

# CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SOBRE O PAPEL DA ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO E HUMANO

*Kezia de Lucas Bondezan\**  
*Joilson Dias\**

## **Resumo**

O artigo propõe uma nova forma de estimar o estoque de capital humano e capital físico nos âmbitos público e privado dos estados brasileiros e com isso analisa a importância dessa acumulação para o crescimento da produtividade do Brasil, o período compreendido na análise se refere aos anos de 2001 a 2008. A metodologia aplicada é a de Painéis Dinâmicos e os resultados mostram que, em todas as especificações, a taxa de crescimento do estoque de capital físico privado possui impacto positivo, e significativo, sobre o crescimento econômico. Já o estoque de capital humano mostrou-se significativo apenas nas estimativas realizadas com coeficientes individuais na equação de salário para cada um dos estados. Constatou-se ainda que a taxa de crescimento do capital humano é positiva e significativa e seu papel sobre o crescimento é maior que o do capital físico.

**Palavras-chave:** Capital físico; Capital humano; Crescimento econômico

## **Abstract**

The article proposes a new way of estimating the stock of human capital and physical capital in the public and private in the Brazilian states and analyzes the importance of this accumulation for the growth economic of Brazil. The analysis from 2001 to 2008 and applied methodology is that of Dynamic Panels. The results show that in all specifications, the growth rate of private physical capital stock has a positive and significant impact on economic growth. The stock of human capital proved to be significant only in the estimates made with individual coefficients in the wage equation for each state. It was also found that the growth rate of human capital is positive and significant and its role in growth is greater than that of physical capital.

**Keywords:** Physical capital; Human capital; Economic Growth.

JEL: 043

---

\* Universidade Estadual de Maringá

## 1. Introdução

Compreender a causa da grande variação entre as rendas *per capita* das economias, é um desafio nos estudos acerca do crescimento econômico ao longo dos anos, fato este, que faz com que diversos aspectos acerca do crescimento econômico dos países sejam ressaltados pelos pesquisadores nos últimos anos. Analisar, explicar e compreender a diferença do ritmo de crescimento entre países, sua capacidade produtiva e seu padrão de vida são desafios enfrentados nos estudos e pesquisas realizados ao redor do mundo. Enquanto alguns países apresentam rápido ritmo de crescimento da renda e elevados níveis de bem-estar, outros se defrontam com dificuldades para prover o nível necessário de subsistência à sua população. Em geral, os estudos buscam compreender quais fatores podem, de fato, explicar o padrão de crescimento da renda *per capita* dos países.

Solow (1956), afirma que as diferenças nas taxas de investimento, de crescimento populacional e as diferenças exógenas na tecnologia explicam a diferença de renda entre os países. Já o crescimento econômico sustentado tem como fundamento o progresso tecnológico. Países que não possuem progresso tecnológico tendem a estancar o processo de crescimento econômico devido aos retornos decrescentes do capital, é preciso, portanto, o uso da tecnologia como forma de compensação a este processo. Já a explicação das diferenças nas taxas de crescimento pode ser compreendida pela dinâmica da transição, onde países com uma razão capital-trabalho inferior ao nível de longo prazo crescerá de forma rápida até atingir o estado estacionário.

Mankiw et al. (1992), consideram que o ajuste do modelo de Solow seria melhorado se fosse incluído capital humano, ou seja, “reconhecer que a mão de obra de diferentes economias tem níveis diferentes de instrução e qualificação” (JONES, 1997, p.44). Para isso, uma aplicação do modelo neoclássico, incorporando o capital humano, foi estimada pelos autores, que aplicaram o método dos mínimos quadrados ordinários a uma série de países. Suas conclusões mostram que o capital humano tem também papel fundamental na explicação do crescimento da renda entre os países, e, de acordo com os mesmos, a desconsideração do capital humano nas estimativas poderia superestimar o papel da acumulação do estoque de capital físico.

Entretanto, mesmo com a inclusão do capital humano, os modelos de crescimento econômico neoclássicos são bastante criticados, por não conseguirem explicar as diferenças entre as taxas de crescimento *per capita*. Assim, novas formas de incorporação do capital humano, passam a ser identificadas no processo de crescimento. Surgem, então, os modelos de crescimento endógenos, defendidos por Romer (1986) e Lucas (1988). Nesses, além do capital humano – Romer (1986; 1990; 1994), Barro (1991), Lucas (1988) etc. –, outros fatores podem ser propulsores do crescimento econômico, como o comércio internacional de bens e a produtividade total de fatores (PTF) tais como: Feenstra et al. (1996), Eaton; Kortm (1996), Rivera-Batiz; Romer (1991) etc. –, que se apresentam como fatores que estimulam crescimento econômico, via difusão tecnológica entre os países, podendo, com isso, influenciar o crescimento econômico, via aumento da produtividade.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é trazer à discussão a importância da acumulação do capital físico e humano para explicação do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de longo prazo do Brasil. A fim de atingir esse objetivo, são construídas duas bases de dados, em nível estadual. Uma para o estoque de capital físico e a outra para o estoque de capital humano. O estoque de capital físico segue a proposta de Garafolo e Yamarik (2002), já a proposta de capital humano é construída através da utilização da equação de salário de Mincer (1974) e correção de Heckman (1979). Um dos diferenciais desse trabalho está na construção dessa base, visto que não há cálculo do estoque de capital físico para os estados brasileiros, e considera-lo é muito importante em estudos de países com grande extensão territorial e heterogeneidade como é o caso do Brasil.

