

# **CRESCIMENTO ECONÔMICO E NÍVEL DE ESCOLARIDADE: TEORIA E ESTIMATIVAS DINÂMICAS EM PAINEL DE DADOS**

Joilson Dias

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Economia

Maria Helena Ambrósio Dias

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Economia

Fernandina Fernandes de Lima

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Economia

## **Resumo**

Neste artigo desenvolvemos um modelo teórico que tem como resultado principal a existência de uma relação não-linear entre crescimento econômico e nível de escolaridade (capital humano). Esta não linearidade é decorrente de estimativas empíricas efetuadas a nível internacional o que explica os resultados contraditórios do papel do capital humano advindos da hipótese de linearidade assumida nas estimativas econométricas. Os testes de especificação indicaram inicialmente o modelo como sendo adequado o de efeitos randômicos. No entanto, este modelo assume como hipótese a priori que a causalidade decorre do capital humano e não ao contrário. A nossa solução para a questão da causalidade ou endogeneidade foi utilizar estimativas dinâmicas em dados de painéis para os Estados do Brasil. Estas estimativas confirmaram a existência de relação causal não linear entre escolaridade e crescimento econômico na forma de U invertido. O nível de escolaridade causa crescimento econômico com cinco anos de defasagem, sendo que a taxa máxima de crescimento do PIB per capita é alcançada com níveis de escolaridade entre 4,5 e 4,7 anos. A implicação política deste resultado é que Estados que estão abaixo destes valores têm que priorizarem os seus investimentos em educação.

**Palavras Chave: Crescimento e Educação, Estimativas Dinâmicas, Painel de dados**

## **Abstract**

In this paper, we develop a model that has as main outcome the existence of a non-linear relationship between growth and level of education (human capital). This non-linearity condition accrues from empirical estimation done at international level. Moreover, this non-linearity explains the contradictory results of the role of human capital, since a linear relationship has always been the assumption. The tests indicated that the basic econometric model should be a random effect model; however, this model assumes as a priori hypothesis the causality running from human capital. To solve the matter, we fit a dynamic panel data model for Brazilian States. The dynamic specification eliminates the causality problem and even considers the feed back effect of growth on education. The dynamic estimation found education lagged five periods to cause economic growth in the form of an inverted U relationship. The level of education (human capital) that generates the maximum growth rate lies between 4.5 and 4.7 years. The foremost implication of this result is that States with level of education below this range should have as priority education investment.

**Key Words: Economic Growth, Education, Dynamic Panel Estimation**

**Área 5 – Crescimento, Desenvolvimento Econômico e Instituições**

**JEL: O47**

**C51**

## 1.0 Introdução

O papel da educação na determinação da produtividade da economia iniciou-se com o trabalho de Schultz (1962) e Denison (1962). Ambos argumentaram da importância de se considerar o capital humano na função de produção agregada da economia.

No entanto, a busca por uma explicação teórica do papel da educação no crescimento e desenvolvimento econômico iniciou-se efetivamente com o artigo de Uzawa (1965) que introduziu o setor educacional no modelo de crescimento econômico, como forma de gerar crescimento contínuo e sustentado no longo prazo. Os trabalhadores do setor educacional eram a fonte dos aumentos na produtividade dos demais trabalhadores e, portanto, da economia. Mas, o modelo teórico que consagrou esta importância do capital humano em gerar crescimento sustentado foi o proposto por Lucas (1988). O autor demonstrou os efeitos das externalidades da acumulação de capital humano, sendo realizada no setor educacional, sobre a produtividade da economia. Em seu modelo, o estoque de capital humano agregado gera um efeito de espraiamento (*spill over*) que mais do que justifica os investimentos públicos em educação devido o ganho social advindo.<sup>1</sup>

Outro aspecto importante da acumulação de capital humano foi ressaltado por Romer (1990). Segundo este autor, o capital humano tem capacidade de gerar inovações (idéias) no setor de pesquisa e desenvolvimento da economia. Como resultado, estas idéias produzem aumentos na produtividade agregada da economia, através da melhoria do coeficiente tecnológico dos insumos.

De forma resumida e do ponto de vista agregado, estes modelos preconizavam que a acumulação de capital humano (educação) melhora qualitativamente os capitais físicos e humanos. Além deste aspecto, aumenta seus coeficientes de produtividade quando considerados em sua forma conjunta.<sup>2</sup>

Estes resultados teóricos foram testados inicialmente por Mankiw, Romer e Weil (1992). Na estimativa dos efeitos do capital humano no crescimento econômico, os autores substituíram na equação os investimentos em educação por uma medida de investimento efetivo em educação. Assim, a quantidade de alunos matriculados no secundário foram utilizados como representantes do investimento em educação sendo realizado pelos países, portanto uma medida *proxy* para o capital humano do país. O resultado foi de que o capital humano era o agente principal da causa dos aumentos de produtividade nas economias. No entanto, este resultado foi contestado por Benhabib e Spiegel (1994). Utilizando uma nova medida de capital humano, construída a partir dos diferentes níveis de escolaridade dos países, os autores não encontraram relação entre capital humano e crescimento econômico. Klenow e Rodriguez-Clare (1997) também encontraram um papel muito modesto para o capital humano na explicação das taxas de crescimento dos países. Esta contestação aparece também em artigo mais recente realizado por Wolf (2000). O autor confirmou similar resultado para a educação secundária e terciária, inclusive aparecendo em algumas especificações estas variáveis aparecem com sinal negativo. A única relação modesta encontrada foi o da educação primária na explicação do crescimento da produtividade. No

---

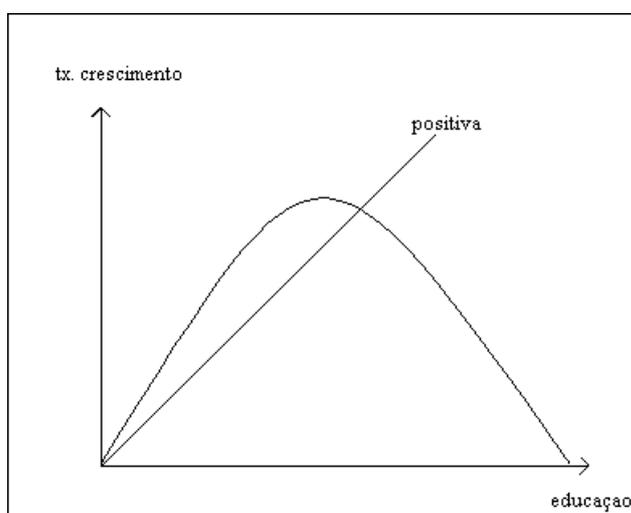
<sup>1</sup> Existe uma vasta literatura sobre estimativas de taxa de retorno social de investimento em educação, veja Dias e Dias (2005).

