CAPITAL HUMANO E GERAÇÃO DE INOVAÇÃO: Uma análise para

países em diferentes níveis de desenvolvimento tecnológico (2000/2012) [[1]](#footnote-1)

**Fabio Gama**

**Doutorando em Economia pelo PPGE/UFJF**

**Suzana Quinet de Andrade Bastos**

**Professora do PPGE/UFJF**

**Bolsista de Produtividade Cnpq**

**Guilherme Silva Cardoso**

Bolsista de Iniciação Cientifica da FE/UFJF

Área 9 – Economia Industrial e da Tecnologia.

Sumário

A partir da Teoria do Crescimento Endógeno e de Schumpeter, o objetivo do presente estudo é verificar a relação entre capital humano e geração de inovação tanto para países tecnologicamente desenvolvidos (Grupo 1) quanto em países tecnologicamente subdesenvolvidos (Grupo 2) mediante a elaboração de um modelo econométrico para o período de 2000 a 2012. Os resultados mostram que para o Grupo 1, a variável Escolaridade Média da População Adulta, variável *proxy* de capital humano, juntamente com as variáveis Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (*P&D*) defasados em um período, Poupança Bruta dos países, Investimento Estrangeiro Direto e tamanho da Força de trabalho são influentes nos Pedidos Internacionais de Patentes. Para o Grupo 2 o Investimento Estrangeiro Direto e o tamanho da força de trabalho são influentes nos pedidos estrangeiros de patentes. Verifica-se, portanto, que o capital humano influi positiva e significativamente na geração de inovação apenas para o grupo dos países tecnologicamente desenvolvidos, mostrando-se irrelevante quanto ao grupo formado por países tecnologicamente subdesenvolvidos.

Palavras chaves: capital humano; inovação; desenvolvimento.

**Abstract**  
From the Endogenous Growth Theory and Schumpeter, the aim of this study is to investigate the relationship between human capital and generation of innovation for both countries technologically developed (Group 1) and technologically underdeveloped (Group 2) by developing an econometric model for the period 2000 to 2012. The results show that for Group 1, the variable Education average of Adult Population, proxy variable for human capital, along with the variables Spending on Research and Development (R & D) lagged in one period, Gross Savings of the countries, foreign direct investment and size of workforce are influential in the Applications of International Patent. For Group 2 Foreign Direct Investment and the size of the workforce are influential in foreign patent applications. It appears therefore that human capital influences positively and significantly in generating innovation only for the group of countries technologically developed, being irrelevant to the group formed by countries technologically underdeveloped

Key words: human capital; innovation; development.

**Classificação JEL: R11, 041, 015**

INTRODUÇÃO

O conjunto de atividades organizadas entre agentes econômicos nos mercados altera-se com o tempo. A vida econômica sob a ótica de um fluxo circular entendida, pela concepção neoclássica, como o conjunto de interações dos agentes dentro de uma perspectiva de equilíbrio atribuída ao mercado, passa por mudanças descontínuas e não necessariamente mantém seus padrões de curso tradicional.  As mudanças observadas seriam, para Schumpeter (1982), a caracterização do processo do desenvolvimento econômico que, em outras palavras, poderia ser descrito pela introdução de fatores que ainda há pouco não faziam parte das relações econômicas.

O fenômeno do desenvolvimento aconteceria por meio de novas combinações, o sentido pioneiro de empregar diferentes recursos de uma maneira diferente com o objetivo de criar coisas novas. A introdução de um novo bem, ou uma nova qualidade de um bem, os quais ainda não são familiares aos consumidores, é o exemplo que melhor define tal desenvolvimento. Defenderia Schumpeter (1982), porém, que tais mudanças acontecem no âmbito industrial e comercial e não na esfera das necessidades dos consumidores finais.

[...] é o produtor que, via de regra, inicia a mudança econômica, e os consumidores são educados por ele, se necessário; são, por assim dizer, ensinados a querer coisas novas, ou coisas que diferem em um aspecto ou outro daquelas que tinham o hábito de usar (SCHUMPETER, 1982, p.48)

Para Schumpeter (1982), eram os diferentes métodos de combinações que seriam capazes de mudar a face do mundo econômico, e não determinado volume de poupança ou aumentos na quantidade disponível de mão-de-obra agindo isoladamente[[2]](#footnote-2).

A modificação, de tempos em tempos, do equilíbrio da economia era então ocasionada por meio do desenvolvimento; caracterizado por movimentos espontâneos que emergiam de dentro do sistema econômico, não incumbindo aos efeitos sociais como, por exemplo, mudanças estruturais resultantes de guerras, mudanças políticas, dentre outros. Trata-se de mudanças que haveriam de ter, portanto, um responsável maior; aquele que sustenta a base destas transformações econômicas.

Há de se pressupor que tal responsável haveria de ter afinidade com a criação e alta capacidade perceptiva do funcionamento daquilo que o cerca tendo, assim, o tato para inovar. Este seria o “empresário schumpeteriano” que descobre, executa e conclui novas combinações – os chamados empreendimentos. Ao papel do empresário, portanto, não é atribuída a necessidade de vínculo permanente à empresa individual, o diferenciando de dirigentes e administradores de negócios.

É de seu talento e conduta proativa que faz despertar a atenção dos capitalistas e banqueiros – os financiadores da inovação por meio de seu poder sobre os fatores de produção e do “capital-dinheiro”. Schumpeter (1982) considera estes papéis fundamentais para o desenvolvimento econômico – quanto sua relação no processo, o agente financiador assumiria também os riscos e os possíveis retornos dos investimentos. Para o autor, sobre o empresário inovador não se atribuiriam lucros ou prejuízos, pois os mesmos não se estabelecem no fluxo circular da economia, mas sim, encontram-se representados pelos dirigentes e administradores de negócios.