Neste trabalho, é desenvolvido um modelo simples, no qual a acumulação de capitais físico e humano exercem papéis fundamentais na determinação do crescimento do PIB *per capita*, sendo esta considerada uma medida de produtividade. O capital humano é incluído na função de produção, por meio do nível tecnológico, como em Romer (1990). A especificação do capital humano, é feita de três maneiras. A princípio, pela média de anos de escolaridade da população, com mais de 25 anos de idade. A segunda e a terceira como a taxa de crescimento do estoque de capital humano, construída com base nos coeficientes de Mincer (1974), sendo que, na primeira delas, o parâmetro de retorno é único para todos os estados e, na outra, este parâmetro é específico para cada estado.

Os dados obtidos para a elaboração do modelo foram coletados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD). Os anos analisados correspondem ao período entre 2001 e 2008<sup>1</sup>. O modelo apresentado está na forma reduzida e as estimativas estão baseadas na técnica de Painéis Dinâmicos, proposta por Arellano; Bover (1995) e Blundell; Bond (1998). Essa técnica é utilizada como forma de controlar determinados problemas, dentre os quais medidas de erros, causalidade reversa e heterogeneidades não são observadas.

O artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção 2, é apresentada a Metodologia aplicada para calcular os estoques de capital físico e humano, na seção 3, apresenta-se o modelo teórico, enquanto o Modelo Econométrico é demonstrado na seção 4. Na sequência, os resultados e as discussões, são apresentados na seção 5, segue-se as considerações finais.

## **2. Metodologias para o cálculo do estoque de capital físico e humano**

### *2.1. Capital físico*

O estoque de capital físico utilizado nesse modelo segue a versão de Garafolo e Yamarik (2002), no caso brasileiro, serão utilizadas duas bases de dados que foram coletadas junto ao IPEA-DATA (2016), a saber: o estoque de capital físico para a construção civil e o estoque de capital físico para máquinas e

---

<sup>1</sup> O período da finalização da série corresponde ao último ano em que a base de dados de estoque de capital físico para o Brasil foi publicada, haja visto que o modelo proposto por GARAFOLO E YAMARIK (2002) é de decomposição de uma série nacional em uma estadual.

equipamentos, sendo que, para os dois casos, há informações sobre os estoques públicos e privados.

A junção dos estoques da construção civil privado e de máquinas e equipamentos privados é denominada aqui de estoque de capital físico privado dos estados brasileiros, já os estoques de capital da construção civil e de máquinas e equipamentos públicos serão considerados, como sendo o estoque de capital físico público dos estados brasileiros.

As variáveis que representam a receita, tanto nacional quanto estadual, de cada um desses setores é o (Produto Interno Bruto) da Construção Civil e o (Produto Interno Bruto) da Indústria de Transformação (para o cálculo do estoque de capital das máquinas e equipamentos). Cabe observar ainda que, nesse trabalho, está sendo apresentada apenas os estoques de capital físico bruto, sendo que, em termos líquidos, poderia ser utilizada a taxa de depreciação de Morandi e Reis (2003), que gira em torno de 12%.

Formalizando o modelo para medir o estoque de capital físico público e privado dos estados brasileiros tem-se:

Para construção civil:

**Privado:**

$$k_{i,j}(t) = \left[ \frac{y_{i,j}(t)}{Y_i(t)} \right] K_i(t) \quad (1)$$

Em que:

$k_{i,j}(t)$  = Estoque de capital físico bruto da construção civil – privado – por Estado;

$y_{i,j}(t)$  = Produto Interno Bruto da construção civil – por Estado;

$Y_i(t)$  = Produto Interno Bruto da construção civil – Nacional;

$K_i(t)$  = Estoque de capital físico bruto da construção civil – privado – Nacional.

**Público:**

$$k_{p,j}(t) = \left[ \frac{y_{i,j}(t)}{Y_i(t)} \right] K_p(t) \quad (2)$$

Sendo:

$k_{p,j}(t)$  = Estoque de capital físico bruto da construção civil – privado – por Estado;

$y_{i,j}(t)$  = Produto Interno Bruto da construção civil – por Estado;

$Y_i(t)$  = Produto Interno Bruto da construção civil – Nacional;

$K_p(t)$  = Estoque de capital físico bruto da construção civil – público – Nacional.

Para máquinas e equipamentos a metodologia aplicada é a mesma, assim, O estoque geral de capital físico bruto privado por estado será então:

$$k_{g,j}(t) = k_{i,j}(t) + k_{m,j}(t) \quad (3)$$

E o estoque de capital público:

$$k_{l,j(t)} = k_{p,j}(t) + k_{n,j}(t) \quad (4)$$

Ressalte que, no modelo econométrico a ser estimado, as duas variáveis acima serão divididas pela população ocupada de cada estado, de forma a obter o estoque médio de capital por trabalhador.

## 2.2 Capital humano

O cálculo do estoque de capital humano para cada um dos estados brasileiros, no período de 2002 a 2008 foi baseada em Mincer (1974) com as alterações proposta por Tuner, Tamura e Mulholland (2008).

A descrição do modelo é apresentada abaixo:

$$h_{it} = \exp(\alpha E_{it} - \beta E_{it}^2 + \delta E_{it}^3 + \gamma ex_{it} - \delta ex_{it}^2) \quad (5)$$

Em que:

$E_{it}$  = Anos médios da escolaridade estado  $i$ , no período  $t$ ;

$ex_{it}$  = Experiência<sup>2</sup> (por trabalhador), no estado  $i$ , no período  $t$ .