<sup>2</sup> Para maiores detalhes desta ampla literatura veja a revisão de literatura efetuada por Jones e Manuelli (1997a). Sobre o papel das fontes de crescimento veja Jones e Manuelli (1997b).

entanto, Hanushek and Kimko (2000) encontraram que a qualidade da educação é um importante elemento na explicação do crescimento econômico.

A explicação para estes resultados contraditórios parece residir na forma da especificação econométrica sendo estimada. Segundo Krueger and Lindahl (2001), estes resultados contraditórios são advindos da especificação da relação entre crescimento econômico e nível de educação. Todos os modelos mencionados, sem exceção, postulam uma relação linear. No entanto em suas estimativas Krueger e Lindahl (2001) obtiveram que a relação entre as duas variáveis é não linear na forma de U invertido, conforme gráfico abaixo.

**Figura 1 - Relação Entre Taxa de Crescimento e Nível de Educação**



A implicação deste resultado empírico é extremamente interessante, pois os trabalhos que encontraram um resultado positivo, provavelmente estariam utilizando uma amostra em que o predomínio seria a primeira fase do gráfico, conforme linha positiva no mesmo. Os demais trabalhos com uma amostra mais ampla e efetuando estimativas lineares não encontrariam qualquer relação entre crescimento econômico e nível de educação. Isto porquê os pontos de influência positiva seriam cancelados pelos que estão na descendência, influência negativa.

As estimativas usadas nos modelos econométricos têm como hipótese básica de que a variável capital humano é independente, portanto a causa do crescimento econômico. No entanto, os questionamentos sobre a causalidade estão também presentes na literatura. Os trabalhos que encontraram a causalidade entre capital humano e crescimento mencionados anteriormente foram contestados de forma mais contundente por Bils e Klenow (2000). Estes autores demonstraram que o crescimento esperado é capaz de gerar os mesmos resultados empíricos sobre a escolaridade. Esta causalidade reversa, levou alguns pesquisadores a buscarem novos elementos como sendo a causa do crescimento econômico. Neste aspecto destacou-se o trabalho de Hall e Jones (1999) que encontraram como fator explicativo para o desenvolvimento econômico o capital social da economia ou suas instituições. Outros trabalhos como os de Beck, Levine e Loayza (2000) atestaram que as políticas econômicas, principais elementos resultantes das instituições, são as principais causas do crescimento ou da estagnação econômica. Easterly e Levine (2001) confirmaram estes resultados das políticas econômicas, mas também encontraram

papel importante para o nível de escolaridade ou capital humano no crescimento econômico. Portanto, as políticas econômicas tendem a amenizar ou exacerbar os efeitos da acumulação de capital humano.

O problema passou então a compreender o canal através do qual as políticas econômicas influenciam de forma direta ou indireta a acumulação de capital humano e, por conseguinte, o crescimento econômico de longo prazo. Esta tarefa coube a Dias e McDermott (2005). Estes autores apresentaram um modelo teórico e efetuaram verificações empíricas. No modelo a classe empresarial exercem importante papel no incentivo à acumulação de capital humano das demais classes e estes, por sua vez, auxiliam no crescimento econômico de longo prazo. Neste caso, os níveis de empreendedores das economias, ou seja uma medida indireta de um tipo de capital humano especial, é uma das fontes do crescimento econômico de longo prazo. As políticas econômicas, medida indireta da qualidade das instituições, fazem com que os mesmos surjam em maior ou menor quantidade, o que causa maior ou menor acumulação de capital humano das demais classes no longo prazo o que, por consequência, afetaria o crescimento da economia.<sup>3</sup> O efeito *feed back* investigado de que a melhoria do capital humano causaria um efeito positivo sobre a qualidade das políticas econômicas no longo prazo, demonstrou ser positivo, mas não o suficientemente grande.

Assim, estas diferentes medidas de capital social e/ou políticas econômicas resultantes das instituições passaram a ser referidas simplesmente como instituições do país e, portanto, à luz dos fatos precidiriam em importância em relação à acumulação dos fatores de produção, em especial capital humano. Portanto, a pergunta natural seria a de investigar até que ponto as instituições são as causas ou a consequência do capital humano. Glaeser, La Porta, Lopez-de-Silanes e Shleifer (2004) efetuaram esta pergunta. A principal hipótese de questionamento passa então a ser se capital humano (escolaridade) vem antes ou depois das instituições. Ou seja, primeiro nos educamos e depois construímos as instituições que afetam o crescimento econômico ou se primeiro construímos as instituições e depois nos educamos. Como resultado os autores tiveram que os níveis iniciais de educação são fortes preditores de melhores instituições. Este resultado é consistente com o fato de que mesmo em um horizonte curto de cinco anos, capital humano é capaz de produzir melhores instituições subsequentemente e, consequentemente, crescimento econômico. Em síntese, primeiro temos que nos educar, o que causaria uma melhora nas instituições, que por sua vez poderia resultar em incentivo adicional para a acumulação de capital humano que é o elemento gerador de crescimento econômico. É esta a condição que queremos verificar para os Estados Brasileiros em especial se o horizonte de cinco anos também se verifica.

