

# EFEITOS DO CAPITAL HUMANO E CAPITAL FÍSICO NO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE PARA MODELOS MRW E MINCE

## EFFECTS OF HUMAN CAPITAL AND PHYSICAL CAPITAL ON ECONOMIC GROWTH: AN ANALYSIS FOR MRW AND MINCER MODELS

### **Jéssica de Souza Martins**

Graduada em Economia - Universidade Católica de Brasília - UCB  
E-mail: jessica.desouzams@gmail.com

### **Carlos Enrique Carrasco Gutierrez**

Doutor e Economia – Fundação Getulio Vargas EPGE/FGV-RJ  
Professor do Mestrado/Doutorado em Economia – PPGE/UCB  
E-mail: carlosenrique@ucb.br

### **Ângelo do Nascimento Nogueira**

Doutor em Economia - Universidade Católica de Brasília - UCB  
E-mail: angelonnog@uol.com.br

*Recebido em 20/05/2020  
Aprovado em 03/09/2020*

### **Resumo**

O capital físico e o capital humano são consideradas os principais fatores para a contribuição do crescimento do PIB das economias. O objetivo deste trabalho aplica-se em uma análise empírica comparativa utilizando o modelo proposto por Mankiw-Romer-Weil (1992) e por Mincer (1974), na qual desejamos analisar se os fatores de capital humano e físico afetam o PIB *per capita* segundo estas formas funcionais anteriormente definidas. Utilizamos modelos para dados em painel com efeitos fixos e efeitos aleatórios e uma base de dados para os Estados Brasileiros no período de 1994-2016. Concluímos que o capital físico e o capital humano têm efeitos estatisticamente significativos na taxa de crescimento do PIB. O aumento de 1% na educação ocasiona um crescimento de 0,586% no modelo MRW e de 0,046% no modelo minceriano. Contudo, os resultados apontaram que o efeito do capital físico sobre a variação do nível de renda foi superior ao do capital humano.

**Palavras-chaves:** MRW, Mincer, capital humano, nível de renda, Estados Brasileiros.

## Abstract

Physical capital and human capital are considered the main factors contributing to the GDP growth of economies. The objective of this work is applied in a comparative empirical analysis using the model proposed by Mankiw-Romer-Weil (1992) and by Mincer (1974), in which we want to analyze whether the factors of human and physical capital affect the GDP per capita these defined shapes defined. We use models for panel data with fixed and random effects and a database for the Brazilian States in the period 1994-2016. We conclude that physical capital and human capital have statistically considered effects on the GDP growth rate. The 1% increase in education leads to a growth of 0.586% in the MRW model and 0.046% in the Mincerian model. However, the results pointed out that the effect of physical capital on the variation in the level of income was higher than human capital.

**Keywords:** MRW, Mincer, human capital, income level, Brazilian States.

## 1. Introdução

O capital humano e o capital físico são apontadas como os fatores mais importantes na determinação do crescimento econômico de um país. Schultz (1962) inicia a discursão sobre o papel relevante do capital humano no crescimento econômico das relações macroeconomias, estabelecendo que a educação é considerada um investimento que desempenha um papel considerável na economia, embora não apresente um valor tangível, mas agrega valor econômico.

O capital humano possui influência direta sobre as habilidades do trabalhador e, conseqüentemente, sobre a produtividade marginal do trabalho (Cass, 1965; Nelson e Phelps, 1966; Lucas, 1988; Becker et al, 1990, Romer, 1990; Barro, 1991, Kyriacou, 1991). Além, disso, determina a renda, por via indireta, afetando a quantidade, a qualidade e o aperfeiçoamento da tecnologia disponível para ser utilizada no processo de produção. Além do capital humano nota-se também a importância do capital físico no desenvolvimento de um país.

A expansão do capital físico nos revela em análises empíricas um fator determinante para impulsionar o crescimento do nível de capital humano (Vieira e Verissimo, 2009). Estimulando a aplicação das habilidades do trabalhador de maneira mais eficiente possibilitando aumento de produtividade para os fatores. Encontram-se evidências de que o capital físico seja mais significativo que o capital humano para a explicação do crescimento econômico. (Oliveira Junior et al, 2007).

O estudo do crescimento econômico fundamenta-se no trabalho seminal de Solow (1956) o qual serviu como marco teórico que deu origem a outros modelos, merecendo destaque o estudo de Mankiw, Romer e Weil (1992). Esses autores abordaram a teoria do crescimento econômico incorporando a variável capital humano, sob a premissa de que diferenciais de renda entre países poderiam ser também explicados pelo nível de educação da população em cada um deles. Essa ampliação do modelo de Solow incorporou o capital físico e humano como determinantes básicos do crescimento, e contribuiu significativamente para o entendimento sobre as diferenças de renda *per capita* entre economias diversas.