Para Schumpeter (1982), até início do século XIX, a maior parte dos economistas de fato não conseguir distinguir o empresário do capitalista porque não havia distinção das duas coisas para o industrial da época. O empresário é aquele que cria novas combinações, e apesar de haverem casos em que o próprio exerça funções paralelas como a de capitalista, o indivíduo perderia seu papel de empresário assim que se estabelecesse e dirigisse seu próprio negócio de maneira exclusiva.  O empresário inovador não possui classe social e nem de fato uma profissão, mas seu sucesso certamente o levaria, juntamente com sua família, a certas posições de classe; como a capitalista ou a de dono do próprio negócio, de forma a permitir que o fator herança facilite o empreendimento adicional dos descendentes; porém a função de empresário nunca poderia ser herdada.

O desenvolvimento descrito em Schumpeter (1982) estaria atrelado a mudanças qualitativas substanciais, admitindo espaço para a aleatoriedade e, por conta disto, não aborda a questão da formação, endógena, do empresário inovador. Haveria, portanto, pré-requisitos necessários para que se formasse este tipo de sujeito, uma vez que seu papel é fundamental para o desenvolvimento econômico, mas, todavia, não possui especificações quanto sua classe social e nem profissão?

Ou seja, ele é um profissional com estoque de conhecimento formal, como indicam as evidências dos modelos de crescimento endógeno? Mais especificamente – o empresário schumpeteriano que modifica a estrutura de uma economia por meio da inovação pode ser comparado ao capital humano da teoria do crescimento endógeno, que com seu estoque de conhecimento, amplia a produtividade de trabalho e atua no desenvolvimento de novos produtos e processos de produção?

Dentro deste contexto o objetivo do trabalho é verificar a relação entre capital humano e geração de inovação tanto em países tecnologicamente desenvolvidos quanto em países tecnologicamente subdesenvolvidos. Para este fim, utiliza-se da metodologia de análise de Dados em Painel com controle de Efeitos Específicos para 43 países divididos em dois grupos de acordo com o *ranking* global de depósitos de patentes, tendo como base o período de 2000 a 2012.

Os países são divididos em dois grupos de acordo com o posicionamento no ranking global de depósitos de patentes (PCT). O Grupo 1, formado por Estados Unidos, Alemanha, França, Japão, Suíça, Holanda e Reino Unido; é considerado o grupo dos países desenvolvidos devido a média[[3]](#footnote-3) dos depósitos internacionais representarem, no período de 2000 a 2012, aproximadamente 78% de todo patenteamento global. No Grupo 2, a soma das médias dos trinta e seis países compõe cerca de 21% do patenteamento global, considerado, assim, o grupo subdesenvolvido em inovação.[[4]](#footnote-4)

Os resultados indicam que o nível de educação impacta positivamente na produção de inovações do Grupo 1. Para o Grupo 2, entretanto, o coeficiente de educação mostra-se não significativo e próximo de zero na regressão. Além disso, vale observar que, em média, o Grupo 1 tem maior nível de PIB *per capta*, e o crescimento do produto é positivamente correlacionado com o crescimento de patentes no período de 2000 a 2012. Pressupõe-se, portanto, que o maior nível de educação implica em uma maior “geração” de empresários inovadores, fato que acarreta em maior produção de bens e serviços e, consequentemente maior crescimento econômico.

O trabalho divide-se da seguinte forma: além desta introdução o tópico segundo desenvolve o referencial teórico. Os tópicos seguintes apresentam a base de dados, a metodologia, análise dos resultados e as considerações finais.

TEORIA DO CRESCIMENTO

A teoria do crescimento teve como base os trabalhos pioneiros de Harrod (1939) e Domar (1946). Neste trabalho os autores procuram relacionar o crescimento pelo lado da oferta ao crescimento pelo lado da demanda, tendo como principais determinantes o investimento (capital físico) e a força de trabalho. O equilíbrio macroeconômico do modelo Harrod-Domar ocorre quando a taxa de crescimento do produto e do estoque de capital crescem à taxa garantida (Gw). Apesar dos avanços teóricos, este enfrentava alguns problemas para explicar o comportamento do crescimento econômico dos países. Um desses problemas é que, caso a taxa de crescimento da demanda por investimento diferisse em um dado período de tempo da taxa de crescimento da oferta de bens de capital, forças expectacionais garantiam que estas não tomassem a mesma trajetória no longo prazo. Assim, surgiram críticas ao modelo Harrod-Domar, pois, dado o aporte teórico neoclássico da época, tornara-se impossível aceitar que as taxas de crescimento das economias pudessem divergir por longos períodos.

A fim de resolver os obstáculos enfrentados pelo modelo, Solow (1956) adiciona a taxa de crescimento da tecnologia ao modelo Harrod-Domar. Segundo Solow, tanto trabalho quanto a tecnologia cresciam a taxas constantes e exógenas ao longo do tempo. Além da introdução do progresso tecnológico, Solow (1956) acrescenta o conceito de produtividade marginal decrescente dos fatores de produção que garante que os choques de demanda na economia são mitigados pela variação dos juros do capital e salários. Assim, haveria uma tendência para que as economias crescessem a uma taxa constante no tempo.

Ao longo das décadas de 1960 e 1970 o modelo de Solow serviu de base para a introdução de novos modelos, a se destacar os modelos de Ramsey-Cass-Koopmans (1965) e o modelo de gerações sobrepostas desenvolvido por Diamond (1965)[[5]](#footnote-5), entretanto ambos não conseguiram explicar a elevada e persistente disparidade de crescimento das economias no período. Assim, ao longo da década de 1980 surgiram os modelos endógenos, os quais procuravam explicar as disparidades de crescimentos via tratamento do progresso técnico como um fator endógeno às relações econômicas.

Em sua maioria os modelos endógenos tinham como base a acumulação do conhecimento para explicar as disparidades de crescimento entre os países. Por exemplo, Arrow (1962), afirma que o aprendizado é um produto da experiência e é adquirido na repetição no modo de produzir determinado bem, o *learning-by-doing*. Já Romer (1986) afirma que a acumulação de conhecimento parte da acumulação de capital físico, o que permite produzir bens de forma mais eficiente. Apesar do avanço dos modelos, faltava a estes um tratamento mais formal a respeito do capital humano, isto é, os autores não desenvolveram uma análise formal de como se forma e se espraia o capital humano na economia.

