
Contributo dos Investimentos em Educação para a Variação do Produto Interno Bruto

Caso de estudo para Portugal, Finlândia e França de 1988 a 1997

Discussion Paper N.1

António Carlos Castro Fernandes

Data: 28 de Março de 2006

Contributo dos Investimentos em Educação para a Variação do Produto Interno Bruto

Caso de estudo para Portugal, Finlândia e França de 1988 a 1997

António Carlos Castro Fernandes¹

Resumo

O capital humano e a tecnologia são aspectos centrais ao desenvolvimento económico. A recente Estratégia de Lisboa para o Crescimento e Emprego, definiu o conhecimento e a educação como prioridades para o desenvolvimento económico e emprego na União Europeia. Neste estudo utilizamos a função de produção Cobb-Douglas, a qual foi utilizada para explicar a contribuição da educação no desenvolvimento económico por numerosos autores nomeadamente Kriacou (1991), Benhabid e Spiegel (1992), Solow (1956), Mankiw, Romer e Weil (1992) e Nonneman e Vanhoudt (1996), ainda que a função varie segundo os tipos de capital introduzidos, L representa o trabalho e $K = 1...m$ as distintas formas de capital incluídas. No modelo de Solow, $M=1$ considera apenas o capital fixo não tendo em conta nenhuma variável relativa ao capital humano. Mankiw, Romer e Weil (1992) desenvolvem o modelo de Solow introduzindo como variável explicativa complementar o capital humano, sendo $M=2$. Por último Nonneman e Vanhoudt (1996) introduzem uma nova variável no modelo que consideram uma nova forma de capital que são os conhecimentos tecnológicos.

Numa primeira parte introduzimos a importância do tema. A segunda parte aborda outros estudos sobre o tema. Na terceira parte apresentamos o modelo teórico e as especificações dos modelos utilizados assim como as fontes de informação. A quarta parte apresenta os resultados obtidos pelos dois métodos utilizados. A quinta é composta pela análise dos resultados. Finalmente a sexta parte conclui, considerando a contribuição dos investimentos em educação para a variação do produto interno bruto e com a consideração de que Portugal necessita de implementar as políticas e reformas necessárias para enfrentar os desafios económicos e sociais do século XXI.

Palavras-chave: PIB, Investimentos em Educação, Capital Humano, Estratégia de Lisboa

¹ Consultor Principal EditValue, MBA Birmingham Business School, E-mail: antonio.fernandes@editvalue.com

1 - Introdução

A Estratégia de Lisboa para o Crescimento e Emprego definiu o conhecimento e a educação como prioridades para o desenvolvimento económico e emprego na União Europeia. Uma das primeiras prioridades da estratégia de Lisboa para a União Europeia é a criação de uma sociedade do conhecimento, baseada na dinâmica competitiva de uma economia baseada no conhecimento. Este termo foi propositadamente associado pelo reconhecimento do efeito que tem no crescimento económico. Os componentes do conhecimento dos seres humanos “*human capital*”, isto é, capital humano e tecnologia, são aspectos centrais ao desenvolvimento económico. As economias competitivas do presente e futuro são baseadas em altos níveis de educação da população e num sector de investigação e desenvolvimento dinâmico.

Objectivo do Trabalho

Este trabalho tem como objectivo analisar o contributo dos investimentos em educação para a variação do produto interno bruto. Para isso, iremos comparar o investimento público em educação entre três países da União Europeia entre os quais se encontra Portugal no período 1988 – 1997. Os países estudados além de Portugal são a França e a Finlândia.

Importância do Tema

A evolução e o crescimento económico estão cada vez mais dependentes do nível educacional da sua população activa. O avanço tecnológico e a especialização dos diferentes sectores exigem mão-de-obra qualificada e em constante formação como resposta às mudanças que se fazem sentir num período de tempo cada vez menor. A própria competitividade das empresas assim o exige alertando os governantes para esta realidade, que se vê na obrigação de dotar os países de competências humanas cada vez mais qualificadas na tentativa de atrair investimentos que até então se concentravam em países caracterizados por uma mão-de-obra barata e de carácter pouco qualificado. Esta realidade encontra-se directamente relacionada com a componente tecnológica que vem sendo introduzida nos produtos. Veja-se o exemplo da massificação do uso de telemóveis, realidade indiscutível em Portugal.

A educação representa uma fatia substancial dos orçamentos de estado dos diferentes países, por isso importa avaliar qual o contributo dos investimentos em educação para a variação do produto interno bruto.

Abordagem Utilizada

Dado que dispomos de dados de painéis, ou seja, observações repetidas sobre o mesmo conjunto de indivíduos, iremos aplicar ao nosso estudo o Modelo de Dados de Painél.

Numa primeira abordagem deste tema, realizamos trabalho de investigação procurando dados estatísticos e estudos já realizados. Esta abordagem foi importante na escolha do modelo econométrico que serve de base para a realização deste estudo, modelo que já foi utilizado por outros autores em outros estudos. Esta análise irá efectuar-se através de dados em painel.

Numa segunda fase, procedemos à estimação do modelo procurando encontrar respostas sobre o contributo dos investimentos em educação para a variação do produto interno bruto para os países em estudo.

Numa terceira fase, os resultados obtidos são comparados, procurando-se identificar o quanto a evolução do Produto Interno Bruto é explicada pelos respectivos investimentos em educação nos diferentes países para os vários anos.