O objetivo deste trabalho é trazer evidências dos efeitos dos fatores do capital humano e capital físico no PIB *per capita* do Brasil. Não há consenso qual forma funcional que melhor relaciona os fatores a variável PIB, assim estimamos e testamos as duas formas funcionais da função de produção agregada; modelos MRW e Mincer. Para tal, usamos uma base de dados em painel, no período 1994-2016. Usamos no estudo a transformação box-cox como ponto de partida para a especificação da melhor forma funcional e os modelos clássicos de efeito fixo e efeito aleatório.

Os resultados deste trabalho mostram que, nos dois modelos, o capital físico e o capital humano têm influência positiva sobre o nível de produto *per capita* e o modelo de efeito fixo é mais apropriado do que os modelos com efeito aleatório. O retorno marginal estimado da educação foi de 0,586% no modelo MRW e de 0,045% no modelo minceriano. Contudo, os resultados apontaram que o impacto do capital físico sobre a variação do nível de renda foi maior do que o capital humano, contrariando os principais estudos nessa área.

Este trabalho além desta introdução é dividido em 4 seções. A seção 2 apresenta o referencial teórico a fim de destacar evidências empíricas das relações da importância do capital humano. A Seção 3 apresenta a metodologia que compreende apresentar os modelos funcionais, MRW e minceriano. A seção 4 apresenta os dados e resultados das estimações e finalmente a seção 5 as conclusões do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo do crescimento econômico foi impulsionado pelo modelo de Solow, desenvolvido por Robert Solow em seu artigo “*A Contribution to the Theory of Economic Growth*” em 1956 que conquistou o Prêmio Nobel de Economia. Este modelo foi apresentado para observação do crescimento econômico onde o produto *per capita* é a razão crescente entre capital e trabalho, sendo a força de trabalho exógena.

Posteriormente, o modelo de Solow foi aperfeiçoado com os estudos de Mankiw, Romer e Weil (1992) – conhecido como MRW. Os autores adicionaram a variável capital humano ao modelo de crescimento econômico para explicar que os diferentes níveis de renda podem variar de acordo o nível de educação da população, após esta ampliação, ao incluir o capital humano no modelo observaram que ele obteve um resultado significativo para compreender as diferenças de renda *per capita* em diferentes países. A diferença básica entre esses dois modelos é a maneira pela qual capital humano é afetada na função de produção. No modelo Minceriano, o capital humano introduz na função de produção em nível enquanto no modelo MRW entra em logaritmo. O capital humano, expresso em termos de logaritmo, representa uma elasticidade fixa do capital humano na produção dos estados. Em nível, a elasticidade do capital humano na produção mudará entre os estados e através do tempo.

Estudos buscaram demonstrar a importância no capital humano para o desenvolvimento dos países. Iniciamos com Nakabashi e Figueredo (2005), que objetivaram a incorporação de uma *proxy* com aspectos qualitativos ao capital humano com a finalidade de resolver a problemática de que muitos estudos teóricos não encontram uma relação positiva significativa entre crescimento da renda e nível de capital humano. Utilizando o IDH como *proxy* para mensurar o nível de desenvolvimento dos países, considerando que países mais desenvolvidos possuem melhor infraestrutura educacional. E obtiveram a conclusão de que com a utilização de novas *proxies* que considere o fator de qualidade trouxe melhores resultados para o modelo MRW.

Falcão e Neto (2009) trouxeram como proposta mensurar as externalidades positivas advindas da concentração de capital humano nos municípios brasileiros, sabendo que a população com menos qualificação beneficiem-se com a maior concentração de capital humano em seu meio de trabalho. Para comparar os salários obtidos por indivíduos semelhantes, mas que trabalhassem em diferentes cidades agrupou-se os trabalhadores em quatro diferentes níveis

de escolaridade: 1º grau incompleto com até 7 anos de estudo, 2º grau incompleto com 8 a 10 anos de estudo, superior incompleto entre 11 e 14 anos de estudo e superior completo com 15 anos de estudo ou mais. As conclusões foram de que em um ambiente econômico de mobilidade imperfeita dos trabalhadores, o resultado encontrado favorece a ampliação das desigualdades no Brasil, ou seja, os indivíduos com menor grau de escolaridade são menos afortunados que aqueles mais educados e, além disto, de acordo com as estimativas encontradas, eles seriam os menos beneficiados pela existência de externalidades positivas à concentração de capital humano local, o que favorece a elevação da desigualdade pessoal da renda.

Cangussu, Salvato e Nakabashi (2010) desenvolveram em seu trabalho na comparação entre o modelo de Solow e modelo de Mincer para os Estados Brasileiros no período de 1980-2002. A principal diferença entre os modelos é que o modelo MRW o capital humano é expresso em nível e o modelo de Mincer é introduzido na função em forma exponencial. Foram realizados testes para identificar problemas como: multicolinearidade, heterocedasticidade e autocorrelação. Além dos testes, métodos de estimação: *pooled regression*, dados em painel e outros. O resultado sustenta a hipótese de que o modelo de Mincer é mais adequado em relação ao modelo MRW para explicar a diferença do Capital humano na renda. E destaca a importância do capital humano no PIB *per capita*.