A especificação apresentada na equação acima assume retorno constante para escolaridade. No trabalho de Tuner, Tamura e Mulholland (2008), os níveis educacionais são ponderados em educação fundamental ( $F$ ), ensino médio ( $M$ ) e superior ( $S$ ). Entretanto, esse trabalho segue a mesma metodologia, porém neste assume-se que o parâmetro para educação é único, ou seja, uma média para escolaridade. Os dados para o cálculo da equação de salários foram extraídos da PNAD, dos anos de 2001 a 2008, e, por se tratar de uma pesquisa amostral, a base foi expandida, através da utilização dos pesos da amostra. Na construção da equação de salários, foi também utilizado o procedimento de Heckman (1974, 1979), a fim de corrigir os problemas de viés de seleção amostral.

Duas equações são estimadas. Na primeira, os parâmetros da educação, experiência e experiência ao quadrado serão iguais para todos os estados. Ou seja, calcula-se uma equação de salário para toda amostra (Brasil), obtêm-se um parâmetro de escolaridade, experiência e experiência ao quadrado para o Brasil e o aplica aos estados. Considera-se também a hipótese de que os parâmetros são constantes no tempo, por isso os mesmos são estimados apenas para o último ano da amostra, isto é, para o ano de 2008, os resultados são, então, utilizados para o cálculo do estoque de capital de 2001a 2008.

A primeira equação de salário é a seguinte:

$$h_i = h_0 \exp(\alpha educ + \beta educ^2 + \delta educ^3 + \gamma ex + \delta ex^2) \quad (6)$$

A segunda equação de salário, que considera os estados, é:

---

<sup>2</sup> A definição de experiência é dada pela idade média de todos os trabalhadores, menos os anos médios de escolaridade, menos 6 anos.

$$h_i = h_0 \exp(\alpha_i educ + \beta_i educ^2 + \phi_i educ^3 + \gamma_i ex + \delta_i ex^2) \quad (7)$$

Assim, o subscrito  $i$  representa cada unidade da federação do Brasil:  $i= 1..27$ .

As duas opções são apresentadas com o intuito de reforçar a importância de se considerar os parâmetros específicos de cada estado, pois, levando em conta as disparidades regionais existentes no Brasil, é de se esperar que os retornos da educação e experiência sejam bastante distintos entre os estados.

### Modelo teórico

O modelo teórico a ser desenvolvido nesse trabalho é derivado de Dias et al. (2012)<sup>3</sup>, que toma como base uma economia cujo produto ( $Y$ ) depende do estoque de capital físico ( $K$ ) e da quantidade de capital humano na economia ( $hN$ ), em que  $N$  representa a quantidade de trabalhadores e ( $h$ ) a média de capital humano. Além disso, o produto da economia depende do nível de tecnologia  $A(h)$ .

Aqui,  $n$  é a taxa de crescimento da força de trabalho,  $g_\tau$  é taxa de crescimento do tempo dedicado ao trabalho,  $g_k$  é a taxa de crescimento do capital físico por trabalhador e  $h$  é a média do capital humano.

$$g_y = \beta_0 + \beta_1 g_{y-1} + \beta_2 g_k + \beta_3 h \quad (8)$$

Na qual:

$$\beta_0 = \delta(1 - \alpha)(1 - \tau - n) + (1 - \alpha)g_\tau; \beta_1 = (1 - \alpha); \beta_2 = \alpha;$$

Note que, essa versão captura o processo autorregressivo da taxa de crescimento da produtividade.

### 3. Modelo Empírico - Painéis Dinâmicos

Problemas de causalidade e heterogeneidade são comuns em base de dados que abrangem uma série de estados ou países ao longo do tempo. Os modelos de painéis dinâmicos procuram resolver esse problema por meio de soluções que buscam capturar as diferenças entre os estados, durante e ao longo do tempo.

A especificação do modelo pode ser vista da seguinte maneira:

$$y_{it} = x_{it}\beta + y_{it-1}\alpha + n_i + u_{it} \quad (9)$$

Sendo que  $y_{it}$  é a variável dependente, neste caso o PIB *per capita*;  $x_{it}$  é o vetor de variáveis explicativas, os quais são representados pelo estoque de capital físico (público e privado) e o estoque de capital humano;  $\beta$  é o vetor de coeficientes que serão calculados;  $n_i$  são os componentes específicos de cada estado e  $u_{it}$  vetor de erros.

A equação de diferenças que forma o modelo é descrita da seguinte maneira:

$$y_{it} - y_{it-1} = (x_{it} - x_{it-1})\beta + (y_{it-1} - y_{it-2})\alpha + (u_{it} - u_{it-1}) \quad (10)$$

<sup>3</sup> Para demonstração do modelo completo ver:

Arellano e Bonde (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) propuseram uma forma de resolver o problema da qualidade dos instrumentos através da utilização de *lags* da variável dependente, como instrumento da equação (9), e os *lags* das variáveis em diferenças para a equação (10).

#### 4. Resultados e Discussões

Com base no modelo dinâmico, as Tabelas, a seguir, apresentam os resultados estimados dos modelos apresentados. Reiterando que as estimativas do crescimento econômico de longo prazo do Brasil são realizadas com base de dados estaduais, a fim de considerar a heterogeneidade dos estados brasileiros. Em todas as estimativas, três modelos são apresentados.