2 - Síntese dos Estudos sobre o Tema

Segundo um estudo realizado pela Faculdade de Economia da Universidade de Santiago de Compostela (Espanha) para a EURO-AMERICAN ASSOCIATION OF ECONOMIC DEVELOPMENT, retiram-se as seguintes conclusões:

1.- A maioria dos estudos econométricos levados a cabo para tratar de quantificar o crescimento do Produto Interno Bruto introduzem como variável “proxy” do Capital Humano as taxas de escolarização da população, contudo não é suficiente, levando alguns autores a sugerir outras alternativas.

2.- O modelo estimado na investigação realizada relativamente ao estudo supracitado, introduziu o investimento em educação como variável explicativa representativa do Capital Humano (esta variável constitui uma novidade neste tipo de modelos). Os resultados obtidos verificam a importância que o aumento dos investimentos públicos em educação para o crescimento da produtividade do trabalho e da economia.

Os resultados obtidos realçam a importância dos investimentos públicos em educação para o crescimento do Produto Interno Bruto.

3.- Em resultado do estudo e da análise dos resultados obtidos, afirma-se que o investimento em educação é melhor indicador que as taxas de escolarização e que o desejável seria dispor de dados dos investimentos em educação.

4.- O modelo seleccionado indica a importância do quociente capital/trabalho sobre o crescimento da produtividade do trabalho com uma elasticidade igual a 0.64 altamente significativa. Este quociente está bastante relacionado com o nível educativo da população activa. O efeito da educação também se reflecte no modelo através da variável “Investimentos em Educação”, cuja elasticidade tem um valor estimado de 0.20 e é estatisticamente significativa.

Isto leva-nos a concluir que para alcançar um crescimento económico sustentado em Portugal é necessário incrementar o investimento público em educação.

3 - Modelo Teórico

O modelo econométrico que apresentamos para a realização deste estudo é baseado na função de produção Cobb-Douglas, a qual foi utilizada para explicar a contribuição da educação no desenvolvimento económico por numerosos autores.

A função de produção apresenta a seguinte fórmula:

$$Y = AK^\alpha L^\beta H^\gamma \text{ onde } K \text{ é o capital, } L \text{ o trabalho e } H \text{ o capital humano}$$

Tomando logaritmos obtemos:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L + \gamma \ln H$$

Esta função foi apresentada por diversos autores variando ligeiramente a sua estrutura, assim a função anterior coincide com a de KRIACOU (1991), BENHABID e SPIEGEL (1992).

Esta função também foi utilizada por SOLOW (1956), MANKIW, ROMER e WEIL (1992) e NONNEMAN e VANHOUDT (1996), ainda que a função varie segundo os tipos de capital introduzidos, L representa o trabalho e K = 1...m as distintas formas de capital incluídas. No modelo de SOLOW, m=1 considera apenas o capital fixo não tendo em conta nenhuma variável relativa ao capital humano. MANKIW, ROMER e WEIL (1992) desenvolvem o modelo de SOLOW introduzindo como variável explicativa complementar o capital humano, sendo m=2. Por último, NONNEMAN e VANHOUDT (1996) introduzem uma nova variável no modelo que consideram uma nova forma de capital que são os conhecimentos tecnológicos.

Uma vez definida a forma funcional da equação passamos a descrever as variáveis utilizadas para a estimação do modelo, variáveis estas já utilizadas em trabalhos anteriores.

Assim, de acordo com a função de produção Cobb-Douglas descrita anteriormente, a equação do nosso modelo teórico será a seguinte:

$$\ln(\text{PIBpm}) = \beta_1 + \beta_2 \ln(KL) + \beta_3 \ln(H) + \varepsilon_t$$

PIB pm (Produto Interno Bruto a preços de mercado) - Como variável dependente utilizamos o PIB de cada país em milhões de ECU de 1997 de acordo com a publicação anual do EUROSTAT de 1998. O **Ln(PIBpm)** representa o logaritmo natural do PIB por trabalhador no período t (1988-1997) a preços de mercado.

KL (Capital e Trabalho) - A variável **Ln(KL)** representa o logaritmo natural do capital por trabalhador no período t(1988- 1997). A variável Capital (K) representa os investimentos realizados em cada país em milhões de ECU. Para obter o valor desta variável tomamos como base a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), extraída das contas nacionais de cada país que constam na publicação anual do EUROSTAT de 1998. A variável (L) representa a população activa em cada um dos países considerados para o estudo. Os dados foram recolhidos da publicação anual do EUROSTAT de 1998, expressa em milhões de trabalhadores.

H (Capital Humano) - A variável **Ln(H)** Capital Humano tem sido tradicionalmente incluída nos modelos de crescimento económico como taxa de matrícula ou taxas de escolarização dos diferentes tipos de ensino, desde o primário até ao superior. Outra forma mais habitual de incluir esta variável nos modelos de crescimento económico é através dos anos médios de educação obtidos pela população activa ou por um determinado grupo de idades. Apesar disso são poucos os estudos que incluem os investimentos em educação como variável proxy do Capital Humano. Uma das razões que explicam o facto é a falta de dados internacionais. Relativamente ao nosso estudo os dados obtidos para esta variável foram recolhidos através do site oficial da UNESCO tendo como fonte as publicações da OCDE de 1998, expressos em milhões de ECU.

ε (Erro Aleatório) - ε_t É o termo do erro aleatório no período t .

