

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE GOMES MADRUGA

PRODUTIVIDADE NA AMÉRICA LATINA: UMA ANÁLISE EM DADOS DE PAINEL

CURITIBA

2013

FELIPE GOMES MADRUGA

PRODUTIVIDADE NA AMÉRICA LATINA: UMA ANÁLISE EM DADOS EM PAINEL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia, Área de concentração em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Econômico.

Orientador: Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio

CURITIBA

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Madruga, Felipe Gomes

Produtividade na América latina: uma análise em dados em painel / Felipe
Gomes Madruga. - 2013.

61 f.

Orientador: Armando Vaz Sampaio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico.
Defesa: Curitiba, 2013.

1. Produtividade - América Latina. 2. Inovações tecnológicas - América
Latina. 3. América Latina – Desenvolvimento econômico. 4. Análise de painel. I.
Sampaio, Armando Vaz. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências
Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico.
IV. Título.

CDD 338.98

TERMO DE APROVAÇÃO

FELIPE GOMES MADRUGA

PRODUTIVIDADE NA AMÉRICA LATINA: UMA ANÁLISE EM DADOS EM PAINEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Econômico.

Data de aprovação:

___/___/_____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio

Prof. Dr. Maurício Vaz Lobo Bittencourt

Prof. Dr. José Luiz Parré

Dedico este trabalho a meus pais, Idalina e Rosaldo, como forma de compensar parcialmente a solidão em suas vidas ocasionada pela partida de seu único filho nos últimos dois anos em busca da realização de um sonho.

RESUMO

Existe na América Latina um reconhecido caso de baixo crescimento e elevados níveis de desigualdade entre os países que a compõem, embora alguns países possuam melhores indicadores em determinadas áreas. Além disso, esses baixos níveis de crescimento contrastam com o bom momento vivido por outras economias, principalmente as do continente asiático. As explicações comumente dadas apontam na direção do baixo nível tecnológico dos países latino americanos, o que de acordo com as teorias de crescimento está diretamente ligado ao sucesso dos países. O presente trabalho tem por objetivo quantificar essas diferenças tecnológicas através de técnicas econométricas. Para tanto, valer-se-á de dados sobre renda per capita, investimento, educação e crescimento populacional para que através de análise em dados em painel possam ser obtidas medidas de produtividade para cada país bem como da produtividade relativa dos países latino-americanos em relação aos Estados Unidos. Como esperado, os países latino americanos apresentam baixos níveis de produtividade ao longo do período considerado, não sendo capazes de diminuir o gap tecnológico em relação à economia americana o que pode ser um forte indício da incapacidade em absorver tecnologias de outros países devido a barreiras impostas ao longo dos anos por políticas equivocadas.

Palavras-chave: América Latina. Tecnologia. Gap Tecnológico.

ABSTRACT

There is a recognized Latin American case of low growth and high levels of inequality among the countries that comprise it, although some countries have better indicators in certain areas. Furthermore, these low levels of growth contrasts with the momentum experienced by other economies, especially in Asia. The explanations commonly given point in the direction of the low technological level of Latin American countries, which according to the theories of growth is directly linked to the success of countries. This study aims to quantify these technological differences through econometric techniques. Therefore, it will be worth of data on per capita income, investment, education and population growth that through analysis on panel data can be obtained measures of productivity for each country as well as the relative productivity of Latin American countries in toward the United States. As expected, the Latin Americans have low levels of productivity over the period considered, not being able to reduce the technological gap in relation to the U.S. economy which may be a strong indication of the inability to absorb technologies from other countries due to barriers over the years by misguided policies.

Keywords: Latin America. Technology. Technological gap.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 O DESEMPENHO LATINO-AMERICANO	12
2.2 PRODUTIVIDADE COMO MOTOR DO CRESCIMENTO.....	13
2.3 FONTES DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA	16
2.4 O PAPEL DAS CAPACIDADES ADAPTATIVAS NA DIFUSÃO TECNOLÓGICA.....	18
2.5 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS SOBRE CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA.....	19
3 METODOLOGIA E DADOS	25
3.1 MÉTODO EMPÍRICO	25
3.2 OBTENÇÃO DOS EFEITOS INDIVIDUAIS.....	28
3.3 ESTIMAÇÃO EM DADOS EM PAINEL	29
3.4 DADOS UTILIZADOS.....	30
4 RESULTADOS	31
5 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICES	50
APÊNDICE 1: MODELO DE CONVERGÊNCIA DE MANKIW, ROMER E WEIL.....	50
APÊNDICE 2: ESTIMADORES DE DADOS EM PAINEL	53
APÊNDICE 3: ESTIMATIVA DOS EFEITOS INDIVIDUAIS E PRODUTIVIDADE DOS PAÍSES	57

1 INTRODUÇÃO

Em recente relatório elaborado pelo Banco Mundial intitulado *Perspectivas Econômicas Globais – Difusão Tecnológica no Mundo em Desenvolvimento*, The World Bank (2008), a tecnologia foi considerada como o fator essencial ao crescimento dos países e conseqüentemente nas diferenças observadas entre as rendas per capita dos mesmos.

Com esse relatório em mãos e acompanhado do índice produzido nele, o qual fornece informações referentes a difusão tecnologia ao longo das duas últimas décadas tanto de tecnologias específicas¹ como da produção científica, dentre as quais encontram-se artigos e patentes geradas a partir da inovação nacional, é possível perceber a grande disparidade existente entre os países quando o assunto é tecnologia e de que maneira isso veio a impactar o crescimento da renda nesses países.

Além de evidenciar o elevado grau de heterogeneidade referente ao nível tecnológico encontrado nos países analisados, o relatório também buscou chamar a atenção à possibilidade de convergência a um nível tecnológico similar entre essas economias. Com relação a esse último ponto, observa-se um padrão mais rápido de convergência de novas tecnologias como internet e acesso a telefonia celular, em contraste com as tecnologias mais antigas.