O modelo 1 aponta os resultados da estimativa sem nenhum controle, ou seja, não estão sendo consideradas as *dummies* de tempo, nem de região. Já no modelo 2 foi utilizada *dummy* para o controle de tempo e, por fim, o modelo 3 é considerado o modelo completo, pois controla as variáveis para o tempo e região. Essas etapas são importantes, pois visam a compreender se esses controles captam diferenças entre os modelos e em caso afirmativo quais controles têm maior relevância sobre os resultados estimados. Ressalta-se, que a *dummy* de região está agregada pelas cinco regiões do país – Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro Oeste –, sendo que a região Sul é tomada como referência. Todos os modelos apresentados foram corrigidos para a heterocedasticidade.

A Tabela 1 apresenta o modelo dinâmico, considerando como variável dependente a taxa de crescimento do PIB *per capita*<sup>4</sup> e como variáveis explicativas a defasagem (*lag*) da taxa de crescimento do PIB *per capita*, a escolaridade média das pessoas com mais de 25 anos e a taxa de crescimento do capital privado por trabalhador.

Note, no Modelo 1, que a defasagem (*lag*) da taxa de crescimento do PIB *per capita* teve impacto significativo e negativo sobre a taxa de crescimento do PIB atual. A variável que representa o capital humano não obteve significância estatística e a taxa de crescimento do capital privado, por trabalhador, foi de 18,4%, sendo também significativa. Ao controlar as variáveis pelo tempo, no Modelo 2, este impacto cai para 13,6 %, mas continua sendo significativo. Já no Modelo 3, no modelo controlado para tempo e região, o impacto é de 13,2%. As demais variáveis não apresentaram significância estatística. O teste Sargan, que examina a validade das restrições, mostrou que elas são válidas e o teste que examina o processo autorregressivo de ordens 1 e 2 também se mostrou válido.

O que se pode inferir desse modelo é que a taxa de crescimento do estoque de capital privado é importante para explicar a taxa de crescimento de longo prazo do PIB *per capita* do Brasil. Note também a importância dos controles, pois, ao utilizá-los, o valor do parâmetro sofre grande alteração. Essa modificação pode ser justificada pelo fato de o Brasil ser um país com grande extensão territorial e com diferentes níveis de renda *per capita* entre os estados, essa heterogeneidade, ao ser considerado, através da utilização das *dummies*, pode corrigir efeitos que

---

<sup>4</sup> O modelo também foi estimado com o PIB por trabalhador e PIB da PEA, os quais foram calculados com base nas PNADS de cada ano. Entretanto, os resultados não tiveram grandes alterações, por isso optamos por manter a variável PIB *per capita* por ser mais fácil a reaplicação do modelo, já que ela é publicada por diversos órgãos oficiais. No presente caso, coletamos do IPEA.

antes estavam superestimados. Os resultados corroboram com as estimativas de Solow (1956), Garafolo e Yamarik (2002), Mankiw et al. (1992), ao demonstrar a importância desses estoques na explicação do crescimento.

Tabela 1: Estimativa do Modelo Dinâmico com estoque de capital físico privado

VARIÁVEIS	gpiб_pc	gpiб_pc	gpiб_pc
L. Taxa de crescimento do pib per capita	-0.252** (0.110)	-0.180 (0.121)	-0.189 (0.123)
Escolaridade média das pessoas com mais de 25 anos (em nível)	0.00112 (0.00726)	0.00572 (0.00750)	-0.0150 (0.0154)
Taxa de crescimento do capital físico privado por trabalhador	0.184*** (0.0487)	0.136*** (0.0459)	0.132*** (0.0440)
Constante	0.0163 (0.0445)	0.00675 (0.0488)	0.125 (0.347)
Dummy de tempo	NÃO	SIM	SIM
Dummy de região	NÃO	NÃO	SIM
Observações	270	270	270
Número de Ordem	27	27	27
AR(1)	-3.6372 (0.0003)	-3.5831 (0.0003)	-3.6048 (0.0003)
Prob > z			
AR(2)	0.79319 (0.4277)	0.49811 (0.6184)	0.43659 (0.6624)
Prob > z			17.3443
Teste Sargan	24.96521 (0.9996)	15.61178 (1.0000)	8 (1.0000)

OBS: N= n\*T número de observações; AR(1) e AR(2) são os resultados dos testes do processo autorregressivo de ordens 1 e 2, respectivamente. O teste Sargan examina a validade das restrições. Erro padrão em parênteses, sendo: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1



Na Tabela 2, é apresentado o mesmo modelo anterior, porém, com a diferença de que a variável estoque de capital, que está sendo considerada, é o estoque de capital público por trabalhador.<sup>5</sup>

Da mesma forma que no caso anterior, os testes que examinam a validade das restrições, bem como os testes que medem o processo autorregressivo de ordens 1 e 2, foram válidos. As principais considerações a serem feitas nessas estimativas é que os *lags* da taxa de crescimento do PIB *per capita* obtiveram os mesmos sinais e significância mostrados anteriormente, ou seja, foram negativos e significativos no caso 1 e não significativos nos demais. A taxa de crescimento do capital público por trabalhador foi significativa apenas no Modelo 1, quando não controlado nem por tempo nem região, sugerindo que, ao controlar por região e tempo, os investimentos em capital físico público não estão gerando efeitos consideráveis sobre o crescimento econômico. Por fim, um parâmetro que apresentou significância estatística e sinal contrário ao esperado foi a escolaridade média das pessoas com mais de 25 anos de idade. Apesar do baixo valor, o resultado pode ser considerado controverso e deve ser visto com cautela, por isso demais formas de considerar o capital humano são apresentadas a seguir, a fim de comparar os resultados.