Dados Estatísticos e suas Fontes

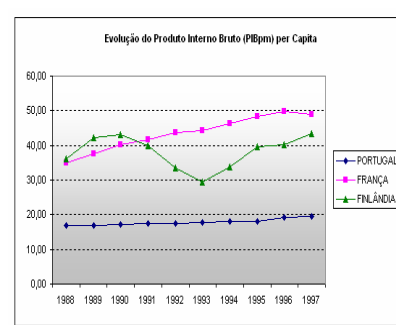
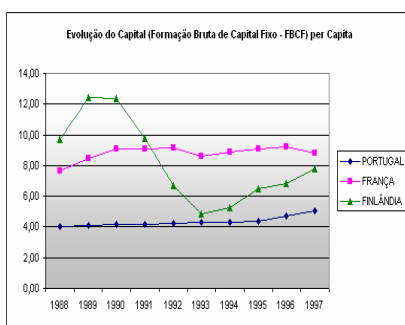
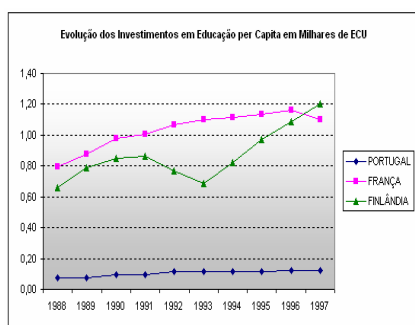
A obtenção dos dados apresentados teve como fonte as Publicações Anuais do Eurostat do ano de 1998. No que se refere aos dados da coluna PIBper, o valor refere-se ao PIB por trabalhar. O KLper representa o Capital (FBCF – Formação Bruta de Capital Fixo) por trabalhador ocupado. O Hper representa o Capital Humano por trabalhador ocupado, que resulta dos investimentos em educação pelo número de trabalhadores.

Quadro 1 – Dados de Portugal, França e Finlândia 1988-1997

Anos	PORTUGAL			FRANÇA			FINLÂNDIA		
	PIBper	KLper	Hper	PIBper	KLper	Hper	PIBper	KLper	Hper
1988	16.842480	4.058000	0.075791	34.817861	7.658899	0.797329	36.036072	9.696593	0.659460
1989	17.025753	4.103349	0.076616	37.479704	8.464434	0.877025	42.087776	12.413627	0.791250
1990	17.210722	4.147888	0.094659	40.280444	9.088924	0.978815	43.179158	12.348697	0.850629
1991	17.390001	4.189912	0.095645	41.526522	9.115972	1.009094	40.011623	9.757916	0.860250
1992	17.575248	4.232457	0.114239	43.769865	9.163589	1.067985	33.607615	6.689379	0.766254
1993	17.741600	4.269165	0.11532	44.337403	8.593244	1.099568	29.484970	4.825651	0.687000
1994	17.929112	4.313567	0.116539	46.370370	8.845584	1.112889	33.815230	5.234068	0.825092
1995	18.118049	4.358341	0.112332	48.355759	9.087179	1.136360	39.638477	6.457315	0.975107
1996	19.272727	4.728155	0.119491	49.841514	9.209239	1.161307	40.289780	6.858116	1.087824
1997	19.440431	5.028728	0.120531	48.859764	8.831795	1.099345	43.315431	7.790381	1.204169

Em Milhares de ECU

Fonte: Eurostat - Publicações de 1998



Modelo a Estimar

O Modelo Estimado para o estudo que pretendemos efectuar é:

$$\hat{\text{LnPIBpm}} = \beta_1 + \beta_2 \hat{\text{LnKL}} + \beta_3 \hat{\text{LnH}}$$

As Dificuldades de Estimação

Uma das principais dificuldades com que nos deparamos na realização deste estudo foi o facto de não termos dados acerca dos Investimentos em Educação relativos a alguns anos. Devido a este facto fomos obrigados a estimar valores para os anos em falta.

3.1 - O Método de Estimação e Propriedades

Especificação 1: Mínimos Quadrados Ordinários

Numa primeira fase iremos estimar o modelo através da especificação 1: Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Através desta especificação temos como objectivo testar o modelo para os vários países de forma global.

- Para os Mínimos Quadrados Ordinários existem as seguintes hipóteses:

1. Sobre os parâmetros:

$$\beta_{itr} = b_r$$

ou seja, os coeficientes são iguais para todos os indivíduos e para todos os momentos do tempo;

2. sobre os erros:

$$E(\varepsilon_{it}) = 0$$

$$E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{js}) = \begin{cases} \sigma^2 & i = j, t = s \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

ou seja, admite-se esperança matemática nula, homocedástica e independência total.

- Modelo a Estimar pela especificação 1 pode escrever-se da seguinte forma:

$$\begin{aligned} y_1 &= x_1 \bar{\beta} + \varepsilon_1 \\ y_2 &= x_2 \bar{\beta} + \varepsilon_2 \\ &\dots \end{aligned} \quad \bar{\beta} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$$

$$y_N = x_N \bar{\beta} + \varepsilon_N$$

$$\Omega_\varepsilon = \sigma^2 I_{NT}$$

Através dos Mínimos Quadrados Ordinários o Método de Estimação é muito simples. Agregam-se todas as observações e aplicam-se os MQO.