O fato é que, quando analisado os países que apresentam um nível tecnológico mais baixo, é grande a participação de países da América Latina nesse grupo. Isso se torna um sério problema uma vez que, esses mesmos países da América Latina são classificados entre aqueles que apresentam um menor nível de renda per capita relativa, o que evidencia ainda mais a relação existente entre crescimento e progresso tecnológico, algo já exposto em Hall e Jones (1998).

¹ As tecnologias estudadas são de dois tipos: antigas e novas tecnologias. Dentro das tecnologias consideradas antigas encontram-se telefones fixos em relação à população, número de Km de estradas pavimentadas, transporte aéreo e consumo de energia, entre outras. No lado das novas tecnologias tem-se o número de habitantes com acesso a internet e telefone celular, e a penetração de computadores.

Sendo assim, propõem-se o estudo de como se comportam as produtividades dos países latino-americanos ao longo de um período abrangente, entre 1960 a 2010, tanto em termos individuais como em termos relativos pela observação destas em relação aos Estados Unidos², tido como o líder tecnológico no qual os países podem se beneficiar dos possíveis spillovers gerados pela pesquisa neste país através de diversos canais.

Para tanto, foi entendido que a melhor maneira de se proceder seria através da utilização de modelos de dados em painel aplicados ao estudo da produtividade ao invés da abordagem de *growth accounting* utilizada por diversos trabalhos sobre esse tema para a América Latina, entre eles Ferreira, Pessôa e Veloso (2011) e Restuccia (2011).

Embora estejam disponíveis muitas outras técnicas e formas de estimar a produtividade e o nível tecnológico³ dos países como podem ser vistos em Islam (2001) e Del Gatto, Di Liberto e Petraglia (2011), dadas as limitações de dados disponíveis para períodos longos de tempo, na estimação das produtividades se fará uso das técnicas de dados em painel como proposto por Islam (1995, 2003a).

Na escolha de trabalhar com estimadores de dados em painel, no presente caso os estimadores de efeito fixo *within transformation/LSDV* e *GMM Arellano e Bond* aplicados em um painel dinâmico, é entendido que ao considerar efeitos individuais não observáveis na sua estrutura, pode melhor controlar fatores como variáveis omitidas que causariam o viés dos parâmetros caso fossem utilizadas outras metodologias econométricas, como MQO Agregados.

Após a obtenção dos efeitos individuais chega-se até a produtividade em todos os países e posteriormente pode ser estabelecida a comparação com os Estados Unidos. Além disso, no presente trabalho também será analisado se os países apresentam convergência em termos de produtividade através do exame de dois subperíodos, 1960-1985 e 1985-2010, observando-se o possível estreitamento ao longo desses dois períodos do *gap* tecnológico.

² Os Estados Unidos são tratados como líderes tecnológicos em virtude do seu grande papel desempenhado nas pesquisas em inovação ao longo do tempo e seguindo padrão da literatura no tema de sempre tratar o país como líder tecnológico.

³ O termo tecnologia e produtividade serão usados como sinônimos no presente trabalho.

Com essa abordagem de dados em painel para estimar as produtividades buscar-se-á assim, observarem-se a partir de uma técnica que não é a comumente utilizada, mas que teoricamente proporciona hipóteses muito boas a respeito do componente tecnológico dos países, se os resultados vão de encontro ao que vem sendo exposto sobre o padrão tecnológico da América Latina, qual seja, uma tendência de queda generalizada nas produtividades dos países que a compõem com possíveis consequências negativas para o crescimento econômico futuro.

Após está breve introdução o trabalho continua na segunda parte tratando do comportamento dos países latino-americanos nas últimas décadas com relação ao crescimento econômico na região e sua relação com a produtividade. Além disso, dentro desse arcabouço é observado de modo mais geral o papel que a produtividade tem no crescimento dentro da literatura econômica, bem como seus determinantes e canais de difusão, através de exemplos retirados na literatura e a tendência ou não dos países apresentarem convergência tecnológica. Posteriormente, parte-se para a análise do modelo que será empregado e as questões envolvendo os estimadores econométricos e a base de dados. Por último, trata-se dos resultados encontrados e das conclusões finais extraídas do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O DESEMPENHO LATINO-AMERICANO

São muitos os trabalhos buscando observar o comportamento da renda per capita dos países da América Latina em relação ao resto do mundo, e principalmente em relação à economia americana. Entre os trabalhos destacam-se Blyde e Fernandez-Arias (2004), Cole, Ohanian, Riascos e Schmitz (2005), De Gregorio (2006), Ferreira, Pessôa e Veloso (2011) e Restuccia (2011).

Em todos os trabalhos suas conclusões levam ao mesmo caminho: a América Latina vem perdendo espaço frente a outras regiões do mundo devido ao baixo crescimento nas últimas décadas de seu produto per capita.

Nos trabalhos mais recentes, como o de Restuccia (2011), observa-se para dez países entre 1960 e 2009, uma queda em suas rendas per capita relativas aos Estados Unidos, onde as mesmas representavam cerca de 30% em 1960 que posteriormente seria reduzida para 23% em 2009. Mesmo fenômeno sendo ainda observado, completa o autor, em relação a outras economias da Europa. Declínio esse chamado pelo mesmo de *problema de desenvolvimento latino-americano*.

A conclusão que aponta o autor é a de que tal declínio não pode ser atribuído a quedas nas contribuições relativas dos fatores de produção, mas sim devido a diferenças nas produtividades relativas, aqui medidas como um resíduo.

No mesmo caminho seguem as conclusões extraídas de Ferreira, Pessôa e Veloso (2011) onde destacam que, se em 1960 a PTF⁴ média dos países da região em relação à PTF americana ficava em torno de 0,81, com alguns países inclusive superando a produtividade americana, em 2007 esse panorama mudaria

⁴ Produtividade Total dos Fatores.

completamente, com uma PTF relativa da ordem de 0,57, sendo que nenhum país isoladamente superava a produtividade americana.

Tamanha perda de desempenho foi creditada segundo os autores a fatores institucionais tais como políticas de substituição de importações, políticas nacionalistas, corrupção, entre outras.