Tabela 2: Estimativa do Modelo Dinâmico com estoque de capital físico público

VARIÁVEIS	gpiб_pc	gpiб_pc	gpiб_pc
L. Taxa de crescimento do PIB per capita	-0.237** (0.108)	-0.161 (0.120)	-0.169 (0.121)
Escolaridade media das pessoas com mais de 25 anos	-0.00598 (0.00997)	0.000753 (0.00981)	-0.0269* (0.0162)
Taxa de crescimento do capital físico público por trabalhador	0.0777* (0.0421)	0.0509 (0.0369)	0.0480 (0.0353)
Constante	0.0603 (0.0615)	0.0489 (0.0634)	0.208 (0.361)
Dummy de tempo	NÃO	SIM	SIM
Dummy de região	NÃO	NÃO	SIM
Observações	270	270	270
Número de Ordem	27	27	27
AR(1)	-3.4611 (0.0005)	-3.5287 (0.0004)	-3.4909 (0.0005)
AR(2)	1.0376 (0.2994)	0.84921 (0.3958)	0.80789 (0.4192)

<sup>5</sup> Como destacado na metodologia, tanto o estoque de capital público como o privado estão sendo calculados como proporção do PIB. Dessa forma, ao considerá-los juntos, o modelo cai no problema de multicolinearidade e, por isso, as estimativas foram calculadas separadamente.

Teste Sargan	26.28589	15.66794	10.67862
Prob > chi2	(0.9992)	(1.00)	(1.00)

OBS: N= n\*T número de observações; AR(1) e AR(2) são os resultados dos testes do processo autorregressivo de ordens 1 e 2, respectivamente. O teste Sargan examina a validade das restrições. Erro padrão em parênteses, sendo: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Conforme constatado nesta primeira abordagem, o estoque de capital físico privado tem sido significativo na explicação do crescimento do PIB *per capita* dos trabalhadores. No entanto, as estimativas de capital humano não estão impactando de forma significativa o crescimento econômico brasileiro. Um questionamento que pode ser feito no trabalho é se a variável escolaridade média tem sido capaz de representar o estoque de capital humano dos estados. Apesar de diversos trabalhos utilizarem essa variável, os resultados dela sobre o crescimento econômico geralmente são controversos, por exemplo, os trabalhos de Kyriacou (1991), Benhabib e Spiegel (1994) e Klenow e Rodriguez-Clare (1997), não encontram uma relação significativa entre capital humano e crescimento econômico, enquanto que, nos trabalhos de Murthy e Chien (1997), Mankiw et al. (1992), Cangussu et al. (2010), Dias e Tebaldi (2012), essa relação está bem explicitada.

A fim de dar maior sustentação a essa análise, a seguir são apresentadas duas novas estimativas de capital humano. Na primeira, foi construída uma equação de salário Minceriana para o Brasil, com base na PNAD de 2008. Três parâmetros foram estimados em nível de Brasil, a saber, escolaridade, experiência e experiência ao quadrado, e os mesmos foram utilizados para calcular o estoque de capital humano de cada um dos estados. Na sequência, utilizando a metodologia de Painéis Dinâmicos, considerou-se a taxa de crescimento do capital humano como variável explicativa na taxa de crescimento do PIB *per capita*.

A seguir, foi construído uma equação de Mincer para cada um dos estados brasileiros, também com base na PNAD (2008), e os parâmetros de escolaridade, experiência e experiência ao quadrado novamente foram usados para construir o estoque de capital humano de cada estado e o seu impacto sobre o crescimento econômico, como descrito anteriormente. É importante ressaltar que, nesse caso, cada estado teve os seus próprios parâmetros, enquanto que, no anterior, o parâmetro utilizado era o mesmo para todos os estados, não captando, assim, a heterogeneidade do país. Note a hipótese de que os parâmetros são fixos, ou seja, não mudam a cada ano, por isso, nos dois casos, é considerado apenas o ano de 2008.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados que consideram parâmetros únicos para todos os estados. Na Tabela 3, os resultados são também para o estoque de capital privado, enquanto, na Tabela 4, os estoques de capital físico público são considerados. Em todos eles, três modelos são apresentados, quais sejam: sem controle, com controle de tempo e com controle de tempo e região.

Conforme a Tabela 3, o lag da taxa de crescimento do PIB *per capita* não foi significativo em nenhum dos três modelos. O mesmo ocorreu com a taxa de

crescimento do capital humano. Já o estoque de capital físico privado teve impacto de 12,6% sobre o crescimento do PIB *per capita*. Observe, ainda, que, ao controlar por tempo e região, o impacto é menor do que em modelos sem nenhum controle. Ao comparar com o modelo anterior, em que a escolaridade média é a variável representativa de capital humano, note que o impacto do estoque de capital físico sobre o crescimento é menor nesse novo modelo. Os testes de validade das restrições, bem como os testes do processo auto regressivo foram todos válidos. De maneira geral, o resultado dessa análise corrobora com os encontrados no caso anterior e, com isso, reforçam os resultados já alcançados por diversos autores, os quais defendem a importância do estoque de capital físico para a explicação do crescimento, porém, como já demonstrado anteriormente, o capital humano não tem sido influente nessas aplicações empíricas.