Filho e Pessoa (2010) exibiram um trabalho que se trata de uma literatura sobre o efeito da educação na economia e suas varias vertentes. Com a motivação de estudar o investimento em educação como uma decisão econômica constituía tentativa de melhor compreender as causas da desigualdade de renda. O trabalho aborda as diferentes motivações que estimularam o estudo da economia da educação: retornos macroeconômicos, retornos sociais, crescimento econômico. As conclusões do autor é que o retorno privado da educação é extremamente elevado, o que estimula o investimento individual em educação e que a taxa de retorno privada e a social apresenta evidência que indica que a taxa de retorno social é maior do que a taxa privada. Estes resultados iniciais apontam que educação não é apenas o governo prover escolas, mas fazer que os alunos adquiram domínio de um conhecimento e de um conjunto de técnicas. Ou seja, reforça a educação como um conjunto de habilidades que o aluno adquire ao frequentar a escola.

Gama (2014) apresentou que o Brasil cresceu substancialmente a respeito do ensino na etapa fundamental, entretanto o crescimento sofre com vários problemas, como: estimativas

internacionais mostram que a força de trabalho no Brasil não se tornou mais produtiva nos últimos 30 anos, contando com o grande percentual de repetência, abandono da vida escolar e que os alunos não estão cursando as fases do ensino na idade apropriada. O autor explorou a relação entre a qualidade da educação e o crescimento econômico no Brasil. Com base nas medidas de qualidade da educação, representadas por provas de proficiência extraídas do Sistema Nacional de Avaliação da educação Básica (Saeb). Aplicando a metodologia econométrica de dados em painel, combinando séries temporais e *cross-section*, obtiveram os resultados que a quantidade de capital humano contribuiu em maior proporção para o crescimento do produto por trabalhador do que a qualidade da força de trabalho.

Irffi *et al.* (2016) retratou que o comércio internacional poder provocar uma deterioração em seus termos de troca, a ponto de afetar, negativamente, o crescimento, já que com baixos níveis de *learning by doing*, faz com que não consigam incorporar as inovações, a ponto de não atuarem em mercados de bens ou serviços com alto valor agregado. Evidências sugerem que o comércio gera efeitos assimétricos em países, dependendo de seu estágio de desenvolvimento. No Brasil, encontram evidências de que apenas as Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil se beneficiaram da abertura comercial, enquanto, na Nordeste, observaram-se efeitos negativos da abertura comercial sobre o nível de renda. Este estudo buscou investigar a existência de assimetrias parecidas dentro da Região Nordeste. Utilizando o System-GMM para estimar os efeitos da abertura comercial e do capital humano sobre o crescimento econômico dos municípios cearenses. E concluíram que a abertura comercial no Estado do Ceará resultados mostrou que esta se mostrou maléfica para o crescimento dos municípios.

### 3 Metodologia

Não há consenso em relação a qual forma funcional que relaciona os fatores a variável PIB, assim utilizaremos as duas formas funcionais da função de produção agregada, modelos MRW e Minceriano. A seguir apresentamos o desenvolvimento as equações econométricas a serem testadas partindo dos modelos teóricos.

#### 3.1 Modelo MRW

Mankiw, Romer e Weil incorporaram uma nova versão ao modelo de crescimento original de Solow-Swan. MRW ampliaram o modelo de Solow e incluíram o fator capital humano, que consiste na capacidade de acumulação de qualificações adquiridas pelo

trabalhador que tem a seguinte especificação quando retornos constantes de escala não são impostos:

$$Y_{it} = A_{it}K_{it}^{\alpha}H_{it}^{\varphi}(L_{it} e^{gt})^{\beta} \quad (1)$$

Em que:

$Y_{it}$  : Produto ou renda agregada;

$K_{it}$ : Estoque de Capital Físico;

$H_{it}$ : Estoque de Capital Humano;

$A_{it}$ : Produtividade;

$L_{it}$ : Mão-de-obra;

$g$ : Taxa de crescimento da tecnologia;

$e$ : Representa a exponencial.

Para o Estado  $i$  no período  $t$ , onde  $i = 1, \dots, N$  e  $t = 1, \dots, t$  e  $g$  é o exógeno progresso tecnológico. Para representarmos a equação (1) em unidades efetivas de trabalho, pode-se dividir a equação por  $AL$  encontrando assim as razões entre o produto, o estoque de capital físico e o estoque de capital humano:

$$y_{it} = \frac{Y_{it}}{A_{it}L_{it}} \quad (2)$$

$$k_{it} = \frac{K_{it}}{A_{it}L_{it}} \quad (3)$$

$$h_{it} = \frac{H_{it}}{A_{it}L_{it}} \quad (4)$$

Usando estas equações no modelo (1) temos:

$$(A_{it}L_{it}) \frac{Y_{it}}{(A_{it}L_{it})} = A_{it} \frac{K_{it}^{\alpha}}{(A_{it}L_{it})^{\alpha}} (A_{it}L_{it})^{\alpha} \frac{H_{it}^{\varphi}}{(A_{it}L_{it})^{\varphi}} (A_{it}L_{it})^{\varphi} (L_{it} e^{gt})^{\beta} \quad (5)$$

