países, além dos dados que compõem o IDH serem de razoável confiabilidade. Portanto, nosso objetivo é mensurar o impacto dessas *proxies* sobre o nível<sup>2</sup> e sobre a taxa<sup>3</sup> de

---

<sup>1</sup> Fração da população matriculada no ensino secundário da UNESCO yearbook vezes a população em idade de estar no ensino secundário dividida pela população em idade de trabalhar.

<sup>2</sup> Quando se considera que os países estão no estado estacionário.

crescimento da renda per capita do grupo de países utilizado por Mankiw, Romer & Weil (1992)<sup>4</sup>, no mesmo período (1960-1985), fazendo uma análise comparativa com o trabalho desses autores.

Além dessa introdução, o artigo faz uma breve revisão da literatura empírica sobre o capital humano, na seção II. Na seção III, faremos nosso teste empírico do impacto do capital humano no nível e na taxa de crescimento da renda testando a robustez da nova variável ao comparar com os resultados do trabalho de MRW, além de se fazer um balanço das mudanças dos resultados quando se leva em conta a diferença na qualidade de ensino.

## **2 – Importância empírica do capital humano no processo de crescimento**

Em períodos anteriores ao século XIX já existiam evidências que apontavam para a possível importância do investimento em capital humano no processo de desenvolvimento das nações

Within Europe the most advanced nations educationally, those in northern and western Europe, were the ones that developed first. Not until the end of the nineteenth century did most of southern and eastern Europe start to approach educational levels comparable to the initial levels in the north and west, and it was around this time that these nations began to develop. With regard to the overseas descendants of Europe the picture is the same: the leader in schooling is the leader in development, the United States. Within Latin America, Argentina, the most developed nation there today, took the lead in educational growth in the last half of the nineteenth century. In Asia, Japan's nineteenth-century educational attainment is clearly distinctive, and this was true even before the Meiji Restoration, though important reforms were introduced in 1872 (Easterlin, 1981, p. 7).

Krueger (1968) fez uma análise sobre o diferencial do nível de renda dos Estados Unidos em relação a alguns países subdesenvolvidos<sup>5</sup> no intuito de verificar quais os fatores relevantes na explicação da disparidade de renda existente entre eles, com a conclusão de que as *proxies*<sup>6</sup> para capital humano explicam mais de cinquenta por cento da mesma.

---

<sup>3</sup> Quando se considera a possibilidade de convergência condicional.

<sup>4</sup> MRW daqui para frente.

<sup>5</sup> Na época, pois ela inclui países como, por exemplo, Japão, Coreia do Sul e Israel. O único país que já possuía um elevado grau de desenvolvimento, fora os Estados Unidos, era o Canadá.

<sup>6</sup> Krueger utilizou três *proxies* para medir a diferença de capital humano entre os países: a faixa etária das pessoas que estão cursando o primeiro e segundo graus, além da graduação; anos de escola; e a estrutura setorial da economia, que é a distribuição da população entre residentes urbanos e do campo.

Fazendo uso dos dados de Summers e Heston (1988), a base de dados do Banco Mundial (1979 apud Barro 1991), e mais algumas outras fontes, Barro (1991) utiliza várias regressões para analisar o papel do capital humano no processo de crescimento. Os resultados encontrados não rejeitam a hipótese de que o capital humano, medido pelas taxas de matrícula nos ensino primário e secundário (1960, início do período analisado), afeta positiva e significativamente a taxa de crescimento da renda per capita (1960-1985). A taxa de alfabetização também apresenta coeficiente positivo e significativo, mas apenas quando as duas *proxies* para capital humano anteriores não são consideradas.

Também para o período de 1960-1985, fazendo uso da base de dados de Summers e Heston (1988) e do Banco Mundial (*World Tables e World Development Report 1988* apud Mankiw et al. 1992), outro estudo que mostra que o capital humano é importante na explicação da diferença de renda per capita entre os países é o realizado por MRW, utilizando o modelo ampliado de Solow. São feitas regressões para três diferentes amostras de países, com a primeira formada por 98 países não produtores de petróleo. A segunda é derivada da primeira, excluindo os países que não possuem dados confiáveis ( $n = 75$ ) e a terceira é formada pelos países da OCDE<sup>7</sup> ( $n = 22$ ). Os resultados encontrados são compatíveis com a teoria

The augmented Solow model says that differences in saving, education, and population growth should explain cross-country differences in income per capita. Our examination of the data indicates that these three variables do explain most of the international variation (p. 433).

Barro (2000), usando dados de Barro e Lee (2001) para capital humano<sup>8</sup> e controlando para variáveis como renda inicial, consumo do governo, medida de abertura comercial, taxa de inflação, taxa de fecundidade, termos de troca e índice para medir o grau de aplicabilidade da lei de propriedade privada, encontra uma relação positiva e significativa entre ensino secundário e de nível superior, para homens com 25 anos ou mais, no início do período, e taxa de crescimento da renda per capita.

Não se pode, porém, tirar conclusões de que o crescimento é uma consequência direta do processo de educação da força de trabalho. Resultados adversos – seja em relação à direção de causalidade, presença de externalidades, sinal e significância do coeficiente -

---

<sup>7</sup> Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

<sup>8</sup> Ele utiliza o PIB per capita e, posteriormente, a taxa de investimento em relação ao PIB como variáveis dependentes para a média de três períodos: 1965-75, 1975-85 e 1985-95 (1985-92 para investimento).

foram encontrados em inúmeros trabalhos, levando a uma certa incredulidade na forma em que o capital humano afeta o crescimento da renda

...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).

Entre os resultados adversos estão vários estudos que apontam a possibilidade de uma relação inversa de causalidade “... diversos autores manifestaram um certo desconforto em relação à direção da causalidade no relacionamento entre escolaridade e crescimento, sendo a possibilidade de causalidade reversa explicitamente considerada.” (Bonelli, 2002, p. 842). Bils e Klenow (2000) analisam o impacto do capital humano sobre a renda per capita<sup>9</sup> controlando para o fato de que expectativas de maior crescimento da renda no futuro possam afetar investimentos em capital humano no presente concluindo que: “*differences in growth rates of human capital explain a relatively small fraction of the cross-country relationship between schooling and subsequent growth.*” (p.173). Isso acontece mesmo quando se considera o fato de que o capital humano facilita a absorção de tecnologia.

Em outros estudos não se confirma a existência de uma correlação entre crescimento e aumento do nível educacional ou se encontra até mesmo uma correlação negativa, como sugerido por Pritchett (2001) em um estudo em que ele utiliza séries para capital humano por ele elaboradas:

“Cross-national data show no association between increases in human capital attributable to the rising educational attainment of the labor force and the rate of growth of output per worker.” (p. 367) Esse autor concede que outros autores antes dele já haviam encontrado resultados surpreendentes ao examinar a relação entre educação e crescimento. Assim, Benhabib e Spiegel (1994) obtiveram um coeficiente negativo para a escolaridade em uma regressão para explicar a taxa de crescimento econômico. O próprio World Bank Development Report de 1995 (Figure 2.4) não encontrou uma correlação (parcial) entre crescimento e expansão educacional. (Bonelli, 2002, p. 842).

Em um estudo para uma série de países, no período de 1960 a 1985, com os dados para a renda nacional compilados por Summers e Heston (1988), empregando como *proxy* para capital humano a taxa de alfabetização<sup>10</sup> da *United Nations Educational, Scientific and*

---

<sup>9</sup> O período de análise vai de 1960 a 1990.

<sup>10</sup> “*Literacy was chosen partly because it is a variable that is available for a broad sample of countries, and partly because cross-country measures of literacy should be more comparable than cross-country measures of educational attainment. Finally, literacy has the advantage that its level at any time is easily measured.* (p. 273).

*Cultural Organization* (UNESCO) e corrigindo para erros de medida<sup>11</sup>, Romer (1990b) não encontra um coeficiente significativo para a variável capital humano na explicação do crescimento da renda: “*Once instrumental variables are used to correct for measurement error in both the initial level of income and the literacy rate, neither is significantly related to the rate of output growth.*” (p. 277).

Benhabib e Spiegel (1994) fazem uma série de regressões para testar a importância do capital humano na renda per capita. Os resultados encontrados são diferentes daqueles esperados pela teoria do capital humano

Our findings shed some doubt on the traditional role given to human capital in the development process as a separate factor of production. In our first set of results, we find that human capital growth has an insignificant and usually negative effect in explaining per capita income growth. This result is robust to a number of alternative specifications and data sources, as well as to the possibility of bias, which is encountered when regressing per capita income growth on accumulated factors of production. (p. 144).

Resultados semelhantes são encontrados por Islam (1995), utilizando a base de dados montada por Summer e Heston (1988) e para capital humano a de Barro e Lee (1993), por De Gregorio (1992), em um trabalho com doze países da América Latina<sup>12</sup>, no período 1950-1980, empregando o método de dados de painel, e por Hall e Jones (1998), em uma análise empregando o método da contabilidade do crescimento.

O debate empírico não é, portanto, conclusivo com relação à importância do capital humano sobre o crescimento, havendo necessidade de avanço no mesmo. Mesmo em estudos que encontram um papel não-significativo do capital humano na renda (taxa ou crescimento), há reservas em relação aos resultados:

The small role indicated for human capital in the standard growth equations is somewhat troubling. Human capital accumulation is commonly cited as a prerequisite for development and most countries have government policies which encourage human capital accumulation (Benhabib e Spiegel 1994, pp. 154-155).

Temple (1999, p. 131) acredita na existência de erros de especificação nos estudos macroeconômicos. Adicionalmente, evidências no nível micro sugerem que aumentos

---

<sup>11</sup> Romer (1990b) considera a possibilidade da existência de consideráveis erros de medida no nível inicial de renda (1960) e na taxa de alfabetização. Para lidar com esses problemas ele utiliza variáveis instrumentais correspondente as duas anteriormente citadas, que são, respectivamente, a quantidade de rádios por mil habitantes e a quantidade de consumo per capita de jornais impressos, ambas em 1960.

<sup>12</sup> Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, Guatemala, México, Peru, Uruguai e Venezuela.

salariais acompanhando a escolaridade adicional são universais, contribuindo para a noção de que aumentos na escolaridade causam crescimento da produtividade e eleva, desse modo, o crescimento da renda: “*The most extensively documented feature of embodied human capital is the relationship between education and wages. Studies of earnings in advanced capitalist economies typically find that each extra year of schooling raises earnings by five to ten percent.*” (Dowrick, 2003, p. 2).

Outro problema é que as *proxies* para capital humano, em geral, não levam em consideração a capacitação dos indivíduos no trabalho e a diferença de qualidade no ensino dos vários países. Um exemplo disto é a base de dados construída por Barro e Lee (2001)

Our estimates of educational attainment provide a reasonable proxy for the stock of *schooling* capital for a broad group of countries. However, these data have a number of shortcomings. First, the measure of educational attainment does not take account of the skills and experience gained by individuals after their formal education. Second, ... [it] does not take account of differences in the quality of *schooling* across countries. (p. 554).

De maneira geral, nos estudos onde não se encontra uma relação significativa ou se encontra, mas com o sinal contrário ao esperado, é fornecida alguma explicação para o fenômeno de modo a preservar a possível importância da relação entre elas. As explicações geralmente vão em duas direções

One is to point out the discrepancy between the theoretical variable H in the production function and the actual variable used in regressions. The enrollment rates were always very partial measures of the rate of investment in human capital and, more importantly, did not account for differences in the quality of schooling... The second response is to think of richer specification of the production function with respect to human capital. (Islam, 1995, p. 1153).

Esses dois pontos também são enfatizados por Sachs and Warner (1997):

..., cross-country growth studies require much better measures of human-capital attainment and an improved theoretical framework concerning the dynamics of human-capital accumulation, especially for the poorer countries where the measurement problems are the greatest and where bottlenecks in human capital accumulation appear to be crucial factors in the success or failure of economic development (p. 188).

Segundo Islam (1995), a baixa qualidade das *proxies* para capital humano, quando se adiciona a dimensão temporal na análise faz com que a relação positiva entre este e a renda se dissipe:

...such “anomalous” results regarding the role of human capital in the growth process are not new. Whenever researchers have attempted to incorporate the temporal dimension of human capital

variables into growth regressions, outcomes of either statistical insignificance or negative sign have surfaced (p.1153).

E isso acontece porque

Although, measured by such rates (enrollment rates), many (particularly the less developed) countries appear to have made much progress, the true levels of human capital (and hence the output levels) in these countries have actually not increased by that much. Statistically this results in a negative temporal relationship between the human capital variable used and economic growth within countries. The results of the pooled regression already show that this negative temporal relationship is strong enough to outweigh the positive cross-sectional relationship (p. 1153).

A literatura empírica sobre capital humano tem, em função dessas considerações, procurado: a) estabelecer diferentes especificações para os modelos econométricos, em particular, buscando explicitar os efeitos indiretos do capital humano; b) questionar as formas de estimação dos modelos, causalidades e problemas amostrais e c) aprimorar as *proxies* para o capital humano.

Os estudos têm, em geral, procurado uma diferente especificação para explicar a relação entre capital humano e renda, tanto pela dificuldade em se mensurar a qualidade do ensino em diferentes países, quanto pela existência de modelos alternativos que explicam a variação tecnológica a partir da educação, como o de Nelson e Phelps (1966). Desse ponto de vista, o fator capital humano afeta diretamente a variação tecnológica para depois, através desta, ou seja, de forma indireta, causar impactos sobre a renda.

Considerar a possibilidade de dupla causalidade também pode ser importante na análise do capital humano sobre o crescimento. Em um estudo para o período 1960-1990 com intervalo de cinco anos e utilizando a mesma base de dados de MRW e Islam (1995), Freire-Serén (2001) chega à conclusão de que o capital humano é um fator que afeta o nível de renda de forma direta mesmo quando se considera o papel do crescimento da renda sobre o capital humano utilizando o método dos mínimos quadrados não-linear em dois estágios. Os resultados mudam significativamente quando se introduz a variável instrumental na análise (valores preditos da *proxy* para capital humano), com o coeficiente da *proxy* para capital humano aumentando de modo considerável e passando a ser significativo.

Apesar de serem minoria, alguns 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. Os

resultados encontrados indicam uma forte relação entre qualidade da educação e crescimento da renda per capita

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, para uma série de países (39 no total), que foi construída por Hanushek e Kimko (2000)<sup>13</sup>. Barro (2000), utiliza o TIMMS<sup>14</sup> para estudantes e o IALS<sup>15</sup> para adultos como *proxies* para qualidade do capital humano. Ele 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).

Em um estudo para 48 estados americanos separados em cinco regiões, para o 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, essa *proxy* é interessante, pois o volume de gastos anuais, além de medir o nível de investimento no setor, indiretamente também capta o nível dos salários dos professores, a extensão do período de aulas, a relação professor/aluno, ou seja, características que refletem a qualidade do sistema de ensino de uma região. Outra variável é utilizada como *proxy* para experiência no trabalho<sup>16</sup>. A equação de regressão é baseada em Benhabib e Spiegel (1994). O coeficiente para gastos em educação é significativo nas três regressões e as estimativas do parâmetro são semelhantes nas três regiões. Para as outras três regressões, onde se utiliza outra variável, que é uma interação entre a *proxy* para capital

---

<sup>13</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).

<sup>14</sup> The Third International Mathematics and Science Study in 1994 and 1995.

<sup>15</sup> International Adult Literacy Survey.

<sup>16</sup> Os dados utilizados para mensurar a média de experiência no trabalho em cada estado são os dados do perfil de idade da força de trabalho apresentado por Kuznets and Thomas (1957 apud Connolly 2004, p. 18) e os anos de escola e alfabetização do U.S. Censuses.

humano e para experiência, se encontra que esta é significativa, indicando que o aumento de produtividade devido à experiência do trabalhador é maior quanto mais capital humano embutido ele tiver. Os resultados encontrados são robustos, de acordo com uma série de testes realizados por Connolly.

### 3 – O Modelo

#### 3.1 – Estado estacionário

MRW incluem a variável capital humano de maneira explícita no modelo formal, que eles chamam de modelo ampliado de Solow, além de considerarem as distintas taxas de crescimento da força de trabalho entre os países. Diferentemente do modelo de Lucas-Uzawa, a inclusão do capital humano não leva a um aumento da taxa de crescimento de longo prazo e, portanto, não gera crescimento endógeno. Esse resultado é decorrente da hipótese de que a soma de ambos os capitais não é o suficiente para trazer crescimento sustentado e que a soma deles com o fator trabalho trazem retornos constantes de escala, de acordo com a equação abaixo

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

em que  $K_t$ ,  $H_t$  e  $L_t$  são as respectivas quantidades de capital físico, humano e de trabalho no período  $t$ , e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $1 - \alpha - \beta$  são as participações dos fatores capital humano, físico e trabalho na renda, respectivamente. Dividindo ambos os lados da equação (1) pela quantidade efetiva de trabalho ( $AL$ ), chega-se a

$$(2) \quad \hat{y} = \hat{k}^\beta \hat{h}^\alpha$$

em que  $\hat{y} = Y/AL$ ,  $\hat{k} = K/AL$  e  $\hat{h} = H/AL$  são as quantidades por unidades efetivas de trabalho. Com as mesmas suposições do modelo de Solow (1956), mas utilizando a função de produção dada pela equação (1), e utilizando  $s_k$  e  $s_h$  para denominar a fração da renda investida em capital físico e humano, respectivamente, as evoluções da acumulação dos capitais físico e humano são determinadas por

$$(3a) \quad \dot{\hat{k}} = s_k \hat{y} - (\delta + n + g) \hat{k}$$

$$(3b) \quad \dot{\hat{h}} = s_h \hat{y} - (\delta + n + g) \hat{h}$$

em que  $n$  é a taxa de crescimento populacional,  $g$  a taxa de progresso tecnológico e  $\delta$  a taxa de depreciação do capital. No estado estacionário, as equações (3a) e (3b) se igualam a zero, formando um sistema de duas equações e duas variáveis endógenas: as quantidades de capital humano e físico, por unidades efetivas de trabalho. Resolvendo para essas variáveis, obtêm-se

$$(4a) \quad \hat{k}^* = \left( \frac{s_k^{1-\alpha} s_h^\alpha}{\delta + n + g} \right)^{1/1-\alpha-\beta}$$

$$(4b) \quad \hat{h}^* = \left( \frac{s_k^\beta s_h^{1-\beta}}{\delta + n + g} \right)^{1/1-\alpha-\beta}$$

em que o sobrescrito  $*$  denota que a variável se encontra no estado estacionário. Substituindo as equações (4a) e (4b), lembrando que  $A_t = A_0 e^{gt}$ , na equação (2) e transformando ambos os lados da equação em  $\ln$ , chega-se à:

$$(5) \quad \ln y^* = \ln A(0) + gt + \left( \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_h) - \left( \frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(\delta + n + g)$$

em que  $y^*$  é a renda per-capita no estado estacionário. É feita a suposição de que  $g$  e  $\delta$  são constantes entre os países. Como o termo  $A(0)$  representa não somente tecnologia, mas também dotação de recursos, clima, instituições e outras variáveis, ele deve variar entre os países. Assim, MRW assumem que

$$(6) \quad \ln A(0) = a + \varepsilon$$

em que  $a$  é uma constante e  $\varepsilon$  representa a especificidade de cada país. Substituindo essa equação em (5), chega-se à:

$$(7) \quad \ln(y^*) = a + gt + \left( \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_h) - \left( \frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(\delta+n+g) + \varepsilon$$

A equação (7) é utilizada para as regressões no trabalho de MRW e será utilizada para testarmos a nova *proxy* para capital humano.

### 3.2 – Convergência

Como não há nenhuma garantia de que os países estejam no estado estacionário, é importante que se inclua a possibilidade de convergência, ou seja, de que eles estejam em um período de transição. Próximo ao estado estacionário a velocidade de convergência é dada por

$$(8) \quad \frac{d \ln(\hat{y}_t)}{dt} = \lambda \left[ \ln(\hat{y}^*) - \ln(\hat{y}_t) \right]$$

em que  $\lambda = (n+g+\delta)(1-\alpha-\beta)$  e  $\hat{y}^*$  é a renda em unidades efetivas de trabalho no estado estacionário. A equação (8) implica em

$$(9) \quad \ln(\hat{y}_t) = (1 - e^{-\lambda t}) \ln(\hat{y}^*) + e^{-\lambda t} \ln(\hat{y}_0)$$

em que  $\hat{y}_0$  é a renda em unidades efetivas de trabalho, em um dado período inicial.

Subtraindo  $\ln(\hat{y}_0)$  de ambos os lados da equação (9) e substituindo  $\ln(\hat{y}^*)$ , que pode ser

derivado da equação (7), chega-se a

$$(10) \quad \ln(\hat{y}_t) - \ln(\hat{y}_0) = (1 - e^{-\lambda t}) \left( \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_k) + (1 - e^{-\lambda t}) \left( \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_h) - (1 - e^{-\lambda t}) \left( \frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(n+g+\delta) - (1 - e^{-\lambda t}) \ln(\hat{y}_0) + (1 - e^{-\lambda t}) \varepsilon$$

O coeficiente do  $\ln(\hat{y}_0)$  do lado direito da equação (10) testa a hipótese de que os países estão fora do estado estacionário e de que há convergência.

#### 4 – Dados e metodologia

A análise feita abrange o mesmo período do estudo de MRW (1960-1985) e os dados para capital físico e humano, PIB por adulto nos anos de 1960 e 1985 e a taxa de crescimento da população em idade de trabalhar foram retirados do artigo acima mencionado e estão disponíveis no apêndice do mesmo<sup>17</sup>. A variável que serve de *proxy* para capital humano é a porcentagem da população em idade de trabalhar que está matriculada no ensino secundário<sup>18</sup>. Os dados de MRW estão divididos em três amostras: a primeira para os países não produtores de petróleo cujos dados estavam disponíveis ( $n = 98$ ); a segunda retirando os países em que os dados receberam nota D por Summer e Heston e com uma população abaixo de um milhão de habitantes; e a terceira pelos países da OCDE.