2.2 PRODUTIVIDADE COMO MOTOR DO CRESCIMENTO

Como destacado acima para os países da América Latina, o papel desempenhado pela produtividade no crescimento da renda per capita dos países e no seu nível de desenvolvimento é considerado o principal responsável pelo crescimento no longo prazo das economias, algo que na teoria do crescimento está presente desde cedo nos modelos.

Nos modelos neoclássicos, tanto aqueles que consideravam a poupança como um elemento exógeno ou sujeita a otimização intertemporal por parte das famílias, embora os níveis de renda dos países pudessem ser determinados por fatores como taxa de poupança e fatores demográficos, em última instância o crescimento viria somente do crescimento da produtividade. Porém, essa taxa de crescimento foi tratada como um processo exógeno, fora do controle dos países como apresentado no modelo de Solow (1956), ou seja, um bem público não rival e não excludente no qual estaria disponível livremente a todos os países.

Ao tratar a tecnologia como um bem público crescendo a taxas exógenas se por um lado facilita o processo de obtenção de equilíbrios no modelo, por outro em nada ajuda na elucidação dos fatores necessários a determinação do progresso tecnológico, algo que contrasta com a observação do desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos ao longo dos séculos. Dessa necessidade, acabam surgindo modelos endógenos de crescimento cujo principal objetivo seria o de desvendar seus determinantes.

Nas teorias endógenas de crescimento econômico não seria correto tratar a tecnologia como algo fora de controle por parte dos países, mas sim, algo diretamente ligado ao processo de inovação e gasto com pesquisa por parte de indivíduos buscando oportunidades lucrativas (ROMER, 1990).

Desse modo, o crescimento tecnológico de um país seria motivado por um constante fluxo de recursos destinado ao desenvolvimento de produtos e serviços que pudessem gerar por um determinado período de tempo rendas de monopólio para seus detentores, rendas estas que seriam garantidas por um sistema de patentes que impediria que demais indivíduos apropriassem-se de maneira indevida das novas descobertas, tornando assim, a tecnologia nos modelos endógenos parcialmente excludentes.

Nesse caso então, ter-se-ia países que apresentam um crescimento maior da renda per capita em decorrência dos mesmos investirem mais recursos na produção e aperfeiçoamento de bens intermediários que seriam utilizados posteriormente na produção de bens finais. Essas novas inovações através dos bens intermediários por outro lado, seriam diretamente relacionados ao número de cientistas e profissionais ligados à área de pesquisa nos países, tanto através de empresas ou instituições governamentais de pesquisa.

Contudo, grande parte das pesquisas em inovação é gerada em um número reduzido de países desenvolvidos e principalmente através de empresas privadas, limitando o acesso a essas inovações por parte de outros países, o que por último poderia limitar o crescimento da produtividade em outras regiões, principalmente aquelas nas quais não há uma cultura inovadora tanto por parte das empresas ou políticas oficiais de estado (KELLER, 2004).

Mas caso a relação entre inovação doméstica e crescimento da renda per capita fosse considerado em um sentido tão forte, seriam observados dois grupos de países: um grupo muito reduzido de países com alta renda per capita em virtude de sua capacidade de inovação, e os demais países ameaçados pela limitação de suas capacidades em gerar bens e produtos mais produtivos. Porém, tal visão não leva em conta outro fenômeno, o da difusão tecnológica entre os países proporcionados pelas trocas diretas de bens e conhecimentos produtivos.

Essa difusão, segundo modelos como o de Acemoglu (2008) e Barro e Sala-i-Martin (1997), seria possível em virtude dos países menos desenvolvidos poderem, até certo ponto, capturar os benefícios da pesquisa feita nos países ricos uma vez que mesmo com todos os sistemas atualmente disponíveis de proteção às invenções, isso não impediria completamente a geração de spillover em direção aos países mais pobres.

A taxa na qual essa transmissão de tecnologia no sentido dos países mais avançados em direção aos países mais atrasados tecnologicamente seria tão maior quanto maior fosse o *gap* tecnológico, e graças a essa possibilidade de exploração do *gap* por parte dos países mais pobres, poder-se-ia esperar ao longo do tempo que os grandes desequilíbrios tecnológicos fossem sendo estreitados, também com possíveis reflexos nas desigualdades de renda per capita.

O *gap* tecnológico nada mais seria do que um estoque de conhecimento formado pelas descobertas feitas e aprimoradas pelos sistemas de inovação dos países desenvolvidos e que há bastante tempo são explorados comercialmente pelos mesmos, mas que ainda não estão disponíveis aos países mais pobres podendo constituir grande fonte de avanços produtivos. Porém, devido a facilidade na exploração inicial de tecnologias mais fáceis de serem copiadas e adaptadas, observar-se-ia a tendência ao longo do tempo na diminuição da taxa de difusão, o que não seria algo ruim caso esses países ao longo do caminho tivessem desenvolvido as bases da inovação doméstica.

Porém, para que haja a exploração pelos países menos desenvolvidos tecnologicamente das inovações disponíveis na fronteira tecnológica, apenas o tamanho do *gap* existente, medida do potencial a ser explorado por esses países, não seria condição suficiente uma vez que, outros fatores seriam necessários tais como: o grau em que os países menos desenvolvidos estão expostos a essas tecnologias e se terão condições de explorarem essas novas tecnologias (ABRAMOVITZ, 1986).

2.3 FONTES DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA

Sendo a tecnologia gerada em países avançados a principal forma de aumentar a produtividade em determinados países, principalmente aqueles em desenvolvimento, é importante a observação de quais fatores são apontados na literatura como meios nos quais essas tecnologias se espalham.

Dentre os principais canais de transmissão de tecnologias podem-se observar o comércio internacional, com destaque para o de bens de capital, os investimentos estrangeiros diretos, principalmente entre as matrizes e filiais de multinacionais, bem como a difusão de conhecimento proporcionado pela diáspora, ou seja, o intercâmbio de ideias entre profissionais de diferentes países em áreas diretamente ligadas a inovação (THE WORLD BANK, 2008).