Após simplificações a equação (6) é obtida (os detalhes desta conta estão no Anexo I):

$$y_{it} = L_{it}^{\alpha+\varphi+\beta-1} A_{it}^{\alpha+\varphi} k_{it}^{\alpha} h_{it}^{\varphi} e^{\beta gt} \quad (6)$$

Tirando em logaritmo e encontrando a equação de produção:

$$\ln y_{it} = (\alpha + \varphi) \ln A_{it} + \alpha \ln k_{it} + \varphi \ln h_{it} + (\alpha + \varphi + \beta - 1) \ln L_{it} + \beta gt \quad (7)$$

As variáveis em minúsculas estão em termos por trabalhador e o  $A_{it}$  é decomposto em um invariante no tempo componente  $A_i$  e um componente de erro,  $\varepsilon_{it}$ , que varia para  $i$  e  $t$ . Ou seja,

$$(\alpha + \varphi) \ln A_{it} = \ln A_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Finalmente,

$$\ln y_{it} = \ln A_i + \alpha \ln k_{it} + \varphi \ln h_{it} + (\alpha + \varphi + \beta - 1) \ln L_{it} + \beta gt + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

### 3.2 Modelo Minceriano

A especificação do modelo minceriano (1974), existe apenas um tipo de trabalho na economia, que possui um nível de habilidade determinado por escolaridade. Nesse modelo o capital humano é acrescido na função de produção na forma exponencial:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} (e^{\varphi h_{it}}) (L_{it} e^{gt})^{\beta} \quad (10)$$

Em que  $A_{it}, K_{it}, L_{it}$ , são, respectivamente, tecnologia, capital físico, e mão-de-obra.  $T$  e  $g$  é o exógeno progresso tecnológico,  $(\varphi h)$  caracteriza a percentagem do aumento na renda decorrente de um ano adicional de escolaridade. Em termos por trabalhador, temos a equação:

$$(A_{it}L_{it}) \frac{Y_{it}}{(A_{it}L_{it})} = A_{it} \frac{K_{it}^{\alpha}}{(A_{it}L_{it})^{\alpha}} (A_{it}L_{it})^{\alpha} [(e^{\varphi h_{it}}) (L_{it} e^{gt})]^{\beta} \quad (11)$$

Resulta:

$$y_{it} = L_{it}^{\alpha+\beta-1} k_{it}^{\alpha} A_{it}^{\alpha} e^{\beta\varphi h_{it} + \beta g t} \quad (12)$$

Tirando em logaritmo e encontrando a equação de produção:

$$\ln y_{it} = (\alpha + \beta - 1) \ln L_{it} + \alpha \ln k_{it} + \alpha \ln A_{it} + \beta\varphi h_{it} + \beta g t \quad (13)$$

Onde as variáveis em minúsculas estão em termos por trabalhador e o  $A_{it}$  é decomposto em um invariante no tempo componente  $A_i$  e um componente de erro,  $\varepsilon_{it}$ , que varia para  $i$  e  $t$ . Ou seja:

$$\alpha \ln A_{it} = \ln A_i + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

Logo a função de produção para o modelo Mincer é dado por:

$$\ln y_{it} = \ln A_i + \alpha \ln k_{it} + \beta\varphi h_{it} + (\alpha + \beta - 1) \ln L_{it} + \beta g t + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

Econometricamente, a diferença básica entre as equações (9) e (15) é que o capital humano entra na função de produção em logaritmo ou em nível.

### 3.3 Transformação Box-Cox

Para testar a hipótese de o capital humano entra na função na forma de nível ou logaritmo consideramos a transformação de Box-Cox (1962). A transformação Box-Cox para um determinado regressor  $x_{it}$  é definida como:

$$\frac{x_{it}^{\theta} - 1}{\theta}$$

Desde que:  $\lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{x_{it}^{\theta} - 1}{\theta} = \ln x_{it}$  e  $\lim_{\theta \rightarrow 1} \frac{x_{it}^{\theta} - 1}{\theta} = x_{it} - 1$ , para que a transformação logarítmica seja válida devemos ter  $\theta = 0$  e, para que a série  $x_{it}$  entre na regressão em nível, devemos ter  $\theta = 1$ . Se o capital humano entrar em logaritmo existe uma elasticidade fixa do capital humano na produção dos estados. Se este entra em nível, a elasticidade do capital humano na produção mudará entre os estados e através do tempo também. Portanto, os modelos (9) e (15) podem ser escritos em um único modelo geral:

$$\ln y_{it} = \ln A_i + \lambda_1 \ln k_{it} + \lambda_2 \frac{h_{it}^{\theta} - 1}{\theta} + \lambda_3 t + \lambda_4 \ln L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

Se  $\theta = 0$  temos o modelo de MRW, e se  $\theta = 1$  o modelo é de MINCER. Em caso não tenhamos esses valores não poderemos afirmar qual das especificações é a correta.