O modelo de Lucas (1988) possui uma estrutura similar ao de Romer (1986) ao considerar o investimento em capital humano como o ato propulsor das externalidades positivas, mediante aumentos no nível de tecnologia. O capital humano é caracterizado como um fator acumulável; no sentido em que se define a soma de habilidades dos indivíduos dada por meio de atividades sociais envolvendo grupos de pessoas; algo que é incorporado ao indivíduo. Em Lucas (1988), a acumulação de capital humano pode se dar por meio da escolaridade e também do capital humano especializado por meio do *learning-by-doing,* o conhecimento adquirido com a prática.

Supõe-se, no modelo,a acumulação de capital humano conforme (1):

(1)

Sendo o capital humano individual, mensurado pelo nível geral de suas habilidades e , portanto, a taxa que proporcionará o crescimento do estoque de . O termo refere-se à fração de tempo gasta por um indivíduo para a produção do bem final no período sendo a fração de tempo gasta na aquisição de habilidades.

De acordo com a equação (1), se nenhum esforço é dedicado à acumulação de capital humano, , então nada se acumula. Se todo o esforço é dedicado a esta finalidade,, cresce a sua taxa máxima . Entre estes dois extremos, não há diminuição nos retornos do estoque de : uma determinada percentagem de aumento em requer o mesmo esforço, sem depender do nível de alcançado.

Lucas (1988) argumenta, entretanto, que, se nada deste capital for passado ​​para as gerações mais jovens, o estoque “do agregado doméstico” iria (com uma demografia fixa) permanecer constante. Exemplificando a equação para uma família, assume-se que o capital humano de cada indivíduo segue esta equação e que o nível inicial com que cada novo membro começa é proporcional ao nível já atingido por membros mais velhos da família. Lucas (1988) considera este fato uma instância da afirmação de que acumulação de capital humano é resultado de atividade social, envolvendo grupos de pessoas de uma forma e sem contrapartida na acumulação de capital físico. Segundo Dias e Lima (2005), o modelo de Lucas (1988), ao retratar efeitos de espraiamento do capital humano, consagra a importância deste no crescimento sustentado ao demonstrar os efeitos das externalidades da acumulação de capital humano realizada no setor educacional sobre a produtividade da economia, considerando que tais efeitos mais do que justificam os investimentos público em educação, devido o ganho social advindo destes investimentos.

Desta forma, de acordo com a equação (1), um possível choque positivo em influenciado por uma determinada causa política ou social que impacte na maior acumulação de capital humano, neste caso representado pelo aumento do nível de escolaridade de determinada população, pode, supondo-se constante a alocação individual do tempo destinado à produção do bem final [[6]](#footnote-6), elevar a acumulação sequente do capital humano em determinada sociedade. O impacto deste aumento na variação dependerá, portanto, do tamanho da taxa , que além da definição apresentada em Higachi e Clemente (2000), tida como a taxa máxima de crescimento do estoque , aborda, no fundamento original de Lucas (1988), a eficiência do processo de interação social, uma espécie de mecanismo de transmissão que permitirá a proporcionalidade do capital humano dentre as gerações de cada país.

Lucas (1988) exemplifica que se toda acumulação de capital humano fosse do tipo “learning-by-doing”, o crescimento do capital humano se daria em proporção ao esforço da parcela de mão de obra destinada a produção do bem, de modo que o crescimento deste seja de acordo com a tecnologia do bem em questão – bens de alta tecnologia contribuiriam mais para o crescimento do capital humano quando do tipo “learning-by-doing”.

Apesar disto, Hecker (2005) ressalta, no contexto prático, o papel da escolaridade ao afirmar que os trabalhadores típicos das firmas de alta tecnologia[[7]](#footnote-7) precisam de um conhecimento aprofundado das teorias e princípios da ciência, engenharia, matemática e tecnologia subjacentes; um conhecimento geral adquirido por meio da educação escolar além do segundo grau de ensino especializada em algum campo da tecnologia que conduziria a uma qualificação que varia de um profissional certificado a um diploma de doutorado. Ainda sobre suas características, o autor descreve que alguns destes trabalhadores são envolvidos em P& D, aumentando o conhecimento científico e usando-o para desenvolver produtos e processos de produção; outros aplicando a tecnologia em outras atividades, incluindo a concepção de equipamentos, processos e estruturas; aplicações informáticas; vendas, compras e marketing; gestão da qualidade; e a gestão destas atividades. Observa-se nesta definição a coerência com o capital de pesquisa descrito em Romer (1986).

Trabalhos empíricos

Na literatura internacional, Griliches (1979, 1990) ao esboçar uma abordagem da função de produção para a estimação do retorno de P&D argumenta sobre a razoabilidade de avaliar a capacidade tecnológica a nível regional por meio do uso de estatísticas de patentes.

Com o objetivo de investigar os determinantes dos pedidos estrangeiros de patentes de origem no G7 (Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão, Reino Unido) e destino nos BRICs (Brasil, Rússia, Índia, China), Borschein (2009) utiliza como variável dependente a variável de patentes disponibilizada pelo WIPO; que mede a quantidade de pedidos internacionalizados de depósito de patentes; via Tratado de Cooperação de Patentes (PCT).

Mankiw, Romer e Weil (1992) avaliam que as implicações empíricas do Modelo de Solow apresentam um bom desempenho, mas reconhecerem que a mão-de-obra de diferentes economias possuem diversos níveis de instrução e qualificação; incluindo, assim, o capital humano no modelo. Os autores atribuem os investimentos em capital humano representados por variáveis de educação e apesar de ignorada a possibilidade de dispêndios empresariais em qualificação dos trabalhadores ou os investimentos destinados à saúde e qualidade de vida, que também se adequariam ao capital humano, admite-se que uma vez positiva a correlação da educação com os investimentos em capital humano, este estaria representado na equação.

Tendo o trabalho de Mankiw, Romer e Weil (1992) e entre outros, como Barro e Lee (2001) e De la Fuente and Domenech (2002) como referência para a crítica; Cohen e Soto (2007) apresentam uma nova metodologia para a utilização de base de dados referentes a anos de escolaridade por idade como medida de capital humano. A principal fonte que lhes permitiram tal alcance foi a base de dados educacional da OECD; além dos censos de pesquisas publicados pelo anuário de estatística da Unesco e também censos obtidos diretamente das agências de estatísticas nacionais dos outros países.