Para as seguintes variáveis MRW utilizam o valor médio do período de estudo: crescimento da população em idade de trabalhar; investimentos como proporção da renda; e a *proxy* para capital humano (*School*). Iremos transformar a *proxy* de capital humano de MRW através do uso do IDH. O IDH é o Índice de Desenvolvimento Humano das Nações Unidas (Human Development Report 2003)<sup>19</sup>, estando disponível para o período 1975 – 1985, em intervalos de cinco anos. O valor deste também é calculado como a média do período. No entanto, como o período é menor, o IDH utilizado é composto pela média aritmética dos anos 1975, 1980 e 1985. Para os países que não possuem os valores do IDH para esses anos, mas os têm para outros anos, os valores foram calculados de acordo com a média de crescimento do IDH dos países para os quais os dados estão disponíveis. Na amostra equivalente à maior de MRW não constam Somália e Libéria por eles não possuírem dados do IDH. Assim a

---

<sup>17</sup> Os dados, por sua vez são provenientes base de dados de Summers e Heston (1988), do Banco Mundial (World Tables e World Development Report 1988) e os dados para capital humano são da UNESCO yearbook.

<sup>18</sup> “We begin with data on the fraction of the eligible population (aged 12 to 17) enrolled in secondary school... We then multiply this enrollment rate by the fraction of working-age population that is of school age (aged 15 to 19).”

<sup>19</sup> O IDH é um índice composto pela expectativa de vida ao nascer, taxa de alfabetização das pessoas acima de 15 anos, por um composto das taxas de matrícula do ensino primário, secundário e terciário, e pela renda per capita corrigida pela paridade do poder de compra.

maior amostra é composta por 96 países, enquanto que as demais são constituídas pelos mesmos grupos de países em relação ao trabalho de MRW.

O emprego do IDH é feito no intuito de se mensurar o grau de desenvolvimento do país em questão. A suposição por detrás da *proxy* é que quanto mais desenvolvido ele for, melhor é o seu sistema formador de capital humano. As novas variáveis introduzidas para mensuração do capital humano são compostas pela multiplicação da *proxy* utilizada por MRW vezes o IDH médio, como definido anteriormente, e pelo IDH médio ao quadrado. Na construção da primeira *proxy* se considera que a qualidade no ensino é proporcional ao desenvolvimento do país, enquanto que na segunda a suposição é que a qualidade é mais do que proporcional. Pode-se também argumentar que o IDH não reflete com exatidão a diferença no nível de desenvolvimento dos países e que caso a diferença fosse maior do que a mensurada pelo IDH seria melhor empregar o  $IDH^2$ .

Os estudos que empregam algum tipo de *proxy* para mensurar a diferença na qualidade da escolaridade encontram uma grande limitação no que diz respeito à qualidade dos dados e à gama de países para os quais eles estão disponíveis. Diante desses fatos, utilizar uma *proxy* que compreenda uma grande quantia de países e esteja baseada em dados que já são amplamente aceitos e de boa qualidade – caso do IDH – pode ser de grande valia.

Pela variável a ser utilizada como *proxy* para capital humano seria de se esperar alguns problemas básicos, como um maior nível de correlação entre ela e a variável dependente (no modelo econométrico a ser testado exposto na Equação (7)) pelo simples fato desta estar incluída na construção do IDH. Mas ela deixa de ser espúria se, de fato, os países com maior PIB per capita são os mais desenvolvidos. Assim, a parcela do IDH formada pelo PIB per capita estaria capturando esse maior desenvolvimento. Adicionalmente, *proxies* para capital humano que possuem aspectos meramente quantitativos trazem erros que podem acarretar em grandes alterações dos resultados. Pela tabela abaixo, com valores da variável *SCHOOL* de MRW<sup>20</sup>, vemos que cada uma das colunas é formada por grupos que supostamente teriam o mesmo nível de capital humano.

---

<sup>20</sup> Apesar de Bahrain, Barbados e Guiana estarem no apêndice de MRW e serem apresentados na Tabela 1, eles não são utilizados nas regressões.

**TABELA 1 – VARIÁVEL *SCHOOL* DE MRW PARA PAÍSES SELECIONADOS**

GRUPO 1	<i>SCHOOL</i>	GRUPO 2	<i>SCHOOL</i>	GRUPO 3	<i>SCHOOL</i>
Algéria	4,5	Egito	7,0	Bahrain	12,1
Colômbia	6,1	Equador	7,2	Barbados	12,1
Zimbabwe	4,4	Peru	8,0	Filipinas	10,6
Gana	4,7	Síria	8,8	Guiana	11,7
Argentina	5,0	Sri Lanka	8,3	Jamaica	11,2
Portugal	5,8	Venezuela	7,0	Panamá	11,6
Suíça	4,8	Alemanha	8,4	Austrália	9,8
		Áustria	8,0	Canadá	10,6
		Espanha	8,0	Dinamarca	10,7
		França	8,9	EUA	10,9
		Itália	7,1	Holanda	10,7
		Reino Unido	8,9	Noruega	10
		Suécia	7,9	Nova Zelândia	11,9

Fonte: Mankiw, Romer e Weil (1992).

A introdução da nova variável só tende a amenizar esse problema servindo como um ponderador da quantidade de capital humano nos diversos países.

Em relação à especificação da equação (10), cabe lembrar que a possibilidade de existência de correlação espúria pelo fato da renda per capita fazer parte do IDH é remota, pois o IDH utilizado é uma média composta por períodos anteriores em relação à variável dependente e, caso se tenha convergência condicional<sup>21</sup>, seria de se esperar exatamente o oposto, ou seja, uma correlação negativa.

A não utilização de variáveis instrumentais para controlar para a possível existência de dupla causalidade entre renda per capita e capital humano é pelo fato de se estar utilizando um período defasado para a *proxy* que representa capital humano, o que minimiza a chance de nossos resultados estarem captando a causalidade reversa, e também para se ter uma comparação direta com os resultados de MRW. De qualquer maneira, nas regressões onde a variável dependente é crescimento da renda per capita, não há muitos motivos para se preocupar com dupla causalidade, pelo menos nos casos em que a *proxy* para capital humano é uma medida de estoque, pois é de se esperar que o nível da renda afete o estoque de capital humano, enquanto que o crescimento da renda seja correlacionado, de forma a determinar, apenas o investimento em capital humano e não o seu nível<sup>22</sup>. Esses argumentos também são válidos para os próximos dois artigos, principalmente para o último, onde só trabalhamos com crescimento da renda como variável dependente e a *proxy* para capital humano é apenas

<sup>21</sup> O que ocorre de fato como podemos ver nos resultados das regressões.

<sup>22</sup> O mesmo sendo válido quando o nível de renda é a variável dependente e a taxa de investimento em capital humano é empregada como uma das variáveis explicativas.

uma medida de estoque. Um problema adicional seria encontrar uma variável instrumental adequada que fosse correlacionada com o capital humano e não sofresse influência da renda.

## 5 – Resultados

Todas as variáveis estão em **ln**, nas tabelas a serem apresentadas no decorrer do trabalho. A Tabela 2 mostra os resultados de MRW<sup>23</sup> (teste do modelo econométrico exposto em (7)). Eles são apresentados para fins de comparação com os resultados obtidos empregando as novas *proxies* para capital humano: *scidh* para o ln de *school* vezes IDH; e *scidh2* para o ln de *school* vezes IDH ao quadrado. Nas três primeiras colunas estão os resultados de MRW sem a consideração da variável capital humano. A diferença entre as três regressões é o tamanho da amostra, que pode ser visto na linha definida por N. As três últimas levam em conta capital humano. Na primeira coluna estão as variáveis explicativas, onde I/GDP denota a quantidade de investimentos dividida pelo PIB,  $n+g+\delta$  representa a depreciação efetiva do capital físico, com *n* sendo a taxa de crescimento populacional, *g* a taxa de progresso tecnológico,  $\delta$  a taxas de depreciação do capital e *school* é a *proxy* de MRW para capital humano.

**TABELA 2 – MODELO DE SOLOW E DE SOLOW AMPLIADO – RESULTADOS DE MRW**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I/GDP	1,424 (9,95)**	1,318 (7,71)**	0,500 (1,15)	0,697 (5,25)**	0,700 (4,65)**	0,276 (0,71)
$n+g+\delta$	-1,990 (3,53)**	-2,017 (3,78)**	-0,742 (0,87)	-1,745 (4,20)**	-1,500 (3,72)**	-1,076 (1,42)
<i>school</i>				0,654 (9,00)**	0,731 (7,67)**	0,768 (2,62)*
Cons,	-1,128 (0,79)	-0,722 (0,55)	5,719 (2,13)*	0,622 (0,58)	1,202 (1,18)	3,830 (1,56)
N	98	75	22	98	75	22
R <sup>2</sup>	0,60	0,60	0,11	0,79	0,78	0,35
R <sup>2</sup> a.	0,59	0,59	0,01	0,78	0,77	0,24

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

A *proxy* para capital humano entra significativamente nas três amostras. Sua introdução reduz o coeficiente do capital físico, além de melhorar o ajuste da regressão,

<sup>23</sup> Os valores das constantes são diferentes do trabalho de MRW porque no cálculo de  $n+g+\delta$  foi utilizada a variável crescimento da população em idade de trabalhar de MRW dividida por 100 e somada a 0,05.

principalmente para os países da OCDE. De forma geral, a introdução da *proxy* para capital humano melhora a eficiência do modelo de Solow. A Tabela 3 apresenta os resultados com a variável *scidh* e *scidh2*. As regressões são equivalentes às três últimas da Tabela 2. As três primeiras colunas são os resultados com a variável *scidh*, enquanto que nas demais *scidh2* é empregada.

**TABELA 3 – MODELO DE SOLOW AMPLIADO UTILIZANDO NOVA VARIÁVEL (SCIDH)**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I/GDP	0,578 (4,53)**	0,519 (3,58)**	0,189 (0,52)	0,495 (3,99)**	0,424 (2,98)**	0,130 (0,38)
n+g+ $\delta$	-1,463 (3,85)**	-1,258 (3,37)**	-0,841 (1,22)	-1,348 (3,73)**	-1,119 (3,13)**	-0,613 (0,95)
Scidh	0,532 (10,35)**	0,614 (9,18)**	0,775 (3,34)**			
Scidh2				0,443 (11,32)**	0,509 (10,00)**	0,723 (3,88)**
Cons.	2,191 (2,20)*	2,841 (2,89)**	4,886 (2,24)*	3,051 (3,16)**	3,844 (3,95)**	5,947 (2,92)**
N	96	75	22	96	75	22
R <sup>2</sup>	0,82	0,82	0,45	0,84	0,83	0,51
R <sup>2</sup> a.	0,82	0,81	0,36	0,83	0,83	0,43

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Comparando os resultados da Tabela 3 com os de MRW é interessante notar que todos os coeficientes diminuem, inclusive o do capital humano, com exceção da regressão 3. Ainda assim, a estatística t se eleva para a variável capital humano, em todos os casos, e a *proxy* para capital humano passa a ser significativa ao nível de 1%, em todas as regressões. O efeito do capital físico sobre a renda per capita se reduz ainda mais e há uma melhora no ajuste da regressão, principalmente para os países da OCDE<sup>24</sup>. A alteração na *proxy* para capital humano tem, desse modo, um efeito similar ao da introdução da variável *school* no trabalho de MRW. Os resultados da utilização de *scidh2* são os mesmos, só que ainda mais acentuados.

Na Tabela 4 estão os resultados de MRW para o modelo de Solow nas três primeiras colunas e Solow ampliado nas três últimas. Todas as regressões consideram convergência condicional (modelo econométrico da Equação (10)) e as variáveis de controle estão do lado esquerdo da referida tabela. A variável dependente passa a ser a diferença do ln da renda em 1985 e ln da renda em 1960, de acordo com a equação (10). Na primeira coluna, além das

<sup>24</sup> Por ser um estudo comparativo e estarmos substituindo uma *proxy* de capital humano por outra tendo, conseqüentemente, o mesmo número de variáveis explicativas, tanto faz utilizar o R<sup>2</sup> ou R<sup>2</sup> ajustado para verificar se ocorre ou não um melhor ajuste da regressão.

variáveis anteriores estão  $Y_{60}$ , que é o ln da renda per capita, em 1960, e  $\lambda$ , que é a velocidade de convergência.

**TABELA 4 – CONVERGÊNCIA CONDICIONAL: MODELO DE SOLOW E SOLOW AMPLIADO – RESULTADOS DE MRW**

Variável dependente: ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60	-0,141 (2,71)**	-0,228 (3,98)**	-0,350 (5,32)**	-0,288 (4,68)**	-0,366 (5,43)**	-0,398 (5,67)**
I/GDP	0,647 (7,47)**	0,646 (6,22)**	0,390 (2,21)*	0,524 (6,03)**	0,538 (5,26)**	0,332 (1,91)
n+g+ $\delta$	-0,302 (0,99)	-0,457 (1,49)	-0,766 (2,22)*	-0,506 (1,75)	-0,545 (1,89)	-0,863 (2,56)*
School				0,231 (3,89)**	0,270 (3,37)**	0,228 (1,57)
Cons.	-1,061 (1,46)	-0,725 (1,03)	0,344 (0,28)	-0,455 (0,65)	-0,012 (0,02)	0,179 (0,15)
$\lambda$	0,0061	0,0104	0,0173	0,0137	0,0182	0,0203
N	98	75	22	98	75	22
R <sup>2</sup>	0,40	0,38	0,68	0,49	0,47	0,72
R <sup>2</sup> a.	0,38	0,35	0,62	0,46	0,43	0,65

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Os resultados indicam a existência de convergência condicional, pois os coeficientes do ln da renda em 1960 ( $Y_{60}$ ) são negativos e significativos em todas as regressões, além de  $\lambda$  ser positivo em todos os casos. A letra  $\lambda$  corresponde ao quanto cada país reduz, em cada ano, o *gap* da renda per capita entre o período em questão e o estado estacionário. Por exemplo, na primeira regressão a redução do *gap* é de 0,6% ao ano, aproximadamente. Comparando as três primeiras regressões com as demais se pode ver que a introdução da *proxy* para capital humano aumenta a velocidade de convergência, indicando que os países que têm mais capital humano possuem maiores taxas de crescimento no período de transição, *ceteris paribus*. Além disso, reduz o coeficiente do capital físico e melhora o ajuste da regressão.

Na Tabela 5 podem ser vistos os resultados das regressões com o emprego das novas *proxies* para capital humano. Nas três primeiras colunas estão os resultados quando se utiliza a *proxy* scidh, enquanto que nas três subseqüentes estão os resultados com o emprego da *proxy* scidh2.

**TABELA 5 – CONVERGÊNCIA CONDICIONAL: MODELO DE SOLOW AMPLIADO PARA AS NOVAS PROXIES PARA CAPITAL HUMANO**

Variável dependente: ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60	-0,343 (5,44)**	-0,414 (5,89)**	-0,420 (5,82)**	-0,372 (5,78)**	-0,442 (6,16)**	-0,439 (5,93)**

I/GDP	0,516 (5,96) **	0,477 (4,60) **	0,306 (1,79)	0,486 (5,58) **	0,439 (4,18) **	0,286 (1,69)
n+g+ $\delta$	-0,438 (1,59)	-0,519 (1,85)	-0,794 (2,45) *	-0,437 (1,62)	-0,494 (1,79)	-0,721 (2,27) *
Scidh	0,201 (4,26) **	0,254 (3,95) **	0,239 (1,87)			
Scidh2				0,179 (4,64) **	0,224 (4,27) **	0,233 (2,08) *
Cons.	0,329 (0,47)	0,751 (1,01)	0,671 (0,58)	0,756 (1,05)	1,286 (1,63)	1,150 (0,97)
$\lambda$	0,0168	0,0214	0,0218	0,0186	0,0233	0,0231
N	96	75	22	96	75	22
R <sup>2</sup>	0,53	0,49	0,73	0,54	0,51	0,74
R <sup>2</sup> a.	0,51	0,46	0,67	0,52	0,48	0,68

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Um dos efeitos da introdução das novas *proxies* é o aumento, em valor absoluto, do coeficiente de Y60 e de  $\lambda$ , indicando uma maior velocidade de convergência, com o efeito para scidh2 sendo mais acentuado. Isso mostra que a qualidade do sistema formador de capital humano afeta a taxa de crescimento dos países de tal modo que quanto melhor a qualidade, mais rápida é a sua taxa de crescimento, considerando tudo mais constante. Para melhor se entender essa elevação na velocidade de convergência, note que quando se compara uma ampla gama de países, não há convergência, caso não se controle para nenhuma outra variável além do nível inicial da renda per capita, como constatado por MRW. Com a inclusão de outras variáveis de controle, podemos verificar a existência de convergência condicional. De modo similar, quando não se leva em conta o fato de que existem aspectos qualitativos no fator capital humano, a velocidade de convergência é menor. Isso acontece porque caso os países que possuem um maior nível de capital humano sejam aqueles que cresçam mais, quando se leva em conta apenas uma *proxy* que captura aspectos quantitativos pode ocorrer que países com um elevado índice de anos de escola não cresçam muito porque a qualidade do ensino não é boa. Mas quando se controla a qualidade, verifica-se que o nível de capital humano não é tão elevado, explicando porque a performance do país é relativamente fraca, o que aumenta a velocidade de convergência.

É curioso notar que a velocidade de convergência passa a ser maior nos países da amostra intermediária<sup>25</sup>, estando em acordo com a previsão do modelo logístico utilizado por Benhabib e Spiegel (2002), onde uma maior velocidade de convergência ocorre para os

<sup>25</sup> Os países eliminados da amostra intermediária por terem uma pior qualidade nos dados são, em geral, os mais pobres. Assim, a amostra de países intermediários também é, em certa medida, composta por países de renda intermediária.

países que não estão muito distantes ou muito próximos do grau de desenvolvimento dos países mais avançados (fronteira tecnológica). Para esses autores, esse resultado decorreria da difusão de tecnologia, enquanto a especificação utilizada no presente trabalho supõe que o processo de convergência está associado aos efeitos da acumulação de ambos os tipos de capital sobre suas respectivas produtividades marginais.

O coeficiente do capital físico diminui em todos os casos, assim como o da depreciação efetiva (em termos absolutos). O coeficiente da *proxy* para capital humano se reduz nas duas primeiras amostras e se eleva na terceira, além de sua significância aumentar em todos os casos, passando a ser significativo até mesmo no caso dos países da OCDE, quando se faz uso de *scidh2*. O ajuste da regressão aumenta marginalmente. Em todas as situações os efeitos da utilização de *scidh2* vão na mesma direção dos efeitos da substituição de *school* por *scidh*, mas eles são mais acentuados.

## 6 – Testes das regressões

A multicolinearidade infla a variância dos estimadores levando à não rejeição da hipótese nula com mais facilidade, podendo levar a erros quando se realizam testes de hipótese. Para medir o grau de multicolinearidade foi utilizado o fator inflação da variância. Como uma regra prática para mensurar o problema, ele é considerado grave quando o fator inflação da variância é maior do que 10. Isso não acontece em nenhuma das equações acima<sup>26</sup>. O valor mais elevado é 3,97 para a variável *scidh2* da quarta regressão da Tabela 5.

Apesar da heterocedasticidade não afetar a propriedade de não viés dos estimadores por MQO, estes já não são eficientes e podem levar a conclusões errôneas quando se faz uso de testes de hipótese. Esse problema também não é sério visto que, ao nível de 1% de significância, não se rejeita a hipótese nula de que os resíduos são homocedásticos em nenhuma das equações acima. Ao nível de 5% e mesmo de 10% só se rejeita a hipótese nula para as amostras intermediárias nos casos onde se considera convergência.

Analisando a assimetria e curtose para testar a normalidade dos resíduos, não se rejeita a hipótese de que eles são normais em nenhuma das regressões, ao nível de 5%. Esses resultados são extremamente importantes visto que todos os testes de hipóteses e, portanto, suas validades dependem dessa hipótese. Não foi avaliado se existe o problema de autocorrelação dos resíduos por se tratar de dados de corte.

---

<sup>26</sup> Todos os resultados estão no apêndice 1.

Apesar dos problemas analisados não serem graves foram feitas regressões com resíduos robustos corrigidos pelo método de White para corrigir para possíveis problemas de heterocedasticidades. Os resultados estão nas Tabelas A1, A2 e A10 do apêndice 1. Eles são muito semelhantes aos apresentados nas tabelas anteriores. Assim, pode-se concluir que, caso se tenha algum grau de heterocedasticidade, esse problema não está alterando os resultados dos testes de hipóteses de forma significativa.

## 7 – Introdução de anos de escola

A utilização de taxa de matrícula não parece ser a melhor *proxy* para mensurar a quantidade de capital humano de uma determinada economia: “*The enrollment rates were always very partial measures of the rate of investment in human capital*” (Islam, 1995, p. 1153). Pritchett também lança duras críticas ao trabalho de MRW pela escolha dessa *proxy*:

... in Mankiw and others (1992), secondary enrollment rates alone were used – but without any clear or compelling reasoning as to why both primary and tertiary enrollment rates should have been excluded. Second, enrollment rates are a terrible proxy for growth in years of *schooling*. (2001, pp. 380).