Especificação 2: Mínimos Quadrados Individuais

Numa segunda fase iremos estimar o modelo através da especificação 2: Mínimos Quadrados Individuais (MQI), uma vez que pretendemos testar uma equação correspondente a cada país independente das outras. A estimação através dos MQI faz-se da mesma forma que nos MQO, mas divide-se o estudo relativamente às três equações respectivas a cada país.

- Quanto aos MQI temos as seguintes Hipóteses:

3. sobre os parâmetros

$$\beta_{it} = \beta_i \quad (\text{não depende do tempo})$$

ou seja, cada indivíduo i tem no tempo um coeficiente de regressão;

$$\beta_i = \begin{bmatrix} \beta_{i1} \\ \beta_{i2} \\ \vdots \\ \beta_{ik_i} \end{bmatrix}_{(k_i \times 1)} \quad \beta_i = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix}_{(\sum k_i \times 1)}$$

4. sobre os erros

$$E(\varepsilon_{it}) = 0 \quad \Leftrightarrow E(\varepsilon_{1t}) = E(\varepsilon_{2t}) = E(\varepsilon_{3t}) = E(\varepsilon_{4t}) = E(\varepsilon_{5t}) = 0$$

$$E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{js}) = \begin{cases} \sigma_{ii} & j = i, t = s \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

ou seja, existe homocedasticidade no interior de cada indivíduo, mas de indivíduo para indivíduo a variância altera-se, logo a matriz de variâncias e covariâncias dos erros estimados (Ω_ε) será uma matriz diagonal

mas não escalar (a diagonal principal vai ter valores diferentes pelo facto da variância se alterar de indivíduo para indivíduo).

A matriz de Variâncias e Covariâncias é portanto:

$$E(\varepsilon_i \varepsilon_i') = \begin{bmatrix} \sigma_{ii} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{ii} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{ii} \end{bmatrix} = \sigma_{ii} I_T$$

$$\Omega_\varepsilon = \begin{bmatrix} \sigma_{11}I_T & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{22}I_T & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{NN}I_T \end{bmatrix}$$

- O Modelo a Estimar por Mínimos Quadrados Individuais, pode escrever-se sobre a forma:

$$y_1 = x_1 \beta_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = x_2 \beta_2 + \varepsilon_2$$

...

$$y_N = x_N \beta_N + \varepsilon_N$$

\Leftrightarrow

$$y = x \beta + \varepsilon$$

com $E(\varepsilon) = 0$ e $E(\varepsilon\varepsilon') = \Omega_\varepsilon$

- O Método de Estimar o modelo através da especificação 2 é:

$$\hat{\beta}_{i(A)} = (x_i' x_i)^{-1} x_i' y_i$$

4 - Resultados Obtidos – Apresentação dos Resultados

Especificação 1: Mínimos Quadrados Ordinários

i. O modelo geral estimado é:

$$\ln \hat{PIB}_{pm} = 3.10646 + 0.29130 \hat{KL} + 0.28916 \hat{H}$$

ii. Teste de Aderência Global

Uma hipótese importante na definição dos modelos econométricos é o pressuposto de que as variáveis explicativas incluídas (no nosso caso, o Capital/Trabalho e o Capital Humano - Investimentos em educação) vão ser responsáveis pela explicação de uma parte substancial da variação da variável dependente (o PIBpm – Produto Interno Bruto a preços de mercado - por trabalhador ocupado).

Assim, é importante verificar se os dados que recolhemos suportam estatisticamente a presença das variáveis explicativas. O teste estatístico que nos permite verificar esta hipótese denomina-se teste de aderência global. Considere o presente modelo:

$$\ln (PIB_{pm}) = \beta_1 + \beta_2 \ln (KL) + \beta_3 \ln (H) + \varepsilon_t$$

O teste de aderência global permite testar as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad \text{Vs.} \quad H_1: \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$$

Para o presente caso, a estatística de teste F tomou o valor 772.19 (F value no output do SAS). De acordo com o valor do p-value associado ao teste (<0,0001) podemos rejeitar a hipótese nula². É possível então afirmar que, as variáveis explicativas são, no seu conjunto, relevantes na explicação da variação do Produto Interno Bruto – PIBpm.

iii. Coeficiente de determinação, R²

O valor do coeficiente de correlação (R², ou R-square no output) é 98,28%. Sabendo que o coeficiente de correlação mede a proporção de variação na variável dependente explicada por todas as variáveis explicativas do modelo, o valor obtido é bastante razoável. Este valor significa que, de acordo com a nossa amostra, apenas 1,72% da variação do PIBpm per capita não pode ser explicada (devendo-se essa variação à variação do erro do modelo).

² O p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência: 0,05

iv. Interpretação dos coeficientes

O coeficiente β_2 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual do Capital/Trabalho³ no período t (ano), ou seja: $\beta_2 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{KL}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_2 seja positivo: Um aumento no Capital/Trabalho deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto - PIBpm (e vice-versa).

O coeficiente β_3 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual dos Investimentos em Educação no período t (ano), ou seja: $\beta_3 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{H}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_3 seja positivo: Um aumento nos Investimentos em Educação² deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto - PIBpm (e vice-versa).

v. Estimativas. Comentários às estimativas

$\beta_2 = 0.29130$, $\beta_3 = 0.28916$

As estimativas dos parâmetros confirmam os sinais previstos pela análise económica do modelo. Podemos afirmar que:

- Por cada aumento percentual do Capital/Trabalho o PIBpm aumenta 0.29130 por cento;
- Por cada aumento percentual dos Investimentos em Educação o PIBpm aumenta 0.28916 por cento;

vi. Teste de significância do parâmetros

Parâmetro β_2

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_2 = 0$ vs. $H_1: \beta_2 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = 5.44$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,0001$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência, 0,05, rejeitamos a hipótese nula. O parâmetro β_2 é significativamente diferente de zero, ou seja, concluímos que existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e o Capital/Trabalho.