Queirós (2014) apresenta um estudo empírico sobre crescimento econômico por meio da estimação econométrica de dados em painel à la Mankiw, Romer & Weil (1992). Com uma amostra de 30 países, estima-se, discernindo-os em grupos quanto ao nível de industrialização, os efeitos diretos e indiretos do capital humano, representado pela escolaridade média da população acima dos 25 anos, no crescimento econômico.

Ao analisar efeitos do crescimento da renda nas instituições democráticas dos países, Moral-Benito–Bartolucci (2012) evidenciam efeitos não-lineares da renda na democracia mesmo após o controle de efeitos específicos de cada país; além de evidenciarem diferença nos efeitos para cada classificação de países. Utilizam, também, da base de dados de Barro e Lee (2010) para escolaridade média da população em idade adulta como *proxy* de capital humano.

Jaffe (1986, 1989) evidencia que patentes, lucros e valor de mercado das firmas estão sistematicamente relacionados com a “posição tecnológica” destas em programas de pesquisa e desenvolvimento. Destaca o papel da tecnologia ao demonstrar efeito significativo da pesquisa universitária em patentes de determinadas corporações, particularmente nas áreas de medicamentos e tecnologia médica, eletrônicos, óptica e tecnologia nuclear. Além disso, analisa o efeito indireto da pesquisa universitária sobre a inovação local por meio da indução de despesa em P&D industrial.

Montenegro e Betarelli Junior (2008) ao analisarem os principais fatores que determinam o comportamento das inovações nos municípios do estado de São Paulo inserem em sua regressão variável poupança (POUPP) como justificativa a concepção de Schumpeter (1982) que relaciona o crédito ao processo inovativo por parte dos empresários inovadores. Para os autores, a poupança representa um papel importante na aquisição de novos meios de produção e na estrutura econômica da região.

Bornschein (2009) relaciona a utilização do Investimento Estrangeiro Direto (IED) para os determinantes de pedidos estrangeiros de patentes dos países do G7 nos BRICS ao fato das interações de comércio serem cada vez mais globalizadas, onde empresas internacionalizadas focadas em tecnologia e inovação, e orientadas para o mercado externo demandam patentes em um número grande de países, que em troca oferecem sistemas de patentes eficientes, se quiserem atrair os investimentos externos, e encorajar o desenvolvimento local.

A despeito da utilização da variável que mede a quantidade da força de trabalho em todos os setores de cada país, Glaeser *et alli* *apud* Montenegro (2008) argumentam que as atividades econômicas com elevado grau da população ocupada proporcionam um efeito na urbanização, com taxas de crescimento em diferentes setores da indústria. Por conta das externalidades geradas, seus efeitos acabam influenciando as firmas, estimulando ainda mais a competição.

# BASES DE DADOS E ANÁLISE DESCRITIVA

As variáveis utilizadas para a construção do exercício empírico foram escolhidas com base nos trabalhos empíricos (secção 2.1). Os dados são relativos aos anos de 2000 a 2012.

A variável dependente é depósitos de patentes do tipo Propriedade Intelectual relatados via Tratado de Cooperação de Patentes (PCT) sob responsabilidade do World Intellectual Property Organization (WIPO)[[8]](#footnote-8). As variáveis explicativas são: i) Escolaridade média da população adulta; ii) Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); iii) Nível de Poupança bruta dos países; iv) Investimento Estrangeiro Direto e v) Tamanho da Força de Trabalho dos países.

Em termos formais, o modelo pode ser apresentado pela equação (2):

(2)

Na literatura internacional, Griliches (1990) argumenta sobre a razoabilidade de avaliar a capacidade tecnológica a nível regional por meio do uso de estatísticas de patentes; apesar de algumas dificuldades de cunho interpretativo. Assim, como *proxy* de inovação, a variável dependente Pedidos de Patentes via Tratado de Cooperação de Patentes (PCT) é utilizada para classificar os países quanto ao seu grau inovador. Espera-se maior número de empresários inovadores além de firmas concorrendo para obtenção de patentes de suas descobertas e inovações de produto, para que por meio da vantagem tecnológica, alcancem maiores lucros.

Para representar o capital humano, baseado principalmente em Lucas (1988) e Hecker (2005), utiliza-se a variável “Escolaridade média da população com mais de 25 anos” de Barro & Lee (2014). Espera-se relação positiva com a variável dependente na regressão, pois o maior nível de educação permite maiores taxas de crescimento do capital humano e maior emprego de mão de obra em firmas de alta tecnologia nos respectivos países.

Tendo como referência Griliches (1979) e Jaffe (1986, 1989), a variável *PD1* representa o gasto bruto doméstico anual dos países em P&D medidos em milhares da moeda local retirada do UnescoData Centre (2015). Espera-se relação positiva desta variável com a variável dependente devido ao fato do gasto em pesquisa e desenvolvimento dos países mostrar-se como investimento para a criação futura de produtos inovadores. Utiliza-se a variável defasada em um período de um ano na regressão, pois, segundo Acs, Fitzroy & Smith (1998), há evidências da relação desagregada e defasada do P&D universitário como determinante do emprego de alta tecnologia

A variável *IED*, medida em milhões de dólares a preços correntes e a taxa de câmbio correntes, representa o Investimento Estrangeiro Direto dos países e, assim como em Borschein (2009, apud Greenhalgh; Dixon, 2002), retira-se de UNCTADSTAT - Nações Unidas (2015). Espera-se relação positiva com a variável dependente, pois segundo Borschein (2009), o IED é necessário para encorajamento, desenvolvimento e eficiência dos sistemas de patentes local nos países que ofertam patentes, tecnologia e inovação.