Tabela 3: Estimativa do Modelo Dinâmico com estoque de capital físico privado

VARIÁVEIS	gpib_pc	gpib_pc	gpib_pc
L. Taxa de crescimento do pib per capita	-0.136 (0.0987)	-0.0980 (0.0977)	-0.106 (0.101)
Taxa de crescimento do capital humano (gh)	-0.0534 (0.178)	0.102 (0.203)	0.109 (0.196)
Taxa de crescimento do capital privado por trabalhador	0.142*** (0.0322)	0.126*** (0.0297)	0.127*** (0.0302)
Constante	0.0367** (0.00467)	0.0375** (0.00765)	0.0813 (0.241)
Dummy de tempo	NÃO	SIM	SIM
Dummy de região	NÃO	NÃO	SIM
Observações	189	189	189
Número de Ordem	27	27	27
AR(1)	-2.8226 (0.0048)	-3.2002 (0.0014)	-3.0931 (0.0020)
Prob > z			
AR(2)	1.3168 (0.1879)	1.3234 (0.1857)	1.2886 (0.1975)
Prob > z			
Teste Sargan	5.21657 (0.5067)	20.55347 (0.7646)	15.4061 (0.884)
Prob > chi2			

OBS: N= n\*T número de observações; AR(1) e AR(2) são os resultados dos testes do processo autorregressivo de ordens 1 e 2, respectivamente. O teste Sargan examina a validade das restrições. Erro padrão em parênteses, sendo: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1..

Na Tabela 4, é apresentada essa mesma versão, mas considerando o estoque de capital público como uma das variáveis explicativas. Novamente, verifique que o *lag* da taxa de crescimento do PIB *per capita*, bem como a taxa de crescimento do capital humano, não foram significativos nos modelos, ou seja, não estão impactando o crescimento econômico de longo prazo.

Uma mudança importante que passa a ocorrer nessa estimativa é o papel desempenhado pelo capital público. Ao compará-lo com o capital privado, observe que seu impacto é menor sobre o crescimento econômico, no entanto, é estatisticamente significativo nos três modelos apresentados. Novamente, ao realizar controle de tempo e região, seu impacto é menor do que é observado na estimativa sem nenhum controle. Os testes de validação do modelo são todos válidos. Com esse resultado, pode-se concluir que o capital público exerce influência sobre o crescimento econômico e, por isso, torna-se um possível instrumento de política pública para a promoção do crescimento.

A última abordagem para as estimativas desse trabalho será a nova concepção do capital humano. Abordagem esta que considerou os parâmetros específicos de cada estado. A justificativa para esse procedimento é que, no caso anterior, um único parâmetro foi utilizado para representar todos os estados brasileiros, entretanto, é muito provável que esse parâmetro de retorno seja diferente, no Brasil, devido às condições diferenciadas de cada estado. Com isso, ao considerar que os parâmetros são específicos, mesmo que o ano seja fixo (nesse caso, 2008), o resultado das estimativas de capital humano foi mais contundente.

Tabela 4: Estimativa do Modelo Dinâmico com estoque de capital público

VARIÁVEIS	gpib_pc	gpib_pc	gpib_pc
L. Taxa de crescimento do pib per capita	-0.125 (0.0968)	-0.0863 (0.0948)	-0.0908 (0.0961)
Taxa de crescimento do capital humano (gh)	-0.100 (0.189)	0.0519 (0.214)	0.0586 (0.207)
Taxa de crescimento do capital físico público por trabalhador	0.0929*** (0.0276)	0.0792*** (0.0235)	0.0792*** (0.0235)
Constante	0.0388*** (0.00493)	0.0389*** (0.00784)	0.112 (0.257)
Dummy de tempo	NÃO	SIM	SIM
Dummy de região	NÃO	NÃO	SIM
Observações	189	189	189
Número de Ordem	27	27	27
AR(1)	-2.7305 (0.0063)	-3.0791 (0.0021)	-2.9921 (0.0028)
AR(2)	1.1725 (0.2410)	1.0593 (0.2895)	1.0375 (0.2995)
Teste Sargan	24.73993	21.04832	15.71304
Prob > chi2	(0.5337)	(0.7395)	(0.8299)

OBS: N= n\*T número de observações; AR(1) e AR(2) são os resultados dos testes do processo autorregressivo de ordens 1 e 2, respectivamente. O teste Sargan examina a validade das restrições. Erro padrão em parênteses, sendo: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Na Tabela 5, é possível notar que a consideração dos parâmetros específicos foi importante para alterar os resultados das estimativas dos modelos, o capital humano que nas outras duas abordagens não foi significativo passa a ser e, com isso, sua importância na explicação do crescimento econômico passa a ser ressaltada. De forma geral, entende-se que estados com maiores taxas de crescimento do capital humano serão mais beneficiados pelo crescimento econômico, a lógica dessa análise está no fato de que, assim como preconizado por Schultz (1961) e reiterado por Mincer (1958, 1974), maior capital humano é resultado de uma ação deliberada dos indivíduos em obter qualificação e isso implica em maior produtividade e melhores salários, o que eleva o produto da economia.

Ainda no contexto da Tabela 5, é possível observar o impacto do capital físico sobre o produto da economia, ou seja, enquanto o capital humano responde por, aproximadamente, 26% da taxa de crescimento do PIB *per capita*, o capital físico responde por aproximadamente 13%. Novamente, os testes de validade dos modelos foram válidos. Essa análise é consistente com os resultados de Mankiw et al. (1992), que defendem que o capital humano tem mais poder de explicação do crescimento econômico do que o capital físico.