Parâmetro β_3

³ Por hipótese, as restantes variáveis explicativas, no modelo, estão constantes.

<u>Hipóteses do teste:</u>	$H_0: \beta_3 = 0$ vs. $H_1: \beta_3 \neq 0$
<u>Estatística de Teste:</u>	$t = 15.77$
<u>Critério de decisão e decisão:</u>	$p\text{-value} = 0,0001$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência, 0,05, rejeitamos a hipótese nula. O parâmetro β_3 é significativamente diferente de zero, ou seja, concluímos que existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e os Investimentos em Educação.

Especificação 2: Mínimos Quadrados Individuais

Portugal

Dependent Variable: LOG(PIB_PER)

Method: Least Squares

Date: 03/28/06 Time: 01:15

Sample: 1988 1997

Included observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.133534	0.131256	16.25474	0.0000
LOG(KL_PER)	0.598821	0.061036	9.810950	0.0000
LOG(H_PER)	0.057337	0.023036	2.488983	0.0417
R-squared	0.973642	Mean dependent var	2.881184	
Adjusted R-squared	0.966111	S.D. dependent var	0.048649	
S.E. of regression	0.008956	Akaike info criterion	-6.349700	
Sum squared resid	0.000561	Schwarz criterion	-6.258924	
Log likelihood	34.74850	F-statistic	129.2875	
Durbin-Watson stat	1.964853	Prob(F-statistic)	0.000003	

i. O modelo geral estimado é:

$$\hat{\text{LnPIBpm}} = 2.133534 + 0.598821 \hat{\text{KL}} + 0.057337 \hat{\text{H}}$$

ii. Teste de Aderência Global

Uma hipótese importante na definição dos modelos econométricos é o pressuposto de que as variáveis explicativas incluídas (no nosso caso, o Capital/Trabalho e o Capital Humano (Investimentos em educação)) vão ser responsáveis pela explicação de uma parte substancial da variação da variável dependente (o PIBpm – Produto Interno Bruto a preços de mercado - por trabalhador ocupado).

Assim, é importante verificar se os dados que recolhemos suportam estatisticamente a presença das variáveis explicativas. O teste estatístico que nos permite verificar esta hipótese denomina-se teste de aderência global.

Considere o presente modelo:

$$\text{Ln (PIBpm)} = \beta_1 + \beta_2 \text{Ln (KL)} + \beta_3 \text{Ln (H)} + \varepsilon_t$$

O teste de aderência global permite testar as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad \text{Vs.} \quad H_1: \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$$

Para o presente caso, a estatística de teste F tomou o valor 129.29 (F value no output). De acordo com o valor do p-value associado ao teste (<0.0001) podemos rejeitar a hipótese nula⁴. É possível então afirmar que, as variáveis explicativas são, no seu conjunto, relevantes na explicação da variação do Produto Interno Bruto – PIBpm.

iii. Coeficiente de determinação, R²

O valor do coeficiente de correlação (R², ou R-square no output) é 97,36%. Sabendo que o coeficiente de correlação mede a proporção de variação na variável dependente explicada por todas as variáveis explicativas do modelo, o valor obtido é bastante razoável. Este valor significa que, de acordo com a nossa amostra, apenas 2,64% da variação do PIBpm per capita não pode ser explicada (devendo-se essa variação à variação do erro do modelo).

iv. Interpretação dos coeficientes

O coeficiente β_2 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual do Capital/Trabalho⁵ no período t (ano), ou seja: $\beta_2 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{ KL}$. Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_2 seja positivo: Um aumento no Capital/Trabalho deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto – PIBpm (e vice-versa).

O coeficiente β_3 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual dos Investimentos em Educação no período t (ano), ou seja: $\beta_3 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{ H}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_3 seja positivo: Um aumento nos Investimentos em Educação² deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto – PIBpm (e vice-versa).

v. Estimativas. Comentários às estimativas

⁴ O p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência: 0,05

⁵ Por hipótese, as restantes variáveis explicativas, no modelo, estão constantes.

$$\beta_2=0.59882, \beta_3=0.05734$$

As estimativas dos parâmetros confirmam os sinais previstos pela análise económica do modelo. Podemos afirmar que:

- Por cada aumento percentual do Capital/Trabalho o PIBpm aumenta 0.59882 por cento;
- Por cada aumento percentual dos Investimentos em Educação o PIBpm aumenta 0.05734 por cento;

vi. Teste de significância dos parâmetros

Parâmetro β_2

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_2 = 0$ vs. $H_1: \beta_2 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = 9.81$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,0001$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência, 0,05, rejeitamos a hipótese nula. O parâmetro β_2 é significativamente diferente de zero, ou seja, concluímos que existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e o Capital/Trabalho.

Parâmetro β_3

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_3 = 0$ vs. $H_1: \beta_3 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = 2.49$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,0417$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência, 0,05, rejeitamos a hipótese nula. O parâmetro β_3 é significativamente diferente de zero, ou seja, concluímos que existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e os Investimentos em Educação.