A variável *POUP* representa a medida de poupança bruta dos países como porcentagem do PIB, retirada do Banco Mundial (2015), possui relação esperada positiva com a variável dependente, pois, o nível de poupança bruta das nações influencia positivamente o crédito bancário que, na concepção de Schumpeter (1982), possui importante relação com o processo inovativo. (MONTENEGRO, 2008)

A variável *FTRAB* representa a força de trabalho medida em milhares com ambos os sexos e todos os setores de atividades agrupados e retira-se de UNCTADSTAT - Nações Unidas (2015). Segundo Montenegro (2008, *apud* Glaeser *et alli*, 1992), as atividades econômicas com elevado grau da população ocupada proporcionam um efeito na urbanização, com taxas de crescimento em diferentes setores da indústria. Por conta das externalidades, seus efeitos influenciam as firmas, estimulando ainda mais a competição entre si.

A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos dados que expõe a dimensão quantitativa de cada variável para cada conjunto de países[[9]](#footnote-9). É interessante notar que apesar dos resultados das médias serem superiores para todas as variáveis do Grupo 1, a heterogeneidade dos países que compõe o segundo grupo é evidente. Como todas as variáveis possuem efeito esperado positivo, os valores máximos de cada variável do Grupo 2 demonstram que este é composto por alguns países que possuem características similares aos do primeiro grupo. Entretanto os valores mínimos confirmam características opostas para outros. As amplitudes e o desvio-padrão das variáveis do Grupo 2 são, portanto, na totalidade, maiores do que as do primeiro.

TABELA 1 – Estatísticas descritivas das variáveis

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sigla | Grupo 1 | | | | | Grupo 2 | | | | |
| Média | Mínimo | Máximo | Desvio padrão | Obs. | Média | Mínimo | Máximo | Desvio padrão | Obs. |
| lnpat | 7,00795 | 5,8636 | 8,9316 | 0,8296 | 91 | 3,3343 | 0 | 6,4892 | 1,6969 | 450 |
| lnescola | 2,440 | 2,2544 | 2,5967 | 0,0931 | 91 | 2,2604 | 1,4838 | 2,5771 | 0,2313 | 458 |
| lnpd1 | 18,00 | 15,9061 | 23,6 | 2,4161 | 79 | 16,6038 | 9,3323 | 24,633 | 2,5031 | 407 |
| lnied | 13,27 | 10,7388 | 15,0828 | 1,0599 | 91 | 11,2482 | 6,2095 | 13,7825 | 1,4201 | 443 |
| lnpoup | 3,14 | 2,5059 | 3,6635 | 0,2686 | 91 | 3,1228 | 1,1521 | 3,9768 | 0,3801 | 465 |
| lnftrab | 10,24 | 8,2914 | 11,9948 | 1,1279 | 91 | 8,9847 | 5,0663 | 13,6076 | 1,828 | 455 |

Fonte: Elaboração própria

METODOLOGIA

Para que haja consistência dos estimadores em um painel de dados, deve-se atentar para as hipóteses de identificação do modelo. Dado que a estimação deva fornecer Betas consistentes, o modelo de mínimos quadrados agrupados (POLS) deve atender a condição de exogeneidade condicional, qual o termo de erro do modelo não pode estar correlacionado com nenhuma das variáveis explicativas da cross- section.

(3)

(4)

Entretanto, o modelo POLS não possibilita segregar a variância do erro aleatório da variância do efeito específico dos países, gerando o problema de endogeneidade caso existam efeitos não observados tais como aspectos culturais, institucionais, dentre outros. Esse problema pode ser devido à omissão de uma variável relevante para explicar o modelo por não conseguir ser observada pelo pesquisador; gerando, assim, estimativas inconsistentes e nada podendo concluir sobre os resultados encontrados.

A fim de solucionar o problema de variável omitida, o uso do painel de dados possibilita estudar populações que contém um efeito não observado constante no tempo. Nesse modelo, é possível segregar a parte da variância do resíduo que é composta pelo erro aleatório e a parte que é composta pelo efeito específico com características de cada um dos países. Dessa maneira o modelo gera estimadores com menores variâncias e mais eficientes, mantendo a consistência ao garantir que as hipóteses de identificação sejam atendidas.

A existência de efeitos não observados que enviesam as estimativas por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) pode ser constatada por meio da aplicação do teste de Breusch-Pagan (1980). Os autores derivam uma estatística usando o principio do multiplicador de Lagrange em conjunto com a verossimilhança, cuja hipótese nula é a não existência de efeitos não observados. Comprovada a existência de efeitos não observados, é possível utilizar efeitos fixos (EF) ou efeitos aleatórios (EA), que são denominados de Métodos de Efeitos Específicos por considerarem e tratarem os efeitos não observados nos objetos da estimação.

O modelo linear de dados em painel pode ser representado por (5):

(5)

Sendo o subscrito *i* referente aos diferentes países e o subscrito *t* demarcando o período de tempo. *Y* é a variável de interesse, *X* é o vetor *1 x k* de variáveis explicativas, é o vetor *k x 1* de coeficientes a serem estimados. O termo denota os efeitos não observados específicos a cada unidade de cross-section.

A escolha entre adotar o método de Efeitos Fixos ou de Aleatórios está na existência ou não de autocorrelação entre a variável de efeito específico e as variáveis explicativas.

Uma das hipóteses de identificação do modelo de Efeito Aleatório envolve que a autocorrelação entre as variáveis explicativas e o efeito específico seja nula, ou zero, e tem-se que o termo de erro seja tratado com uma variável aleatória. Essa hipótese assume ortogonalidade e não relação entre os efeitos específicos de cada país*, ,* e a variável de capital humano, tornando o modelo bastante restritivo.

EA1: (6)

(7)

Quando é identificada a presença de variáveis omitidas não-observadas fixas no tempo que são correlacionadas com as variáveis explicativas, tem–se o caso de efeitos fixos. No modelo de Efeitos Fixos, as hipóteses de identificação permitem que haja autocorrelação arbitrária entre o efeito específico não observado e as variáveis explicativas, tornando o modelo bem menos restritivo que o de Efeitos Aleatórios, isto é, que características não observáveis de cada um dos países podem afetar o nível de pedidos de suas patentes internacionalmente[[10]](#footnote-10).