Tabela 5: Estimativa do Modelo Dinâmico com estoque de capital físico privado

VARIÁVEIS	gpib_pc	gpib_pc	gpib_pc
L. Taxa de crescimento do pib per capita	-0.143 (0.0962)	-0.100 (0.0956)	-0.107 (0.0992)
Taxa de crescimento do capital humano (ghe)	0.111 (0.125)	0.262** (0.113)	0.255** (0.114)
Taxa de crescimento do capital físico privado por trabalhador	0.144*** (0.0298)	0.127*** (0.0271)	0.128*** (0.0275)
Constante	0.0345*** (0.00509)	0.0351*** (0.00750)	0.0686 (0.219)
Dummy de tempo	NÃO	SIM	SIM
Dummy de região	NÃO	NÃO	SIM
Observações	189	189	189
Número de Ordem	27	27	27
AR(1)	-2.8886 (0.0039)	-3.2528 (0.0011)	-3.1447 (0.0017)
AR(2)	1.2576 (0.2085)	1.0303 (0.3029)	1.0078 (0.3136)
Teste Sargan	25.33613	20.90935	15.44061

Prob > chi2 (0.5000) (0.7466) (0.8426)  
 OBS: N= n\*T número de observações; AR(1) e AR(2) são os resultados dos testes do processo autorregressivo de ordens 1 e 2, respectivamente. O teste Sargan examina a validade das restrições. Erro padrão em parênteses, sendo: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Por fim, na Tabela 6, observa-se o impacto do estoque de capital físico público e do capital humano dos estados. Constate que o estoque de capital humano tem impacto significativo nos modelos I e II, isto é, nos modelos em que se aplica o controle de tempo e no modelo em que se aplica o controle de tempo e região.

Assim como defendido por inúmeros estudos econômicos, o capital humano tem impacto significativo e positivo sobre o crescimento econômico. Note que, ao considerar uma forma distinta de capital humano, os resultados do estoque de capital físico público se alteram e passam a ser relevantes para explicar o crescimento econômico. Seu impacto é menor do que os encontrados na esfera privada, porém, é significativo, o que já era esperado.

Comparando esses resultados com os obtidos em outros trabalhos, destaque as estimativas em que a escolaridade média foi usada como *proxy* para o capital humano, os resultados corroboraram com os de Benhabib e Spiegel (1994), Kyriacou (1991) e Pritchett (2000). Já os resultados mostrados com a nova medida de capital humano corroboraram com os trabalhos de Mankiw et al. (1992), Barro (1999), Lau et al. (1991) e outros.

Tabela 6: Estimativa do Modelo Dinâmico com estoque de capital físico público

VARIÁVEIS	gpiб_pc	gpiб_pc	gpiб_pc
L. Taxa de crescimento do pib per capita	-0.133 (0.0941)	-0.0897 (0.0925)	-0.0938 (0.0941)
Taxa de crescimento do capital humano (ghe)	0.0786 (0.121)	0.229** (0.105)	0.221** (0.108)
Taxa de crescimento do capital físico público por trabalhador	0.0955*** (0.0267)	0.0814*** (0.0220)	0.0813*** (0.0218)
Constante	0.0363*** (0.00529)	0.0361*** (0.00769)	0.102 (0.241)
Dummy de tempo	NÃO	SIM	SIM
Dummy de região	NÃO	NÃO	SIM
Observações	189	189	189
Número de Ordem	27	27	27
AR(1)	-2.7693 (0.0056)	-3.1224 (0.0018)	-3.0358 (0.0024)
AR(2)	1.1324 (0.2575)	0.83089 (0.4060)	0.82121 (0.4115)
Teste Sargan	25.35965	21.41967	18.29976

Prob > chi2 (0.4987) (0.7200) (0.6881)

OBS: N= n\*T número de observações; AR(1) e AR(2) são os resultados dos testes do processo autorregressivo de ordens 1 e 2, respectivamente. O teste Sargan examina a validade das restrições. Erro padrão em parênteses, sendo: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

## 5. Considerações Finais

Este artigo analisou os efeitos do estoque de capital físico e humano sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros. O método utilizado para calcular esses estoques foi baseado em Garafolo e Yamarik (2002) e Mincer (1974), sendo que os estoques de capital físico e privado foram realizados através da decomposição dos dados já existentes em nível de Brasil. Considerou-se importante essa desagregação porque tornou possível obter medidas mais apropriadas sobre o quanto cada estado representa, em termos de capital físico, no país.

No artigo, foram também apresentadas três formas distintas de medir capital humano. Da mesma maneira que no capital físico, essas medidas foram utilizadas como variáveis explicativas no processo de estimativo do crescimento econômico. A metodologia aplicada foi a de Painéis de Dados dinâmicos, com correção para heterocedasticidade. Os resultados mostraram que a taxa de crescimento dos estoques de capital físico público e privado foram importantes para explicar a taxa de crescimento do produto por trabalhador (PIB *per capita*). Mostrou, ainda, que a taxa de crescimento do capital privado tem mais peso sobre o crescimento econômico do que a pública.

Quanto ao capital humano, o trabalho mostrou que a escolaridade média não tem impacto significativo sobre o crescimento econômico. Já a medida de capital humano, que utilizou parâmetro específico para cada estado, apresentou-se positivo, altamente significativa, com impacto maior que o capital físico.