O artigo está distribuído da seguinte forma: Seção I, que é esta introdução; Seção II, onde apresentamos o modelo teórico de crescimento econômico de longo prazo, cujo resultado principal é a não-linearidade entre capital humano e crescimento econômico; na Seção III, apresentamos as estimativas econométricas, onde primeiro estimamos dois modelos: efeitos fixos e randômicos, para os usar como base. A seguir estimamos, o modelo dinâmico que permite resolvermos tratarmos do problema de causalidade simultânea das variáveis; por último, apresentamos nossas conclusões.

## 2.0 Modelo Teórico

O modelo teórico a ser desenvolvido é uma combinação dos pressupostos do Rebelo (1991) de linearidade da função de produção em relação ao fator capital físico, com a importância

---

<sup>3</sup> A classe empresarial determinaria a taxa de retorno da educação na economia ao criar um mercado para o capital humano das demais classes.

do capital humano de Lucas (1988). No entanto o papel do capital humano neste modelo está em tornar o ativo capital físico mais produtivo, portanto seguimos os preceitos do modelo de Romer (1990). O papel do setor público neste modelo é o de acumular capital humano, ou seja todo o imposto arrecadado é convertido na acumulação de capital humano. Assim, o modelo a seguir contempla os aspectos presentes na economia como: i) o papel do setor público na acumulação de capital humano; ii) do setor produtor de bens na acumulação de capital físico e iii) do setor capital humano, que é o de aumentar a produtividade dos agentes econômicos.

A função de produção linear proposta por Rebelo (1991) pode ser apresentada da seguinte forma:

$$y = Ak \quad (1)$$

Onde  $y$  é a produção por trabalhador;  $A$  é o nível tecnológico (ou eficiência do fator  $k$ ); e  $k$  é o estoque de capital físico. Portanto, a acumulação de capital físico gera aumentos na produtividade por trabalhador. Seguindo Lucas (1988) e Romer (1990), podemos especificar a função acima da seguinte forma:

$$y = A(h)k \quad (3)$$

Onde  $A(h)$  informa que o nível de tecnologia ou eficiência do capital físico por trabalhador está associado ao capital humano do trabalhador ( $h$ ). Sendo que o estoque agregado da economia é simplesmente  $H=hn$ , onde  $n$  é o número total de trabalhadores.

Na equação acima, quanto maior é o nível médio do conhecimento (escolaridade)  $h$ , maior é a produção de tecnologia  $e$ , por conseguinte a produtividade. Este efeito gera benefícios agregados para a economia de forma simples permitindo que a decisão de acumulação de  $k$  pelos indivíduos se torne independente das demais variáveis. Como será visto a seguir,  $h$  é acumulado por um setor educacional que recebe transferências governamentais obtidos através de impostos sobre o setor produtivo. O nível de taxa dos impostos da economia é escolhido de tal forma que os benefícios resultantes sejam iguais aos sacrifícios sendo imposto na produção.

Neste modelo, o comportamento dos indivíduos é descrito por uma função de bem-estar que, por simplicidade, assume-se ter a seguinte forma:

$$u(c) = \int_0^t \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt \quad \text{para } \sigma \neq 1. \quad (4)$$

A função depende do consumo ( $c$ ) e possui elasticidade de substituição intertemporal constante e igual a  $(1/\sigma)$ . O consumidor representativo desconta sua utilidade futura a uma taxa constante de preferência  $\rho$ . A restrição é dada pela seguinte equação:

$$\dot{k} = (1 - \tau)A(h,H)k - c \quad (5)$$

Onde na função tem-se que  $\dot{k}$  é a variação do estoque de capital;  $\tau$  é o tributo do governo que é igual a seu gasto em educação;  $A$  é a tecnologia;  $k$  é o estoque de capital; e  $c$  é o consumo per capita. Para simplificar assume-se que a população e os trabalhadores crescem a uma mesma taxa constante e igual a  $n$ .

A acumulação de capital humano proposta por Lucas (1988) é a seguinte  $\dot{h} = \delta(1-u)h$ , onde  $(1-u)$  representava o nível de esforço do capital humano existente em direção a acumulação de capital humano. Em nosso modelo, o nível de esforço em direção a acumulação de capital humano é equivalente ao nível de taxação do produto que é investido em capital humano,  $\tau$ . Portanto, equívale a percentagem dos tributos arrecadados como proporção do produto total da economia. A especificação da acumulação de capital humano é a seguinte:

$$\dot{h} = \delta\tau h \quad (6)$$

A taxa de crescimento do capital humano está expressa em termos da taxa do esforço da economia. Onde  $\delta$  é a medida de eficiência do setor educacional. Se  $\delta=0$  significa que a eficiência de conversão de tributos em crescimento do capital humano é zero; se  $\delta > 1$  significa que a taxa de crescimento do capital humano é superior a taxa de sacrifício sendo impostas aos consumidores.

O Hamiltoniano das equações (4), (5) e (6) é o seguinte:

$$H = \frac{C^{1-\sigma}}{1-\sigma} + \lambda_1 [(1-\tau)Ak - c] + \lambda_2 (\delta\tau h) \quad (7)$$

O Hamiltoniano acima está expresso em termos de valor presente, onde a taxa de desconto no tempo é  $\rho$ . É importante que se note que  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  representam os preços dos capitais físico e humano em termos de utilidades o chamado preço sombra. A maximização da função acima equívale ao seguinte:

$$\frac{\partial H}{\partial c} = 0 \Rightarrow c^{-\sigma} = \lambda_1 \quad (8)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \tau} = 0 \Rightarrow \lambda_1 Ak = \lambda_2 \delta h \quad (9)$$

$$\dot{\lambda}_1 - \rho\lambda_1 = \frac{-\partial H}{\partial k} \quad (10)$$

$$\dot{\lambda}_2 - \rho\lambda_2 = \frac{-\partial H}{\partial h} \quad (11)$$

As condições de transversalidade são as seguintes:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} k(t)\lambda_1(t)e^{\rho t} = 0 \quad (12)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} h(t)\lambda_2(t)e^{\rho t} = 0 \quad (13)$$