O modelo de Efeitos Fixos é explicitado em (4):

(8)

EF1: (9)

Vale ressaltar que ambos os métodos, tanto de Efeitos Fixos quanto de Efeitos Aleatórios apresentam exogeneidade estrita nas hipóteses de identificação, demonstrando que choques ocorridos em anos diversos, não podem afetar o resultado do ano corrente da cross-section. Essa hipótese é muito mais forte que apenas assumir exogeneidade contemporânea, conforme exigida pelo modelo POLS. O método de Efeitos Fixos é também mais robusto que o modelo de Efeitos Aleatórios devido a não inclusão de fatores constantes no tempo na regressão; há necessidade de incluir variáveis que não são fixas no tempo, pois o método de estimação de efeitos fixos envolve a estimação *within* removendo o efeito específico e todas as variáveis fixas no tempo. O estimador *within* utiliza a variação no tempo dentro de cada cross- section.

Para Woodridge (2013) a questão chave na escolha entre efeitos fixos e efeitos aleatórios é verificar se esão correlacionados. Para checar se existe correlação entre e as variáveis explicativas, Hausman (1978) propôs um teste baseado na diferença entre os estimadores de EA e EF com a pretensão de investigar se há diferenças significativas entre eles. A forma original da estatística de Hausman pode ser computada como (10):

(10)

A hipótese nula do teste de Hausman aponta que o estimador de EA é eficiente e consistente. Portanto, a rejeição da hipótese nula demonstra que o método de efeitos fixos é mais apropriado, pois leva a estimativas consistentes e eficientes. Do contrário, no caso da não-rejeição da hipótese nula, a estimação por efeitos fixos leva a resultados consistentes, mas não eficientes, enquanto que a estimação por efeitos aleatórios leva a resultados consistentes e eficientes, e deve ser o método preferido.

Para verificar o impacto do capital humano na inovação são feitas estimações através do método dos mínimos quadrados ordinários em painel, efeitos aleatórios e efeitos fixos. A fim de selecionar o melhor modelo a ser estimado se utiliza como ferramenta os testes de Breusch-Pagan e Hausman. Para verificar a existência de efeitos não observados, realiza-se o teste de Breusch-Pagan pelo multiplicador de Lagrange, que testa a hipótese nula de não existência de efeitos não observados. Assim, ao rejeitar a hipótese nula, evidencia-se a existência de efeitos específicos dos municípios não observáveis. Dessa maneira, não é interessante a adoção do modelo POLS para a estimação. Em seguida, com a finalidade de corrigir o possível problema de endogeneidade, estima-se o modelo por efeitos fixos e aleatórios. Para comparar qual modelo se adéqua melhor, efeitos aleatórios ou fixos, realiza-se o teste de Hausman com a seguinte hipótese nula:

(11)

Este teste compara a consistência dos estimadores dos modelos, verificando possíveis diferenças entre eles, testando a hipótese nula de presença de efeitos aleatórios, ou seja, que as estimativas dos modelos não diferem sistematicamente. Ao rejeitar a hipótese nula, o modelo mais recomendado é o de efeitos fixos, e não o de efeitos aleatórios.

# ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados da regressão por Painel dos Mínimos Quadrados Ordinários. Para o Grupo 1, todas as variáveis apresentam estimadores estatisticamente significativos. O coeficiente da variável Escolaridade Média da População Adulta (*lnescola*), proxy do capital humano, mostra-se positivo e significativo para a relação com os Pedidos Internacionais de Patentes (*LNPAT*), proxy para a inovação dos países, e é o maior da regressão. De acordo com o Teste Breusch-Pagan, (Anexo 1), POLS é o modelo mais adequado para a estimação.

TABELA 2 – Resultados da regressão – Variável dependente: lnpat

Logaritmo dos Pedidos Internacionais de Patentes via PCT



Fonte: Elaboração própria

Para a obtenção dos resultados do Grupo 2, os testes Breusch-Pagan e Hausman (Anexos 1 e 2), indicam o uso do método de Painel de dados com Efeitos Fixos. O coeficiente da variável *lnescola* é não significativo para a explicação de inovação.

Para o Grupo 1, o sinal de todas as variáveis vão de acordo com o proposto em Hecker, (2005); Griliches (1979); Jaffe (1986, 1989); Borschein (2009) e Montenegro (2008). Dado o coeficiente de 2 da variável Escolaridade Média da População Adulta (*lnescola*), a especificação logarítmica do modelo (*log-log*) indica que uma determinada variação percentual no capital humano tem o impacto dobrado no nível de inovação. Além da variável de interesse, (*lnescola*), as variáveis de controle Poupança Bruta dos Países como porcentagem do PIB (*lnpoup*), Investimento Estrangeiro Direto (*lnied*) e Força de Trabalho medida em milhares para ambos os sexos e todos os setores de atividades (*lnftrab*) são também significativas a um nível de 99% de confiança. O coeficiente da variável Gastos em P&D defasado em um período (*lnpd1*) é significativo a 95% de confiança na regressão.

Para o Grupo 2, apesar de todas as variáveis também apresentarem relação esperada de acordo com os trabalhos referenciados, apenas o Investimento Estrangeiro Direto (*lnied*) e a Força de Trabalho dos países (*lnftrab*) são significativas ao nível de 99% de confiança. As variáveis de Investimento Estrangeiro Direto e do tamanho da Força de Trabalho são significativas para ambos os grupos.

Outro fator de análise é quanto ao R-quadrado das regressões; também conhecido como coeficiente de determinação[[11]](#footnote-11). No caso, o R-quadrado do Grupo 1 indica 85% da variação amostral dos pedidos de patentes para estes países ser explicada pelas variáveis utilizadas na regressão. Apenas 50% acontece para a variação amostral dos pedidos de patentes para o Grupo 2.

Assim, há evidência estatística, ao menos para o grupo dos países desenvolvidos em patentes, da relevância da qualificação escolar na geração de inovações científico-tecnológicas. Para o Grupo 2, subdesenvolvido em patentes, o resultado do estimador do capital humano pode ter sido negativamente influenciado pela heterogeneidade interna do grupo, pela numerosa população da maioria dos países e devido mudanças substancias no nível escolar médio da população adulta ocorrerem com lentidão. Este último argumento, Lucas (1988) chama de “mecanismo de transmissão do conhecimento”.