## 4. Resultados

### 4.1 Dados

A base de dados utilizada neste estudo é constituída pelas Unidades Federativas do Brasil e analisa o período de 1994-2016. Os dados foram obtidos a partir do endereço eletrônico do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Tabela 1: Variáveis do modelo

Variável	Nome	Proxy	Fonte
$y_t$	Renda <i>per capita</i>	PIB estadual <i>per capita a preços constantes</i>	Ipeadata/ IBGE
$k_t$	Capital Físico	Consumo de energia elétrica industrial estadual <i>per capita</i>	Ipeadata/EPE
$h_t$	Capital Humano	Média de anos de estudo para indivíduos acima de 25 anos	Ipeadata/ IBGE
$L_t$	Mão de Obra	População total do estado	Ipeadata/ IBGE

Fonte: Elaboração própria.

A tabela 1 apresenta a base de dados das variáveis que foram aplicadas neste estudo. A variável média de anos de estudo para indivíduos acima de 25 anos é *proxy* para o capital humano *per capita*. O consumo de energia elétrica industrial estadual como *proxy* do capital físico *per capita*, para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário dividir o consumo de energia elétrica industrial estadual pela população de cada Unidade Federativa para desenvolver os modelos, as demais variáveis encontram-se inalteradas.

Tabela 2: Disparidades do Capital Humano das Unidades Federativas

Estado	$h_i(1994)$	$h_i(2016)$	$h_i/h_{DF}(1994)$	$h_i/h_{DF}(2016)$	Taxa de crescimento (%)
Acre	5,6	6,9	0,74	0,68	-5%
Alagoas	3,8	5,8	0,50	0,58	7%
Amapá	5,2	8,7	0,69	0,86	17%
Amazonas	5,7	8,2	0,75	0,81	6%
Bahia	3,6	6,8	0,47	0,67	20%
Ceará	3,4	6,7	0,45	0,66	21%
Distrito Federal	7,6	10,1	1,00	1,00	0%
Espírito Santo	4,9	7,9	0,65	0,78	13%
Goiás	4,9	7,7	0,64	0,76	12%
Maranhão	3,1	6,2	0,40	0,61	21%
Mato Grosso	4,6	7,8	0,61	0,77	16%
Mato Grosso do Sul	5,0	7,8	0,65	0,77	12%
Minas Gerais	4,7	7,8	0,62	0,77	14%
Pará	5,0	6,9	0,66	0,68	3%
Paraíba	4,3	6,7	0,56	0,66	10%
Paraná	4,9	8,1	0,65	0,80	16%
Pernambuco	4,1	7,1	0,54	0,70	16%
Piauí	3,2	6,2	0,42	0,61	20%
Rio de Janeiro	6,5	8,9	0,86	0,88	3%
Rio Grande do Norte	4,0	6,7	0,52	0,66	14%
Rio Grande do Sul	5,7	8,0	0,75	0,79	4%
Rondônia	5,3	7,4	0,70	0,73	4%
Roraima	6,5	8,6	0,86	0,85	0%
Santa Catarina	5,3	8,4	0,70	0,83	13%
São Paulo	5,9	8,9	0,78	0,88	10%
Sergipe	4,1	6,6	0,54	0,65	11%
Tocantins	3,2	7,4	0,43	0,73	31%

Fonte: Elaboração própria.

Notas:  $h_i e h_{DF}$  é a média de anos de estudo para indivíduos acima de 25 anos dos Estados e Distrito Federal, respectivamente.  $h_i/h_{DF}$  anos de escolaridade relativo ao Distrito Federal. Taxa de crescimento entre 1994-2016 calculada pela fórmula:  $h_i/h_{DF(2016)} - h_i/h_{DF(1994)}$ .

A tabela 2 permite observar as diferenças no nível do capital humano *per capita* entre os Estados Brasileiros, medidos pelos anos de escolaridade da população com 25 anos ou mais. Analisando os números apresentados na tabela 2 podemos ver grandes desequilíbrios no nível de capital humano. Por exemplo, o ano de escolaridade no Estado do Tocantins era de 43% e passou a ser 73% do capital humano do Distrito Federal. Destacam-se também outros Estados que obteve ótimo desempenho neste período, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí. Em contra partida o Estado do Acre foi de 74% para 68%, tendo uma taxa de crescimento negativa neste período de 22 anos de -5%.