França

Dependent Variable: LOG(PIB_PER_FR)
 Method: Least Squares
 Date: 03/28/06 Time: 01:28
 Sample: 1988 1997
 Included observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.354347	0.674910	6.451746	0.0003
LOG(KL_PER_FR)	-0.282657	0.311802	-0.906526	0.3948
LOG(H_PER_FR)	1.044053	0.143481	7.276589	0.0002
R-squared	0.942031	Mean dependent var	3.767995	
Adjusted R-squared	0.925469	S.D. dependent var	0.118930	
S.E. of regression	0.032468	Akaike info criterion	-3.773774	
Sum squared resid	0.007379	Schwarz criterion	-3.682998	
Log likelihood	21.86887	F-statistic	56.87749	
Durbin-Watson stat	0.677326	Prob(F-statistic)	0.000047	

i. O modelo geral estimado é:

$$\hat{\text{LnPIBpm}} = 4.35435 - 0.28266 \hat{\text{KL}} + 1.04405 \hat{\text{H}}$$

ii. Teste de Aderência Global

Uma hipótese importante na definição dos modelos econométricos é o pressuposto de que as variáveis explicativas incluídas (no nosso caso, o Capital/Trabalho e o Capital Humano - Investimentos em educação) vão ser responsáveis pela explicação de uma parte substancial da variação da variável dependente (o PIBpm – Produto Interno Bruto a preços de mercado - por trabalhador ocupado).

Assim, é importante verificar se os dados que recolhemos suportam estatisticamente a presença das variáveis explicativas.

O teste estatístico que nos permite verificar esta hipótese denomina-se teste de aderência global.

Considere o presente modelo:

$$\text{Ln (PIBpm)} = \beta_1 + \beta_2 \text{Ln (KL)} + \beta_3 \text{Ln (H)} + \varepsilon_t$$

O teste de aderência global permite testar as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad \text{Vs.} \quad H_1: \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$$

Para o presente caso, a estatística de teste F tomou o valor 56.88 (F value no output). De acordo com o valor do p-value associado ao teste ($<0,0001$) podemos rejeitar a hipótese nula⁶.

É possível então afirmar que, as variáveis explicativas são, no seu conjunto, relevantes na explicação da variação do Produto Interno Bruto – PIBpm.

iii. Coeficiente de determinação, R²

O valor do coeficiente de correlação (R², ou R-square no output) é 94,20%.

Sabendo que o coeficiente de correlação mede a proporção de variação na variável dependente explicada por todas as variáveis explicativas do modelo, o valor obtido é bastante razoável. Este valor significa que, de acordo com a nossa amostra, apenas 5,80% da variação do PIBpm per-capita não pode ser explicada (devendo-se essa variação à variação do erro do modelo).

iv. Interpretação dos coeficientes

O coeficiente β_2 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual do Capital/Trabalho⁷ no período t (ano), ou seja: $\beta_2 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{KL}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_2 seja positivo: Um aumento no Capital/Trabalho deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto - PIBpm (e vice-versa).

O coeficiente β_3 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual dos Investimentos em Educação no período t (ano), ou seja: $\beta_3 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{H}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_3 seja positivo: Um aumento nos Investimentos em Educação² deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto - PIBpm (e vice-versa).

v. Estimativas. Comentários às estimativas

$$\beta_2 = -0.28266, \quad \beta_3 = 1.04405$$

A estimativa do parâmetro β_2 não confirma o sinal previsto pela análise económica do modelo. Podemos afirmar que:

- Por cada aumento percentual do Capital/Trabalho o PIBpm diminui 0.28266 por cento;

A estimativa do parâmetro β_3 confirma o sinal previsto pela análise económica do modelo. Podemos afirmar

⁶ O p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência: 0,05

⁷ Por hipótese, as restantes variáveis explicativas, no modelo, estão constantes.

que:

- Por cada aumento percentual dos Investimentos em Educação o PIBpm aumenta 0.05734 por cento;

vi. Teste de significância dos parâmetros

Parâmetro β_2

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_2 = 0$ vs. $H_1: \beta_2 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = -0.91$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,3948$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é superior ao nível de significância de referência, 0,05, aceitamos a hipótese nula. Concluimos que não existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e o Capital/Trabalho.

Parâmetro β_3

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_3 = 0$ vs. $H_1: \beta_3 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = 7.28$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,0002$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é superior ao nível de significância de referência, 0,05, aceitamos a hipótese nula. Concluimos que não existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e os Investimentos em Educação.

Finlândia

Dependent Variable: LOG(PIB_PER_FI)
 Method: Least Squares
 Date: 03/28/06 Time: 01:33
 Sample: 1988 1997
 Included observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.114514	0.047034	66.21770	0.0000
LOG(KL_PER_FI)	0.286804	0.022499	12.74760	0.0000
LOG(H_PER_FI)	0.449596	0.039139	11.48726	0.0000
R-squared	0.976237	Mean dependent var	3.634276	
Adjusted R-squared	0.969448	S.D. dependent var	0.128039	
S.E. of regression	0.022380	Akaike info criterion	-4.517961	
Sum squared resid	0.003506	Schwarz criterion	-4.427185	
Log likelihood	25.58980	F-statistic	143.7894	
Durbin-Watson stat	1.344798	Prob(F-statistic)	0.000002	

i. O modelo geral estimado é:

$$\text{LnPIBpm} = 3.11451 + 0.28680 \hat{KL} + 0.44960 \hat{H}$$

ii. Teste de Aderência Global

Uma hipótese importante na definição dos modelos econométricos é o pressuposto de que as variáveis explicativas incluídas (no nosso caso, o Capital/Trabalho e o Capital Humano - Investimentos em educação) vão ser responsáveis pela explicação de uma parte substancial da variação da variável dependente (o PIBpm – Produto Interno Bruto a preços de mercado - por trabalhador ocupado).