A difusão tecnológica via comércio é, sem dúvida, o principal canal utilizado pela maioria dos países quando estes buscam aumentar as tecnologias disponíveis a suas economias, uma vez que quase todos os países atualmente comercializam entre si. Ela é importante, pois, no caso das importações de bens de capital poder trazer consigo novas formas e técnicas que não estariam disponíveis aos países caso estes não tivessem importado esses bens.

As exportações igualmente também podem contribuir com a difusão tecnológica, pois ao se submeterem às exigências e necessidades dos países compradores, muitos países têm de melhorar os seus padrões produtivos a fim de satisfazerem seus clientes, caso contrário, correm o risco de perderem contratos de vendas.

Além disso, outro benefício do comércio é o de aumentar a competitividade da economia via maior concorrência de produtos importados com os produzidos internamente, pois tende a fazer com que produtores nacionais tenham que se adaptar mais rapidamente a novos processos produtivos caso não queiram perder mercado. Embora possa ter efeitos positivos sobre a competitividade, no curto prazo

os efeitos em termos de bem-estar daquelas empresas prejudicadas pela maior concorrência podem diminuir.

Além disso, outra forma que os países têm de obter tecnologias sofisticadas que possam impulsionar o seu nível de produtividade é aquele que é proporcionado pelo investimento direto estrangeiro, que na maioria das vezes se instala nos países menos desenvolvidos em busca da oportunidade de explorar mercados que ainda não estão completamente consolidados e que por isso proporcionam expectativas de lucros maiores do que em seus países de origem.

O que para algumas correntes políticas mais nacionalistas talvez pudesse representar um risco a soberania de suas economias e a criação de oligopólios estrangeiros pode na verdade, além das divisas que trazem para os países, também serem importantes fontes de difusão de novas tecnologias que antes não estariam disponíveis a essas populações e suas empresas nacionais.

Esse ganho de produtividade embora mais ligado ao conhecimento de determinados processos produtivos trazidos pelas firmas na forma de investimentos e maquinário, pode também ser fonte de ganhos produtivos ao expor gestores locais a modernas técnicas e processos que também funcionam como fonte de ganhos produtivos a um nível mais gerencial, além da possibilidade de explorar fornecedores locais os quais poderiam passar por um processo semelhante de melhoras produtivas em decorrência de parâmetros mais altos de qualidade exigidos pelas empresas internacionais.

É justamente com o objetivo de proporcionar uma maior troca de conhecimentos, como ocorre ao nível das firmas entre suas matrizes e filiais, que o papel das diásporas nos últimos anos tem se destacado como fonte de difusão de novas tecnologias. Ele se dá principalmente pelo envio de cientistas e estudantes de tecnologia de países em desenvolvimento para países que produzem pesquisa de ponta, com o objetivo que posteriormente esses mesmos retornem trazendo consigo habilidades necessárias ao desenvolvimento da inovação interna.

O desafio na maioria das vezes nesse tipo de estratégia está em criar as condições necessárias para que aqueles que ficam um período fora, onde convivem com pesquisas de ponta e muitas vezes na fronteira do conhecimento, tenham o

incentivo de regressar trazendo na bagagem o conhecimento adquirido, pois a grande maioria acredita não encontrar os incentivos e a infraestrutura que os países desenvolvidos oferecem na hora de retornarem a seus países de origem.

2.4 O PAPEL DAS CAPACIDADES ADAPTATIVAS NA DIFUSÃO TECNOLÓGICA

Embora a maioria dos países em maior ou menor grau esteja exposta aos fatores responsáveis pela transmissão de tecnologia, nem todos os países conseguem apropriar-se de maneira satisfatória dos ganhos advindos da difusão de diferentes tecnologias uma vez que, os desníveis em termos de produtividades relativas observados são elevados.

Isso pode ser um sinal de que os países apesar de expostos a diferentes tecnologias, não possuem, por exemplo, um nível de capital humano suficiente dentro do país capaz de operar e explorar de maneira adequada essas novas tecnologias, ou fatores institucionais que poderiam estar impedindo um melhor aproveitamento das mesmas.

A relação do capital humano e sua influência sobre a difusão tecnológica pode ser encontrado em Nelson e Phelps (1966) na qual em contraste com a ideia até então vigente de que o capital humano seria apenas mais um dos fatores de produção, deu-se um maior papel a este ao modelar sua influencia sobre a difusão tecnológica dos países. Para os autores, dado o gap tecnológico existente entre os países, a educação atuaria como uma facilitadora na adaptação das novas tecnologias que entram nos países e com isso ajudaria a acelerar a taxa de difusão tecnológica entre os mesmos.

Esse duplo papel da educação, tanto o de promover um maior estoque de inovações doméstico quanto de acelerar a taxa de difusão de tecnologias vinda de fora, é um dos motivos por de trás do interesse dos mais diversos países em promover reformas nos seus sistemas de educação no sentido de aumentar o grau de escolaridade de suas populações. Porém essa é uma questão delicada uma vez

que, quantidade não é igual à qualidade, e muitos países que reduziram a diferença em termos de quantidade de anos de educação ainda estão muito distantes no que se refere à qualidade do que é aprendido dentro de uma mesma série em diferentes escolas do mundo como pode ser observado nos ranks de educação divulgados pela OCDE (2010).

Além disso, se pesquisas realizadas por países ricos que determinam a fronteira tecnológica mundial são mais adequados para o tipo de relação entre os fatores produtivos observados nessas economias, não seriam necessariamente as melhores para serem adotadas em países com baixo grau de inovação e que precisariam do estoque de tecnologia produzido na fronteira para aumentar a produtividade de suas economias, assim, mesmo na presença da livre difusão tecnológica sem qualquer tipo de barreira, os países em desenvolvimento ainda assim poderiam ficar em desvantagem (BASU e WEIL, 1998).

Outro fator a impedir a difusão de tecnologias se dá por conta da heterogeneidade institucional que apresentam os países como destacados em Parente e Prescott (1994). Certos tipos de barreiras teriam o efeito de aumentar o custo de adoção de tecnologias, barreiras que poderiam assumir a forma de restrições legais e regulatórias, propinas que eventualmente deveriam ser pagas, até mesmo ameaças de violência, entre outras, que se fossem importantes no processo de difusão tecnológica poderiam ser responsabilizadas em certa medida pelo diferencial observado na produtividade dos países e na renda.