O objetivo dessa seção é introduzir a variável anos de escola de Barro e Lee (2001) para avaliar se os resultados continuam favorecendo a importância do capital humano no processo de crescimento da renda per capita. Essa variável parece ser uma medida do estoque do capital humano e não da taxa de investimento na formação desse fator, como supostamente é a *proxy* utilizada por MRW. Das equações (4) e (7) pode ser derivada a equação

$$\ln y^* = a + gt + \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\beta} \right) \ln(\hat{h}^*) - \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) \ln(\delta + n + g) + \varepsilon \quad (12)$$

Ao compararmos as equação (12) e (7), vemos que, com o emprego de uma *proxy* para estoque de capital humano, os coeficientes de ambos os tipos de capital devem sofrer uma redução, assim como o coeficiente da depreciação efetiva do capital, em termos absolutos. Quando comparado com a equação (7), para os coeficientes acima mencionados, o denominador é maior na equação (12), além do numerador da depreciação efetiva do capital ser menor, em valor absoluto. Se for considerado que H da equação (1) é composto por qualidade e quantidade de capital humano, ele pode ser pensado como sendo igual a Q\*M (H = Q\*M), onde Q corresponde à qualidade e M à quantidade de capital humano. Substituindo

na equação (12) e lembrando que o montante de capital humano está em unidades efetivas de trabalho, tem-se

$$(13) \quad \ln y^* = \left( \frac{1-\alpha-\beta}{1-\beta} \right) a + gt + \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\beta} \right) \ln\left( \frac{QM}{L} \right) - \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) \ln(\delta + n + g) + \left( \frac{1-\alpha-\beta}{1-\beta} \right) \varepsilon$$

A equação (13) corresponde ao modelo econométrico que será testado utilizando-se a variável anos de escola multiplicada pelo IDH ou IDH<sup>2</sup>.

## 8 – Dados

Os dados utilizados são os mesmos do exercício anterior com exceção da *proxy* para capital humano que passa a ser anos de escola para pessoas com 25 anos de idade ou mais, que são provenientes de Barro e Lee (2001), estando disponíveis em intervalos de cinco anos. Nove são os países da amostra utilizada por MRW para os quais os dados de anos de escola não estão disponíveis: Angola, Burkina Faso, Chad, Costa do Marfim, Madagascar, Marrocos, Somália, Nigéria e Tanzânia. Portanto, a maior amostra é composta por 89 países, enquanto que a intermediária por 70, e da OCDE por 22. Para se calcular a *proxy* que leva em conta a qualidade do ensino se perde uma observação adicional na amostra maior pelo fato da Libéria não possuir dados do IDH. A quantidade de anos de escola é a média do período 1960-1985. Para os países que não tinham dados para alguns anos iniciais, o cálculo foi feito pela média do crescimento de anos de escola dos demais países para os quais os dados estão disponíveis, dividida por dois<sup>27</sup>.

## 9 – Resultados

A Tabela 6 apresenta os resultados utilizando anos de escola. As três primeiras colunas não utilizam *proxy* para capital humano, mas os resultados são ligeiramente diferentes em relação às três primeiras colunas da Tabela 2 pelo fato das amostras conterem menos países. As outras três colunas mostram os resultados utilizando-se *anos de escola* (s25) como *proxy* para o nível de capital humano.

---

<sup>27</sup> A divisão foi feita pelo fato dos países que não possuem dados para alguns anos iniciais serem mais pobres e, no geral, registrarem menor média de crescimento dos anos de estudo.

**TABELA 6 – MODELO DE SOLOW E DE SOLOW AMPLIADO – PROXY ANOS DE ESCOLA**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I/GDP	1,390 (9,16)**	1,301 (7,06)**	0,500 (1,15)	0,516 (3,53)**	0,507 (2,80)**	0,017 (0,07)
n+g+δ	-2,179 (3,74)**	-2,037 (3,68)**	-0,742 (0,87)	-1,175 (2,77)**	-1,039 (2,42)*	-0,573 (1,22)
s25				0,713 (8,94)**	0,721 (6,76)**	0,837 (6,71)**
Cons.	-1,506 (1,03)	-0,719 (0,52)	5,719 (2,13)*	2,928 (2,57)*	3,351 (2,89)**	6,149 (4,16)**
N	89	70	22	89	70	22
R <sup>2</sup>	0,60	0,58	0,11	0,80	0,76	0,74
R <sup>2</sup> a.	0,59	0,56	0,01	0,79	0,75	0,70

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Qualitativamente os resultados são semelhantes aos da Tabela 2. Os coeficientes do capital físico e da depreciação efetiva se reduzem (em valor absoluto), com redução significativa para os países da OCDE, embora ele já não fosse significativo na terceira coluna da Tabela 6. O capital humano entra de forma significativa em todas as equações ao nível de 1%, além da melhora no ajuste da regressão em todos os casos. Como seria de se esperar pelas equações (7) e (12), os coeficientes do capital físico e da depreciação efetiva do capital se reduzem, em termos absolutos, em relação aos resultados das regressões de MRW, enquanto que os do capital humano caminham em direção oposta à esperada. Há uma notável melhora no ajuste da regressão para os países da OCDE, onde o R<sup>2</sup> passa de 0,11 para 0,74. A Tabela 7 apresenta os resultados com o emprego da variável ln dos anos de escola multiplicada pelo IDH (s25idh) nas três primeiras colunas e multiplicadas pelo IDH<sup>2</sup> (s25idh2) nas demais.

**TABELA 7 – MODELO DE SOLOW AMPLIADO – NOVAS PROXIES PARA CAPITAL HUMANO**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I/GDP	0,458 (3,25)**	0,370 (2,15)*	-0,012 (0,05)	0,420 (3,07)**	0,311 (1,87)	-0,027 (0,11)
n+g+δ	-1,050 (2,65)**	-0,905 (2,27)*	-0,364 (0,80)	-1,020 (2,67)**	-0,850 (2,22)*	-0,204 (0,45)
s25idh	0,553 (9,83)**	0,601 (8,06)**	0,743 (7,07)**			
s25idh2				0,449 (10,47)**	0,496 (8,75)**	0,660 (7,20)**
Cons.	3,882	4,518	7,132	4,359	5,135	7,888

	(3,58) **	(4,03) **	(4,97) **	(4,10) **	(4,66) **	
(5,50) **						
N	88	70	22	88	70	22
R <sup>2</sup>	0,83	0,80	0,76	0,84	0,81	0,77
R <sup>2</sup> a.	0,82	0,79	0,72	0,83	0,80	0,73

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Os resultados da introdução das *proxies* que mensuram quantidade e qualidade do capital humano são muito semelhantes ao caso anterior, onde era empregado a *proxy* de MRW. Todos os coeficientes se reduzem (em valor absoluto), mas com um aumento na significância das *proxies* para capital humano. Os coeficientes do capital físico passam a ser negativos para os países da OCDE, embora não sejam significativos. Há também uma melhora no ajuste da regressão. Todos os efeitos são mais acentuados quando se utiliza s25idh2.

A Tabela 8 expõe os resultados considerando a situação em que os países estão fora do estado estacionário. Para fins de comparação, foram feitas regressões semelhantes às três primeiras apresentadas na Tabela 4, mas com menos países nas duas primeiras regressões. As outras três correspondem ao modelo ampliado de Solow com o emprego de anos de escola como *proxy* para capital humano.

**TABELA 8 – CONVERGÊNCIA CONDICIONAL: MODELO DE SOLOW E SOLOW AMPLIADO – ANOS DE ESCOLA COMO PROXY PARA CAPITAL HUMANO**

Variável dependente: ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60	-0,151 (2,91) **	-0,229 (4,03) **	-0,350 (5,32) **	-0,295 (4,20) **	-0,328 (4,09) **	-0,469 (3,55) **
I/GDP	0,625 (7,04) **	0,643 (5,99) **	0,390 (2,21) *	0,493 (4,97) **	0,567 (4,48) **	0,299 (1,53)
n+g+δ	-0,329 (1,06)	-0,445 (1,43)	-0,766 (2,22) *	-0,348 (1,16)	-0,431 (1,40)	-0,723 (2,08)
s25				0,213 (2,89) **	0,147 (1,46)	0,192 (1,04)
cons.	-0,972 (1,33)	-0,672 (0,94)	0,344 (0,28)	0,247 (0,30)	0,192 (0,21)	1,426 (0,89)
λ	0,0065	0,0104	0,0172	0,0139	0,0159	0,0253
N	90	71	22	89	70	22

R <sup>2</sup>	0,39	0,38	0,68	0,44	0,41	0,70
R <sup>2</sup> a.	0,37	0,35	0,62	0,42	0,37	0,62

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Os resultados das três primeiras regressões são muito semelhantes aos resultados das três primeiras colunas da Tabela 4. A introdução dos anos de escola aumenta a velocidade de convergência e diminui os coeficientes do capital humano. Apesar do coeficiente da *proxy* para capital humano ser positivo, ele só é significativo na maior amostra, enquanto que a variável *school* de MRW também entra significativamente na amostra intermediária. É interessante notar que, em relação às regressões que empregam a variável *school*, a velocidade de convergência é maior. O coeficiente do capital humano é menor, como seria de se esperar, com exceção da amostra de países intermediários. Apesar do ajuste da regressão ser melhor, ele não é tão bom quanto nas regressões que fazem uso da variável *school*. A Tabela 9 exhibe os resultados utilizando as variáveis *s25idh* nas três primeiras colunas e *s25idh2* nas demais.

**TABELA 9 – CONVERGÊNCIA CONDICIONAL: MODELO DE SOLOW AMPLIADO – NOVAS VARIÁVEIS COMO PROXY PARA CAPITAL HUMANO**

Variável dependente: ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60	-0,341 (4,77)**	-0,383 (4,62)**	-0,503 (3,94)**	-0,364 (5,04)**	-0,415 (4,99)**	-0,519 (4,26)**
I/GDP	0,489 (4,91)**	0,499 (3,89)**	0,267 (1,38)	0,470 (4,74)**	0,459 (3,59)**	0,248 (1,30)
n+g+δ	-0,329 (1,13)	-0,417 (1,38)	-0,650 (1,87)	-0,339 (1,18)	-0,410 (1,38)	-0,585 (1,68)
s25idh	0,186 (3,30)**	0,178 (2,25)*	0,216 (1,38)			
s25idh2				0,163 (3,64)**	0,172 (2,73)**	0,214 (1,62)
Cons,	0,792 (0,95)	0,898 (0,93)	2,018 (1,19)	1,096 (1,29)	1,368 (1,38)	2,449 (1,40)
λ	0,0167	0,0193	0,0280	0,0181	0,0214	0,0293
N	88	70	22	88	70	22

$R^2$	0,48	0,43	0,71	0,49	0,45	0,72
$R^2_a$	0,45	0,40	0,64	0,47	0,42	0,65

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

Não há muita novidade nos resultados. A velocidade de convergência aumenta, os coeficientes do capital físico e humano se reduzem, com exceção do coeficiente do capital humano, na menor amostra. As *proxies* para capital humano se tornam mais significativas e o ajuste das regressões melhora de forma marginal. Os resultados não são tão bons quanto aqueles que utilizam a variável *school* multiplicada pelo IDH e  $IDH^2$ , mas mesmo assim dão suporte à nova *proxy* utilizada para capital humano.

É interessante notar que a utilização da variável anos de escola de Barro e Lee nas regressões, multiplicada ou não pelo IDH e  $IDH^2$ , parece ter um desempenho superior em relação às regressões que utilizam a variável *school*, no modelo em que se supõe que os países estão no estado estacionário, enquanto que para o modelo que leva em consideração que eles possam estar em um processo de convergência ocorre o oposto.

## 10 – Testes das regressões

Apesar de, em média, o fator inflação da variância ser maior do que o das regressões anteriores (utilizando a variável *school*), o problema não é grave<sup>28</sup>. O valor mais elevado é de 5,15 para a variável *s25idh2* da quinta coluna da Tabela 9. A heterocedasticidade já é um problema mais severo do que antes. Agora já se rejeita a hipótese nula de homocedasticidade ao nível de 1% para a amostra dos países intermediários quando se utilizam as variáveis *s25* e *s25idh*. Ao nível de 5% só não se rejeita  $H_0$  para os países da OCDE, quando se utiliza *s25* no estado estacionário e quando se emprega *s25idh2* na maior amostra, considerando convergência. Os testes de normalidade também apresentam alguns problemas: rejeita-se a hipótese nula de normalidade dos resíduos ao nível de 5% nas amostras intermediárias quando se considera convergência, embora isso não aconteça ao nível de 1%.

De uma forma geral, há mais problemas nas regressões quando é utilizada a variável anos de escola. O mais grave é a heterocedasticidade, podendo prejudicar os testes de hipóteses baseados na estatística t. Ainda assim, os valores dos testes t das regressões com resíduos robustos são muito semelhantes<sup>29</sup>, dando suporte aos resultados encontrados

<sup>28</sup> Todos os resultados estão no apêndice 2.

<sup>29</sup> Eles podem ser vistos no apêndice 2.

anteriormente. Assim, o problema de heterocedasticidade não é grave o suficiente para alterar as conclusões a que se pode chegar a partir dos resultados encontrados anteriormente. Preferimos deixar os resultados corrigidos no apêndice para manter a comparabilidade com MRW e pelo fato dos resultados obtidos serem, praticamente, os mesmos.

## **11 – Conclusões**

A introdução das novas *proxies* para capital humano foi feita no sentido de se tentar obter resultados empíricos mais confiáveis em estudos que buscam avaliar o papel do capital humano sobre a renda e a taxa de crescimento econômico. O diferencial de qualidade no sistema de formação de capital humano é uma característica marcante quando se considera uma gama tão diversa de países e, portanto, é essencial ser levado em consideração. Além disso, como alertado por Islam (1995), a não consideração do fator qualidade na *proxy* para capital humano pode levar a resultados onde a conclusão é de que esse fator não é importante de forma direta para o crescimento econômico, pelo menos em estudos que fazem uso de séries temporais.

A utilização do IDH foi no sentido de mensurar o nível de desenvolvimento dos países. A suposição sobre o efeito do IDH na qualidade do sistema formador de capital humano é a de que países mais desenvolvidos possuem uma melhor infra-estrutura educacional, professores mais preparados, entre outros fatores que façam com que o sistema formador de capital humano seja mais desenvolvido. De fato, o emprego das novas *proxies*, no presente estudo, trouxe uma melhora no ajuste das regressões. Todos os resultados confirmaram aqueles encontrados por Mankiw, Romer e Weil (MRW), mas o capital humano é um fator ainda mais importante do que se pôde concluir no trabalho dos autores acima mencionados. Ele mostrou ser importante na explicação do diferencial de renda per capita dos países em questão e foi mais significativo do que no estudo de MRW. O capital físico também perde importância com a utilização das novas *proxies*, possivelmente por ele estar explicando parte do papel que cabe ao fator capital humano no trabalho de MRW.

A elevação da velocidade de convergência também é um indicativo de que a introdução das novas *proxies* melhora os resultados do modelo, pois é de se esperar que quando se leva em conta diferenças qualitativas existentes na formação desse fator, a velocidade de convergência seja maior. Um exemplo seria dois países em transição, A e B, com semelhantes nível de investimento, taxa de depreciação efetiva de capital e, de acordo com uma medida puramente quantitativa, o mesmo nível de capital humano por trabalhador. Suponha que A possua um nível de renda por trabalhador inicial ligeiramente maior e que ele cresça mais rapidamente. Nesse caso, não há convergência condicional quando se controla pelas variáveis acima listadas. Mas se o capital humano é, realmente, maior no país A e a tal medida para esse fator não captura essa diferença, devido a elementos qualitativos, é provável que se tenha convergência condicional, de fato.

A possibilidade de se estar obtendo correlação espúria pela introdução do IDH pelo fato deste conter a renda per capita na sua construção é minimizada pelo fato dele estar sendo utilizado apenas como um ponderador e até mesmo descartada, nas regressões onde os países se encontram fora do estado estacionário, pelo fato do IDH ser uma média composta por períodos anteriores, já que foi confirmada a presença de convergência condicional e, desse modo, seria de se esperar uma correlação negativa entre o nível da renda per capita em períodos anteriores e a taxa de crescimento desta no último período (1985). A desconsideração de possíveis problemas de causalidade é pelo fato da *proxy* para capital humano ser uma medida composta por uma média de períodos anteriores ao da variável dependente (renda per capita em 1985) e pela falta da relação causal da taxa de crescimento

afetando o nível de capital humano, quando os países estão em um processo de convergência condicional.

A similaridade dos resultados das regressões com resíduos robustos corrigidos pelo método de White, que é utilizado para remediar problemas de heterocedasticidade, confirmam e dão suporte aos resultados encontrados. De uma forma geral, a utilização das novas *proxies* tornam os resultados mais confiáveis por se ter uma melhor medida de capital humano.

## **12 – Referências bibliográficas**

BARRO, R. J. Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.407-443, 1991.

BARRO, R. J. *Education and economic growth*. Cambridge MA: Harvard University, Department of Economics, 2000. (Working paper)

BARRO, R. J., LEE J. W. International comparisons of educational attainment. *Journal of Monetary Economics*, v.32, n.3, p.363-394, 1993.

BARRO, R. J., LEE, J. W. International data on educational attainment: update and implications. *Oxford Economic Papers*, v.53, n.3, p.541-563, 2001.

BARRO, R. J., SALA-I-MARTIN, X. Technological diffusion, convergence, and growth. *Journal of Economic Growth*, v.2, n.1, p.1-27, 1997.

BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. *Human capital and technology diffusion*. New York, NY Federal Reserve Bank of San Francisco, 2002. (Working paper; 2003-02) Disponível em: <<http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2003/wp03-02bk.pdf>>.

BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, v.34, n.2, p.143-173, 1994.

BLOMSTRÖM, M., KOKKO, A. Multinational corporations and spillovers. *Journal of Economic Surveys*, v.12, n.2, p.1-31, 1998.

BILS, M., KLENOW P. J. Does schooling cause growth? *The American Economic Review*, v.90, n.5, p.1160-1182, 2000.

BONELLI, R. Crescimento, desigualdade e educação: notas para uma resenha com referência ao Brasil. *Economia Aplicada*. v.6, n.4, p.819-873, 2002.

CONNOLLY, M. P. Human capital and growth in the Post-Bellum South: a separate but unequal story. *The Journal of Economic History*, v.64, n.2, p.1-39, 2004.

DE GREGORIO, J. Economic growth in Latin America. *Journal of Development Economics*, v.39, n.1, p.59-84, 1992.

DOWRICK, S. Ideas and education: level or growth effects? Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2003. 30p. (Working paper, 9709)

EASTERLIN, R. A. Why isn't the whole world developed. *The Journal of Economic History*, v.41, n.1, p.1-21, 1981.

FREIRE-SÉREN, M. J. Human capital accumulation and economic growth. *Investigaciones Económicas*, v.25, n.3, p.585-602, 2001.

HALL, R. E., JONES, C. I. *Why some countries produce so much more output per worker than others?* Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research, 1998. 49p. (Working paper; 6564)

HANUSHEK, E. A., KIMKO, D. D. Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *The American Economic Review*, v.90, n.5, p.1184-1208, 2000.

HUMAN development report 2003: millennium development goals: a compact among nations to end human poverty. New York: United Nations Development Program, 2003. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/reports/global/2003/pdf/hdr03\\_overview.pdf](http://hdr.undp.org/reports/global/2003/pdf/hdr03_overview.pdf)>

ISLAM, N. Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, v.110, n.4, p.1127-1170, 1995.

KRUEGER, A. O. Factor endowments and per capita income differences among countries.

*The Economic Journal*, v.78, n.311, p.641-659, 1968.

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

MANKIW, N. G., ROMER, D., WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.107, n.2, p.407- 437, 1992.

NELSON, R. R., PHELPS, E. S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, v.56, n.2, p.69-75, 1966.

NEHRU, V.; SWANSON, E. & DUBEY, A. A New Database on Human Capital Stock in Developing and Industrial Countries: Sources, Methodology, and Results. *Journal of Development Economics*, v.46, p.379-401, 1995.

PRITCHETT, L. Where has all the education gone? *The World Bank Economic Review*, v.15, n.3, p.367-391, 2001.

ROMER, P. Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, v.98, n.5, p.71-102, 1990a.

ROMER, P. Human capital and growth: theory and evidence. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, n.32, p.251-286, 1990b.

SACHS, J. D., WARNER, A. M. Fundamental sources of long-run growth. *The American Economic Review*, v.87, n.2, p.184-188, 1997.

SUMMERS, R., HESTON, A. A new set of international comparisons of real product and price levels: estimates for 130 countries. *Review of Income and Wealth*, v.4, n.1, p.1-25, 1988.

SUMMERS, R., HESTON, A. The Penn world table (Mark 5): an expanded set of international comparisons, 1950-1988. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.327-368, May 1991.

TEMPLE, J. R. W. A positive effect of human capital on growth. *Economic Letters*, v.65, n.1, p.131-134, 1999.

TEMPLE, J. R. W. Heterogeneity and growth process. generalizations that aren't? Evidence on education and growth. *European Economic Review*, v.45, n.4-6, p.905-918, 2001.

UZAWA, H. Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review*, v.6, n.1, p.18-31, 1965.

## 13 – Anexos

### Anexo 1

Os resultados do apêndice 1 são das regressões que utilizam a variável de MRW (*school*) Os resultados das três próximas tabelas correspondem aos das regressões usando resíduos robustos de White para corrigir possíveis problemas de heterocedasticidade. Na primeira tabela estão os resultados para o modelo ampliado de Solow de MRW. As três primeiras colunas correspondem às regressões no estado estacionário, enquanto que as três seguintes consideram a possibilidade de convergência condicional. A segunda tabela apresenta os resultados, no estado estacionário, quando se empregam as novas variáveis para mensurar capital humano, enquanto que na terceira tabela estão os resultados fazendo o uso dessas variáveis no caso de convergência.