O resultado das equações (9) e (10) são as seguintes:

$$\frac{\dot{\lambda}_1}{\lambda_1} = -[(1-\tau)A + \rho] \quad (13)$$

$$\frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2} [(1-\tau)\frac{\partial A}{\partial h}] - \tau h + \rho \quad (14)$$

O objetivo é solucionar o modelo sob a condição de crescimento equilibrado. Para tanto, seguimos a metodologia de Lucas (1988) utilizando a equação (6). A equação (6) é importante porque equaliza marginalmente os resultados dos sacrifícios da acumulação de capital físico e humano. Ou seja, os ganhos marginais do sacrifício devem ser iguais em ambas as equações de acumulação. Portanto, a solução que desenvolveremos visa manter esta condição de equilíbrio econômico no longo prazo. Assim, basta tomarmos o logaritmo da equação (6) e diferenciarmos com relação ao tempo para termos a relação entre as taxas de crescimento das variáveis e seus preços sombras de crescimento equilibrado. Mais precisamente temos:

$$\frac{\dot{\lambda}_1}{\lambda_1} + \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} + \frac{\dot{h}}{h}. \quad (15)$$

Primeiro resolvemos a equação (9) para a razão dos preços sombras dos capitais e substituímos na equação (14). Este resultado juntamente com as equações (6) e (13) substituímos na equação (15). Após as devidas simplificações, obtemos o seguinte resultado.

$$\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{k}}{k} = (1-\tau)A - (1-\tau)\frac{\delta A_h h}{A}. \quad (16)$$

Na equação acima  $\frac{\partial A}{\partial h} = A_h$ , sendo que o seu lado esquerdo é taxa de crescimento da economia. Para demonstrar que o lado esquerdo é igual a taxa de crescimento da economia, utilizamos a equação (1). Tirando o logaritmo e diferenciando com relação ao tempo a mesma obtemos:

$$g_y = \frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{k}}{k} \quad (17)$$

Portanto, utilizando a equação acima podemos reescrever a equação (16) da seguinte forma:

$$g_y = (1-\tau)\left[A - \frac{\delta A_h h}{A}\right] \quad (18)$$

Como a variável A é uma função do capital humano, temos que a taxa de crescimento do PIB per capita depende única e exclusivamente do nível de capital humano da economia. Para melhor especificarmos a equação (18), vamos admitir que a variável A possui a seguinte relação estimada por Krueger e Lindahl (2001):

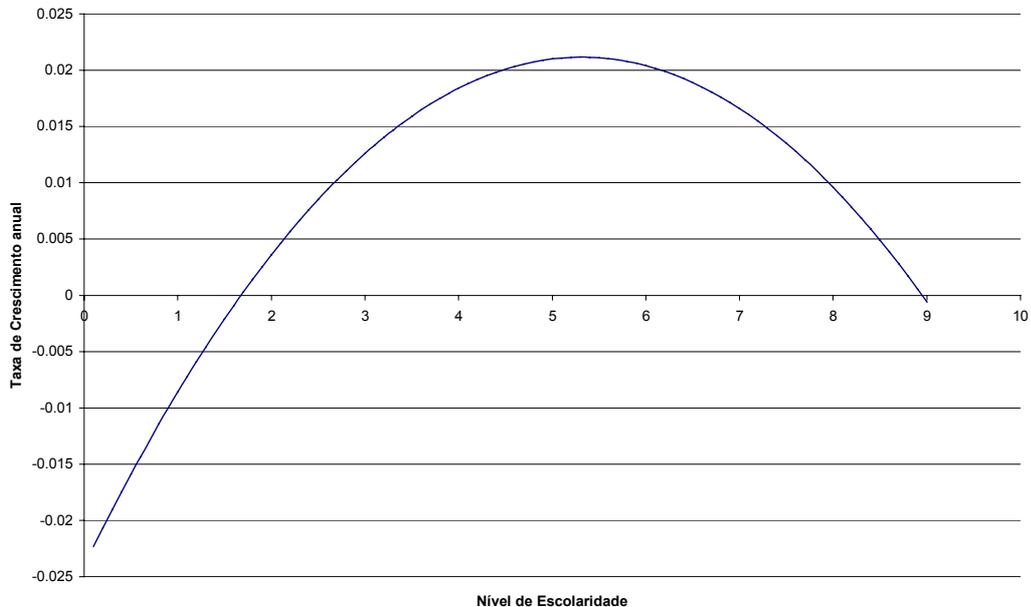
$$A = ah - bh^2 \quad (19)$$

Onde  $a, b > 0$  são constantes a serem obtidas para o Brasil. Substituindo a equação acima na equação (18) temos que:

$$g_y = -(1-\tau)\delta + (1-\tau)ah - (1-\tau)bh^2 \quad (20)$$

Ou seja, a taxa de crescimento do produto per capita de longo prazo é negativa e equivalente ao esforço sendo efetuado na acumulação de capital humano  $-(1-\tau)\delta$ . Portanto, o nosso modelo tem como resultado o fato da ocorrência de um sacrifício priori de crescimento econômico, para que ocorra acumulação de capital humano. A taxa de crescimento somente torna-se positiva após a economia ter alcançado um determinado nível de capital humano. A partir deste ponto a economia começa a colher os benefícios da sua acumulação de capital humano. Para uma melhor compreensão simulamos a equação (2) para os seguintes parâmetros:  $\tau = 0,20$ ,  $\delta=0,03$ ,  $a=0,021$  e  $b=0,002$ .