2.5 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS SOBRE CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA

Antes de prosseguir-se na observação das evidências sobre a difusão tecnológicas na literatura é preciso um esclarecimento sobre o conceito de convergência, um conceito bastante amplo e que não é somente aplicado ao estudo da convergência tecnológica, pois foi primeiramente empregado no estudo de como

se comportam os países em relação a distribuição de suas rendas per capita ao longo do tempo.

Como exposto em Islam (2003b), a convergência é um tema muito amplo, pois pode ser referir também à convergência do nível da renda per capita/tecnologia ou crescimento da renda per capita/tecnologia, além de ser um conceito que pode ser aplicado também a regiões dentro dos países.

Pode também, da mesma forma, referir-se a um conceito absoluto ou relativo de convergência, onde no primeiro caso todos os países estariam convergindo para uma taxa ou nível comum de renda per capita/tecnologia enquanto no segundo cada país convergiria para o seu próprio estado estacionário, o qual não necessariamente seria igual para todos os países.

Uma das formas de observa-se a difusão tecnológica é através de índices construídos tendo por base tecnologias específicas. Como comparam Archibugi e Coco (2005), a maioria dos índices está baseada em medidas como número de patentes, artigos científicos, penetração de tecnologias como celular e internet. Sua desvantagem talvez resida em tais índices cobrirem poucos países para longos períodos de tempo, devido a falta de dados. Por fim, a utilização de dados em painel também é amplamente empregada nesse tipo de estudo.

A difusão tecnológica de determinadas tecnologias em vários países foi objeto de análise em Comin, Hobijn e Rovito (2006, 2008) onde para longos períodos observaram o comportamento de tecnologias como: consumo de eletricidade, número de automóveis por habitantes, telefones fixos e celulares. Alguns dos fatos obtidos são os de que a dispersão tecnológica apresentada pelos países é bem maior do que a dispersão da renda, e o processo de convergência de novas tecnologias está acontecendo em uma velocidade muito mais alta do que as tecnologias mais antigas, com destaque para celulares e internet.

Além disso, sob certas condições o processo de difusão não pareceu ser representado por uma curva em forma de S, na qual a difusão seria lenta em certos níveis de renda, devido à dificuldade para arcar com o custo de implantação dessas tecnologias ou pela limitação de capital humano para operá-las, mas que à medida que a renda cresce a difusão aceleraria por haver uma base tecnológica ainda baixa

até que em certo nível de renda seriam então exauridos os ganhos da implantação dessas tecnologias e elas passariam a crescer de forma lenta.

Benhabib e Spiegel (1994, 2005) são exemplos de autores que buscam evidenciar o papel da produtividade sobre o desempenho dos países e a importância que o capital humano tem nesse processo, onde o capital humano atuaria tanto para auxiliar a inovação doméstica quanto na facilitação da absorção de tecnologia vinda do exterior através do processo de *catch-up* em relação à economia americana.

Para o caso do primeiro artigo, os resultados favorecem o papel do capital humano como um elemento facilitador do processo de difusão tecnológico sobre a inovação doméstica quando é analisada a amostra completa de países, sendo o papel do capital humano mais importante no processo de inovação doméstico somente para os países desenvolvidos da amostra.

No segundo artigo, através de um modelo de difusão tecnológico logístico os autores chamam a atenção para o fato de alguns países da amostra não estarem convergindo devido a não possuírem um nível de capital humano suficiente para beneficiar-se das tecnologias produzidas no exterior, embora como bem lembrem a possibilidade de não convergência tecnológica não seria motivo para países não convergirem em termos de renda per capita. Caso os mesmos viessem a atrair capital físico suficiente ou obtivessem sucesso em gerar suas próprias inovações domésticas poderiam mesmo assim convergir para níveis relativos de renda mais alto.

Dois artigos na mesma linha são Ang, Madsen e Islam (2011) e Jones (2012). O primeiro explora a diferença entre os níveis de escolaridade e o processo de inovação e difusão tecnológica, encontrando evidências favoráveis ao ensino superior como principal fonte de inovação para os países ricos e não obtendo indícios de que a educação desempenhe papel algum para os países em desenvolvimento, provavelmente devido a baixa qualidade de suas escolas.

O artigo de Jones (2012) explora justamente esse ponto, qualidade versus quantidade e o papel no processo de difusão de tecnologias. Através de uma nova base de dados sobre qualidade da educação baseados em testes de QI, destacam que a qualidade da educação é muito mais importante na hora de adaptar

tecnologias vindas do exterior e que a educação medida como anos de escolaridade não se mostra importante nesse processo.

Em Xu (2000) é avaliado os possíveis efeitos que as multinacionais americanas têm no processo de difusão tecnológica nos países que abrigam filiais das mesmas para uma amostra tanto de países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, encontrando evidências diferentes em relação a esses grupos.

Para o grupo dos desenvolvidos, as evidências encontradas apontaram na direção de um efeito positivo da presença de multinacionais americanas na difusão tecnológica através dos spillovers, os quais aumentariam a produtividade dos países; 1,34 ponto percentual foi o valor encontrado para o aumento anual da produtividade devido a esses efeitos.

Contudo, não se observam difusão tecnológica vinda das multinacionais em direção aos países em desenvolvimento, mas apenas um efeito positivo na produtividade, que seria entendido como o caso em que as multinacionais não trazem novas técnicas ou bens intermediários com novas tecnologias embarcadas que pudessem ajudar ao país que as recebe no aumento da taxa de crescimento da PTF, mas que teriam, por outro lado, o efeito de induzir uma maior competição no mercado interno e melhorar a eficiência desses mercados.