**TABELA A1 - RESULTADOS ROBUSTOS USANDO VARIÁVEL SCHOOL**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985 nas três primeiras colunas e ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960 nas demais

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60				-0,288 (5,31)**	-0,366 (6,24)**	-0,398 (5,27)**
I/GDP	0,697 (4,69)**	0,700 (4,57)**	0,276 (0,78)	0,524 (4,88)**	0,538 (3,98)**	0,332 (1,47)
n+g+δ	-1,745 (5,07)**	-1,500 (4,39)**	-1,076 (1,59)	-0,506 (2,14)*	-0,545 (2,36)*	-0,863 (3,42)**
School	0,654 (8,83)**	0,731 (7,52)**	0,768 (1,69)	0,231 (3,48)**	0,270 (3,12)**	0,228 (1,82)
Cons.	0,622 (0,69)	1,202 (1,33)	3,830 (1,52)	-0,455 (0,87)	-0,012 (0,02)	0,179 (0,19)
N	98	75	22	98	75	22
R <sup>2</sup>	0,79	0,78	0,35	0,49	0,47	0,72

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses.

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

**TABELA A2 - RESULTADOS ROBUSTOS USANDO AS VARIÁVEIS SCIDH E SCIDH<sup>2</sup> NO ESTADO ESTACIONÁRIO**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I/GDP	0,578 (4,00)**	0,519 (3,54)**	0,189 (0,56)	0,495 (3,54)**	0,424 (2,98)**	0,130 (0,42)
n+g+δ	-1,463 (4,76)**	-1,258 (3,90)**	-0,841 (1,74)	-1,348 (4,62)**	-1,119 (3,55)**	-0,613 (1,41)
Scidh	0,532 (10,22)**	0,614 (9,01)**	0,775 (2,42)*			
Scidh2				0,443 (11,29)**	0,509 (9,86)**	0,723 (3,29)**
Cons.	2,191 (2,60)*	2,841 (3,15)**	4,886 (2,79)*	3,051 (3,72)**	3,844 (4,26)**	5,947 (3,69)**
N	96	75	22	96	75	22
R <sup>2</sup>	0,82	0,82	0,45	0,84	0,83	0,51

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

**TABELA A3 - RESULTADOS ROBUSTOS USANDO AS VARIÁVEIS SCIDH E SCIDH<sup>2</sup> EM CONVERGÊNCIA**

Variável dependente: ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60	-0.343 (5.99)**	-0.414 (6.89)**	-0.420 (5.24)**	-0.372 (6.28)**	-0.442 (7.30)**	-0.439 (5.21)**
I/GDP	0.516 (4.59)**	0.477 (3.40)**	0.306 (1.45)	0.486 (4.26)**	0.439 (3.05)**	0.286 (1.43)
n+g+δ	-0.438 (1.95)	-0.519 (2.32)*	-0.794 (3.23)**	-0.437 (1.99)*	-0.494 (2.23)*	-0.721 (2.81)*
Scidh	0.201 (3.67)**	0.254 (3.55)**	0.239 (2.09)			
Scidh2				0.179 (3.97)**	0.224 (3.82)**	0.233 (2.28)*
cons.	0.329 (0.59)	0.751 (1.24)	0.671 (0.73)	0.756 (1.25)	1.286 (1.87)	1.150 (1.13)
N	96	75	22	96	75	22
R <sup>2</sup>	0.53	0.49	0.73	0.54	0.51	0.74

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

As Tabelas A4 e A5 apresentam os valores do fator de inflação da variância, As três primeiras colunas da Tabela A4 mostram os resultados, no estado estacionário, do modelo de MRW, As três seguintes apresentam os resultados quando se utiliza a variável scidh, enquanto que as últimas são para as regressões que empregam scidh2 como *proxy* para capital humano, A Tabela A5 é similar, mas considerando convergência, A inicial M corresponde à maior amostra, I à amostra intermediária e O à formada pelos países da OCDE,

**TABELA A4 – FATOR INFLAÇÃO DA VARIÂNCIA – ESTADO ESTACIONÁRIO**

Variável	M	I	O	M	I	O	M	I	O
scidh2							2,02	1,99	1,09
scidh				1,91	1,83	1,07			
iy	1,73	1,60	1,07	1,95	1,78	1,08	2,04	1,88	1,09
school	1,67	1,58	1,06						
n+g+δ	1,09	1,17	1,04	1,10	1,20	1,01	1,10	1,22	1,01
Mean VIF	1,50	1,45	1,06	1,65	1,60	1,05	1,72	1,70	1,06

**TABELA A5 – FATOR INFLAÇÃO DA VARIÂNCIA – CONVERGÊNCIA**

Variável	M	I	O	M	I	O	M	I	O
scidh2							3,97	3,87	1,63
scidh				3,49	3,33	1,47			

gdp60	2,80	2,71	1,24	3,19	3,10	1,38	3,43	3,33	1,50
school	2,70	2,50	1,32						
iy	1,78	1,64	1,06	1,96	1,78	1,08	2,04	1,88	1,11
n+g+ $\delta$	1,27	1,34	1,04	1,26	1,33	1,01	1,25	1,33	1,01
-----+									
Mean VIF	2,14	2,05	1,16	2,47	2,39	1,24	2,67	2,60	1,31

A tabela abaixo apresenta os resultados do teste de Breusch-Pagan para heterocedasticidade. Nas duas primeiras linhas estão os resultados utilizando a variável *school*, nas linhas intermediárias se faz uso da variável *scidh*, enquanto que nas últimas é feito uso de *scidh2*. As três primeiras colunas são os resultados quando se considera o estado estacionário e nas três últimas quando se supõe convergência.

**TABELA A6 – TESTE DE BREUSH PAGAN PARA HETEROCEDASTICIDADE**

Ho: Variância Constante

Amostra	M	I	O	M	I	O
chi2(1)	= 0,34	0,13	2,58	1,38	6,47	1,63
Prob > chi2	= 0,559	0,715	0,108	0,24	0,011	0,202
chi2(1)	= 0,14	0,14	1,36	2,22	5,59	1,92
Prob > chi2	= 0,705	0,711	0,244	0,136	0,018	0,166
chi2(1)	= 0,17	0,03	0,69	2,24	4,75	2,12
Prob > chi2	= 0,678	0,862	0,407	0,134	0,029	0,145

Na Tabela A7 estão os resultados do teste de normalidade dos resíduos. Nas três primeiras linhas os testes são para os resultados onde a variável *school* é empregada, no estado estacionário. Nas três seguintes são os resultados quando se utiliza *scidh* e nas três próximas quando se faz uso de *scidh2*. As demais seguem a mesma ordem, mas com a suposição de convergência.

**TABELA A7- TESTE PARA NORMALIDADE DOS RESÍDUOS**

Amostra	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
Maior	0,164	0,804	2,05	0,3583
Inter,	0,150	0,511	2,59	0,2737
OCDE	0,641	0,688	0,39	0,8242
Maior	0,051	0,680	4,10	0,1289
Inter,	0,089	0,777	3,09	0,2134
OCDE	0,694	0,405	0,91	0,6342
Maior	0,032	0,511	5,01	0,0817
OCDE	0,089	0,894	3,02	0,2206
Menor	0,531	0,345	1,41	0,4953
Maior	0,512	0,201	2,12	0,3473
Inter,	0,429	0,017	5,94	0,0514
OCDE	0,217	0,553	2,09	0,3522
Maior	0,270	0,085	4,32	0,1156
Inter,	0,467	0,031	5,11	0,0778
OCDE	0,368	0,605	1,17	0,5576
Maior	0,231	0,081	4,56	0,1024
Inter,	0,527	0,045	4,50	0,1056
OCDE	0,498	0,650	0,70	0,7034

**Anexo 2**

Os resultados do apêndice 2 correspondem aos resultados do apêndice 1, mas com a utilização da variável anos de escola.

**TABELA A8 - RESULTADOS ROBUSTOS USANDO VARIÁVEL S25**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985 nas três primeiras colunas e ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960 nas demais

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60				-0,295 (4,92)**	-0,328 (5,04)**	-0,469 (2,68)*
I/GDP	0,516 (3,01)**	0,507 (2,32)*	0,017 (0,08)	0,493 (3,96)**	0,567 (3,25)**	0,299 (1,36)
n+g+δ	-1,175 (3,41)**	-1,039 (2,94)**	-0,573 (1,61)	-0,348 (1,41)	-0,431 (1,78)	-0,723 (2,32)*
s25	0,713 (8,25)**	0,721 (5,74)**	0,837 (8,84)**	0,213 (3,16)**	0,147 (1,57)	0,192 (0,89)
Cons.	2,928 (3,12)**	3,351 (3,39)**	6,149 (4,75)**	0,247 (0,38)	0,192 (0,27)	1,426 (0,76)
N	89	70	22	89	70	22
R <sup>2</sup>	0,80	0,76	0,74	0,44	0,41	0,70

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

**TABELA A9 - RESULTADOS ROBUSTOS USANDO AS VARIÁVEIS S25IDH E S25IDH<sup>2</sup> NO ESTADO ESTACIONÁRIO**

Variável dependente: ln da renda per capita 1985

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I/GDP	0,458 (2,73)**	0,370 (1,77)	-0,012 (0,06)	0,420 (2,58)*	0,311 (1,55)	-0,027 (0,14)

n+g+ $\delta$	-1,050 (3,31)**	-0,905 (2,65)**	-0,364 (1,03)	-1,020 (3,33)**	-0,850 (2,53)*	-0,204 (0,56)
s25idh	0,553 (8,94)**	0,601 (6,28)**	0,743 (9,24)**			
s25idh2				0,449 (9,52)**	0,496 (6,70)**	0,660 (8,66)**
Cons.	3,882 (4,31)**	4,518 (4,47)**	7,132 (5,38)**	4,359 (4,89)**	5,135 (4,99)**	7,888 (5,70)**
N	88	70	22	88	70	22
R <sup>2</sup>	0,83	0,80	0,76	0,84	0,81	0,77

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

**TABELA A10 - RESULTADOS ROBUSTOS USANDO AS VARIÁVEIS S25IDH E S25IDH<sup>2</sup> EM CONVERGÊNCIA**

Variável dependente: ln da renda de 1985 menos ln da renda de 1960						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Y60	-0,341 (5,82)**	-0,383 (6,15)**	-0,503 (2,88)*	-0,364 (6,28)**	-0,415 (6,76)**	-0,519 (3,10)**
I/GDP	0,489 (3,79)**	0,499 (2,69)**	0,267 (1,25)	0,470 (3,62)**	0,459 (2,43)*	0,248 (1,21)
n+g+ $\delta$	-0,329 (1,39)	-0,417 (1,77)	-0,650 (1,96)	-0,339 (1,45)	-0,410 (1,76)	-0,585 (1,67)
s25idh	0,186 (3,48)**	0,178 (2,20)*	0,216 (1,17)			
s25idh2				0,163 (3,74)**	0,172 (2,51)*	0,214 (1,39)
Cons.	0,792 (1,18)	0,898 (1,14)	2,018 (0,97)	1,096 (1,57)	1,368 (1,60)	2,449 (1,13)
N	88	70	22	88	70	22
R <sup>2</sup>	0,48	0,43	0,71	0,49	0,45	0,72

Valores absolutos das estatísticas t estão entre parênteses

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%

**TABELA A11 – FATOR INFLAÇÃO DA VARIÂNCIA – ESTADO ESTACIONÁRIO**

Variable	M	I	O	M	I	O	M	I	O
s25idh2							2,34	2,40	1,14
s25idh				2,31	2,35	1,12			
s25	2,17	2,20	1,10						
iy	2,06	2,01	1,10	2,21	2,13	1,11	2,23	2,17	1,11
n+g+ $\delta$	1,17	1,24	1,01	1,17	1,25	1,02	1,17	1,26	1,03
Mean VIF	1,80	1,82	1,07	1,90	1,91	1,08	1,91	1,94	1,10

**TABELA A12 – FATOR INFLAÇÃO DA VARIÂNCIA – CONVERGÊNCIA**

Variable	M	I	O	M	I	O	M	I	O
s25idh2							4,90	5,15	4,29
s25idh				4,63	4,83	4,44			
s25	4,01	4,05	4,44						
gdp60	3,32	3,09	4,06	3,63	3,44	3,98	3,79	3,59	3,77
iy	2,06	2,02	1,26	2,21	2,17	1,28	2,24	2,23	1,28
n+g+ $\delta$	1,26	1,31	1,02	1,26	1,31	1,07	1,26	1,31	1,12
Mean VIF	2,66	2,62	2,70	2,93	2,94	2,69	3,05	3,07	2,62

**TABELA A13 – TESTE DE BREUSH PAGAN PARA HETEROCEDASTICIDADE**

Ho: Variância Constante

Amostra	M	I	O	M	I	O
chi2(1)	= 3,83	3,33	0,04	5,10	11,17	0,49
Prob > chi2	= 0,051	0,068	0,848	0,024	0,001	0,485
chi2(1)	= 4,31	4,74	0,03	4,35	7,76	0,65
Prob > chi2	= 0,038	0,029	0,863	0,037	0,005	0,42
chi2(1)	= 4,53	4,94	0,00	3,45	5,69	0,86
Prob > chi2	= 0,033	0,026	0,966	0,064	0,017	0,355

**TABELA A14– TESTE PARA NORMALIDADE DOS RESÍDUOS**

Amostra	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
Maior	0,175	0,887	1,92	0,3838
Inter,	0,076	0,415	3,97	0,1371
OCDE	0,202	0,241	3,39	0,1840
Maior	0,184	0,684	1,99	0,3704
Inter,	0,269	0,782	1,34	0,5115
OCDE	0,117	0,134	4,74	0,0934
000000				
Maior	0,202	0,526	2,09	0,3519
Inter,	0,430	0,333	1,61	0,4462
OCDE	0,089	0,108	5,30	0,0707
Maior	0,521	0,064	3,96	0,1378
Inter,	0,207	0,004	8,56	0,0139
OCDE	0,127	0,842	2,66	0,2648
Maior	0,354	0,040	5,01	0,0819
Inter,	0,336	0,009	7,11	0,0286
OCDE	0,208	0,893	1,77	0,4128
Maior	0,353	0,046	4,83	0,0895
Inter,	0,453	0,014	6,18	0,0454
OCDE	0,288	0,889	1,25	0,5348

**3 Qualidade do Capital Humano nos Estados Brasileiros**

## **Resumo**

A qualidade do capital humano parece ser uma característica de extrema importância para não ser levada em conta na análise dos efeitos deste fator sobre o nível e a taxa de crescimento da renda por trabalhador. Esta é a principal razão para o surgimento de muitos estudos que fazem um esforço no sentido de se introduzir alguma proxy para capital humano que incorpore aspectos qualitativos deste fator. O objetivo do presente estudo é fazer uma análise empírica dos impactos diretos do capital humano sobre o nível e o crescimento da renda por trabalhador nos estados brasileiros através do uso de uma proxy que incorpore aspectos quantitativos e qualitativos deste fator. O período de análise é 1970-2000, com dados para os anos 1970, 1980, 1991 e 2000. Os métodos empregados são Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e Dados de Painel.

**Palavras Chaves: Qualidade do Capital Humano; Renda por Trabalhador; Análise Empírica para os Estados Brasileiros; Dados de Painel.**

## **Abstract**

Quality of human capital seems to be an extremely important feature to be disregarded in the evaluation of this factor impacts on income per worker (rate of growth and level). This is the reason for the emergence of many recent studies which includes some variable that takes into account the quality of human capital. The present study's goal is to make an empirical analysis by using a human capital proxy that takes into account quantitative and qualitative aspects of this factor to measure with a higher level of accuracy the human capital direct impacts on Brazilian States output level in the years 1970, 1980, 1991, and 2000. The methods employed are Ordinary Least Squares (OLS) and Panel Data regressions.

**Key Words: Human Capital Quality; Income per Worker; Empirical Analysis of the Brazilian States; Panel Data**

## **1 – Introdução**

Apesar da controvérsia sobre o papel do capital humano no crescimento econômico, este parece ser um fator essencial no processo de desenvolvimento e crescimento das nações. Alguns estudos, como os de Romer (1990), Benhabib e Spiegel (1994), Hall e Jones (1998), e Pritchett (2001), põem em dúvida a importância dos impactos diretos<sup>1</sup> do capital humano na

---

<sup>1</sup> Por efeitos/impactos diretos nós nos referimos à introdução do capital humano na função de produção como um dos fatores de produção. Essa forma de incorporação do capital humano busca capturar os efeitos desse fator sobre o nível de renda através da melhora das habilidades dos trabalhadores em suas respectivas funções.

renda. Entretanto, existem muitos outros que dão suporte à idéia de que esses efeitos diretos são cruciais. Alguns deles são Krueger (1968), Easterlin (1981), Barro (1991), Mankiw, Romer and Weil (1992)<sup>2</sup> e Barro e Lee (2001).

Entretanto, a maior parte dos estudos que dão suporte à visão de que o capital humano é um elemento crucial para o crescimento da renda de uma forma direta é proveniente de estudos microeconômicos. Muitos estudos empíricos apontam que os retornos dos investimentos em capital humano são elevados tanto em países em desenvolvimento quanto nos desenvolvidos (Dowrick, 2003). Alguns possíveis motivos para essa divergência entre os resultados dos estudos micro e macroeconômicos são os erros de especificação de modelo e os dados de baixa qualidade. Temple (1999) mostra, ainda, que *outliers* influentes podem levar a distorções dos resultados. Se essas observações são omitidas, usando o método *least trimmed squares*, a conclusão é de que o fator capital humano é mais importante do que realmente aparenta ser.

Quanto ao problema de especificação, ele está diretamente associado às hipóteses feitas sobre o tipo de impacto que o capital humano tem no processo de crescimento. Nelson e Phelps (1966) fornecem uma importante alternativa ao tratamento do capital humano (ao invés de salientarem o impacto direto da educação na produtividade do capital) ao enfatizarem o papel do capital humano no processo de difusão de tecnologia. Eles desenvolvem um modelo onde os retornos dos gastos em educação são positivos quando a tecnologia está em um processo de avanço. 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)

Alguns estudos empíricos, como Benhabib e Spiegel (1994, 2002) e Islam (1995), fornecem evidências que dão suporte a essa posição. Outro relevante canal de difusão de tecnologia é o comércio internacional, pois a tecnologia se encontra, em muitos casos, incorporada em bens comercializáveis. Assim, quando um determinado país compra um bem de outro e o utiliza no processo de produção, a quantidade de tecnologia utilizada no processo de produção se eleva (Keller 2004). Adicionalmente, Connolly (2003) sugere que o uso de bens de capital estrangeiro pode baixar os custos de imitação. Investimentos estrangeiros diretos (IED) também servem como um importante canal de difusão. As razões para se

---

<sup>2</sup> MRW daqui para frente.

acreditar na importância do IED são diversas. Primeiramente, quando uma empresa multinacional inaugura uma subsidiária em um determinado país, ela traz consigo conhecimento incorporado em capital físico e em pessoas, além de novos métodos de produção (conhecimento não incorporável). Ela traz também novos conhecimentos que serão ensinados para os trabalhadores domésticos empregados na nova fábrica. Como afirmado por Aitken e Harrison (1999): “*Several studies have shown that foreign firms initiate more on-the-job training programs than their domestic counterparts*”. (p. 605). Além disso, subsidiárias interagem com fornecedores domésticos e alguns concorrentes, além de fornecerem insumos intermediários de alta qualidade (Dimelis e Louri, 2003). Alguns estudos, como Borensztein et al. (1998), Xu (2000) e Dimelis e Louri (2003), também sugerem que o capital humano interage com o comércio internacional e IED de modo que regiões com um maior nível de capital humano são aquelas que podem tirar mais proveito da difusão de tecnologia através dos dois canais acima citados.

Outro problema para o teste da importância do capital humano é o tipo de variável utilizada como *proxy* para essa variável. A maior parte das bases de dados que estão disponíveis levam em conta apenas aspectos qualitativos desse fator, abrindo brechas para que erros de medida sejam levados aos resultados da análise empírica. Hanushek e Kimko (2000) e Barro (2000) fazem uso de testes internacionais de ciência e matemática para medir aspectos qualitativos do capital humano (TIMMS<sup>3</sup> para estudantes e IALS<sup>4</sup> para adultos). Eles encontram que tanto qualidade quanto quantidade do capital humano são aspectos que têm impacto positivo no crescimento econômico, mas qualidade é mais importante. Connolly (2004), fazendo uso de gastos em educação como *proxy* para qualidade do capital humano, encontra que este é um importante elemento na explicação do diferencial do nível de renda entre os estados norte americanos.

O objetivo do presente estudo é fazer uso de uma *proxy* para capital humano que leve em conta aspectos quantitativos e qualitativos desse fator para que se avalie com um maior grau de confiabilidade seus impactos diretos sobre o nível e a taxa de crescimento da renda dos estados brasileiros. As *proxies* a serem utilizadas são compostas pela variável anos de escola ( $h$ ) multiplicada pelo IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e  $h$  vezes IDH ao quadrado. A suposição por trás da utilização delas é de que a qualidade do sistema

---

<sup>3</sup> The Third International Mathematics and Science Study in 1994 and 1995.

<sup>4</sup> International Adult Literacy Survey.

educacional depende do nível de desenvolvimento do estado 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 o qual os dados estão disponíveis para todos os estados brasileiros, no período de análise, além deles serem de razoável confiabilidade. Na construção da primeira *proxy* ( $IDH \cdot h$ ) é feita a suposição de que a qualidade do sistema de formação do capital humano é proporcional ao nível de desenvolvimento do estado, enquanto que na segunda ( $IDH^2 \cdot h$ ) é de que a qualidade é mais do que proporcional. Alguns estudos sobre o Brasil encontram evidências de que as regiões mais pobres e com menor IDH são as que possuem escolas com pior qualidade no ensino.