Tabela 3: Disparidades da Renda *per capita* das Unidades Federativas

Estado	$y_i(1994)$	$y_i(2016)$	$y_i/y_{DF}(1994)$	$y_i/y_{DF}(2016)$	Taxa de crescimento (%)
Acre	5,77	4,24	0,31	0,39	8%
Alagoas	4,24	9,24	0,23	0,85	62%
Amapá	9,24	12,17	0,49	1,12	62%
Amazonas	12,17	5,64	0,65	0,52	-13%
Bahia	5,64	4,66	0,30	0,43	13%
Ceará	4,66	18,67	0,25	1,71	146%
Distrito Federal	18,67	10,91	1,00	1,00	0%
Espírito Santo	10,91	7,55	0,58	0,69	11%
Goiás	7,55	2,60	0,40	0,24	-17%
Maranhão	2,60	8,07	0,14	0,74	60%
Mato Grosso	8,07	9,61	0,43	0,88	45%
Mato Grosso do Sul	9,61	10,00	0,51	0,92	40%
Minas Gerais	10,00	7,30	0,54	0,67	13%
Pará	7,30	4,03	0,39	0,37	-2%
Paraíba	4,03	11,57	0,22	1,06	84%
Paraná	11,57	5,76	0,62	0,53	-9%
Pernambuco	5,76	2,82	0,31	0,26	-5%
Piauí	2,82	14,12	0,15	1,29	114%
Rio de Janeiro	14,12	4,83	0,76	0,44	-31%
Rio Grande do Norte	4,83	15,43	0,26	1,41	116%
Rio Grande do Sul	15,43	5,54	0,83	0,51	-32%
Rondônia	5,54	4,45	0,30	0,41	11%
Roraima	4,45	12,59	0,24	1,15	92%
Santa Catarina	12,59	16,87	0,67	1,55	87%
São Paulo	16,87	6,08	0,90	0,56	-35%
Sergipe	6,08	3,14	0,33	0,29	-4%
Tocantins	3,14	20,20	0,17	1,85	168%

Fonte: Elaboração própria

Notas:  $y_i/y_{DF}$  é a média de anos de estudo para indivíduos acima de 25 anos dos Estados e Distrito Federal, respectivamente.  $y_i/y_{DF}$  anos de escolaridade relativo ao Distrito Federal. Taxa de crescimento entre 1994-2016 calculada pela fórmula:  $y_i/y_{DF(2016)} - y_i/y_{DF(1994)}$ .

A Tabela 3 apresenta as diferenças no nível de Renda *per capita* entre os Estados Brasileiros. Analisando os valores, o PIB *per capita* do Estado do Tocantins era de 17% e passou a ser 185% do capital humano do Distrito Federal. Ressaltando que o Tocantins também foi destaque no nível de escolaridade no mesmo período. Outras Unidades Federativas que alcançaram valores extraordinários no nível de renda, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, com taxas de crescimento acima de 100%. Contudo vários Estados acumularam uma taxa de crescimento negativa, o maior delas foi o Estado de São Paulo com -35%.

#### 4.2 Resultados das estimações

Estimamos e testamos formas funcionais alternativas, utilizamos a transformação Box–Cox para escolher entre os modelos MRW e Mincer. Os resultados não favorecem nenhuma das especificações funcionais. Sendo assim estimamos cada modelo segundo as especificações para dados em painel; modelo pooled, efeitos fixos e efeitos aleatórios.

##### 4.2.1 Resultados modelo MRW

Foram realizados os testes de Breusch-Pagan, Chow e Hausman em ambas as especificações (MRW e Mincer). Em ambos os casos, os resultados mostram o modelo de efeitos fixos como a melhor opção. As estimativas para o modelo MRW são apresentados na tabela 5. Os resultados do estimador de efeitos fixos indicam que todas as variáveis são estatisticamente significativas. Observa-se que o capital físico possui um efeito superior ao nível de capital humano, sendo que o aumento de 1% no estoque de capital físico eleva a renda *per capita* em 173%, enquanto que um aumento de 1% no capital humano eleva a renda *per capita* em 0,586%.

Tabela 5: Resultados Econométricos do Modelo MRW

<i>Modelo MRW: <math>\ln y_{it} = \ln A_i + \alpha \ln k_{it} + \varphi \ln h_{it} + (\alpha + \varphi + \beta - 1) \ln L_{it} + \beta gt + \varepsilon_{it}</math></i>				
	<i>Box-Cox</i>	<i>Pooled</i>	<i>Efeito Aleatório</i>	<i>Efeito Fixo</i>
c	-22208,8	31,83*** (3,657)	-27,15*** (4,434)	-58,91*** (5,379)
t	-0,00000119	-0,0139*** (0,00186)	0,0173*** (0,00234)	0,0375*** (0,00325)
<i>lnKfispc</i>	-49647,4	36,72 (29,65)	208,7*** (47,43)	173,0*** (48,92)

<i>lnKhumpc</i>	1,265	2,526*** (0,0540)	1,093*** (0,0935)	0,586*** (0,0984)
<i>lnPop</i>	0,00299	0,0804*** (0,0117)	0,00194 (0,0330)	-0,507*** (0,101)
lambda_cons	2,233*** (0,200)	-	-	-
sigma_cons	0,228	-	-	-
N	621	621	621	621
R <sup>2</sup>	-	0,841	0,8130	0,828
R <sup>2</sup> (adj)	-	0,840	-	-
Rmse	-	0,236	0,148	-
F	-	815,84	-	48,53
Prob> F	-	0,0000	-	0,0000
Prob> X <sup>2</sup>	-	-	0,0000	-
Hausman	-	-	-	97,65
Prob> X <sup>2</sup>	-	-	-	0,0000

Teste de  
Multicolinearidade (FIV) 1,75

Fonte: Elaboração própria.