Esses resultados novamente teriam relação com nível de capital humano de cada país, pois para beneficiarem-se da difusão tecnológica das multinacionais cada país deveria possuir um nível mínimo de capital humano, de 1,4 a 2,4 em termos de escolaridade, algo que também é encontrado em Borensztein, De Gregório e Lee (1998) no estudo da importância do investimento direto estrangeiro feita pelos países desenvolvidos sobre o crescimento da renda per capita vis a vis o investimento doméstico, onde o primeiro se mostra superior desde que esse nível mínimo de capital humano seja alcançado por cada país.

Castellacci (2011) em estudo sobre a difusão de certas tecnologias acaba encontrando três clubes tecnológicos, onde o gap tecnológico separando cada um desses grupos não é nada desprezível, sendo aquele ligado às tecnologias voltadas à inovação o maior. Esses clubes tecnológicos foram divididos segundo diferentes grupos de renda, onde um pequeno número de países desenvolvidos de renda alta

estaria convergindo tecnologicamente para um mesmo nível, mas ao mesmo tempo distanciando-se dos países de renda média.

Esses por último formavam um clube tecnológico que conseguiria convergir a um nível tecnológico mais baixo do que os países ricos devido a uma absorção limitada de tecnologias vindas de fora, mas que distanciava-se cada vez mais dos países de renda baixa, os quais não convergiram a um nível suficiente de tecnologia para melhorar suas produtividades e impactar positivamente seus níveis de renda.

Embora o autor coloque que houve bastante progresso em estreitar fatores responsáveis por melhorar a difusão tecnológica nos países de renda média, para haver uma maior convergência na renda per capita é fundamental um maior esforço por parte desses países em estimular seus próprios sistemas de inovação haja vista que, somente ganhos advindos da exploração de tecnologias de países ricos não serão suficientes para reduzir as desigualdades.

A convergência tecnológica para dezesseis países da OCDE foi explorada em Madsen (2008), onde o mesmo encontra para esse grupo evidências em favor da convergência, atribuída principalmente às patentes internacionais e spillover através das importações, convergência a qual não teria ocorrido segundo o mesmo na ausência dessas formas de difusão.

Tão importantes foram esses mecanismos que o autor sugere uma agenda de política na qual a prioridade deveria ser dada à busca desses conhecimentos provenientes do exterior, na qual a educação mais uma vez seria o mecanismo condutor desse processo. Políticas essas também destacas por Xu e Chiang (2005) no papel em difundir tecnologias por meio do comércio exterior com outros países e na adoção de patentes.

Em DI Liberto, Pigliaru e Chelucci (2011) para uma grande amostra de países utilizando-se dados em painel não é encontrado evidência de convergência tecnológica absoluta, inclusive com o surgimento de dois clubes de convergência tecnológicos, representando o aprofundamento do gap entre países ricos e pobres. Também é possível perceber que países da América Latina e África têm um desempenho extremamente ruim enquanto os países do Leste Asiático, com

destaque para Hong Kong, Coreia do Sul e Singapura, caminhando para rapidamente chegar a níveis de produtividade próximos aos de países ricos.

Contudo, parece ainda haver espaço para que esses países mais atrasados se beneficiarem de spillovers vindos de países ricos, uma vez que grande parte dos países apresenta níveis de capital humano suficientes para poderem explorar essas tecnologias, ainda mais que os requisitos de capacitação da mão-de-obra apontam para um nível de educação mais baixo, não sendo necessários em níveis iniciais de desenvolvimento, profissionais com muito preparo técnico e científico, algo que estaria ligado ao processo de inovação dos países ricos.

Em Chandra e Kolavalli (2006) são analisados diferentes setores para um grupo de países em desenvolvimento onde mostra-se como estes foram capazes de absorver tecnologias que antes consumiram elevados recursos nos países onde haviam sido criadas para posteriormente, através de esforços de pesquisa com foco em inovação serem evoluídas pelos países em desenvolvimento em tão pouco tempo.

Alguns fatores foram necessários, como estabilidade macroeconômica e ambiente social amparado por um sistema legal que imponha contratos e proteja os direitos de propriedade, mas não são suficientes. Seria também necessário um processo de aprendizagem tecnológica, algo complexo devido a vários de seus elementos serem táticos, incorporando aspectos profundamente ligados a pessoas e organizações.

Além disso, dentre as políticas comuns que os autores consideram que foram bem sucedidas estão políticas de proteção a empresas nascentes, mas onde a escolha de quais setores foram beneficiados obedeceu todo um processo técnico e não político. Assim, diferenciam-se de políticas protecionistas que visam a simples proteção de setores da concorrência externa, pois tão logo essas empresas ganhem um pouco de maturidade, são estimuladas a competirem internamente com outras empresas mais eficientes vindas do exterior através de uma abertura comercial no setor.

3 METODOLOGIA E DADOS

3.1 MÉTODO EMPÍRICO

Existe um número muito grande de métodos disponíveis para a estimação da produtividade dos países, cada um com suas virtudes e fraquezas. Essas diferentes metodologias podem ser utilizadas com dados agregados ou micro, utilizando uma metodologia determinística, DEA – *Data Envelopment Analysis*, Growth Accounting ou paramétrica, Growth Regressions (ISLAM, 2001; DEL GATTO; DI LIBERTO; PETRAGLIA, 2011).

No presente trabalho opta-se pela utilização do método de *Growth Regressions* na busca e observação das heterogeneidades existentes entre os países da América Latina no que se refere à produtividade de suas economias, adotando-se a estrutura de dados em painel. Para tanto, se valerá da abordagem sugerida por Islam (1995, 2003a) na qual aplica-se a estrutura de dados em painel ao modelo de convergência descrito por Mankiw, Romer e Weil (1992).

Ademais, a heterogeneidade representada pelos efeitos individuais presentes nos dados em painel irá referir-se a uma estimativa da tecnologia de cada país, tecnologia aqui expressa no sentido de produtividade (PTF), ou seja, uma maneira de medir a eficiência com que cada país utiliza os seus insumos para a fabricação de produtos.