Pela análise comparativa de dados das regiões Nordeste e Sudeste do país, Barros et al. (2001) encontram uma relação negativa entre pobreza e qualidade da educação. Escolas com melhor infra-estrutura física e que possuem professores com mais anos de escola parecem ter estudantes com melhores performances nos estudos. Outros fatores importantes que possuem um efeito positivo sobre a performance dos alunos são os anos de escola dos pais e a renda da família. Pelo fato da infra-estrutura física e educação dos professores serem, na média, melhores nas regiões mais ricas, assim como a renda da família e a educação dos pais, seria de se esperar que a qualidade da educação fosse melhor em tais regiões.

Pode-se sugerir que a educação dos pais e a renda da família não são elementos relevantes na determinação da qualidade da educação do sistema escolar. Entretanto, se pais mais educados e ricos se preocupam mais com a boa formação escolar de seus filhos, eles estarão dispostos a gastar mais com a educação deles. Portanto, a demanda por boas escolas será maior quando comparado com regiões menos afortunadas, com impactos sobre a qualidade do sistema educacional da região, pelo menos na rede privada de ensino. Esses elementos podem ser importantes mesmo depois de se controlar para a qualidade de infraestrutura das escolas e educação dos professores, pois essas duas *proxies* para qualidade do sistema educacional não capturam todos os fatores que determinam a sua qualidade.

Mesmo após controlar para as variáveis acima citadas, o uso de uma variável dummy para a região mais pobre do Brasil (Nordeste) indica que a performance dos alunos dessa região é pior do que daqueles da região Sudeste (Barro et al. 2001). Talvez isso seja devido a diferenças na qualidade das escolas que não foram capturadas pelas variáveis acima mencionadas. Um problema no estudo de Barros et al. (2001) é a *proxy* empregada para mensurar a performance dos alunos: anos de escola dos estudantes. Desse modo, ela não incorpora nenhum elemento qualitativo. A suposição é de que uma certa pessoa X com mais anos de escola que outra (Y), enquanto elas estão na escola, possui um melhor desempenho

escolar, o que não é necessariamente verdade. Albernaz et al. (2002) empregam outra *proxy* para contornar tal problema. Esta é baseada em testes padronizados de conhecimento fornecidos pelo Sistema de Acompanhamento da Educação Básica (SAEB). Os resultados são qualitativamente similares aos encontrados por Barros et al. (2001), sendo o desempenho das escolas nos testes dependente do nível médio de renda das famílias dos alunos. Quando esse elemento é levado em conta, a infra-estrutura física das escolas e a média dos anos de estudos dos professores continuam sendo importantes elementos na determinação do desempenho dos estudantes nos testes.

No presente estudo, a inclusão de uma *proxy* para capital humano que leve em conta o diferencial de qualidade entre os estados brasileiros para avaliar a importância desse fator sobre o nível e a taxa de crescimento da renda mostra que seu impacto é menor do que se poderia concluir em estudos anteriores, apesar de sua significância ser maior. Mesmo quando controlamos para a especificidade de cada estado através do uso de dados de painel, o fator capital humano permanece relevante, mas apenas quando levamos em conta seus aspectos qualitativos. Provavelmente, isto está relacionado ao fato de que a expansão na quantidade do capital humano nem sempre é acompanhada por uma melhora em sua qualidade. Assim, quando usamos uma *proxy* que mensura apenas aspectos quantitativos desse fator, ele parece não ser relevante na determinação do nível ou taxa de crescimento da renda.

Além dessa introdução, o presente estudo inclui uma breve discussão de alguns estudos centrados no papel do capital humano e renda no Brasil. Na seção seguinte está o modelo formal que será utilizado na análise empírica. Na quarta seção está a metodologia e a apresentação dos dados a serem utilizados e na quinta, os resultados empíricos.

## **2 – Estudos empíricos dos estados brasileiros**

A análise econômica empírica dos estados brasileiros está mais focada na discussão sobre distribuição de renda e convergência. Uma boa razão para explicar essa tendência é o nível de desigualdade entre as regiões. Alguns desses estudos fazem o uso do fator capital humano como uma variável de controle, mas a análise desse fator na explicação do nível e taxa de crescimento da renda está longe de ser a preocupação central. Normalmente, os estudos empíricos encontram evidência que dão sustentação à hipótese de existência de convergência absoluta da renda per capita nos estados do Brasil, como em Ferreira (1996) e

Azzoni (2001). Entretanto, como ressaltado por Azzoni (2001), com uma grande variação na evolução da desigualdade de renda através do tempo e de regiões.

Quando alguma outra variável é incluída como controle, entre os principais resultados estão o aumento na velocidade de convergência (condicional) e o coeficiente positivo e significativo do capital humano, quando este é incluído na análise. Os resultados encontrados por Azzoni et al. (1999) mostram que o nível da renda per capita dos estados brasileiros é positivamente correlacionado com o nível de capital humano. O nível de renda também tem uma correlação positiva com variáveis geográficas, por exemplo.

Alguns outros estudos que examinam o efeito do capital humano sobre o nível e/ou taxa de crescimento da renda per capita dos estados brasileiros são Ferreira (2000), Andrade (1997), e Lau et al. (1993). Os resultados de Lau et al. indicam que, em média, um ano adicional de escola dos trabalhadores do Brasil tem um impacto positivo sobre a renda de 20%, aproximadamente. Portanto, a média dos anos de estudo dos trabalhadores brasileiros tem um papel fundamental na determinação do nível de renda dos estados. Andrade (1997) encontra um impacto ainda maior do capital humano sobre o nível de renda: um ano adicional de escola da população em idade de trabalhar aumenta o PIB em torno de 32%. A principal preocupação de Ferreira (2000) é a mensuração da velocidade de convergência entre os estados. Porém, seus resultados mostram que o capital humano é um fator relevante na explicação da taxa de crescimento da renda nos estados brasileiros.

### **3 – O modelo**

#### **3.1 – Estado estacionário**

A função de produção é a seguinte

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

em que  $K_t$ ,  $H_t$  e  $L_t$  são as respectivas quantidades de capital físico, capital humano e trabalho no período  $t$ , e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $1 - \alpha - \beta$  são as participações dos fatores capital humano, físico e trabalho na renda, respectivamente. Dividindo ambos os lados da equação (1) pela quantidade efetiva de trabalho ( $AL$ ), chega-se a

$$(2) \quad \hat{y} = \hat{k}^\beta \hat{h}^\alpha$$

em que  $\hat{y} = Y/AL$ ,  $\hat{k} = K/AL$  e  $\hat{h} = H/AL$  são as quantidades por unidades efetivas de trabalho. Com as mesmas suposições do modelo de Solow (1956), mas utilizando a função de produção dada pela equação (1), além de  $s_k$  e  $s_h$  para denominar a fração da renda investida em capital físico e humano, respectivamente, as evoluções da acumulação dos capitais físico e humano são determinadas por

$$(3a) \quad \dot{\hat{k}} = s_k \hat{y} - (\delta + n + g)\hat{k}$$

$$(3b) \quad \dot{\hat{h}} = s_h \hat{y} - (\delta + n + g)\hat{h}$$

em que  $n$  é a taxa de crescimento populacional,  $g$  a taxa de progresso tecnológico e  $\delta$  a taxa de depreciação de ambos os tipos de capital, que é a mesma por suposição. No estado estacionário, as equações (3a) e (3b) se igualam a zero, formando um sistema de duas equações e duas variáveis endógenas: as quantidades de capital humano e físico, por unidades efetivas de trabalho. Resolvendo para essas variáveis, obtêm-se

$$(4a) \quad \hat{k}^* = \left( \frac{s_k^{1-\alpha} s_h^\alpha}{\delta + n + g} \right)^{1/(1-\alpha-\beta)}$$

$$(4b) \quad \hat{h}^* = \left( \frac{s_k^\beta s_h^{1-\beta}}{\delta + n + g} \right)^{1/(1-\alpha-\beta)}$$

em que o sobrescrito \* denota que a variável se encontra no estado estacionário. Substituindo as equações (4a) e (4b) na equação (2) e transformando ambos os lados da equação em logaritmo natural (ln), chega-se à:

$$(5) \quad \ln \hat{y}^* = \left( \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_h) - \left( \frac{\alpha + \beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(\delta + n + g)$$

Ou em termos da renda por unidade de trabalho (lembrando que  $\ln(\hat{y}_t) = \ln y_t - \ln A_t$ ),

$$(6) \quad \ln y^* = \ln A_t + \left( \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_h) - \left( \frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(\delta+n+g)$$

Produto por unidade de trabalho é  $y = Y/L$  e  $y^*$  é a renda por unidade de trabalho no estado estacionário. É feita a suposição de que  $g$  e  $\delta$  são constantes entre os países. Como o termo  $A$  representa não somente tecnologia, mas também dotação de recursos, clima, instituições e outras variáveis, ele deve variar entre os países. Assim, MRW assumem que

$$(7) \quad \ln A_t = a + \varepsilon$$

em que  $a$  é uma constante e  $\varepsilon$  representa a especificidade de cada país. Substituindo essa equação em (6), chega-se à:

$$(8) \quad \ln(y^*) = a + \left( \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(s_h) - \left( \frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \right) \ln(\delta+n+g) + \varepsilon$$

Essa equação é utilizada por MRW na análise empírica. Entretanto, nossa medida de capital humano está mais próxima de estoque do que investimento. Nesse caso, podemos fazer uso das equações (4b) e (8) para encontrar

$$(9) \quad \ln(y^*) = \eta a + \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) \ln(s_k) + \left( \frac{\alpha}{1-\beta} \right) \ln(h^*) - \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) \ln(\delta+n+g) + \varepsilon'$$

em que  $\eta = (1-\alpha-\beta)/(1-\beta)$  e  $\varepsilon' = \eta\varepsilon$ . Nós temos duas *proxies* para capital físico. Uma está mais relacionada com o conceito de investimento (taxa de crescimento do consumo de energia industrial). Nesse caso, faremos uso da especificação da equação (9) para uma regressão *pooled* através do uso do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e dados de painel (efeito fixo). A outra está relacionada a uma medida de estoque (consumo de energia industrial dividido pela população economicamente ativa). Nessa especificação não há taxa de poupança para ser usada como uma variável explicativa. Assim, a melhor maneira

de se derivar a equação a ser utilizada como base na análise de regressão é diretamente de (2):

$$(10) \quad \ln(y^*) = (1 - \alpha - \beta)\ln(A_t) + \beta \ln(k^*) + \alpha \ln(h^*)$$

Usando a suposição dada pela equação (7), encontramos:

$$(11) \quad \ln(y^*) = (1 - \alpha - \beta)a + \beta \ln(k^*) + \alpha \ln(h^*) + \varepsilon''$$

em que  $\varepsilon'' = (1 - \alpha - \beta)\varepsilon$ . Note que não há termos de depreciação em (10) e (11). Isso acontece porque não fizemos uso das equações (3a) e (3b) na derivação da equação (9). Para mensurar variáveis de estoque nós não precisamos descontar nenhuma depreciação do capital.

### 3.2 – Convergência

Como não há nenhuma garantia de que os países estejam no estado estacionário, é importante que se inclua a possibilidade de convergência, ou seja, de que eles estejam em um período de transição. Próximo ao estado estacionário a velocidade de convergência é dada por

$$(12) \quad \frac{d \ln(\hat{y}_t)}{dt} = \lambda \left[ \ln(\hat{y}^*) - \ln(\hat{y}_t) \right]$$

em que  $\lambda = (n + g + \delta)(1 - \alpha - \beta)$  e  $\hat{y}_t^*$  é a renda em unidades efetivas de trabalho no estado estacionário. A equação (12) implica em

$$(13) \quad \ln(\hat{y}_t) = (1 - e^{-\lambda t}) \ln(\hat{y}^*) + e^{-\lambda t} \ln(\hat{y}_0)$$

Nas equação (13),  $\hat{y}_0$  é o produto por unidades efetivas de trabalho no período inicial.

Se subtraímos  $\ln(\hat{y}_0)$  de ambos os lados da equação (13) e lembrando que  $\ln(\hat{y}_t) = \ln y_t - \ln A_t$ , temos:

$$(14) \quad \ln(y_t) - \ln(y_0) = \pi \ln(y_t^*) - \pi \ln(y_0) + e^{-\lambda t} (\ln A_t - \ln A_0)$$

em que  $\pi = (1 - e^{-\lambda t})$ . Desta equação, podemos derivar três outras distintas dependendo de qual equação usamos no lugar de  $\ln(y_t^*)$  em (14). Desde que não temos uma *proxy* para investimento em capital humano, usaremos apenas (9) e (11). Utilizando (9) em (14), produz-se:

$$(15) \quad \ln(y_t) - \ln(y_0) = \pi \eta a + \pi \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \ln(s_k) + \pi \left( \frac{\alpha}{1 - \beta} \right) \ln(h^*) \\ - \pi \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \ln(\delta + n + g) - \pi \ln(y_0) + e^{-\lambda t} (\ln A_t - \ln A_0) + \pi \varepsilon'$$

Fazendo uso de (11) em (14), temos:

$$(16) \quad \ln(y_t) - \ln(y_0) = \pi(1 - \alpha - \beta)a + \pi\beta \ln(k^*) + \pi\alpha \ln(h^*) - \pi \ln(y_0) + e^{-\lambda t} (\ln A_t - \ln A_0) + \pi \varepsilon''$$

Mais uma vez, não há nenhum termo de depreciação em (16). O motivo é o mesmo que foi dado anteriormente.

#### 4 – Metodologia e dados

Pelo fato do termo de erro aleatório ser uma variação das especificidades de cada estado, um problema em equações como (9), (11), (15), e (16) é a possível correlação entre  $\varepsilon$  e pelo menos uma das variáveis independentes  $s_k$  ou  $k$ ,  $h$  e  $n$ . MRW assumem que este não é o caso e usam MQO para estimar os parâmetros. Essa escolha é criticada por Hall e Jones:

This assumption seems questionable, as countries that provide incentives for high rates of physical and human capital accumulation are likely to be those that use their inputs productively, particularly if our hypothesis that social infrastructure influences all three components [productivity, physical and human capital] has any merit. (1998, p.13).

Segundo 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 estejam correlacionados com uma das variáveis independentes é menor.

Na metodologia de dados de painel é preciso que se decida entre efeitos fixos e aleatórios. Baseado na equação (9), o modelo de estimação por efeitos fixos pode ser representado por:

$$(17) \quad \ln(y_{it}^*) = \eta a_i + \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) \ln(s_{kit}) + \left(\frac{\alpha}{1-\beta}\right) \ln(h_{it}^*) - \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) \ln(\delta + n_{it} + g) + \varepsilon_{it}'$$

E na equação (11), ele seria

$$(18) \quad \ln(y_{it}^*) = (1-\alpha-\beta)a_i + \beta \ln(k_{it}^*) + \alpha \ln(h_{it}^*) + \varepsilon_{it}'$$

em que  $a_i$  é a variável dummy que representa as especificidades de cada estado<sup>5</sup>. Portanto, esse modelo assume que diferenças entre as unidades de análise podem ser capturadas por uma constante que difere entre elas. Assim, essas diferenças podem ser estimadas pelo método de efeitos fixos (FE). Usando o método de efeitos aleatórios, baseado na equação (9), temos a seguinte especificação do modelo:

$$(19) \quad \ln(y_{it}^*) = \eta a + \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) \ln(s_{kit}) + \left(\frac{\alpha}{1-\beta}\right) \ln(h_{it}^*) - \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) \ln(\delta + n_{it} + g) + u_i + \varepsilon_{it}'$$

e baseado na equação (11):

$$(20) \quad \ln(y_{it}^*) = (1-\alpha-\beta)a + \beta \ln(k_{it}^*) + \alpha \ln(h_{it}^*) + u_i + \varepsilon_{it}'$$

O elemento  $u_i$  é o distúrbio aleatório que caracteriza a  $i$ -ésima observação e ele é constante através do tempo. A principal desvantagem desse método é a suposição de que as especificidades de cada unidade de análise capturadas por esse método de estimação não são

---

<sup>5</sup> Nós poderíamos introduzir uma dummy para cada período, mas nosso principal interesse é controlar para as especificidades de cada estado.

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. Além disso, essa abordagem é preferível quando as diferenças entre as unidades de análise podem ser interpretadas como mudanças paramétricas da função de produção. Testes de Hausman para comparar efeitos fixos com aleatórios tiveram valores negativos, provavelmente, pelo reduzido tamanho da amostra.

O período do estudo é composto pelos anos 1970, 1980, 1991, 2000. A *proxy* para quantidade de capital humano é a média de anos de escola da população acima de 25 anos. Essa variável e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) são provenientes do IPEA (Instituto de Pesquisa Aplicada). A taxa de crescimento da população em idade de trabalhar é mensurada pela taxa de variação da população economicamente ativa do Censo Demográfico – IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O PIB está em preços constantes de 2000 e ele também tem como origem o IBGE. Não há dados disponíveis para investimentos em capital físico nos estados brasileiros. Uma *proxy* que geralmente é empregada nos estudos empíricos é o consumo industrial de energia do Anuário Estatístico do Brasil – IBGE. A *proxy* para taxa de investimento é a média da taxa crescimento do consumo de energia entre dois períodos. Entretanto, o consumo industrial de energia não está disponível para os anos 1960 e 2000, portanto a *proxy* para taxa de investimento em 1970 é a média da taxa de crescimento do período 1961-1970 e para 2000 é a média de 1992-1999. Para 1980 é a média de 1971-1980 e para 1991 é a média de 1981-1991. Uma desvantagem na utilização do consumo de energia industrial é que não se leva em consideração os setores primários e terciários. Portanto, nós também utilizamos como *proxy* para capital físico o total de consumo de energia subtraído do consumo residencial para cada estado<sup>6</sup>.

Usando o consumo de energia dos estados brasileiros, nós temos dados para 24 estados mais os Distrito Federal para o período de análise. Dois estados, Acre e Rondônia, não possuem dados para os anos 1961 e 1970. Desse modo, as estimações são baseadas em dados de painel não balanceado<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Entretanto, os resultados são muito semelhantes e não apresentamos-os no presente trabalho.

<sup>7</sup> Os estados de Mato Grosso e Goiás foram divididos em dois estados (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, no primeiro caso e Goiás e Tocantins, no segundo) no período de análise. Nós somamos os resultados desses estados (Mato Grosso + Mato Grosso do Sul e Goiás + Tocantins) para obter dados que são comparáveis através do tempo.

## 5 – Resultados

### 5.1 – Estado Estacionário

Os resultados das regressões por MQO (pool regression), assumindo que os estados estão no estado estacionário, estão apresentados nas seis primeiras colunas da Tabela 1. Todas as variáveis estão em logaritmo natural (ln). O nível de significância utilizado para rejeitar a hipótese nula é de 5%. As três primeiras regressões correspondem à especificação da equação (9). A diferença entre elas é a *proxy* para capital humano. Na primeira, nós utilizamos anos de escola (h), na segunda, anos de escola multiplicado pelo IDH (h'), enquanto que na terceira é anos de escolas vezes IDH ao quadrado (h''). As outras três regressões são equivalentes, mas com base na equação (11). Assim, ao invés de usarmos a variação no consumo de energia industrial como *proxy* para taxa de poupança, nós empregamos consumo de energia industrial por trabalhador como *proxy* para capital físico por trabalhador. As últimas seis regressões são correspondentes às seis primeiras, com a diferença no método de estimação: efeitos fixos (FE) ao invés de MQO.

Como esperado pelo modelo de Solow (1956), na primeira regressão a taxa de depreciação efetiva do capital (que tem como *proxy* a taxa de crescimento da população economicamente ativa<sup>8</sup>) tem um impacto negativo sobre o nível de renda por trabalhador, apesar de não ser significativa ao nível de 5%. Ambos os tipos de capital, físico e humano, têm uma influência positiva na renda e são altamente significativos. A elevação de 1% na quantidade de anos de escola eleva o nível de renda em 1,13%. Como a média dos anos de escola no período é de 3,7, um ano adicional corresponderia a uma elevação de 27% no total de anos de escola. Assim, um ano a mais de escola teria um impacto no nível da renda de 30%, aproximadamente. Esses resultado é similar ao encontrado por Andrade (1997).

Na segunda regressão, a introdução da nova *proxy* para capital humano (h') tem como consequência uma elevação do coeficiente de depreciação efetiva do capital, em valor absoluto, e ele se torna significativamente diferente de zero. O coeficiente do capital físico sofre uma pequena redução, enquanto que o coeficiente do capital humano experimenta um grande declínio e sua significância tem um modesto crescimento. O ajuste da regressão melhora de forma marginal. Quando h'' é utilizado (terceira regressão), os efeitos vão na mesma direção, mas eles são mais acentuados.

---

<sup>8</sup> A taxa de crescimento populacional é utilizada no lugar de  $n + g + \delta$ . Se assumirmos que  $g$  e  $\delta$  são os mesmos em todos os estados os coeficientes das regressões são os mesmos, exceto pelo intercepto.