Notas: C é a constante, T é o ano, *lnKfispc* é o logaritmo da variável consumo de energia elétrica industrial *per capita*, *lnKhumpc* é o logaritmo da variável anos de estudo da população com 25 anos ou mais *per capita*, *lnPop* é o logaritmo da população e N é o número de observações. Em parênteses as estatísticas t: \* p <0,10, \*\* p <0,05, \*\*\* p <0,01.

#### 4.2.2 Resultados modelo Minceriano

A tabela 6 apresenta os resultados para o modelo Mincer. Os estimadores de efeitos fixos são estatisticamente significativos. Observamos também que um aumento de 1% no estoque de capital físico eleva a renda *per capita* em 155,8%, enquanto que um aumento de 1% no capital humano eleva a renda *per capita* em 0,046%.

Tabela 6: Resultados Econométricos do Modelo Minceriano

<b>Modelo Mincer: <math>\ln y_{it} = \ln A_i + \alpha \ln k_{it} + \beta \varphi h_{it} + (\alpha + \beta - 1) + \beta gt + \varepsilon_{it}</math></b>				
	<i>Box-Cox</i>	<i>Pooled</i>	<i>Efeito Aleatório</i>	<i>Efeito Fixo</i>
c	-22208,8	34,00*** (3,534)	-26,50*** (5,084)	-74,42*** (5,939)
t	-0,00000119	-0,0139*** (0,00178)	0,0174*** (0,00262)	0,0465*** (0,00343)
<i>lnKfispc</i>	-49647,4	67,46** (28,48)	184,9*** (49,30)	155,8*** (50,21)
<i>Khumpc</i>	1,265	0,424*** (0,00864)	0,184*** (0,0183)	0,0459** (0,0198)
<i>lnPop</i>	0,00299	0,0676*** (0,0112)	0,00335 (0,0316)	-0,621*** (0,102)
lambda_cons	2,233*** (0,200)	-	-	-
sigma_cons	0,228 -	-	-	-
N	621	621	621	621
R <sup>2</sup>	-	0,853	0,8631	0,820
R <sup>2</sup> - adj,	-	0,852	-	-
Rmse	-	0,228	0,157	-
F	-	892,38	-	46,39
Prob> F	-	0,0000	-	0,0000
X <sup>2</sup>	-	-	2193,69	-
Prob> X <sup>2</sup>	-	-	0,0000	-
Hausman	-	-	-	131,77
Prob>X <sup>2</sup>	-	-	-	0,0000
Teste de Multicolinearidade (FIV)	1,74			

Fonte: Elaboração própria.

Notas: C é a constante, T é o ano, *lnKfispc* é o logaritmo da variável consumo de energia elétrica industrial *per capita*, *Khumpc* é a variável anos de estudo da população com 25 anos ou mais *per capita*, *lnPop* é o logaritmo da população e N é o número de observações. Em parênteses as estatísticas t: \* p <0,10, \*\* p <0,05, \*\*\* p <0,01.

## 5. Conclusão

Este artigo examina os efeitos da importância do capital humano e capital físico no crescimento da renda para os Estados Brasileiros no período de 1994-2016. Duas especificações da função de produção são consideradas; MRW e Mincer. Os resultados dos testes mostram que o uso do modelo de efeitos fixos tem melhor desempenho como especificação para estimar os modelos MRW e Mincer. Concluímos que tanto para o modelo MRW como para Mincer o capital físico e o capital humano têm influência positiva sobre o nível de produto *per capita*.

Os resultados sugerem um aumento de 1% na educação produz um crescimento de 0,586% no modelo MRW e de 0,046% no modelo minceriano. Entretanto, os resultados apontam que os efeitos do capital físico sobre a variação do nível de renda foi maior do que o capital humano.

Sugerimos como trabalhos futuros a inclusão de novas variáveis para explicar a diferença entre o nível de educação da população brasileira. Por exemplo, a disparidade no investimento em urbanização e transporte e suas influências sobre o desenvolvimento econômico dos Estados.

## Referências

- BARRO, R.J.; Economic Growth in a Cross Section of Countries, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 106, Issue 2, Pages 407–443, 1991.
- BECKER, G.; MURPHY, K.; ROBERT TAMURA, R.; Human Capital, Fertility, and Economic Growth, *Journal of Political Economy*, 98, (5), S12-37, 1990.
- CANGUSSU, R.C.; SALVATO, M, A.; NAKABASHI, L. Uma análise do capital humano sobre o nível de renda dos estados brasileiros: MRW versus Mincer, *Estudos Econômicos*, Instituto de Pesquisas Econômicas, v, 40, n, 1, p, 153-183, 2010.
- CASS, D.; Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation, *Review of Economic Studies*, 32, (3), 233-240, 1965.
- FALCAO, N.A.; NETO, R.M.S. Concentração espacial de capital humano e externalidades: O caso das cidades brasileiras, 2007.
- FILHO, F.H.B.; PESSOA, S,A. Educação e Crescimento: O que a Evidência Empírica e Teórica Mostra?, *Revista Economia*, 2010.
- GAMA, V.A. Os efeitos da qualidade da educação sobre a acumulação de capital humano e o crescimento econômico no Brasil, 2014.