**Figura 2 - Resultado da Simulação: Crescimento e Nível de Escolaridade**



Para estes valores a taxa de crescimento do produto per capita somente torna-se positiva quando o nível de escolaridade ultrapassa 1,7 anos. A partir deste valor até aproximadamente 5,0 anos de escolaridade em média, temos uma forte influência na taxa de crescimento do nível de escolaridade. Cabe ressaltar que a simulação acima não determina o efeito de causalidade, portanto temos somente uma relação entre as duas variáveis. Para estimarmos a relação causal reespecificaremos a equação (20) da seguinte forma:

$$g_y = \beta_0 + \beta_1 h + \beta_2 h^2 + \beta_3 nh + e \quad (21)$$

Onde  $\beta_0 = -(1-\tau)\delta$ ;  $\beta_1 = (1-\tau)a$ ; e  $\beta_2 = -(1-\tau)b$ ; sendo  $e$  os erros de estimação da regressão. Na próxima seção discutiremos aplicação do método de estimação dinâmica relacionado com a questão da causalidade entre capital humano e crescimento econômico.

### 3 Estimativas Econométrica

#### 3.1 Introdução

Antes de aprofundarmos na questão do método econométrico a ser empregado, faremos uma breve discussão sobre os dados. Os dados referem-se aos Estados Brasileiros no período de 1985-2000. Considerando 26 estados e o período de 16 anos para os quais temos os dados completos temos um total de 416 observações para serem utilizadas. Lembramos que o estado de Tocantins foi desconsiderado por apresentar dados somente a partir da década de 1990. A fonte dos dados é o IPEA-Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas.<sup>4</sup> Basicamente utilizaremos três variáveis, as quais sejam:

- Taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* dos Estados,  $g_y$ ;
- Média da escolaridade das pessoas com 25 anos ou mais dos Estados. Valor este medido em número de anos que freqüentaram a escola;
- Número médio de horas trabalhadas por semana nos Estados. Esta variável é utilizada como *proxy* da instituição mercado de trabalho de cada Estado.

A tabela a seguir apresenta as variáveis dos Estados de forma sumarizadas.

**Tabela 1 – Sumário dos Dados dos Estados Brasileiros: Período 1985 – 2000**

Variável		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Observações
$g_y$	Total	0.0358	0.0761	-0.1787	0.2867	N=416
	Entre		0.0135	0.0039	0.0643	N=26
	Dentro		0.0751	-0.1705	0.2853	T=16
n	Total	41.5	2.9	32.3	48.9	N=416
	Entre		1.9	36.7	44.3	N=26
	Dentro		2.2	32.4	47.6	T=16
h	Total	4.83	1.23	2.05	8.17	N=416
	Entre		1.15	2.90	7.54	N=26
	Dentro		0.49	3.47	5.87	T=16
h2	Total	24.86	12.20	4.22	66.86	N=416
	Entre		11.46	8.92	57.14	N=26
	Dentro		4.72	11.67	36.63	T=16

Fonte: IPEA

Apesar de ser de fácil compreensão a tabela acima, faremos a leitura da primeira variável que é a taxa de crescimento do PIB per capita dos Estados no período. A média no período dos Estados foi de 3,58%, com um desvio padrão de 7,61%. Os valores máximos e mínimos refletem a existência de alguma discrepância, que é prevista. A menor taxa de crescimento verificada nos Estados foi de -17,87%, sendo a maior taxa registrada 28,67%. Estas taxas certamente apresentam-se como potenciais *outliers*. Nas estimativas a serem realizadas estes *outliers* tendem a serem absorvidos através da utilização de variância específica de painéis.

#### 3.2 Modelo de Efeitos Fixos e Randômicos

Nesta seção o objetivo é testar o modelo mais adequado e efetuar a estimativa dinâmica da equação (21). Iniciaremos com os testes de escolha entre os modelos modelos de efeitos fixos e randômicos. Em seguida faremos os habituais testes de autocorrelação e heterocedasticidade. O

<sup>4</sup> www.ipeadata.gov.br.

modelo mais adequado de acordo com os testes será então usado como base para as estimativas dinâmicas.

A especificação do modelo econométrico para a equação (21) é a seguinte:

$$y_{i,t} = x_{i,t}\beta + \varepsilon_{i,t} \quad (22)$$

$$\varepsilon_{i,t} = \alpha_i + \eta_{i,t} \quad (23)$$

Onde  $y_{i,t}$  representa a variável dependente com  $i = 1, \dots, 26$  e  $t = 1, \dots, 16$ ;  $x_{i,t}$  representa a matriz de variáveis independentes;  $\varepsilon_{it}$  é o vector que contempla os efeitos fixos. As hipóteses iniciais a serem estimadas sobre o modelo acima são as seguintes:

$$E(\alpha_i) = 0; \quad (24)$$

$$E(\eta_{i,t}) = 0, \quad (25)$$

$$E(\alpha_i \alpha_i) = \sigma_\alpha \quad (26)$$

$$E(\eta \eta') = \sigma_\eta^2 I_{nt} \quad (27)$$

$$E(\alpha_i \eta_{i,t}) = 0 \quad (28)$$

$$E(\alpha_i \alpha_j) = 0; \text{ se } i \neq j. \quad (29)$$

As hipóteses (24), (25) e (28) estabelecem que o modelo é de efeitos randômicos. Caso as mesmas não se verificam temos o modelo de efeitos fixos. Assim, primeiro estimamos os dois modelos sob as condições de efeitos fixos e randômicos e em seguida efetuamos os testes de definição. A tabela a seguir apresenta os resultados:

**Tabela 2 – Os Modelos de Efeitos Fixos e Randômicos Explicando a Taxa de Crescimento do PIB per Capita**

<i>Variáveis</i> (1)	<i>Fixo</i> (2)	<i>Randômico</i> (3)
h	-0,0238 (-0,0313)	-0,00349 (0,0186)
h <sup>2</sup>	0,00185 (0,0033)	0,00028 (0,00189)
Constante	0,1048 (0,074)	0,0475 (0,0445)
R <sup>2</sup>	0,006	0,006
$\sigma_\alpha$	0,015	0
$\sigma_\eta$	0,077	0,077
F(25,388) All ( $\alpha_i$ ) = 0	Prob (0,974)	
N	416	416

Como podemos ver em ambos os modelos as variáveis apresentam como sendo não significativas e com poder de explicação muito baixo. A não significância dos parâmetros bem como o baixo poder de explicação podem estar associado como veremos adiante aos problemas de heterocedasticidade e autocorrelação. A priori a única informação relevante nas regressões acima é que o test F na coluna (1) indica que o modelo mais adequado é de efeitos randômicos.