Além disso, verifica-se que os países do Grupo 1 apresentam, em média, maior PIB *per capta* no ano de 2012 do que os países do Grupo 2. No Gráfico 1, ao comparar as médias de Escolaridade média da população adulta (*ESCOLA*), o logaritmo dos Pedidos Internacionais de Patentes via PCT (*lnPAT*) e o logaritmo do PIB *per capta* (*lnPIBP*) dos grupos de países no ano de 2012 verifica-se que o Grupo 1 sobressai em todas as variáveis. Assim, países com maior capital humano, têm maior capacidade de geração de inovação e, consequentemente maior crescimento econômico.

**GRÁFICO 1 – Médias de Escolaridade Média da População Adulta, Logaritmo dos Pedidos Internacionais de Patentes via PCT e Logaritmo do PIB *per capta***



Fonte: Elaboração própria

O Anexo 3 mostra a correlação estatística positiva entre o crescimento do nível de Pedidos Internacionais de Patentes via PCT (*crescPAT*) e o crescimento do PIB (*crescPIB*) entre o período de 2000 a 2012 para ambos os grupos de países, e sugere, conforme os valores indicados, que esta é mais significativa para o Grupo 1 do que para o Grupo 2

# CONCLUSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar o grau de relação entre capital humano e geração de inovação tanto em países tecnologicamente desenvolvidos quanto em países tecnologicamente subdesenvolvidos mediante a elaboração de um modelo econométrico para o período de 2000 a 2012.

Os resultados mostram que para o Grupo 1, a variável Escolaridade Média da População Adulta, variável *proxy* de capital humano, juntamente com as variáveis: Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento defasados em um período, Poupança Bruta dos países, Investimento Estrangeiro Direto e tamanho da Força de trabalho, são influentes nos Pedidos Internacionais de Patentes via PCT. Para o Grupo 2, apenas o Investimento Estrangeiro Direto e o tamanho da Força de trabalho são influentes nos pedidos estrangeiros de patentes via PCT.

O gasto em pesquisa e desenvolvimento dos países mostra-se como investimento para a criação futura de produtos inovadores por meio de empresas, universidades e agências estatais. O IED é associado à transferência de tecnologia para os países de destino por meio das empresas multinacionais, podendo se constituir em importante fonte de inovação tecnológica. O nível de poupança é frequentemente relacionado ao crédito, que possui papel influente no financiamento do processo de criação de inovações. A força de trabalho e o estímulo direto às firmas por meio da urbanização e competitividade influenciam a busca pelo destaque inovativo.

Verifica-se, portanto, que o capital humano influi positiva e significativamente na geração de inovação apenas para o grupo dos países tecnologicamente desenvolvidos, mostrando-se irrelevante quanto ao grupo formado por países tecnologicamente subdesenvolvidos. Isto porque, diferentemente do grupo de países no qual o nível médio educacional é não significativo para a explicação do nível de patentes, esta educação representada em não influencia apenas o capital humano no período e, a produção de patentes em , mas também as gerações futuras que se beneficiarão da alta capacidade de transferência do conhecimento no tempo e, como consequência, estarão mais propensas a inovar.

**REFERÊNCIAS**

ARROW, Kenneth. *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention.* National Bureau of Economic Research, Inc, 1962, p. 609-626.

BORNSCHEIN, Corrêa F*. Determinantes dos Pedidos Estrangeiros de Patentes dos Países do G7 nos BRICS*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009, 65 p.

CASS, David. *Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation*. The Review of Economics Studies, 1965, vol. 32, n. 3, p. 233-240.

CLEMENTE, Ademir; HIGACHI, Hermes Y. *Economia e Desenvolvimento Regional*. São Paulo: Atlas, 2000.

COHEN, Daniel; SOTO, Marcelo. *Growth and human capital*: good data, good results. Journal of economic growth, 2007, v. 12, n. 1, p. 51-76.

DIAMOND, Peter A. *National Debit in a Neoclassical Growth Model*. The American Economic Review, vol.55, 5, 1965, p. 1126-1150.

DIAS, Joilson; DIAS, Maria Helena A.; LIMA, Fernandina F. *Os efeitos da política educacional no crescimento econômico*: teoria e estimativas dinâmicas em painel de dados. Revista de Economia Política, julho-setembro/2009, vol. 29, nº 3 (115), pp. 232-251.

DOMAR, Evsey D. *Capital expansion, Rate of Growth, and Employment*. The Economic Journal, vol.14, nº 2 (Apr., 1946), p. 137-147.

GRILICHES, Zvi. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. The Bell Journal of Economics, 1979, p. 92-116.

GRILICHES, Zvi. *Patent statistics as economic indicators: a survey*. National Bureau of Economic Research, 1990.

HARROD, Roy F. *An Essay in Dynamic Theory.* The Economic Journal, vol. 49, nº 193, 1939, p. 14-33.

HECKER, Daniel E. *High-technology employment*: a NAICS-based update. Bureau of Labor Statistics, Monthly Labor Review, Jul. 2005, p. 57-72.

JAFFE, Adam B. *Real effects of academic research*. The American Economic Review, 1989, p. 957-970.

JAFFE, Adam B. *Technological opportunity and spillovers of R&D***:** evidence from firms' patents, profits and market value. National bureau of economic research, 1986, 42 p.

KOOPMANS, Tjalling C. *On the Concept of Optimal Economic Growth*. The Econometric Approach to Development Planning, 1965, pp. 225-300.

LUCAS, Robert E. *On the mechanics of economic development*. Journal of monetary economics 22.1, 1988, p. 3-42.

MANKIW, Gregory N.; ROMER, David; WEIL, David N. *A contribution to the empirics of economic growth*. The Quarterly Journal of Economics, 1992.