**TABELA 1 – REGRESSÕES POR MQO E FE NOS ESTADO ESTACIONÁRIO**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV
n	-1.386 (1.29)	-2.343 (2.15)*	-2.687 (2.43)*				4.249 (6.02)**	3.627 (5.03)**	3.368 (4.65)**			
h	1.131 (11.50)**			0.85 (10.55)**			0.344 (4.65)**			0.337 (5.01)**		
h'		0.749 (12.06)**			0.55 (11.10)**			0.252 (5.44)**			0.251 (6.10)**	
h''			0.553 (12.15)**			0.40 (11.24)**			0.194 (5.79)**			0.194 (6.63)**
s	1.752 (4.53)**	1.696 (4.57)**	1.638 (4.47)**				0.398 (1.69)	0.448 (2.03)*	0.454 (2.13)*			
k				0.05 (1.73)	0.04 (1.49)	0.04 (1.43)				0.144 (4.96)**	0.121 (4.30)**	0.111 (4.03)**
c	0.674 (5.00)**	1.573 (24.32)**	2.020 (43.53)**	1.55 (5.44)**	2.16 (9.12)**	2.46 (11.26)**	1.656 (16.89)**	1.913 (46.57)**	2.063 (87.70)**	2.897 (10.06)**	2.965 (12.44)**	3.035 (14.05)**
N	97	97	97	99	99	99	97	97	97	99	99	99
R <sup>2</sup>	0.71	0.73	0.73	0.66	0.67	0.68	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
R <sup>2</sup>	0.70	0.72	0.72	0.65	0.67	0.67	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
χ <sup>2</sup>							-37.92	-34.95	-31.54	-997.46	-563.35	-247.37
F							13.97	14.44	14.97	9.79	10.61	11.24

Notas: testes t estão entre parênteses. \* Significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%. A variável dependente é renda por trabalhador, n é a taxa de crescimento populacional de cada estado, h é anos de escola, h' é anos de escola multiplicado pelo IDH, h'' é anos de escola multiplicado pelo IDH ao quadrado. A variável s é a taxa média de crescimento do consumo de energia industrial por trabalhador, k é o consumo de energia industrial por trabalhador, c é a constante, R<sup>2</sup> é o R<sup>2</sup> ajustado, χ<sup>2</sup> é o teste de Hausma para comparar as regressões por efeitos fixos e aleatórios e F testa a hipótese de que todas as variáveis dummies são iguais.

Com as novas *proxies* para capital humano, o impacto desse fator sobre o nível de renda por trabalhador requer certo cuidado. Como a *proxy* possui dois componentes, sua interpretação pode ser mais complexa do que parece. Por exemplo, h' é composto por h x IDH (h' = h\*IDH), então o impacto de 0,75% no nível de renda é proveniente de uma elevação de 1% neste total. No caso de uma elevação de 1% na quantidade e qualidade, nós temos h' + Δh' = (h+0.01h)\*(IDH+0.01IDH) = 1.02h\*IDH, assim Δh' = 0.02. Portanto, se tivermos uma melhora de 1% tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo da nossa *proxy* para capital humano, o fator capital humano vai ter um crescimento de 2%. Pelo exemplo acima também fica claro que uma melhora de 1% em qualquer um dos aspectos da *proxy* vai elevar o nível desse fator em 1%. Desse modo, um acréscimo de 1% no aspecto quantitativo do capital humano, mantendo constante seu aspecto qualitativo (mudança apenas nos anos de escola), tem como resultado uma ampliação do nível de renda por trabalhador em 0,75%. Assim, não há nada de complicado na interpretação dos coeficientes das novas *proxies* para capital humano (h' e h'').

Com isto em mente, controlando para a diferença na qualidade do capital humano entre os estados, na segunda regressão, uma elevação no montante de anos de escola em 1% faz com que o nível de renda tenha um crescimento de 0,75%. Assim, uma ampliação média de um ano de escola eleva o nível de renda em torno de 20%. Esse resultado é similar ao encontrado por Lau et al. (1993). Na terceira regressão, um ano adicional de escola tem um

impacto positivo sobre a renda de 15%. Nesse caso, já temos um impacto menor do capital humano sobre a renda em comparação com estudos anteriores que levam em consideração apenas aspectos quantitativos desse fator. Em ambos os casos, nós consideramos apenas impactos de mudanças quantitativas desse fator sobre o nível de renda, isto é, assumindo que a qualidade tenha permanecido constante.

De acordo com esses resultados, uma questão importante seria: por que o impacto do capital humano sobre o nível de renda deveria ser menor quando levamos em conta o diferencial em sua qualidade entre os estados? Pelo menos em parte, a razão é que um ano a mais de escola em um estado pobre não vai reduzir o *gap* educacional, como seria de se imaginar se estivéssemos levando em conta apenas aspectos quantitativos desse fator. Como exemplo, se compararmos a renda média por trabalhador<sup>9</sup> do estado mais rico (Distrito Federal) com a do mais pobre (Maranhão), a diferença é de 6,83 vezes. Se levamos em conta anos de escola, a diferença entre os dois estados é de apenas 2,74 vezes. Portanto, a diferença no nível de renda por trabalhador é muito maior do que a de anos de escola, sugerindo que uma redução no *gap* deste tem um grande impacto no primeiro, caso exista uma forte relação entre essas duas variáveis. Mas como, pela nossa suposição, um ano de escola no Maranhão é menos capital humano do que um ano de escola no Distrito Federal, essa diferença deve ser maior do que 2,74 vezes. Se consideramos  $h'$  e  $h''$ , a diferença é de 4.02 e 5.66, portanto ela é bem maior do que poderíamos imaginar utilizando  $h$ . Desse modo, um ano a mais de escola em um estado pobre não vai reduzir tanto o *gap* em relação ao nível de capital humano de estados mais ricos, caso a qualidade também não melhore<sup>10</sup>.

Com o uso de consumo de energia por trabalhador, o impacto do capital humano diminui. Na quarta regressão, um ano a mais de escola traria um aumento da renda por trabalhador em 23%. Nas duas próximas regressões, um ano a mais de escola teria um impacto de 14,9% e 10,8%, respectivamente. Mesmo com um impacto reduzido, o coeficiente continua sendo altamente significativo em todos os casos. O coeficiente do capital físico não é estatisticamente diferente de zero em nenhuma destas três regressões.

Nas regressões de efeitos fixos, a taxa de depreciação efetiva do capital se torna positiva e significativa em todos os casos. Os coeficientes dos capitais físico e humano

---

<sup>9</sup> A média do período de estudo, isto é, a média de 1970-2000. Os resultados estão no apêndice.

<sup>10</sup> Se utilizarmos o  $\ln$  da *proxy* para capital humano, a diferença é ainda maior. A maior diferença entre anos de escola entre os estados é de 2,17 vezes, enquanto que se usarmos  $\ln(h')$  essa diferença é de 7,02 vezes. Entretanto, como alguns valores de  $h''$  são menores do que um, o logaritmo natural é negativo, o que torna impraticável a comparação de quantas vezes um é maior do que o outro.

sofrem uma grande redução, mas todos eles são estatisticamente significativos e com o sinal esperado, com exceção do capital físico na sétima regressão. Uma possível explicação para essas mudanças nos resultados é de que a taxa de crescimento da população economicamente ativa é negativamente relacionada com o nível de tecnologia de cada estado, enquanto que os capitais humano e físico são positivamente relacionados. Entretanto, pelo fato de que, nas três últimas regressões, os coeficientes do capital físico se elevam consideravelmente quando comparados com seus correspondentes coeficientes calculados pelo método MQO, seria de se esperar que somente o fator capital humano possuísse uma correlação positiva com as variáveis dummies de cada estado. De fato, a grande redução no coeficiente do capital humano se deve, em parte, à alta correlação entre essas duas variáveis. Além disso, quando não controlamos pela qualidade do capital humano, esta é capturada nas dummies de cada estado, portanto a correlação entre as especificidades de cada estado (A) e anos de escola (h) é maior do que entre A' (dummies calculadas com o emprego de h') e anos de escola multiplicado pelo IDH ou A'' (dummies calculadas com o emprego de h'') e anos de escola multiplicado pelo IDH ao quadrado (h'')<sup>11</sup>. Esses resultados são evidências que favorecem o modelo desenvolvido por Nelson and Phelps (1966), onde o capital humano possui um papel decisivo no processo de difusão de tecnologia.

Utilizando o método de efeitos fixos ocorre uma melhora expressiva no ajuste das regressões. Portanto, as especificidades de cada estado possuem um papel relevante para se explicar o diferencial no nível de renda por trabalhador. Podemos chegar à mesma conclusão através dos testes F que verificam se as variáveis dummies são estatisticamente iguais. Em todos os casos, os testes favorecem o uso do método de efeitos fixos.

Com o mesmo exemplo utilizado anteriormente, um ano a mais de escola, considerando que a qualidade seja homogênea entre os estados, teria um impacto positivo sobre o nível de renda por trabalhador em 9,3%. Quando empregamos h' e h'', uma ampliação no nível de educação dos trabalhadores em 27% traria uma melhora no nível de renda por trabalhador em 6,8% e 5,2%, respectivamente. Assim, uma importante conclusão que podemos chegar através da análise dos resultados da Tabela 1 é que os impactos diretos do capital humano no nível de renda por trabalhador, entre os estados brasileiros, são menores do que o predito por estudos anteriores, mas esse fator não deixar de ser relevante na determinação desse último.

---

<sup>11</sup> Os resultados estão no apêndice.

## 5.2 – Convergência

Na Tabela 2 estão os resultados para os casos de convergência condicional permitindo, desse modo, que os estados estejam fora do estado estacionário. As regressões são equivalentes às da Tabela 1, mas elas têm como base as equações (15) e (16). A variável dependente é o logaritmo natural do crescimento da renda por trabalhador.

Na primeira regressão, podemos ver que a taxa de depreciação efetiva do capital é negativamente relacionada com o crescimento da renda, enquanto que os capitais físico e humano possuem uma associação positiva. O coeficiente da renda por trabalhador no período anterior é negativo, o que indica que os estados brasileiros estão em um processo de convergência condicional, estando de acordo com resultados de estudos anteriores, como Azzoni et al. (1999) e Ferreira (2000). Todos os coeficientes são significativamente diferentes de zero (nível de 5%) e com os sinais esperados. O parâmetro que representa a velocidade de convergência ( $\lambda$ ) é 0.016. Ele corresponde à proporção que cada estado diminui o *gap* entre o nível de renda por trabalhador no presente período e no estado estacionário, por ano. O impacto de um ano a mais de escola sobre a taxa de crescimento da renda por trabalhador é de 8%. Como a taxa média anual de crescimento da renda por trabalhador no período foi de 1.7%, um ano a mais de escola elevaria a taxa de crescimento em 0.136%, por ano.

A inclusão de  $h'$  e  $h''$  traz pequenas mudanças nos resultados. Ocorre uma ampliação, em valor absoluto, dos coeficientes do capital físico, da taxa de depreciação efetiva do capital e do nível de renda no período anterior. Como na Tabela 1, ocorre um decréscimo nos coeficientes do capital humano. Há uma elevação no nível de significância de todas as variáveis e o ajuste da regressão melhora marginalmente. A velocidade de convergência é quase a mesma nos três casos. Um ano a mais de escola aumentaria a taxa de crescimento da renda por trabalhador em 0.103% e 0.079%, respectivamente.

Quando usamos o consumo de energia por trabalhador (quarta, quinta e sexta regressões), os dois tipos de capital deixam de ser significativos. Esse resultado não muda quando empregamos  $h'$  e  $h''$ . Esta é a única especificação em que nenhuma medida de capital humano tem um impacto positivo e significativo sobre a variável dependente. O coeficiente do capital físico até sofre uma mudança de sinal. Os coeficientes do nível de renda no período anterior e da velocidade de convergência permanecem bastante estáveis.

	(3.02)**	(3.26)**	(3.36)**			(7.23)**	(6.45)**	(6.09)**				
h	0.499 (2.16)*	(2)	(3)	0.021 (8.14)	(5)	(6)	0.151 (1.35)	(8)	(9)	0.107 (1.38)	(11)	(12)
	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV	LSDV
$h'$	-3.854 (3.46)	-4.224 (3.46)	-4.439	0.043 (0.47)		4.815	4.399 (5.76)**	4.188		0.162 (0.74)**		

h'			0.173 (2.59)*			0.042 (0.62)			0.108 (3.16)**			0.140 (3.33)**	
s	2.225 (5.03)**	2.252 (5.18)**	2.255 (5.24)**					0.312 (1.57)	0.370 (1.94)	0.388 (2.08)*			
k				-0.031 (0.87)	-0.033 (0.93)	-0.034 (0.97)					0.114 (3.43)**	0.103 (3.18)**	0.096 (3.03)**
y <sub>t-1</sub>	-0.377 (5.68)**	-0.390 (5.93)**	-0.394 (6.04)**	-0.403 (5.56)**	-0.421 (5.75)**	-0.430 (5.87)**	-0.897 (23.48)**	-0.908 (25.30)**	-0.911 (26.24)**	-0.846 (14.49)**	-0.891 (16.29)**	-0.907 (17.32)**	
c	0.607 (3.93)**	0.851 (7.61)**	0.991 (7.80)**	0.909 (2.63)*	0.920 (2.85)**	0.95 (2.92)**	1.770 (21.31)**	1.888 (32.15)**	1.971 (30.57)**	2.700 (8.32)**	2.756 (9.01)**	2.825 (9.47)**	
N	95	95	95	96	96	96	95	95	95	96	96	96	
R <sup>2</sup>	0.63	0.63	0.64	0.53	0.53	0.53	0.98	0.98	0.98	0.95	0.95	0.96	
R <sup>2a</sup>	0.61	0.62	0.62	0.51	0.51	0.51	0.97	0.97	0.97	0.93	0.94	0.94	
χ <sup>2</sup>							-45.04	-39.08	-36.35	-152.71	-89.27	-70.58	
F							27.63	28.83	29.55	15.02	16.35	17.27	
λ	0.016	0.016	0.015	0.018	0.018	0.014	0.077	0.078	0.066	0.072	0.077	0.050	

**TABELA 2 – REGRESSÕES POR MQO E FE CONSIDERANDO CONVERGÊNCIA**

Notas: testes t estão entre parênteses. \* Significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%. A variável dependente é a taxa de crescimento da renda por trabalhador,  $n$  é a taxa de crescimento populacional de cada estado,  $h$  é anos de escola,  $h'$  é anos de escola multiplicado pelo IDH,  $h''$  é anos de escola multiplicado pelo IDH ao quadrado. A variável  $s$  é a taxa média de crescimento do consumo de energia industrial por trabalhador,  $k$  é o consumo de energia industrial por trabalhador,  $y_{t-1}$  é o nível de renda por trabalhador no período anterior,  $c$  é a constante,  $R^{2*}$  é o  $R^2$  ajustado,  $\chi^2$  é o teste de Hausman para comparar as regressões por efeitos fixos e aleatórios,  $F$  testa a hipótese de que todas as variáveis dummies são iguais e  $\lambda$  é a velocidade de convergência.

A utilização de regressões baseadas no método de efeitos fixos produz resultados semelhantes aos da Tabela 1. Na sétima regressão, o coeficiente do capital físico sofre um considerável declínio e perde sua significância. Há também uma redução no coeficiente do capital humano, mas não na mesma proporção. Ele também deixa de ser estatisticamente diferente de zero e esse resultado é o mesmo encontrando por Islam (1995). Se considerarmos apenas a estimação do ponto, um ano a mais de escola iria aumentar a taxa de crescimento da renda por trabalhador em 0.069%, no período de transição. O coeficiente da depreciação efetiva do capital muda de sinal e se torna significativo. Ocorre também uma considerável ampliação (em valor absoluto) no coeficiente da renda por trabalhador do período anterior. Isso significa uma elevação na velocidade de convergência. De fato,  $\lambda$  passa a ser quase cinco vezes maior quando comparado com a regressão correspondente pelo método MQO. Isso se deve pelo seguinte motivo: quando não controlamos o crescimento da renda por nenhuma variável além da renda do período anterior, supomos que existe convergência absoluta e que todos os estados possuem o mesmo estado estacionário. Quando permitimos que algumas variáveis exógenas possam divergir, como taxa de poupança, depreciação efetiva do capital e nível de capital humano, por exemplo, o estado estacionário de cada unidade de análise pode diferir, o que aumenta a velocidade de convergência<sup>12</sup>. Assim, quando permitimos maiores

<sup>12</sup> Isto acontece porque os estados que são mais pobres geralmente possuem estados estacionários em níveis mais baixos, então eles não precisam ter taxas de crescimento superiores a dos países mais ricos. Assim, quando se controla pela dotação de recursos desses estados mais pobres, vemos que eles estão crescendo a taxas mais elevadas, considerando as diferentes dotações de fatores, em relação aos estados mais ricos.

diferenças entre os estados, que no presente caso é capturado pela introdução das variáveis dummies, a velocidade de convergência se torna ainda maior. O ajuste das regressões por efeitos fixos melhora substancialmente e os testes F dão suporte à utilização desse método de regressão no lugar do método MQO.

Um resultado crucial é que quando introduzimos  $h'$  e  $h''$  nas sétima e oitava regressões, apesar da redução dos coeficientes das *proxies* para capital humano, eles se tornam significativos, mesmo ao nível de 1%. Assim, quando relaxamos a hipótese de que a qualidade do capital humano é a mesma entre os estados, nós verificamos que esse fator é relevante na determinação da taxa de crescimento da renda por trabalhador no processo de convergência para os estados brasileiros. Um ano a mais de escola levaria a uma melhora na taxa de crescimento da renda por trabalhador em 0.061% e 0.05%, por ano, respectivamente. O coeficiente do capital físico se torna significativo quando  $h''$  é empregado.

No caso de consumo de energia industrial por trabalhador como *proxy* para capital físico por trabalhador, nas últimas três regressões, um resultado que vale a pena ressaltar é que os coeficientes do capital físico se tornam significativos em todos os casos. Os coeficientes das *proxies* para capital humano exibem um padrão similar quando comparadas com as três regressões anteriores, eles são positivos e não significativos quando empregamos  $h$  e continuam positivos, mas se tornam significativos quando fazemos uso de  $h'$  ou  $h''$ , em seu lugar. Um ano adicional de escola traria um impacto positivo sobre a taxa de crescimento da renda por trabalhador em 0.063%, 0.074%, e 0.064%, respectivamente. Pela primeira vez ocorre uma elevação do coeficiente do capital humano quando consideramos seus aspectos qualitativos. A velocidade de convergência permanece consideravelmente mais elevada em relação aos resultados por MQO.

## **6 – Conclusões**

Qualidade do capital humano é um aspecto de extrema importância para ser ignorada na avaliação dos impactos desse fator sobre o nível e taxa de crescimento da renda por trabalhador. Esta é a razão para o surgimento recente de vários estudos que incluem alguma variável que incorpora elementos qualitativos desse fator.

No presente estudo, a inclusão do capital humano incluindo o seu diferencial de qualidade entre os diferentes estados brasileiros para avaliar sua importância no nível e taxa de crescimento da renda por trabalhador trouxe importantes *conclusões*. Além de mostrar que os impactos diretos desse fator na renda por trabalhador entre os estados é menor do que se poderia concluir por estudos anteriores, vimos que sua significância é maior. Em todos os

casos o capital humano mostrou ser um importante elemento na explicação da disparidade do nível de renda existente entre os estados. Adicionalmente, na maior parte das regressões, ele é importante na determinação da taxa de crescimento da renda, no período de transição. Mesmo quando controlamos para as especificidades de cada estado, através do uso estimatórias por efeitos fixos, o capital humano permanece como um fator relevante, mas apenas quando levamos em consideração o diferencial em sua qualidade. Provavelmente, esse resultado está relacionado com o fato de que uma ampliação na quantidade de capital humano nem sempre é acompanhada por uma melhora em sua qualidade. Assim, quando usamos uma *proxy* que possui apenas aspectos quantitativos desse fator, ele parece não ser importante na determinação da taxa de crescimento da renda. Segundo Islam (1995), quando se compara diferentes países muitas nações pobres experimentaram uma melhora nos indicadores educacionais em termos quantitativos, mas não em termos qualitativos. O mesmo pode ter acontecido no caso dos estados brasileiros.

Uma possível razão para o fato de que o capital humano tem um impacto menor quando sua qualidade é levada em conta é que, com o uso de uma variável que incorpore apenas aspectos quantitativos, o *gap* do capital humano entre estados ricos e pobres parece ser menor do que realmente é de fato. Portanto, quando a quantidade de anos de escola se eleva é provável que sua qualidade também melhore. Nesse caso, os dois efeitos podem estar incorporados na *proxy* sem haver nenhuma distinção. Quando levamos em conta o diferencial em qualidade, notamos que o *gap* é maior e um ano a mais de escola não tem um efeito tão grande sobre a renda de forma direta.

A importância do capital humano na forma em que ele é introduzido na função de produção se reduz ainda mais quando controlamos para as especificidades de cada estado. Em grande parte, isto se deve ao elevado grau de correlação entre essas duas variáveis (*proxy* para capital humano e especificidades de cada estado), como pode ser visto no apêndice. Quando consideramos que a qualidade é a mesma entre os estados, o diferencial de qualidade é capturado pelas variáveis dummies de modo que a correlação entre as dummies de cada estado ( $A$ ) e anos de escola ( $h$ ) é maior do que  $A'$  e anos de escola vezes IDH ( $h'$ ) ou  $A''$  e anos de escola multiplicado pelo IDH ao quadrado ( $h''$ ). Assim, quando controlamos para a qualidade do capital humano, nós reduzimos o resíduo de Solow. De fato, a variação das especificidades de cada estado diminui quando usamos  $h'$  ou  $h''$  na regressão, como podemos ver pelas figuras 1A, 2A e 3A (veja no apêndice). Portanto, apesar do fato de que os impactos diretos do capital humano sobre o nível e a taxa de crescimento da renda por trabalhador entre os estados brasileiros ser menor do que a predita por outros estudos, seu impacto

indireto através da difusão de tecnologia parece ser de grande importância.