Como conclusão do trabalho é importante destacar a nova medida de capital físico, principalmente a subdivisão por estados e entre capital público e privado, medida essa que ainda não havia para o Brasil. Evidencia-se, também, a importância das especificações das medidas de capital humano, mostrando que os resultados podem diferir conforme cada uma delas é utilizada. Constatou-se ainda que as esferas pública e privada são importantes na dinâmica de crescimento de longo prazo, ou seja, investimentos realizados no para dar mais suporte ao crescimento desses estoques de capital são significativos no processo de crescimento de longo prazo, no Brasil.

Em termos de capital humano, os resultados obtidos da utilização da equação de rendimentos mostraram que a elevação dos parâmetros de rendimentos, associada ao aumento da escolaridade, teve impacto altamente positivo e significativo sobre o crescimento, sugerindo, assim, a importância de se investir em educação, a fim de obter melhoria nesse processo.

Como fator limitador do trabalho, destaca-se a necessidade de atualização da base de dados de estoque de capital físico, haja visto que ela está disponível até o ano de 2008. Como essa atualização tornaria possível a realização de novas

estimativas estaduais e com isso a averiguação da continuidade dessa relação capital físico e crescimento econômico ao longo do tempo.

### **Referências Bibliográficas**

ARELLANO, M.; BOND, S. R. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. **Review of Economic Studies**, n.58, p. 277-297.

ARELLANO, M.; BOVER, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models. **Journal of Econometrics**, n. 68, p. 29-51.

BARRO, R.; LEE, J. W. (1993). International Comparisons of Educational Attainment. **Journal of Monetary Economics**, n. 32, p. 363-394.

BARRO, R.; LEE, J. W. (1996) International Measures of Schooling years and Schooling Quality. **America Economic Review Papers and Proceedings**, n. 80, p. 218-223.

BARRO, R. (1997) Myopia and Inconsistency in the Neoclassical Growth Model. **NBER Working Papers**, n. 6317.

BECKER, J. (1962). Investment in human capital: A theoretical analysis. **The Journal of Political Economy**, v. 70, n. 5, p. 9 – 49.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. (1994). The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data. **Journal of Monetary Economics**, n. 34 p. 143-174.

BILS, M.; KLENOW, P. J. (2000). Does Schooling Cause Growth? **The American Economic Review**, n. 90, p. 1160-1183.

DIAS, J.; DIAS, M. H.; MCDEMORT, J.; TEBALDI, E. Long Run Economic Growth: The secondary and higher education thresholds effect, 2012.

DIAS, J.; TEBALDI, E. (2012). Institutions, human capital, and growth: The institutional mechanism. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 23, p. 300-312.

FEU, A. (2003). Produtividade do Capital no Brasil de 1950 a 2002. 2003. 151 f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de Brasília, Brasília.

FRIEDMAN, M. (1955). The role of government in public education. **Economics and the Public Interest**, ed. RA Solo. University of Rutgers Press. New Brunswick.

GAROFALO, G.; YAMARIK, S. (2002). Regional Convergence: Evidence From A New State-By-State Capital Stock Series, **The Review of Economics and Statistics**, 84, 316-323.

HECKMAN, J. (1979). Sample selection bias as a specification error. **Econometrica**, n. 47, p. 153-161.

HALL, R. E.; JONES, C. I. (1999). Why Some Countries Produce so Much More Output per Worker than Others? **The Quarterly Journal of Economics**, n. 114, p. 83-117.



IPEA - Instituto de Pesquisas Economicas and Aplicadas. (2013). **Indicadores IPEA** (2013). Disponível em: <<http://www.IPEAdata.gov.br.htm>>. Acesso em: 17 set.

KLENOW, P. J.; RODRIGUEZ-CLARE, A. (1997) **NBER Macroeconomics Annual**. Cambridge: MIT Press.

LAU, L. J.; JAMISON, D. T.; LOUAT F. F. (1991). Education and Productivity in Developing Countries: An Aggregate Production Function Approach, Working Paper, n. 612, World Bank.

LUCAS, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. **Journal of Monetary Economics**, n. 22, p. 3-42.

MANKIW, G.; ROMER, D.; WEIL, D. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. **Quarterly Journal of Economics**, 107: 407-437.

MINCER, J. (1958). Investment in human capital and personal income distribution. **Journal of Political Economy**, 66:281.

MINCER, J. B. Schooling, experience and earnings. New York: NBER, 152p, 1974.

MORANDI, L.; REIS, E. J. Estoque de capital fixo no Brasil, 1950-2002. (2004) In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 32., 2004. João Pessoa. *Anais...* XXXII Encontro Nacional de Economia, 2004, 20 p.

OECD Science, Technology and Industrial Outlook. (1998). **Organization for Economic Co-operation and Development**.

RIVERA-BATIZ, L.; ROMER, P. (1991). Economic Integration and Endogenous Growth. **The Quarterly Journal of Economics**. MIT Press, v. 106, p. 531 – 551.

ROMER, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. **Journal of Political Economy**, 94, 1002-1037.

ROMER, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. **Journal of Political Economy**, 98: S71-102.

SCHULTZ, T. W. (1961). Investment in human capital. **American Economic Review**, 51(1):1–17.

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

TURNER, C.; TAMURA, R.; MULHOLLAND, S.; BAIER, S. (2007) Education and Income of the States of the United States: 1840 - 2000. **Journal of Economic Growth**, n. 12, p. 101-158.

TURNER, C.; TAMURA, R.; MULHOLLAND, S. (2008). Productivity Differences: The Importance of Intra-State Black - White Schooling Differences Across the United States, 1840 – 2000. **Unpublished Clemson University Working**, 2008.