IPEA (2012), Base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. URL: Disponível em [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)

IRFFI, G.; ARRUDA, E.; BASTOS, F.; BARBOZA, D. Impacto da Abertura comercial e contribuição dos diferenciais de escolaridade sobre o nível de renda dos municípios cearenses no período 1997-2005, *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 37, n. 1, p. 217-254, 2016.

KYRIACOU, G. Level and growth effects of human capital. C. V. Starr Center for Applied Economics, New York University, 1991. (Working Paper n. 91-26).

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.; D,WEIL; 1992, "A Contribution To The Empirics of Economic Growth," *The Quarterly Journal of Economics* 107(May): 407-437.

NAKABASHI, L.; FIGUEREDO, L.; Capital Humano: uma nova proxy para incluir aspectos qualitativos, 2005.

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.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. N.-; CASTELAR, I. ; FERREIRA, R. T. Convergência Microregional no Setor Agrícola Usando um Modelo Threshold. *Encontro Nacional de Economia*, 2007.p.19

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

VIEIRA, Flávio Vilela e VERISSIMO, Michele Polline. Crescimento econômico em economias emergentes selecionadas: Brasil, Rússia, Índia, China (BRIC) e África do Sul. *Econ. soc.* [online]. 2009, vol.18, n.3

## ANEXO I – Modelo MRW

$$y_{it} = \frac{Y_{it}}{A_{it}L_{it}}$$

$$k_{it} = \frac{K_{it}}{A_{it}L_{it}}$$

$$h_{it} = \frac{H_{it}}{A_{it}L_{it}}$$

Logo:

$$(A_{it}L_{it}) \frac{Y_{it}}{(A_{it}L_{it})} = A_{it} \frac{K_{it}^{\alpha}}{(A_{it}L_{it})^{\alpha}} (A_{it}L_{it})^{\alpha} \frac{H_{it}^{\varphi}}{(A_{it}L_{it})^{\varphi}} (A_{it}L_{it})^{\varphi} (L_{it} e^{gt})^{\beta}$$

$$(A_{it}L_{it})y_{it} = A_{it}k_{it}^{\alpha}(A_{it}L_{it})^{\alpha}h_{it}^{\varphi}(A_{it}L_{it})^{\varphi}(L_{it}e^{gt})^{\beta}$$

$$y_{it} = L_{it}^{-1}k_{it}^{\alpha}(A_{it}L_{it})^{\alpha}h_{it}^{\varphi}(A_{it}L_{it})^{\varphi}(L_{it}e^{gt})^{\beta}$$

$$y_{it} = L_{it}^{-1}A_{it}^{\alpha+\varphi}L_{it}^{\alpha+\varphi}k_{it}^{\alpha}h_{it}^{\varphi}(L_{it}e^{gt})^{\beta}$$

$$y_{it} = L_{it}^{\alpha+\varphi-1}A_{it}^{\alpha+\varphi}k_{it}^{\alpha}h_{it}^{\varphi}(L_{it}e^{gt})^{\beta}$$

$$y_{it} = L_{it}^{\alpha+\varphi+\beta-1}A_{it}^{\alpha+\varphi}k_{it}^{\alpha}h_{it}^{\varphi}e^{\beta gt}$$

Tirando em logaritmo e encontrando a equação de produção:

$$\ln y_{it} = (\alpha + \varphi + \beta - 1) \ln L_{it} + (\alpha + \varphi) \ln A_{it} + \alpha \ln k_{it} + \varphi \ln h_{it} + \beta gt$$

Ordenando as variáveis:

$$\ln y_{it} = (\alpha + \varphi) \ln A_{it} + \alpha \ln k_{it} + \varphi \ln h_{it} + (\alpha + \varphi + \beta - 1) \ln L_{it} + \beta gt$$

## ANEXO II – Modelo Minceriano

$$Y_{it} = A_{it}K_{it}^{\alpha}(e^{\varphi h_{it}})(L_{it} e^{gt})^{\beta}$$

Onde  $A_{it}, K_{it}, L_{it}$  , são, respectivamente, tecnologia, capital físico, e mão-de-obra.  $T$  e  $g$  é o exógeno progresso tecnológico,  $(\varphi h)$  caracteriza a percentagem do aumento na renda decorrente de um ano adicional de escolaridade. Em termos por trabalhador, temos a equação:

$$(A_{it}L_{it}) \frac{Y_{it}}{(A_{it}L_{it})} = A_{it} \frac{K_{it}^{\alpha}}{(A_{it}L_{it})^{\alpha}} (A_{it}L_{it})^{\alpha} [(e^{\varphi h_{it}})(L_{it} e^{gt})]^{\beta}$$

$$y_{it} = L_{it}^{-1} k_{it}^{\alpha} (A_{it}L_{it})^{\alpha} e^{\beta\varphi h_{it}} L_{it}^{\beta} e^{\beta gt}$$

$$y_{it} = L_{it}^{\alpha+\beta-1} k_{it}^{\alpha} A_{it}^{\alpha} e^{\beta\varphi h_{it} + \beta gt}$$