## 7 – Referências

ALBERNAZ, A., FERREIRA, F. H. G., FRANCO, C. *Qualidade e equidade na educação fundamental brasileira*. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Economia, 2002. 30p. (Texto para discussão; 455)

ANDRADE, M. V. Educação e crescimento econômico no Brasil: evidências para os estados brasileiros: 1970/1995. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 25, 1997, Recife, PE. *Anais*. São Paulo: ANPEC, 1997. p.1529-1548.

AZZONI, C. R. Economic growth and regional income inequality in Brazil. *The Annals of Regional Science*, v.35, n.1, p.133-152, 2001.

AZZONI, C. R., MENEZES-FILHO, N., MENEZES, T., SILVEIRA NETO, R. *Geography and regional convergence of income in Brazilian states: 1981-1996*. Vienna, Austria: European Regional Science Association, 1999. 23p. (ERSA conference papers; 99pa196)

BARRO, R. J. Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.407-443, 1991.

BARRO, R. J. *Education and economic growth*. Cambridge MA: Harvard University, Department of Economics, 2000. (Working paper)

BARRO, R. J., LEE, J. W. International data on educational attainment: update and implications. *Oxford Economic Papers*, v.53, n.3, p.541-563, 2001.

BARROS, R. P., MENDONÇA, R., SANTOS, D. D., QUINTAES, G. *Determinantes do desempenho educacional no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. 33p. (Testo para discussão; 834)

BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. *Human capital and technology diffusion*. New York, NY Federal Reserve Bank of San Francisco, 2002. (Working paper; 2003-02) Disponível em: <<http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2003/wp03-02bk.pdf>>.

BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, v.34, n.2, p.143-173, 1994.

BORENSZTEIN, E., DE GREGORIO, J., LEE, J. W. How does foreign direct investment affect economic growth. *Journal of International Economics*, v.45, n.1, p.115-135, June 1998.

CONNOLLY, M. P. Human capital and growth in the Post-Bellum South: a separate but unequal story. *The Journal of Economic History*, v.64, n.2, p.1-39, 2004.

CONNOLLY, M. P. The dual nature of trade: measuring its impact on imitation and growth. *Journal of Development Economics*, v.72, n.1, p.31-55, 2003.

DIMELIS, S., LOURI, H. *Foreign direct investment and technology spillovers: which firms really benefit?* Athens: Athens University of Economics and Business, Laboratory of Economic Policy Studies, 2003. 28p. Disponível em: <<http://www.aueb.gr/imop/papers/DP149.pdf>>

DOWRICK, S. Ideas and education: level or growth effects? Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2003. 30p. (Working paper, 9709)

EASTERLIN, R. A. Why isn't the whole world developed. *The Journal of Economic History*, v.41, n.1, p.1-21, 1981.

FERREIRA, A. H. Convergence in Brazil: recent trends and long-run prospects. *Applied Economics*, v.32, n.4, p.479-489, Mar. 2000.

FERREIRA, A. H. A distribuição interestadual da renda no Brasil, 1950-85. *Revista Brasileira de Economia*, v.50, n.4, p.469-85, 1996.

HALL, R. E., JONES, C. I. *Why some countries produce so much more output per worker than others?* Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research, 1998. 49p. (Working paper; 6564)

HANUSHEK, E. A., KIMKO, D. D. Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *The American Economic Review*, v.90, n.5, p.1184-1208, 2000.

ISLAM, N. Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, v.110, n.4, p.1127-1170, 1995.

KELLER, W. International technology diffusion. *Journal of Economic Literature*, v.42, n.3, p. 752-782, Sept. 2004.

KRUEGER, A. O. Factor endowments and per capita income differences among countries. *The Economic Journal*, v.78, n.311, p.641-659, 1968.

LAU, L. J., JAMISON, D. T., LIU, S. C., RIVKIN, S. Education and economic growth: some cross-country evidence from Brazil. *Journal of Development Economics*, v.41, n.1, p.45-70, June 1993.

MANKIW, N. G., ROMER, D., WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.107, n.2, p.407- 437, 1992.

NELSON, R. R., PHELPS, E. S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, v.56, n.2, p.69-75, 1966.

PRITCHETT, L. Where has all the education gone? *The World Bank Economic Review*, v.15, n.3, p.367-391, 2001.

ROMER, P. Human capital and growth: theory and evidence. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, n.32, p.251-286, 1990b.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.70, n.1, p.65-94, 1956.

TEMPLE, J. R. W. A positive effect of human capital on growth. *Economic Letters*, v.65, n.1, p.131-134, 1999.

XU, B. Multinational enterprises, technology diffusion, and host country productivity growth. *Journal of Development Economics*, v.62, n.2, p.477-493, Aug. 2000.

## 8 – Apêndice

TABELA A1 – TECNOLOGIA E CAPITAL HUMANO EM RELAÇÃO AO MARANHÃO

State	A	h	A'	h'	A''	h''
Acre	1.52	1.23	1.40	1.39	1.35	1.56
Alagoas	1.53	1.07	1.42	1.07	1.37	1.09
Amapá	1.95	1.73	1.74	2.13	1.66	2.60
Amazonas	2.23	1.59	1.95	1.90	1.84	2.23
Bahia	1.72	1.18	1.55	1.31	1.48	1.43
Ceará	1.38	1.19	1.30	1.27	1.27	1.39
Distrito Federal	2.45	2.74	2.12	4.02	2.00	5.67
Espírito Santo	1.99	1.71	1.75	2.19	1.66	2.74

Goiás	1.58	1.53	1.43	1.91	1.38	2.37
Maranhão	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mato Grosso	1.78	1.58	1.60	2.00	1.53	2.49
Minas Gerais	2.01	1.66	1.76	2.12	1.67	2.66
Pará	1.60	1.49	1.46	1.75	1.41	2.01
Paraíba	1.35	1.16	1.28	1.17	1.26	1.21
Paraná	2.02	1.69	1.77	2.25	1.67	2.91
Pernambuco	1.73	1.42	1.57	1.59	1.51	1.77
Piauí	0.99	1.01	1.00	1.03	1.00	1.06
Rio de Janeiro	2.45	2.42	2.10	3.40	1.97	4.60
Rio Grande do Norte	1.50	1.30	1.40	1.43	1.36	1.59
Rio Grande do Sul	2.21	2.05	1.91	2.83	1.80	3.81
Rondônia	1.56	1.36	1.43	1.67	1.38	1.99
Roraima	1.45	1.60	1.35	2.03	1.31	2.51
Santa Catarina	2.11	1.90	1.84	2.60	1.74	3.50
São Paulo	2.54	2.14	2.16	3.07	2.02	4.23
Sergipe	1.65	1.25	1.51	1.36	1.45	1.47

FIGURA A1 – TECNOLOGIA (A) E ANOS DE ESCOLA (h)

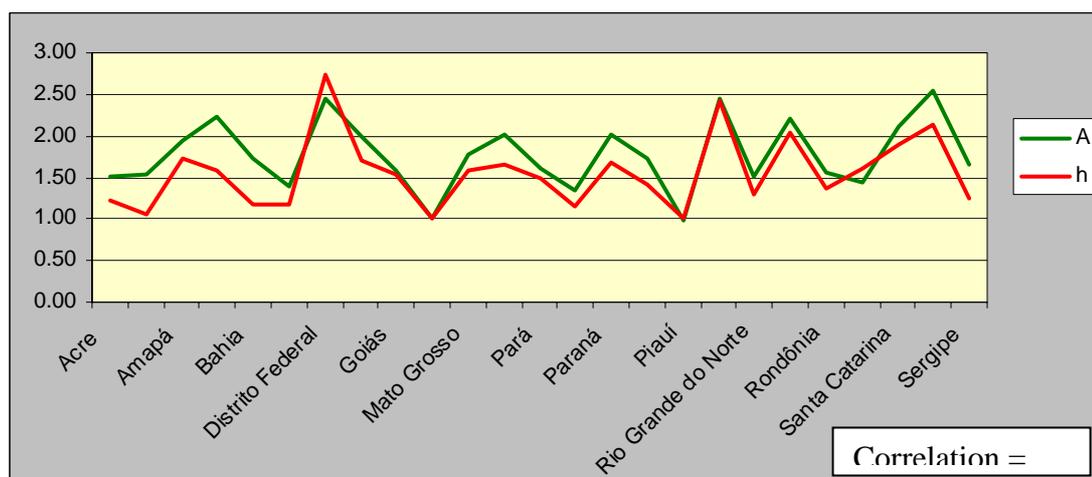


FIGURE A2 – TECNOLOGIA (A') E ANOS DE ESCOLA MULTIPLICADO PELO IDH (h')

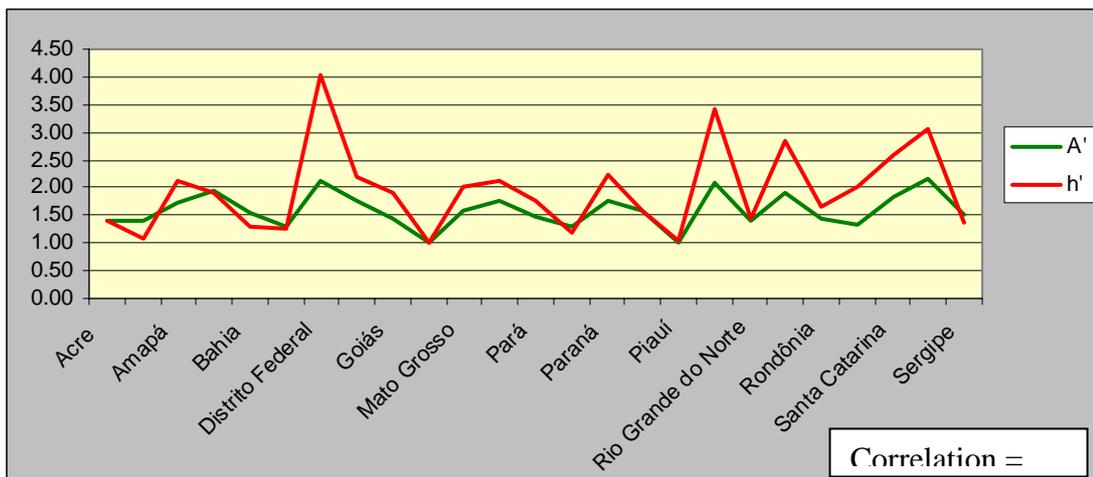
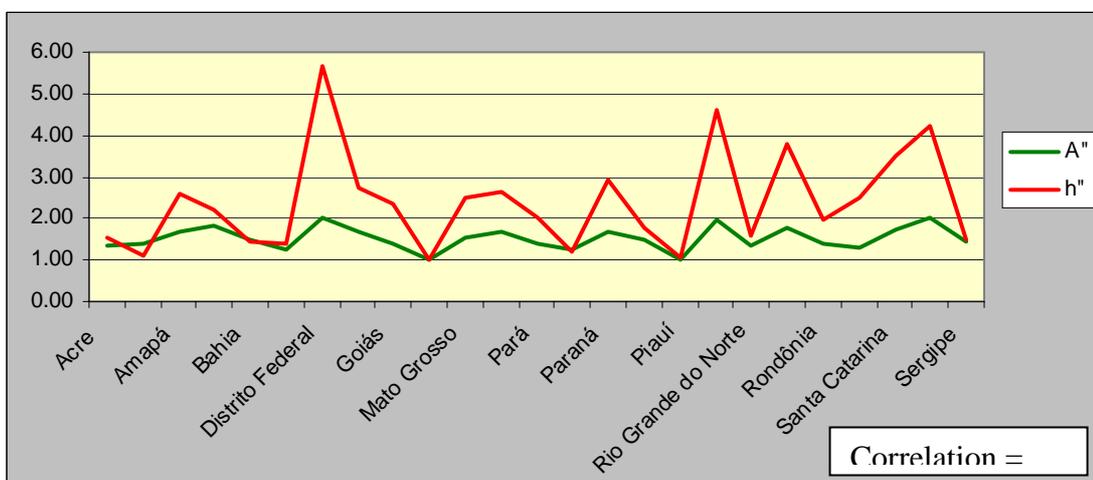


FIGURA A3 – TECNOLOGIA (A'') E ANOS DE ESCOLA MULTIPLICADO PELO IDH<sup>2</sup> (h'')



## 4 Capital Humano e Crescimento: Impactos Diretos e Indiretos

### Resumo

O objetivo do presente estudo é o de avaliar os diferentes canais pelos quais 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 pelos quais 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**

## 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, a 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.

---

<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).

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

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<sup>2</sup> 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, baseado 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

---

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

<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.

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 todos sendo positivamente correlacionados 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 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  $IDH^2$ . 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

---

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

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.

## **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, a 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 (2004):

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 freqüentes 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

$$(4) \quad \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = \Phi(H_i) \left( \frac{T_t - A_{it}}{A_{it}} \right)$$

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 do capital humano sobre a criação de tecnologia:

$$(5) \quad \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = g(H_i) + \Phi(H_i) \left( \frac{T_t - A_{it}}{A_{it}} \right)$$

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

$$(6) \quad \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = [g(H_i) - \Phi(H_i)] + \Phi(H_i) \left( \frac{T_t}{A_{it}} \right)$$

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).

## 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

---

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

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 (2004), 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

---

<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

de tecnologia é que ele pode gerar economias de escala na medida que as economias vão se tornando mais especializadas.

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:

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

em que  $i$  e  $t$  representam países e período de tempo, respectivamente. Os coeficientes  $\alpha_{i,t}$  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

---

produziu e que se não existissem certas barreiras, legais ou não, para garantir a internalização desses retornos, não haveria incentivo para tais investimentos.

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 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 (2004), 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, 2004, p. 5)

---

<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, 2004, p. 4).

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,  $x = X/L$ , 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):

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

---

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

$$+ \frac{(1-\alpha-\beta)}{A_{it}} \varepsilon$$

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 essencial no processo de difusão de tecnologia. Alguns outros estudos mostram que o investimento estrangeiro direto (IED) pode ser crucial nesse processo, como Javorcik (2004), 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:

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

---

<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.

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 pelos quais 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

---

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

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:

---

<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.

A, A', e A''. Cada uma delas correspondente às regressões usando h (anos 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 quanto ao método MQO devido às razões expostas anteriormente. Os resultados por MQO estão no anexo.

---

<sup>20</sup> Os resultados 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.

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

Notas: testes t estão entre parênteses. \* significante ao nível de 5%; \*\* significante 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 do 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 significativos 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 são as 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 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 enviesados e inconsistentes (os que têm correlação com a variável omitida).

No nosso modelo, a omissão dos canais indiretos pelos quais 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 eram negativos, 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 destinada à criação de tecnologia e taxa de crescimento também foram encontradas 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 importante no processo de difusão são as 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. Quaisquer desses problemas aparecem 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. The colonial origins of comparative development: an empirical investigation. *The American Economic Review*, v.91, n.5, p.1369-1401, Dec. 2001.
- AGHION, P., HOWITT, P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, v.60, n.2, p.323-351, 1992.
- AITKEN, B. J., HARRISON, A. E. Do domestic firms benefit from direct foreign investment? evidence from Venezuela. *The American Economic Review*, v.89, n.3, p.605-618, 1999.
- BARREL, R., PAIN, N. Foreign direct investment, technological change, and economic growth within Europe. *The Economic Journal*, v.107, n.445, p.1770-1786, 1997.
- BARRO, R. J. Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.407-443, 1991.
- BARRO, R. J. *Education and economic growth*. Cambridge MA: Harvard University, Department of Economics, 2000. (Working paper)
- BARRO, R. J., LEE, J. W. International data on educational attainment: update and implications. *Oxford Economic Papers*, v.53, n.3, p.541-563, 2001.
- BECKER, G. S. *Human capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education*. 3.ed. Chicago: The University of Chicago, 1993. p.3-130.
- BECKER, G. S. Investment in human capital: a theoretical analysis. *The Journal of Political Economy*, v.70, n.5, p.9-49, 1962.
- BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. *Human capital and technology diffusion*. New York, NY Federal Reserve Bank of San Francisco, 2002. (Working paper; 2003-02) Disponível em: <<http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2003/wp03-02bk.pdf>>.
- BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, v.34, n.2, p.143-173, 1994.
- BLOMSTRÖM, M., KOKKO, A. Multinational corporations and spillovers. *Journal of Economic Surveys*, v.12, n.2, p.1-31, 1998.
- BORENSZTEIN, E., DE GREGORIO, J., LEE, J. W. How does foreign direct investment affect economic growth. *Journal of International Economics*, v.45, n.1, p.115-135, June 1998.
- CARD, D., KRUEGER, A. B. Does school quality matter? returns to education and the characteristics of public schools in the United States. *The Journal of Political Economy*, v.100, n.1, p.1-40, 1992.

COE, D. T., HELPMAN, E. International R&D spillovers. *European Economic Review*, v.39, n.5, p.859-887, 1995.

COE, D. T., HELPMAN, E., HOFFMAISTER, A. W. North-South R&D spillovers. *The Economic Journal*, v.107, n.440, p.134-149, 1997.

CONNOLLY, M. P. Human capital and growth in the Post-Bellum South: a separate but unequal story. *The Journal of Economic History*, v.64, n.2, p.1-39, 2004.

CONNOLLY, M. P. North-South technological diffusion: a new case for dynamic gains from trade. Durham, NC: Duke University, Economics Department, 2003a. 29p. (Working Paper; 99-08)

CONNOLLY, M. P. The dual nature of trade: measuring its impact on imitation and growth. *Journal of Development Economics*, v.72, n.1, p.31-55, 2003b.

DIMELIS, S., LOURI, H. *Foreign direct investment and technology spillovers: which firms really benefit?* Athens: Athens University of Economics and Business, Laboratory of Economic Policy Studies, 2003. 28p. Disponível em: <<http://www.aueb.gr/imop/papers/DP149.pdf>>

DOWRICK, S. Ideas and education: level or growth effects? Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2003. 30p. (Working paper, 9709)

EASTERLIN, R. A. Why isn't the whole world developed. *The Journal of Economic History*, v.41, n.1, p.1-21, 1981.

ENGERMAN, S. L., SOKOLOF, K. L. *Factor endowments, institutions, and differential paths of growth among new world economies: a view from economic historians of the United States.* Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research 2004. (Historical working paper; 66)

FOSTER, A. D., ROSENZWEIG, M. R. Technical change and human-capital returns and investments: evidence from the green revolution. *The American Economic Review*, v.86, n.4, p.931-953, 1996.

GROSSMAN, G. M., HELPMAN, E. Quality ladders and product cycles. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.557-586, 1991a.

GROSSMAN, G. M., HELPMAN, E. Quality ladders in the theory of growth. *The Review of Economic Studies*, v.58, n.1, p.43-61, 1991b.

HALL, R. E., JONES, C. I. *Why some countries produce so much more output per worker than others?* Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research, 1998. 49p. (Working paper; 6564)

HANUSHEK, E. A., KIMKO, D. D. Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *The American Economic Review*, v.90, n.5, p.1184-1208, 2000.

ISLAM, N. Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*,

v.110, n.4, p.1127-1170, 1995.

JAVORCIK, B. S. Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *The American Economic Review*, v.94, n.3, p.605-627, June 2004.

JONES, C. I. R&D based models of economic growth. *The Journal of Political Economy*, v.103, n.4, p.759-784, 1995a.

JONES, C. I. Sources of U.S. economic growth in a world of ideas. *The American Economic Review*, v.92, n.1, p.220-239, 2002.

JONES, C. I. Time series tests of endogenous growth models. *The Quarterly Journal of Economics*, v.110, n.2, p.495-525, 1995b.

KELLER, W. *How trade patterns and technology flows affect productivity growth*. Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research, 1999. 55p. (Working paper; 6990)

KELLER, W. International technology diffusion. *Journal of Economic Literature*, v.42, n.3, p. 752-782, Sept. 2004.

KELLER, W. Trade and the transmission of technology. *Journal of Economic Growth*, v.7, n.1, p.5-24, 2002.

KELLER, W., YEAPLE, S. R. *Multinational enterprises, international trade, and productivity growth: firm-level evidence from the United States*. Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research 2003. 53p. (Working Papers 9504) Disponível em: <<http://papers.nber.org/papers/w9504.pdf>>

KRUEGER, A. O. Factor endowments and per capita income differences among countries. *The Economic Journal*, v.78, n.311, p.641-659, 1968.

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

MANKIW, N. G., ROMER, D., WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.107, n.2, p.407- 437, 1992.

MINCER, J. Investment in Human Capital and Personal Income Distribution. *The Journal of Political Economy*, v.66, n.4, p.281-302, 1958.

NELSON, R. R., PHELPS, E. S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, v.56, n.2, p.69-75, 1966.

OECD science, technology and industrial outlook. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2002. 328p.

PACK, H. Endogenous growth theory: intellectual appeal and empirical shortcomings. *The Journal of Economic Perspectives*, v.8, n.1, p.55-72, 1994.