Assim, é importante verificar se os dados que recolhemos suportam estatisticamente a presença das variáveis explicativas.

O teste estatístico que nos permite verificar esta hipótese denomina-se teste de aderência global.

Considere o presente modelo:

$$\text{Ln (PIBpm)} = \beta_1 + \beta_2 \text{Ln (KL)} + \beta_3 \text{Ln (H)} + \varepsilon_t$$

O teste de aderência global permite testar as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad \text{Vs.} \quad H_1: \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$$

Para o presente caso, a estatística de teste F tomou o valor 143.79 (F value no output). De acordo com o valor do p-value associado ao teste ($<0,0001$) podemos rejeitar a hipótese nula⁸.

É possível então afirmar que, as variáveis explicativas são, no seu conjunto, relevantes na explicação da variação do Produto Interno Bruto – PIBpm.

iii. Coeficiente de determinação, R²

O valor do coeficiente de correlação (R², ou R-square no output) é 97,62%.

Sabendo que o coeficiente de correlação mede a proporção de variação na variável dependente explicada por todas as variáveis explicativas do modelo, o valor obtido é bastante razoável. Este valor significa que, de acordo com a nossa amostra, apenas 2,38% da variação do PIBpm per capita não pode ser explicada (devendo-se essa variação à variação do erro do modelo).

iv. Interpretação dos coeficientes

O coeficiente β_2 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual do Capital/Trabalho⁹ no período t (ano), ou seja: $\beta_2 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{KL}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_2 seja positivo: Um aumento no Capital/Trabalho deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto - PIBpm (e vice-versa).

O coeficiente β_3 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual dos Investimentos em Educação no período t (ano), ou seja: $\beta_3 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{H}$

Espera-se, de acordo com a teoria económica, que o sinal de β_3 seja positivo: Um aumento nos Investimentos em Educação² deve levar a um aumento do Produto Interno Bruto - PIBpm (e vice-versa).

v. Estimativas. Comentários às estimativas

$\beta_2 = 0.28680$, $\beta_3 = 0.44960$

As estimativas dos parâmetros confirmam os sinais previstos pela análise económica do modelo. Podemos afirmar que:

- Por cada aumento percentual do Capital/Trabalho o PIBpm aumenta 0.28680 por cento;

⁸ O p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência: 0,05

⁹ Por hipótese, as restantes variáveis explicativas, no modelo, estão constantes.

- Por cada aumento percentual dos Investimentos em Educação o PIBpm aumenta 0.44960 por cento;

vi. Teste de significância dos parâmetros

Parâmetro β_2

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_2 = 0$ vs. $H_1: \beta_2 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = 12.75$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,0001$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência, 0,05, rejeitamos a hipótese nula. O parâmetro β_2 é significativamente diferente de zero, ou seja, concluímos que existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e o Capital/Trabalho.

Parâmetro β_3

Hipóteses do teste: $H_0: \beta_3 = 0$ vs. $H_1: \beta_3 \neq 0$

Estatística de Teste: $t = 11.49$

Critério de decisão e decisão: $p\text{-value} = 0,0001$

Uma vez que, o p-value associado ao teste é inferior ao nível de significância de referência, 0,05, rejeitamos a hipótese nula. O parâmetro β_3 é significativamente diferente de zero, ou seja, concluímos que existe evidência estatística (nos dados) que sugere dependência entre Produto Interno Bruto e o Capital/Trabalho.

Teste de Auto-Correlação Contemporânea

Matriz de Variâncias e Covariâncias dos Parâmetros Estimados:

$$\Omega_{\beta_i}^{\wedge\wedge} = \begin{bmatrix} 0.000056 & 0.000028 & 0.000062 \\ 0.000028 & 0.000738 & 0.000060 \\ 0.000062 & 0.000060 & 0.000351 \end{bmatrix}$$

$H_0: \delta_{12} = \delta_{21} = \delta_{32} = 0$ vs. $H_1: \delta_{12} \neq 0 \vee \delta_{21} \neq 0 \vee \delta_{32} \neq 0$

Estatística λ : $\lambda = 0.000002361$

Valor crítico do Qui-Quadrado: 7.81473

Decisão: Como o valor obtido da Estatística λ se situa fora da região do Qui-Quadrado então não existe Auto-Correlação Contemporânea logo não rejeitamos a hipótese nula sendo escusado aplicar o Método de Equações Aparentemente Relacionadas uma vez que o Método dos Mínimos Quadrados Individuais apresenta valores mais precisos.

5 - Análise dos Resultados

Dado os resultados obtidos no teste de auto-correlação contemporânea, justifica-se a utilização do método dos mínimos individuais (MQI). Este método é o que apresenta resultados mais precisos uma vez que não existe auto-correlação contemporânea, logo escusado será aplicar o método de equações aparentemente relacionadas.

Como podemos observar pelos dados estimados em MQI para Portugal, os valores dos parâmetros $\beta_2=0.59882$ e $\beta_3=0.05734$ vão de encontro à Teoria Económica.