A seguir efetuamos o testes de especificação de modelo proposto por Hausman (1978). Neste teste comparamos os coeficientes dos modelos de efeitos fixos e randômicos são idênticos.

Se forem, a melhor especificação é a randômica pois considera a condição de ortogonalidade entre os coeficientes fixos e as variáveis dependentes. Indiretamente este teste verifica se a hipótese da equação (24) é realmente válida. O resultado do teste de Qui-Quadrado  $\chi^2 = 1,02$  nos dá uma probabilidade de aceitação de igualdade dos coeficientes de 60,03%. Esta alta probabilidade confirma o modelo de efeitos randômicos como o mais indicado. No entanto este teste sofre de influência da autocorrelação se presente. Assim, visando considerar este aspecto efetuamos o conjunto de testes de Máxima Verossimilhança (MV) proposto por Breusch e Pagan (1980) para efeito randômicos e Baltagi e Li (1995) para efeitos randômicos em conjunto com a autocorrelação. A tabela a seguir apresenta o resumo dos testes.

**Tabela 3 – Testes Randômico e Correlação Serial**

<b>Testes (1)</b>	<b>Resultado do Teste</b>	<b>Probabilidade H0 (2)</b>
Efeitos Randômicos		
MV: $\text{Var}(\alpha_i)=0$	-1,89	0,98
MVA: $\text{Var}(\alpha_i)=0$	-1,47	0,93
Correlação Serial		
MV: $\rho = 0$	2,15	0,14
MVA: $\rho = 0$	0,73	0,39
Teste Conjunto		
MV: $\text{Var}(\alpha_i)=0$ e $\rho = 0$	4,31	0,12

Os testes de efeitos randômicos tanto o de máxima verossimilhança sem correção para a autocorrelação (MV) como o que considera a correção para autocorrelação (MVA) informam que o modelo de efeito randômico é o que deve ser considerado. Os testes de autocorrelação serial apesar de baixos indicam que a presença da mesma é comum a todos os painéis, portanto se existe autocorrelação esta deve ser específica. O teste conjunto que averigua a presença do efeito randômico e sem autocorrelação é ligeiramente superior ao nível mínimo aceitável de 10%.

Para dar maior robustez aos nossos testes efetuamos um teste adicional de autocorrelação proposto por Woodridge (2002). O resultado do teste  $F(1,25) = 0,134$  indica uma probabilidade de 71,79% de aceitação da não existência de autocorrelação de primeira ordem.

A seguir efetuamos o teste de heterocedasticidade proposto por Greene (2000). Este teste verifica a igualdade das variâncias entre os painéis. O resultado da estatística  $\chi^2 = 122,58$  nos informa que a probabilidade dos painéis terem a mesma variância é nula. Portanto, temos a presença da heterocedasticidade nos dados.

Este conjunto de testes nos aponta para um modelo de efeito randômico que deve ser corrigido para heterocedasticidade. Além deste aspecto devemos considerar o potencial de autocorrelação específica de painéis nas estimativas. Produzimos quatro estimativas usando dois métodos diferentes. O primeiro método proposto por Prais-Winstem, descrito em Judge et all (1985), estima o modelo usando Mínimos Quadrados Ordinários (MQO-PW) corrigindo o problema de heterocedasticidade, além do que efetua duas correções para a autocorrelação. A primeira correção para correlação serial utiliza um coeficiente comum a todas as observações. Já a segunda corrige cada painel pelo seu respectivo coeficiente de correlação serial. O segundo método proposto por Corchrane e Orcutt, descrito em Judge et all (1985), emprega Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis (MQGF) e como o anterior corrige os problemas de heterocedasticidade e das autocorrelações. Os resultado destes métodos estão na tabela abaixo.

**Tabela 4 – Os Métodos MQO-PW e MQGF  
Explicando a Taxa de Crescimento do PIB per Capita**

<i>Variáveis</i> (1)	<i>MQO-PW</i> (2)	<i>MQO-PW</i> (3)	<i>MQGF</i> (4)	<i>MQGF</i> (5)
h	0,016 (0,003)*	0,017 (0,003)*	0,018 (0,003)*	0,019 (0,003)*
h <sup>2</sup>	-0,0016 (0,0006)*	-0,0019 (0,0006)*	-0,0022 (0,0005)*	-0,0024 (0,0005)*
R <sup>2</sup>	0,20	0,23	-	-
χ <sup>2</sup>	102,78 (0,00)	129,58 (0,00)	130,86 (0,00)	163,13 (0,00)
ρ	-0,06	-0,03,...,0,24	-0,06	-0,03,...,0,24
N	416	416	416	416

OBS: \* indica nível de significância de 1%.

Estimamos os modelos usando a mesma especificação, mas com correção de autocorrelação diferente. Na coluna (2) e (4) da tabela acima a autocorrelação é assumida ser única para todos os painéis, portanto aparece somente um valor para  $\rho = -0,06$ . Nas colunas (3) e (5) da mesma tabela, as estimativas consideram um coeficiente de autocorrelação para cada painel, sendo que os valores do coeficiente se situam no intervalo  $\rho = -0,03 - 0,24$ . Os resultados dos coeficientes são estatisticamente idênticos, sendo que oscilam dentro do intervalo de seus desvios padrões. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) entre 20% e 23% é considerado como muito bom e compatível com os obtidos na literatura do assunto.<sup>5</sup>

As estimativas são significantes e confirmam a não-linearidade entre taxa de crescimento e nível de escolaridade. Os parâmetros estimados são muito próximos daqueles que usamos para simular a Figura 1. A única diferença reside na constante. As estimativas da constante apresentou-se como sendo insignificante em todas as especificações, portanto desconsideramos a mesma. Similar resultado sobre a constante foi encontrado no trabalho de Krueger e Lindahl (2001). A nossa explicação é bastante simples, é devido a nossa amostra estar truncada para um nível de escolaridade mínimo de 2,05. Como não observamos Estados com nível de escolaridade iniciando a partir do zero, portanto equivale a deslocar o eixo vertical a partir do ponto de início de importância da escolaridade, que na simulação foi de 1,7 anos. Ou seja, se os nossos dados contemplasse Estados com nível de escolaridade média próximo de zero certamente a constante apareceria significativa e com alta probabilidade de ser negativa.