- PRITCHETT, L. Where has all the education gone? *The World Bank Economic Review*, v.15, n.3, p.367-391, 2001.
- RODRÍGUEZ-CLARE, A. Multinationals, linkages, and economic development. *The American Economic Review*, v.86, n.4, p.852-873, 1996.
- RODRÍK, D. *The new global economy and developing countries: making openness work*. Washington: The Overseas Development Council, 1999.
- ROMER, P. Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, v.98, n.5, p.71-102, 1990a.
- ROMER, P. Human capital and growth: theory and evidence. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, n.32, p.251-286, 1990b.
- ROMER, P. Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, v.94, n.5, p.1002-1037, 1986.
- ROMER, P. The origins of endogenous growth. *The Journal of Economic Perspectives*, v.8, n.1, p.3-22, 1994.
- SACHS, J. D., WARNER, A. M. Fundamental sources of long-run growth. *The American Economic Review*, v.87, n.2, p.184-188, 1997.
- SCHULTZ, T. W. Capital formation by education. *The Journal of Political Economy*, v.68, n.6, p.571-583, 1960.
- SCHULTZ, T. W. Investment in human capital. *The American Economic Review*, v.51, n.1, p.1-17, 1961.
- SCHULTZ, T. W. Reflections on investment in man. *The Journal of Political Economy*, v.70, n.5, p.1-8, 1962.
- SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.70, n.1, p.65-94, 1956.
- SOLOW, R. M. Perspectives on growth theory. *The Journal of Economic Perspectives*, v.8, n.1, p.45-54, 1994.
- SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, v.39, n.3, p.312-320, Aug. 1957.
- TEMPLE, J. R. W. A positive effect of human capital on growth. *Economic Letters*, v.65, n.1, p.131-134, 1999.
- TEMPLE, J. R. W. Heterogeneity and growth process. generalizations that aren't? Evidence on education and growth. *European Economic Review*, v.45, n.4-6, p.905-918, 2001.
- UZAWA, H. Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review*, v.6, n.1, p.18-31, 1965.

XU, B. Multinational enterprises, technology diffusion, and host country productivity growth.  
*Journal of Development Economics*, v.62, n.2, p.477-493, Aug. 2000.

## 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 a taxa de crescimento da renda por trabalhador.

**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
sp	2.01	2.18	2.21	47.08	45.13
Afdi	98.10			196.41	
A1fdi		89.18			174.17
A2fdi			79.03		155.02
Afdih	100.84			197.75	
A1fdih1		92.28			176.90
A2fdih2			82.09		158.01
n	1.22	1.34	1.40	7.80	7.92
Am	43.79			307.88	
Alm		7.08			62.14
A2m			4.39		38.93
Amh	42.80			246.97	
A1mh1		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	
alhl		1.50			99.91
a2h2			1.48		65.95
M. VIF	32.63	22.71	19.87	90.62	28.52

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 11.14 12.00 159.04 0.06 0.01  
 Pr >  $\chi^2$  = 0.2449 0.0008 0.0005 0.0000 0.8119 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		
ahl1	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		
almh1	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

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 rreg	S rreg	S rreg	L rreg	L rreg	L rreg
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				

## 5 Conclusões

A introdução do capital humano na análise dos problemas econômicos e sociais representou uma grande revolução no modo do pensamento vigente, pois a visão tradicional era de que a demanda por bens e serviços educacionais, que pudessem melhorar e inserir novas habilidades aos indivíduos, era meramente consumo. Essa visão se devia, principalmente, à percepção do papel da educação formal sobre o bem estar social e cultural. Ela era vista como um serviço que melhorava o comportamento e compreensão dos valores considerados importantes, com aspectos basicamente culturais, pois fazia com que os indivíduos se tornassem cidadãos mais responsáveis e competentes, além de ajudar as pessoas a compreenderem os verdadeiros valores da vida (Schultz, 1960). Essas atribuições tão nobres relegadas ao papel da educação também são motivos que dificultavam vê-la como parte de um processo maior, que segue as regras capitalistas e onde a valorização do retorno do capital são peças chaves. Além dessa revolução sobre o modo de pensar nas qualificações pessoais obtidas através de algum tipo de treinamento, a introdução do capital humano abriu um grande campo de pesquisa, facilitando a compreensão de muitos fenômenos que não eram bem entendidos.

Na esfera macroeconômica, Schultz foi o autor mais preocupado em entender a dinâmica do capital humano sobre o crescimento econômico, lançando a base para o desenvolvimento de modelos de crescimento endógeno tipo AK. Mas como vimos anteriormente, o papel desse fator sobre o nível e crescimento da renda é bem mais complexo do que o sugerido por ele. O surgimento de modelos de crescimento endógeno baseados em P&D trouxe atenção especial à importância da criação de tecnologia como uma atividade econômica consciente de agentes em busca da maximização de lucros, sendo estes gerados pela criação de monopólios temporários. Além disso, esses modelos estavam preocupados com a análise de como essas atividades estimulam o crescimento econômico de longo prazo e com a importância do papel do capital humano nesse processo, como um insumo essencial nos departamentos de P&D e outras atividades destinadas ao desenvolvimento tecnológico. O modelo de Nelson e Phelps (1966) também lançou as bases para se compreender a importância do capital humano no processo de difusão de tecnologia. Diversos estudos empíricos, principalmente durante a década de 90, vieram dar sustentação a essa teoria. Outro elemento importante, na discussão econômica atual, é o fato de que *proxies* meramente quantitativas para mensurar o nível de capital humano entre diferentes unidades de análise não estão sequer próximas de servir o papel a que elas foram designadas.

No primeiro artigo, a principal preocupação foi com a introdução das novas *proxies* para capital humano, que foi feita no sentido de se tentar obter resultados empíricos mais confiáveis na avaliação do papel do capital humano sobre o nível de renda e a taxa de crescimento econômico. O diferencial de qualidade no sistema de formação de capital humano é uma característica marcante quando se considera uma gama tão diversa de países e, portanto, é essencial ser levada em consideração. Além disso, como alertado por Islam (1995), a não consideração do fator qualidade na *proxy* para capital humano pode levar a resultados onde a conclusão é de que esse fator não é importante, de forma direta, para o crescimento econômico, pelo menos em estudo que fazem uso de séries temporais.

Comparando com os resultados do estudo de Mankiw, Romer e Weil de 1992 (MRW), o emprego das novas *proxies* trouxe uma melhora no ajuste das regressões. Todos os resultados confirmaram aqueles encontrados por eles, mas o capital humano é um fator ainda mais importante do que se pôde concluir no trabalho dos autores acima mencionados. Ele mostrou ser importante na explicação do diferencial de renda per capita dos países em questão e foi mais significativo do que no estudo de MRW. O capital físico também perde importância com a utilização das novas *proxies*, possivelmente por ele estar explicando parte do papel que cabe ao fator capital humano.

A elevação da velocidade de convergência também é um indicativo de que a introdução das novas *proxies* melhora os resultados do modelo, pois é de se esperar que quando se leva em conta diferenças qualitativas existentes na formação desse fator, a velocidade de convergência seja maior. A similaridade dos resultados das regressões com resíduos robustos corrigidos pelo método de White, que corrigem para problemas de heterocedasticidade, confirmam e dão suporte aos resultados encontrados.

No segundo artigo, a inclusão do capital humano incluindo o seu diferencial de qualidade entre os diferentes estados brasileiros para avaliar sua importância no nível e taxa de crescimento da renda por trabalhador trouxe importantes *insights*. Além de mostrar que os impactos diretos desse fator na renda por trabalhador é menor do que se poderia concluir por estudos anteriores, vimos que sua significância é maior. Em todos os casos o capital humano mostrou ser um importante elemento na explicação da disparidade no nível de renda existente entre os estados. Adicionalmente, na maior parte das regressões, ele é importante na determinação da taxa de crescimento da renda no período de transição. Mesmo quando controlamos para as especificidades de cada estado, através do uso de estimções por efeitos fixos, o capital humano permanece como um fator relevante, mas apenas quando levamos em consideração o diferencial em sua qualidade. Provavelmente, esse resultado está relacionado

com o fato de que uma ampliação na quantidade de capital humano nem sempre é acompanhada por uma melhora em sua qualidade.

Uma possível razão para o fato de que o capital humano tem um impacto menor quando sua qualidade é levada em conta é que com o uso de uma variável que incorpore apenas aspectos quantitativos, o *gap* do capital humano entre estados ricos e pobres parece ser menor do que realmente é e quando se eleva os anos de escola é provável que sua qualidade também melhore, assim os dois efeitos podem estar incorporados na *proxy* sem haver nenhuma distinção. Quando levamos em conta o diferencial em qualidade, notamos que o *gap* é, de fato, maior. Assim, um ano a mais de escola, quando sua qualidade permanece constante, não tem um efeito tão grande sobre a renda de forma direta.

A importância do capital humano na forma em que ele é introduzido na função de produção se reduz ainda mais quando controlamos para as especificidades de cada estado. Em grande parte, isto se deve ao elevado grau de correlação entre estas duas variáveis (*proxy* para capital humano e especificidades de cada estado). Assim, apesar do fato de que os impactos diretos do capital humano sobre o nível e a taxa de crescimento da renda por trabalhador entre os estados brasileiros ser menor do que a predita por outros estudos, seu impacto indireto, através da difusão de tecnologia, parece ser de grande importância.

No terceiro artigo, os coeficientes do investimento em capital humano são negativos. No entanto, eles 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.

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. Evidências empíricas que não encontram relação positiva entre a quantidade de capital humano destinado à criação de tecnologia e taxa de crescimento também foram encontradas 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. 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.

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). Outro potencial canal que parece ser importante no processo de difusão são as 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.

Cabe ressaltar que, ao interpretar os resultados, não podemos desconsiderar os possíveis problemas de especificação do modelo, a 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. Quaisquer desses problemas aparecem 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).

## VI – Referências Bibliográficas

ACEMOGLU, D., JOHNSON, S., ROBINSON, J. A. The colonial origins of comparative development: an empirical investigation. *The American Economic Review*, v.91, n.5, p.1369-1401, Dec. 2001.

AGHION, P., HOWITT, P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, v.60, n.2, p.323-351, 1992.

AITKEN, B. J., HARRISON, A. E. Do domestic firms benefit from direct foreign investment? evidence from Venezuela. *The American Economic Review*, v.89, n.3, p.605-618, 1999.

ALBERNAZ, A., FERREIRA, F. H. G., FRANCO, C. *Qualidade e equidade na educação fundamental brasileira*. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Economia, 2002. 30p. (Texto para discussão; 455)

ANDRADE, M. V. Educação e crescimento econômico no Brasil: evidências para os estados brasileiros: 1970/1995. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 25, 1997, Recife, PE. *Anais*. São Paulo: ANPEC, 1997. p.1529-1548.

ARROW, K. J. The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, v.29, n.80, p.155-173, 1962.

AZZONI, C. R. Economic growth and regional income inequality in Brazil. *The Annals of Regional Science*, v.35, n.1, p.133-152, 2001.

AZZONI, C. R., MENEZES-FILHO, N., MENEZES, T., SILVEIRA NETO, R. *Geography and regional convergence of income in Brazilian states: 1981-1996*. Vienna, Austria: European Regional Science Association, 1999. 23p. (ERSA conference papers; 99pa196)

BARREL, R., PAIN, N. Foreign direct investment, technological change, and economic growth within Europe. *The Economic Journal*, v.107, n.445, p.1770-1786, 1997.

BARRO, R. J. Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.407-443, 1991.

BARRO, R. J. *Education and economic growth*. Cambridge MA: Harvard University, Department of Economics, 2000. (Working paper)

BARRO, R. J., LEE J. W. International comparisons of educational attainment. *Journal of Monetary Economics*, v.32, n.3, p.363-394, 1993.

BARRO, R. J., LEE, J. W. International data on educational attainment: update and implications. *Oxford Economic Papers*, v.53, n.3, p.541-563, 2001.

BARRO, R. J., SALA-I-MARTIN, X. Technological diffusion, convergence, and growth. *Journal of Economic Growth*, v.2, n.1, p.1-27, 1997.

BARRO, R. J., SALA-I-MARTIN, X., 1995. *Economic growth*. New York: McGraw-Hill, 1995. 539p.

BARROS, R. P., MENDONÇA, R., SANTOS, D. D., QUINTAES, G. *Determinantes do desempenho educacional no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. 33p. (Testo para discussão; 834)

BECKER, G. S. *Human capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education*. 3.ed. Chicago: The University of Chicago, 1993. p.3-130.

BECKER, G. S. Investment in human capital: a theoretical analysis. *The Journal of Political Economy*, v.70, n.5, p.9-49, 1962.

BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. *Human capital and technology diffusion*. New York, NY Federal Reserve Bank of San Francisco, 2002. (Working paper; 2003-02) Disponível em: <<http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2003/wp03-02bk.pdf>>.

BENHABIB, J., SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, v.34, n.2, p.143-173, 1994.

BILS, M., KLENOW P. J. Does schooling cause growth? *The American Economic Review*, v.90, n.5, p.1160-1182, 2000.

BLOMSTRÖM, M., KOKKO, A. Multinational corporations and spillovers. *Journal of Economic Surveys*, v.12, n.2, p.1-31, 1998.

BONELLI, R. Crescimento, desigualdade e educação: notas para uma resenha com referência ao Brasil. *Economia Aplicada*. v.6, n.4, p.819-873, 2002.

BORENSZTEIN, E., DE GREGORIO, J., LEE, J. W. How does foreign direct investment affect economic growth. *Journal of International Economics*, v.45, n.1, p.115-135, June 1998.

BRESCHI, S., MALERBA, F., ORSENIGO, L. Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation. *The Economic Journal*, v.110, n.463, p.388-410 Apr. 2000.

CARD, D., KRUEGER, A. B. Does school quality matter? returns to education and the characteristics of public schools in the United States. *The Journal of Political Economy*, v.100, n.1, p.1-40, 1992.

COE, D. T., HELPMAN, E. International R&D spillovers. *European Economic Review*, v.39, n.5, p.859-887, 1995.

COE, D. T., HELPMAN, E., HOFFMAISTER, A. W. North-South R&D spillovers. *The Economic Journal*, v.107, n.440, p.134-149, 1997.

CONNOLLY, M. P. Human capital and growth in the Post-Bellum South: a separate but unequal story. *The Journal of Economic History*, v.64, n.2, p.1-39, 2004.

CONNOLLY, M. P. North-South technological diffusion: a new case for dynamic gains from trade. Durham, NC: Duke University, Economics Department, 2003a. 29p. (Working Paper; 99-08)

CONNOLLY, M. P. The dual nature of trade: measuring its impact on imitation and growth. *Journal of Development Economics*, v.72, n.1, p.31-55, 2003b.

DE GREGORIO, J. Economic growth in Latin America. *Journal of Developments Economics*, v.39, n.1, p.59-84, 1992.

DIMELIS, S., LOURI, H. *Foreign direct investment and technology spillovers: which firms really benefit?* Athens: Athens University of Economics and Business, Laboratory of Economic Policy Studies, 2003. 28p. Disponível em: <<http://www.aueb.gr/imop/papers/DP149.pdf>>

DOMAR, E. D. Capital expansion, rate of growth, and employment. *Econometrica*, v.14, n.2, p.33-40, 1946.

DOWRICK, S. Ideas and education: level or growth effects? Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2003. 30p. (Working paper, 9709)

EASTERLIN, R. A. Why isn't the whole world developed. *The Journal of Economic History*, v.41, n.1, p.1-21, 1981.

ENGERMAN, S. L., SOKOLOF, K. L. *Factor endowments, institutions, and differential paths of growth among new world economies: a view from economic historians of the United States*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research 2004. (Historical working paper; 66)

FERREIRA, A. H. Convergence in Brazil: recent trends and long-run prospects. *Applied Economics*, v.32, n.4, p.479-489, Mar. 2000.

FERREIRA, A. H. A distribuição interestadual da renda no Brasil, 1950-85. *Revista Brasileira de Economia*, v.50, n.4, p.469-85, 1996.

FOSTER, A. D., ROSENZWEIG, M. R. Technical change and human-capital returns and investments: evidence from the green revolution. *The American Economic Review*, v.86, n.4, p.931-953, 1996.

FREIRE-SÉREN, M. J. Human capital accumulation and economic growth. *Investigaciones Económicas*, v.25, n.3, p.585-602, 2001.

GALOR, O., WEIL, D. N. Population, technology, and growth: from Malthusian stagnation to the demographic transition and beyond. *The American Economic Review*, v.90, n.4, p.806-828, Sept. 2000.

GROSSMAN, G. M., HELPMAN, E. Quality ladders and product cycles. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.557-586, 1991a.

GROSSMAN, G. M., HELPMAN, E. Quality ladders in the theory of growth. *The Review of Economic Studies*, v.58, n.1, p.43-61, 1991b.

HALL, R. E., JONES, C. I. *Why some countries produce so much more output per worker than others?* Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research, 1998. 49p. (Working paper; 6564)

HANUSHEK, E. A., KIMKO, D. D. Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *The American Economic Review*, v.90, n.5, p.1184-1208, 2000.

HARROD, R. F. An essay in dynamic theory. *The Economic Journal*, v.49, n.193, p.14-33, 1939.

HUMAN development report 2003: millennium development goals: a compact among nations to end human poverty. New York: United Nations Development Program, 2003. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/reports/global/2003/pdf/hdr03\\_overview.pdf](http://hdr.undp.org/reports/global/2003/pdf/hdr03_overview.pdf)>

ISLAM, N. Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, v.110, n.4, p.1127-1170, 1995.

JAVORCIK, B. S. Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *The American Economic Review*, v.94, n.3, p.605-627, June 2004.

JONES, C. I. R&D based models of economic growth. *The Journal of Political Economy*, v.103, n.4, p.759-784, 1995a.

JONES, C. I. Sources of U.S. economic growth in a world of ideas. *The American Economic Review*, v.92, n.1, p.220-239, 2002.

JONES, C. I. Time series tests of endogenous growth models. *The Quarterly Journal of Economics*, v.110, n.2, p.495-525, 1995b.

KELLER, W. *How trade patterns and technology flows affect productivity growth.* Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research, 1999. 55p. (Working paper; 6990)

KELLER, W. International technology diffusion. *Journal of Economic Literature*, v.42, n.3, p. 752-782, Sept. 2004.

KELLER, W. Trade and the transmission of technology. *Journal of Economic Growth*, v.7, n.1, p.5-24, 2002.

KELLER, W., YEAPLE, S. R. *Multinational enterprises, international trade, and productivity growth: firm-level evidence from the United States.* Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research 2003. 53p. (Working Papers 9504) Disponível em: <<http://papers.nber.org/papers/w9504.pdf>>

KRUEGER, A. O. Factor endowments and per capita income differences among countries. *The Economic Journal*, v.78, n.311, p.641-659, 1968.

LAU, L. J., JAMISON, D. T., LIU, S. C., RIVKIN, S. Education and economic growth: some cross-country evidence from Brazil. *Journal of Development Economics*, v.41, n.1, p.45-70, June 1993.

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

MANKIW, N. G., ROMER, D., WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.107, n.2, p.407- 437, 1992.

MILLER, S. M., UPADHYAY, M. P. *Total factor productivity, human capital and outward orientation: differences by stage of development and geographic regions*. Mansfield Road: University of Connecticut, Department of Economics, 2002. 37p. (Working paper series; 2002-33) Disponível em: <<http://www.econ.uconn.edu/working/2002-33.pdf>>

MINCER, J. Investment in Human Capital and Personal Income Distribution. *The Journal of Political Economy*, v.66, n.4, p.281-302, 1958.

MINCER, J. On-the-job training: costs, returns, and some implications. *The Journal of Political Economy*, v.70, n.5, p.50-79, 1962.

NELSON, R. R., PHELPS, E. S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, v.56, n.2, p.69-75, 1966.

OECD science, technology and industrial outlook. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2002. 328p.

PACK, H. Endogenous growth theory: intellectual appeal and empirical shortcomings. *The Journal of Economic Perspectives*, v.8, n.1, p.55-72, 1994.

PRITCHETT, L. Where has all the education gone? *The World Bank Economic Review*, v.15, n.3, p.367-391, 2001.

RODRÍGUEZ-CLARE, A. Multinationals, linkages, and economic development. *The American Economic Review*, v.86, n.4, p.852-873, 1996.

RODRÍK, D. *The new global economy and developing countries: making openness work*. Washington: The Overseas Development Council, 1999.

ROMER, P. Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, v.98, n.5, p.71-102, 1990a.

ROMER, P. Human capital and growth: theory and evidence. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, n.32, p.251-286, 1990b.

ROMER, P. Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, v.94, n.5, p.1002-1037, 1986.

ROMER, P. The origins of endogenous growth. *The Journal of Economic Perspectives*, v.8, n.1, p.3-22, 1994.

- SACHS, J. D., WARNER, A. M. Fundamental sources of long-run growth. *The American Economic Review*, v.87, n.2, p.184-188, 1997.
- SCHULTZ, T. W. Capital formation by education. *The Journal of Political Economy*, v.68, n.6, p.571-583, 1960.
- SCHULTZ, T. W. Investment in human capital. *The American Economic Review*, v.51, n.1, p.1-17, 1961.
- SCHULTZ, T. W. Reflections on investment in man. *The Journal of Political Economy*, v.70, n.5, p.1-8, 1962.
- SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.70, n.1, p.65-94, 1956.
- SOLOW, R. M. Perspectives on growth theory. *The Journal of Economic Perspectives*, v.8, n.1, p.45-54, 1994.
- SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, v.39, n.3, p.312-320, Aug. 1957.
- SUMMERS, R., HESTON, A. A new set of international comparisons of real product and price levels: estimates for 130 countries. *Review of Income and Wealth*, v.4, n.1, p.1-25, 1988.
- SUMMERS, R., HESTON, A. The Penn world table (Mark 5): an expanded set of international comparisons, 1950-1988. *The Quarterly Journal of Economics*, v.106, n.2, p.327-368, May 1991.
- TEMPLE, J. R. W. A positive effect of human capital on growth. *Economic Letters*, v.65, n.1, p.131-134, 1999.
- TEMPLE, J. R. W. Heterogeneity and growth process. generalizations that aren't? Evidence on education and growth. *European Economic Review*, v.45, n.4-6, p.905-918, 2001.
- UZAWA, H. Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review*, v.6, n.1, p.18-31, 1965.
- XU, B. Multinational enterprises, technology diffusion, and host country productivity growth. *Journal of Development Economics*, v.62, n.2, p.477-493, Aug. 2000.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)