No trabalho original, Mankiw, Romer e Weil (1992) chegam até a seguinte equação que descreveria os determinantes da renda per capita entre dois períodos de tempo bem como sua taxa de convergência λ^5 :

$$\ln y(t_2) = (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s) - (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta) + e^{-\lambda\tau} \ln y(t_1) + (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln A(0) + g(t_2 - e^{-\lambda\tau} t_1) \quad (1)$$

⁵ A derivação desta equação encontra-se no apêndice.

onde observa-se que os determinantes da renda per capita no período dois, $\ln y(t_2)$, são funções das variáveis que afetam a renda per capita no estado estacionário das economias, entre elas, crescimento da taxa de poupança, crescimento populacional e produtividade.

Porém, devido à necessidade da aplicação do método de mínimos quadrados ordinários, muitas características em relação à produtividade tiveram que ser relaxadas no modelo de Mankiw, Romer e Weil (1992), principalmente a suposição de independência entre a produtividade e as demais variáveis explicativas, pois o seguinte termo $(1 - e^{-\lambda\tau})\ln A(0) + g(t_2 - e^{-\lambda\tau}t_1)$, que dentre outras coisas captura o componente tecnológico dos países, são adicionados ao termo de erro e a constante para que seja possível a estimação através de MQO.

Mas, para que haja uma correta análise dos dados é necessário que a equação (1) seja considerada em sua forma completa mantendo-se assim, de maneira explícita, a influência da produtividade e evitando-se uma estimativa viesada dos parâmetros. Islam (1995) é quem primeiramente fornece um caminho para isso ao utilizar a teoria de dados em painel, e a possibilidade de capturar características de cada economia através de efeitos individuais, aplicada a equação de Mankiw, Romer e Weil (1992).

Sua motivação inicial surgiu do fato de ao adotar-se um método que capturasse o componente da produtividade e não apenas o coloca-se no termo de erro, poder-se-ia assim, elevar a taxa de convergência da renda per capita dos países, o que de fato acaba por ser confirmada empiricamente quando comparada com as regressões que utilizam mínimos quadrados.

Além disso, ao mesmo tempo em que captura a heterogeneidade existente entre os países no que se refere à produtividade, a adoção de efeitos fixo individual feita por Islam (1995, 2003a) também resolve outros dois problemas: o primeiro é que a sua estimação permite uma observação direta da produtividade de cada país; o segundo seria a eliminação do problema de endogeneidade, uma vez que é possível em dados de painel a correlação entre as variáveis explicativas e o efeito individual, sem que isso cause problemas à estimação.

Na modificação proposta por Islam (1995), na qual se permite a estimação do modelo (1) por dados em painel e a correlação do efeito individual, μ_i , e as variáveis explicativas, tem-se a equação:

$$y_{it} = \gamma y_{i,t-1} + \sum_j^2 \beta_j x_{it}^j + \eta_t + \mu_i + v_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad (2)$$

em que v_{it} representa um erro *i.i.d.* A correspondência entre as variáveis do modelo (1) e (2) são dadas por:

$$\begin{aligned} y_{it} &= \ln y(t_2) \\ y_{i,t-1} &= \ln y(t_1), \\ \gamma &= e^{-\lambda\tau} \\ \beta_1 &= (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1 - \alpha} \\ \beta_2 &= -(1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1 - \alpha} \\ x_{it}^1 &= \ln(s_{it}) \\ x_{it}^2 &= \ln(n_{it} + g + \delta) \\ \mu_i &= (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln A(0) \\ \eta_t &= g(t_2 - e^{-\lambda\tau} t_1) \end{aligned} \quad (3)$$

Na equação (2) será também adicionada uma terceira variável representando o capital humano dos indivíduos que vivem nos países, H , comum em análises de dados em cross-section ou painel. Além disso, pode ser vantajosa a eliminação do componente de tendência e da taxa de crescimento da tecnologia comum aos países, g ⁶. Para isso, como propõe Di Liberto, Pigliaru e Chelucci (2011) os dados são tomados em diferença da média da amostra da equação (2):

$$\check{y}_{it} = \gamma \check{y}_{i,t-1} + \sum_j^2 \beta_j \check{x}_{jit} + \mu_i + v_{it} \quad (4)$$

onde $\check{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_t$ e $\check{x}_{it} = x_{it} - \bar{x}_t$.

⁶ Também serviria para amenizar possíveis efeitos de ciclos de negócios e correlação serial nos dados.

3.2 OBTENÇÃO DOS EFEITOS INDIVIDUAIS

A vantagem da utilização do modelo (4) acima baseado em uma estrutura de dados em painel como já mencionado é a importância dada ao efeito individual de cada país, pois nele encontra-se elementos relacionados à produtividade (PTF). Sendo assim, a possibilidade de observar como se comportam esses efeitos individuais para os diferentes países representa uma oportunidade de comparar-se a possível heterogeneidade existente entre esses países. Para isso, segue-se alguns trabalhos⁷ nos quais os efeitos individuais são obtidos segundo:

$$\mu_i = \bar{y}_i - \hat{\gamma}\bar{y}_{i,-1} - \sum_j^2 \hat{\beta}_j \bar{x}_i \quad (5)$$

com $\bar{y}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}$, $\bar{y}_{i,-1} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-1} y_{it}$, $\bar{x}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it}$ sendo $\hat{\gamma}$ e $\hat{\beta}_j$ os parâmetros estimados da equação (4).

Após a obtenção dos efeitos individuais, pode-se recuperar o nível da produtividade de cada país através da expressão, $\mu_i = (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln A(0)$, ou:

$$A(0)_i = e^{\left(\frac{\mu_i}{1 - e^{-\lambda\tau}}\right)} \quad (6)$$

Com essa medida em mãos torna-se possível ter uma ideia do nível de produtividade que apresenta cada país, bem como, uma medida relativa aos demais países que compõem a amostra.

⁷ Di Liberto, Pigliaru e Mura (2008), Di Liberto, Pigliaru e Chelucci (2011) e Islam (2003).

3.3 ESTIMAÇÃO EM DADOS EM PAINEL

Os parâmetros da equação (4) são fundamentais no processo de obtenção dos efeitos individuais de cada país, e como aponta Wooldridge (2010), sua correta estimação depende da hipótese feita sobre a correlação entre esse efeito individual e as demais variáveis explanatórias.