O significado econômico da constante é muito importante. Quando o nível de escolaridade é muito pequeno (ex: abaixo 1,7 anos no nosso modelo) geram ganhos inferiores ao custo do sacrifício imputado. Neste caso, temos desincentivos à acumulação de capital humano. Para suplantarem estas perdas iniciais requer uma política contínua de acumulação de capital humano até ultrapassar o valor mínimo. Caso esta política não seja feita até ultrapassar este limite

<sup>5</sup> Veja Barro e Sala-I-Martin (1995).

mínimo, a economia pode ficar presa numa armadilha de crescimento esperado negativo, portanto dependendo de políticas exógenas à acumulação de capital físico e humano.

### 3.3 Modelo Dinâmico

A aplicação empírica consiste em verificarmos se o nível de escolaridade precede a do crescimento econômico, conforme modelo teórico. Mas, queremos ir um pouco mais longe e verificar o efeito *feed back* do próprio crescimento. O método econométrico dinâmico (MED) que nos permite testar estas hipótese foram construídos por Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). O modelo proposto é uma ligeira modificação da equação (22), pois considera os efeitos do próprio crescimento passado sobre o crescimento atual em nível e diferença, portanto um sistema de equações.

$$y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + x_{i,t} \beta + \varepsilon_{i,t} \quad (30)$$

$$y_{i,t} - y_{i,t-1} = \alpha (y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (x_{i,t} - x_{i,t-1}) \beta + (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}) \quad (31)$$

Se o crescimento no período anterior reflete todas as variáveis que o influenciaram, então ao considerarmos como variável explicativa, estamos considerando as mesmas indiretamente. Quanto aos efeitos remanescentes sobre a taxa de crescimento econômico devem ser então consequência da variável explicativa capital humano, proposta por nosso modelo.

A estimativa do sistema de equações (30) e (31) utiliza como variáveis instrumentos para equação em nível (30), as diferenças das variáveis explicativas e para a equação em diferença, as variáveis em níveis. Para ser compatível com a proposta de Glaeser et al (2004), os instrumentos serão defasados 5 anos. Lembramos no entanto, que Krueger e Lindahl (2001) utilizaram 10 e 20 anos de defasagem. Neste caso estamos testando que a escolaridade precede o crescimento econômico nos Estados Brasileiros evitando o chamado efeito de causalidade reversa. Os resultados obtidos através do método de momentos generalizados estão na tabela a seguir.

Nos resultados da tabela abaixo vemos que as variáveis instrumentos da escolaridade tanto em nível quanto em diferença são as próprias variáveis defasadas cinco períodos. Portanto, as equações são estimadas simultaneamente sob a condição de que as variáveis escolaridade e escolaridade ao quadrado precedem o crescimento econômico em cinco anos. Os resultados dos coeficientes são altamente significativos e compatíveis com os resultados da tabela 4, obtidos sob a condição de ortogonalidade das variáveis para o mesmo período. Na coluna (3) utilizamos como instrumento adicional a quantidade de horas trabalhada semanalmente nos Estados. Esta variável supostamente captura as diferenças existentes entre os mercados de capital humano dos Estados. Esta variável reflete, não somente as condições de oferta e demanda de capital humano mas, as políticas econômicas de cada Estado. Como resultado, os coeficientes aumentaram seus valores e aproximaram ainda mais do valores obtidos da tabela 4.

***Tabela 5 – O Método Econométrico Dinâmico  
Explicando a Taxa de Crescimento do PIB per Capita***

<b><i>Variáveis</i></b> <b><i>(1)</i></b>	<b><i>MED</i></b> <b><i>(2)</i></b>	<b><i>MED</i></b> <b><i>(3)</i></b>
--	--	--

h	0,014 (0,0036)*	0,018 (0,0038)*
h <sup>2</sup>	-0,0015 (0,00068)*	-0,0020 (0,0007)*
R <sup>2</sup>	-	-
F(2,25)	68,40 P(0,00)	98,60 P(0,00)
AR(1)	P(0,00)	P(0,00)
AR(2)	P(0,54)	P(0,54)
Teste de Hansen	P(1,00)	P(1,00)
Instrumento Adicional		n
N	416	416

OBS: \* indica nível de significância de 1%.

A validade dos resultados acima estão subordinados às condições de autoregressividade. As estimativas são válidas neste método mesmo sob condição de autoregressão de primeira ordem, AR(1), mas não de segunda, AR(2). As estatísticas confirmam estas condições, sendo a probabilidade de não autocorrelação de primeira ordem zero e de segunda ordem 54%, portanto rejeita autocorrelação neste nível. O teste de Hansen (1982) testa a condição de validade dos instrumentos utilizados, a probabilidade dos instrumentos serem ortogonais é de 100%. Ou seja, no conjunto os resultados parecem confirmar a hipótese de que escolaridade é a causa do crescimento econômico com uma defasagem de cinco anos.<sup>6</sup>

O nível de escolaridade que causa o máximo de crescimento econômico é obtido com a derivação parcial da equação estimada na Tabela 4 em relação a variável independente h é:

$$\frac{\partial g_y}{\partial h} = 0.014 - 0.0030h = 0 \quad (32)$$

$$\frac{\partial g_y}{\partial h} = 0.018 - 0.0040h = 0 \quad (33)$$

De acordo com as equações acima, o nível de escolaridade que produz a taxa máxima de crescimento econômico se situa entre 4,5 e 4,7 anos. Portanto Estados que estão abaixo deste nível devem privilegiar suas políticas educacionais como forma de obter retornos crescentes em suas taxas de crescimento econômico.