MONTENEGRO, Rosa Livia Gonçalves; BETARELLI JUNIOR, Admir Antônio. *Análise e investigação dos fatores determinantes da inovação nos municípios de São Paulo*. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2008, v. 2, p. 7-31.

MORAL-BENITO, Enrique; BARTOLUCCI, Cristian. *Income and democracy*: Revisiting the evidence. Economics Letters, 2012, v. 117, n. 3, p. 844-847.

QUEIRÓS, Anabela Sofia da S. *Crescimento económico, capital humano e especialização produtiva:* uma análise empírica. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em Economia) Faculdade de Economia da Universidade do Porto, 2014.

RAMSEY, Frank P. *A Mathemaatical Theory of Saving*. The Economic Journal, 1928, vol. 38, n. 152, p. 543-559.

ROMER, Paul M. *Increasing returns and long-run growth*. The journal of political economy, 1986, p. 1002-1037.

SCHUMPETER, Joseph A. *Capitalismo Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SCHUMPETER, Joseph A. *Teoria do Desenvolvimento Econômico:* Uma Investigação Sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982, 174 p.

SOLOW, Robert M. *A Contribution to the Theory of Economic Growth*. The Quarterly Journal of Economics, Feb., 1956, vol. 70, No. 1.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introdução à econometria*: uma abordagem moderna. 4ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

**ANEXOS:**

**Anexo 1 – Teste Breusch-Pagan para os Grupos 1 e 2**



Fonte: Elaboração própria

**Anexo 2 – Teste Hausman para o Grupo 2**



Fonte: Elaboração própria

**Anexo 3 – Correlação entre o crescimento do número de Pedidos Internacionais de Patentes via PCT (*crescPAT*) e o crescimento do PIB (*crescPIB*) entre 2000 e 2012.**



Fonte: Elaboração própria

1. Os autores agradecem o financiamento do CNPq, CAPES e FAPEMIG para elaboração deste trabalho. [↑](#footnote-ref-1)
2. Para Solow (1956), era o nível de poupança da população que elevaria o nível do produto da economia. [↑](#footnote-ref-2)
3. Os mesmos sete países permanecem entre os sete primeiros independentemente do critério de classificação. Para os países do Grupo 1, a única diferença entre a classificação pela média de patentes entre 2000 e 2012 e pela classificação com os dados de 2012 é a troca de posição entre a França, terceira colocada na média e quarta para 2012, e Japão, quarto na média e terceiro com dados de 2012. A China, oitava colocada do ranking de 2012, por exemplo, é apenas a décima quinta no ranking pela média; fato que demonstra a representatividade prematura do país no âmbito de geração de patentes. [↑](#footnote-ref-3)
4. Suécia, Itália, Canadá, Coreia do Sul, Finlândia, Bélgica, Austrália, China, Espanha, Dinamarca, Noruega, Israel, Áustria, Índia, Brasil, Irlanda, África do Sul, Luxemburgo, Nova Zelândia, México, Singapura, Rússia, Portugal, Hungria, Grécia, República Tcheca, Turquia, Argentina, Eslovênia, Chile, Polônia, Colômbia, Arábia Saudita, Malásia, Islândia e Malta. [↑](#footnote-ref-4)
5. O modelo de Modelo de Ramsey-Cass-Koopmans (1965) avança em relação ao modelo de Solow por considerar um processo de maximização da utilidade para as tomadas de decisão dos agentes entre poupança e consumo em um horizonte infinito de vida. Assim, diferentemente do modelo de Solow, onde a poupança é tomada como exógena, o Modelo de Ramsey-Cass-Koopmans (1965) admite esta ser endógena. Já o modelo de Diamond (1965) tem as bases conceituais de maximização similares ao modelo Modelo de Ramsey-Cass-Koopmans (1965), contudo, avança ao admitir que os agentes tomam decisões levando em conta dois períodos de tempo, um onde trabalham, consomem e poupam, e outro onde apenas consomem, recebem juros e morrem após este. [↑](#footnote-ref-5)
6. Nota-se que um aumento em pode, também, influenciar uma possível queda de ; uma vez que os indivíduos desta sociedade possam optar pela maior qualificação, seja por meio dos anos de estudo ou treinamentos profissional. Ainda assim, há também o espaço para o capital humano do tipo *learning-by-doing*, o que dificultaria a análise para este modelo de formulação. [↑](#footnote-ref-6)
7. Aquelas “voltadas para o design, desenvolvimento, e introdução de novos produtos e/ou inovativos processos manufaturados por meio da sistemática aplicação do conhecimento tecno-científico”, segundo *Technology, Innovation, and Regional Economic Development* (*U.S. Congress, Office of Technology Assessment*), Sept. 9, 1982; *apud* Hecker (2005). [↑](#footnote-ref-7)
8. A base do World Intellectual Property Organization (2015) contém, em sua totalidade, sessenta e quatro países; contudo, alguns se ausentavam de informações de produção de patentes para a maioria dos anos e para outros foi constatada a omissão completa de informações para ao menos uma variável de controle. [↑](#footnote-ref-8)
9. Segundo Wooldridge (2013), o uso de logaritmos de variáveis dependentes ou independentes permite relações não-lineares entre a variável explicada e as variáveis explicativas e as estimativas são menos sensíveis a observações desiguais (ou extremas) devido ao estreitamento que pode ocorrer na amplitude dos valores das variáveis. [↑](#footnote-ref-9)
10. A imposição de exogeneidade estrita envolve que a parte que não é explicada pelo método, não interfira, em tempo algum, tanto no nível de depósitos globais de patentes via PCT dos países quanto nas características específicas destes. Assim como em Efeitos Aleatórios, a exogeneidade estrita é muito forte e difícil de ser mantida em análises empíricas. [↑](#footnote-ref-10)
11. Para Wooldridge (2013), o coeficiente é a razão entre a variação explicada e a variação total; interpretado como a fração da variação amostral em que a variável dependente é explicada pelo conjunto das variáveis independentes. Apesar de não ser um bom instrumento para decidir se uma determinada variável ou diversas variáveis deveriam ser adicionadas ao modelo, é apresentado como instrumento de qualidade do ajustamento do modelo. [↑](#footnote-ref-11)