O coeficiente β_2 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual do Capital/Trabalho¹⁰ no período t (ano), ou seja: $\beta_2 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{KL}$

O coeficiente β_3 representa a variação percentual do PIBpm resultante de uma variação percentual dos Investimentos em Educação no período t (ano), ou seja, $\beta_3 = \partial \text{ PIBpm} / \partial \text{H}$. De acordo com a teoria económica o parâmetro estimado de β_3 indica-nos que um aumento no Investimentos em Educação leva a um aumento do Produto Interno Bruto (PIBpm). Igual situação se verifica relativamente aos parâmetros estimados para a Finlândia.

Relativamente à França observamos uma situação inesperada que contradiz a Teoria Económica, ou seja, um aumento no Capital/Trabalho traduz-se numa diminuição do Produto Interno Bruto, com o parâmetro β_2 a apresentar um valor negativo. Este aspecto requer futura análise.

¹⁰ Por hipótese, as restantes variáveis explicativas, no modelo, estão constantes.

6 - Conclusões

Em qualquer dos países analisados verificamos que as variáveis escolhidas para a estimação do modelo são explicativas da evolução do Produto Interno Bruto com níveis de significância de aproximadamente 98% para os países em estudo, o que pressupõe evidência estatística (R-squared).

Os resultados obtidos no estudo realizado levam-nos a concluir que a consideração dos Investimentos em Educação é um factor imprescindível para o desenvolvimento económico, sendo uma das principais componentes que contribuem para a definição do Capital Humano. Embora a maioria dos estudos econométricos levados a cabo para tratar de quantificar o crescimento económico (Produto Interno Bruto) introduzam como variável “proxy” do Capital Humano as taxas de escolarização da população, ou o nível educacional da população activa, verifica-se que não é suficiente, levando alguns autores a sugerir outras alternativas entre as quais está a inclusão dos Investimentos em Educação¹¹. Esta abordagem comprova-se no estudo por nós realizado onde com a inclusão desta variável (Investimentos em Educação) em conjunto com a variável Capital/Trabalho explica o Modelo quase na totalidade.

Tal como já observado noutros estudos sobre o tema, o nosso estudo leva-nos a concluir que para alcançar um crescimento económico sustentado é necessário incrementar investimento público em educação.

Por inferência, verificamos que a “Economia do Conhecimento” representa aproximadamente 6% do Produto Interno Bruto em Portugal, enquanto que na Finlândia é de aproximadamente 44%.

Constata-se ainda, que a posição de Portugal no ranking da OCDE nas componentes de investigação e desenvolvimento (0,79% do PIB contra 1,9% da média europeia, 9% no caso da Finlândia) denota a fraca competitividade de Portugal. O número de investigadores em Portugal, representa cerca de metade da média europeia (3,4 em Portugal contra 29 na Finlândia em per milagem da população activa). Esta desproporção torna-se ainda mais relevante quando colocada em confronto com a dinâmica de crescimento noutros países e com as metas europeias para 2010 definidas na Estratégia de Lisboa (3% do PIB em Investigação e Desenvolvimento e 8 investigadores por mil activos).

O desenvolvimento científico dos países é um garante do enraizamento de uma cultura exigente de avaliação e de qualidade. O aumento dos investimentos em educação e investigação e desenvolvimento são uma necessidade premente para vencer o atraso científico, condição imprescindível para o nosso progresso económico e social.

A realização de futura investigação, incluindo todos os países da OCDE e séries temporais para um período mais alargado torna-se necessária, especialmente para determinar a posição competitiva de Portugal no contexto da União Europeia. Para isso, poderão ser utilizados os dados publicados pela OCDE e Eurostat relativamente às componentes de educação. A inclusão de uma terceira variável (componente de ciência e tecnologia) também é um aspecto importante para uma futura análise.

¹¹ Investimentos em Educação (primária, secundária e universitária) e Investigação e Desenvolvimento

Bibliografia

1. Griffiths, W. E., Hill, R. C. e Judge, G. G. (1993) Learning and Practicing of Econometrics, John Wiley and Sons.
2. Johnston, Jack; Dinardo, Jonh (2000) Métodos Econométricos, 4ª edição, McGraw Hill.
3. Kyriacou (1991) Level and Growth Effects of Human Capital : a Cross-Contry Study Economic Journal nº 49.
4. Mankiw, G.N., Romer, D. , Weil, D.N. (1992), A contribution of the empirics of economic growth.
5. Vilares, M. (1989). Equivalência entre os Estimadores SURE e os Estimadores de Máxima Verosimilhança. Economia, Vol. XIII.
6. Ahmed Driouchi, El Mustapha Azelmad, Gary C. Anders. Journal of Technology Transfer. Indianapolis: Mar 2006.Vol.31, Iss. 2; pg. 241. An Econometric Analysis of the Role of Knowledge in Economic Performance
7. Silvia Pasqua. Review of Economics of the Household. Dordrecht: Sep 2005.Vol.3, Iss. 3; pg. 291. Gender Bias in Parental Investments in Children's Education: A Theoretical Analysis
8. Riccardo Crescenzi. Growth and Change. Lexington: Fall 2005.Vol.36, Iss. 4; pg. 471. Innovation and Regional Growth in the Enlarged Europe: The Role of Local Innovative Capabilities, Peripherality, and Education