## Conclusão

Neste artigo desenvolvemos um modelo teórico que pressupõe como causa do crescimento econômico o capital humano. A função de capital humano no entanto pressupomos ser não linear. Os resultados econométricos confirmaram esta não-linearidade entre as duas variáveis.

A questão da causalidade entre as duas variáveis foi considerada. Nas estimativas econométricas verificamos que os aumentos nos níveis de escolaridade dos Estados geram efeitos

<sup>6</sup> Utilizamos defasagens menores e estas mostraram-se insignificantes em seus coeficientes.

em suas taxas de crescimento do PIB per capita, mesmo quando consideramos cinco anos de defasagem. Portanto, as políticas de acumulação de capital humano (investimento em educação) são importantes determinantes do crescimento do PIB per capita nos Estados Brasileiros, elas precedem na causação mesmo quando controlamos os efeitos *feed back* do próprio crescimento econômico.

A relação não-linear na forma de U invertido entre crescimento econômico e escolaridade encontrada, produz como resultado que o efeito da escolaridade na taxa de crescimento econômico é crescente na primeira fase e decrescente na segunda. O efeito máximo ocorre quando o nível de escolaridade está no intervalo entre 4,5 e 4,7 anos. Lembramos que os dados de escolaridade utilizados referem-se à população acima de 25 anos, que somado ao efeito de potencial de defasagem de cinco anos da escolaridade no crescimento econômico, temos como implicação principal que políticas educacionais devem ser contínuas e de longo prazo para se atingir o propósito de uma maior taxa de crescimento per capita.

## Referências Bibliográficas

- Arellano, M. e Bond, S. R. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. **Review of Economic Studies**, 58:277-297.
- Arellano, M. e Bover, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models. **Journal of Econometrics**, 68:29-51.
- Baltagi, B. H. (1995). **Econometric Analysis of Panel Data**. New York: John Wiley & Sons.
- Barro, R. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. **Journal of Political Economy**, 98:103-125.
- Barro, R. J. e Sala-I-Martin, X. (1995). **Economic Growth**. New York: McGraw-Hill.
- Baltagi, B. H. e Li, Q. (1995). Testing AR(1) Against MA(1) Disturbances in an Error Component Model. **Journal of Econometrics**, 68:133-151.
- Benhabib, J. e Spiegel, M. (1994). The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data. **Journal of Monetary Economics**, 34 (2):143-174.
- Beck, T., Levine, R. e Loayza, N. (2000). Finance and the Sources of Growth. **Journal of Financial Economics**, 58(2):261-300.
- Bils, M. e Klenow, P. J. (2000). Does Scholling Cause Growth? **The American Economic Review**, 90(5):1160-1183.
- Blundell, R. e Bond, S. (1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. **Journal of Econometrics**, 87:115-143.
- Breusch, T. e Pagan, A. (1980). The LM Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics. **Review of Economic Studies**, 47:239-254.
- Denison, E. (1962). **The sources of Economic Growth in the United States**. New York: Committee for Economic Development.
- Dias, J. e McDermott. (2005). J. Education, Institutions, and Growth: The Role of Entrepreneurs. **Journal of Development Economics**, prelo.
- Easterly, W. E Levine, R. (2001). It's Not Factor Accumulation Stylized Facts and Growth Models. **The World Bank Economic Review**, 15(2):177-219.
- Glaeser, E. L., La Porta, R., Lopez-de-Silanes, F. e Shleifer, A. (2005). Do Institutions Cause Growth? **Journal of Economic Growth**, 9:271-303.

- Greene, W. H. (2000). **Econometric Analysis**. New Jersey: Prentice Hall.
- Hansen, L. P. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. **Econometrica**, 50:1029-1054.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. **Econometrica**, 46:1251-1272.
- IPEA-Instituto de Pesquisas Econ<sup>o</sup>micas e Aplicadas. **Indicadores IPEA**. Disponível em: <<http://www.IPEAdata.gov.br.htm>>.
- Hall, R. E. e Jones, C. I. (1999) Why Some Countries Produce so Much More Output per Worker Than Others? **The Quarterly Journal of Economics**, 114(1):83-117.
- Hanushek, E. A. e Kimko, D. D. (2000). Schooling, Labor-Force Quality, and Growth of Nations. **American Economic Review**, 90(5):1184-208.
- Judge, G. G., Griffiths, W. E., Hill, R. C., Lutkepohl, H. e Lee, T. C. (1985). **The Theory and Practice of Econometrics**. New York: John Wiley and Sons.
- Klenow, P. J. e Rodriguez-Clare, A. (1997). **NBER Macroeconomics Annual**. Cambridge: MIT Press.
- Krueger, A. B.; Lindahl, M. (2000). Education for Growth: Why and for Whom? **Journal of Economic Literature**, 39(4):1101-1136.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. **Journal of Monetary Economics**, 22:3-42.
- Mankiw, G.; Romer, D.; Weil, D. (1992). A Contribution to the Empirics of economic growth. **Quartely Journal of Economics**, 107: 407-437.
- Rebelo, S. (1991). Long Run Policy Analysis and Long Run Growth. **Journal of Political Economy**, 99:500-521.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological change. **Journal of Political Economy**, 98: S71-102.
- Schultz, T. W. (1962). Reflections on Investment in Man. **Journal of Political Economy**, 70 (5): 1-8.
- Uzawa, H. (1965). Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth. **American Economic Review**, 6(1):18-31.
- Wolf, E. N. (2000). Human Capital Investment and Economic Growth: Exploring Cross Country Evidence. **Structural Change and Economic Dynamics**, 11(4):433-472.

Wooldridge, J. (2002). **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. Cambridge: MIT Press.