Como o modelo que foi apresentado é baseado na hipótese de que o efeito individual, μ_i , é correlacionado com as demais variáveis explicativas, o estimador de efeitos aleatórios que implica na não correlação entre efeito individual e demais variáveis não será utilizado, fazendo com que a opção se de pela utilização dos estimadores de efeitos fixos para a estimação dos parâmetros de interesse, a saber *Within Transformation/LSDV*⁸⁹.

Porém, em modelos nos quais é incluído como um dos regressores uma variável dependente defasada $y_{i,t-1}$, como é o caso aqui, a abordagem usual de estimar os parâmetros de interesse através de modelos de efeitos fixos como *within transformation/LSDV* pode gerar uma estimativa viesada para baixo dos coeficientes (JUDSON e OWEN, 1999).

Como coloca Baltagi (2005), para lidar com a correlação entre a variável dependente defasada e o erro idiossincrático v_{it} , e também a possível endogeneidade das variáveis explanatórias em modelos dinâmicos, o método *GMM*¹⁰ pode ser uma alternativa importante, pois ao aplicar as próprias variáveis explanatórias como instrumentos, permite eliminar a correlação entre estas e o erro. Como um exemplo de estimador GMM tem-se o estimador de Arellano e Bond.

Ainda sobre o problema do viés em dados em painel dinâmicos, Bruno (2005) aponta que o viés das demais variáveis explicativas que não a variável dependente defasada é pequeno e não causa problemas sérios, mas que no caso

⁸ No apêndice encontram-se de forma resumida dois exemplos de estimadores de dados em painel.

⁹ LSDV é a abreviação de Least Squares Dummy Variable.

¹⁰ GMM é a abreviação de Generalized Method of Moments.

de $y_{i,t-1}$, o viés tende a ser tão maior quanto menor número de período analisados, sendo maiores nos estimadores GMM do que no *Within Transformation/LSDV*.

Assim, no presente trabalho utilizar-se-á tanto o estimador de efeitos fixos *Within Transformation/LSDV* como o estimador de Arellano e Bond na obtenção das estimativas dos coeficientes de interesse na equação (4) para os países da América Latina e Estados Unidos, este último tido como o líder tecnológico, em um período compreendido entre 1960-2010, em que se utiliza um intervalo de tempo de cinco anos, o que faz com que se tenha o painel com os seguintes anos, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010.

Após feita a estimação para o período de 1960-2010 e encontrado o nível absoluto e relativo da produtividade para essas economias, divide-se o mesmo período em dois, 1960-1985 e 1985-2010, afim de observar se há ou não alteração nas produtividades entre esses dois anos, uma forma de observar a possível convergência ou divergência tecnológica.

3.4 DADOS UTILIZADOS

A maior fonte de dados para a análise do modelo virá das variáveis incluídas nas tabelas da Penn World Table versão 7.1 (2012). Por exemplo, para a variável renda y_{it} , será utilizado o logaritmo do PIB per capita em termos de Paridade de Poder de Compra, PPP, a preços constantes de 2005. Para a variável poupança s , será empregado o investimento em relação ao PIB per capita para cada ano considerado. Já a variável n , mede a taxa de crescimento da população total de cada país em determinado ano em relação ao ano anterior. Com relação a variável escolaridade, H , será utilizada a média de escolaridade dos indivíduos acima de 15 anos para cada um dos diferentes países em cada ano, retirados do conjunto de dados elaborado por Barro e Lee (2010).

4 RESULTADOS

Aqui parte-se para a observação dos resultados onde, a partir da análise da Tabela 1, observa-se que os valores estimados apresentam certa diferença dependendo dos estimadores utilizados para o cálculo da equação (4).

Com relação ao modelo MQO agrupado, que não leva em conta os fatores fixos individuais, tem-se o sinal esperado em todas as variáveis embora os coeficientes para educação e população sejam estatisticamente significantes apenas ao nível de 10%. O parâmetro de interesse γ , referente a variável defasada, por outro lado é significativo a 1% o que implica que países com menor renda inicial tenderam a crescer mais¹¹. Além disso, o coeficiente de convergência $\lambda=0,008$, sem dúvida é muito baixo.

Quando utilizados os estimadores apropriados para a estrutura em dados de painel tem-se que, tanto para o estimador de efeitos fixos ou para o estimador GMM observa-se uma elevação no valor de λ , 0,03 e 0,04 respectivamente, embora ainda sejam valores de convergência muito baixos para a renda per capita, porém, dando suporte aos argumentos da utilização de dados em painel em relação à análise cross-section sobre seu impacto na velocidade de convergência (ISLAM, 1995; CASELLI; ESQUIVEL; LEFORT, 1996). Esse fato está diretamente ligado aos coeficientes da renda inicial serem menores quando utilizados efeitos fixos ou GMM. Além disso, há um aumento no parâmetro referente ao investimento nos estimadores de dados em painel quando comparado ao MQO Agrupados.

Ainda com relação ao estimador de efeitos fixos apresentado na Tabela 1 observa-se que sua validade como modelo teórico para dados em painel sobre o estimador de MQO pode ser comprovada ao aplicar-se o teste F sobre a hipótese

¹¹ Isso é mais claramente visto quando se leva em conta que na equação original de Mankiw, Romer e Weil (1992), $\gamma = e^{-\lambda\tau}$ é na verdade o coeficiente $-(1 - e^{-\lambda\tau})$, o que feito os ajustes dará o tradicional coeficiente $\beta = -0,03$.

dos efeitos individuais serem iguais a zero, $\mu_i = 0$ para todo i . Na aplicação de tal teste é possível rejeitar essa hipótese através da constatação do p-value de F ser extremamente baixa, o que confirma o viés de variável omitida do estimador de MQO.

TABELA 1 - ESTIMAÇÃO DO MODELO DE DETERMINAÇÃO DA RENDA 1960-2010

Variável Dependente: $\ln y_{it}$				
Modelo	MQO	EFEITOS FIXOS	GMM AB1	GMM AB2
$\ln y_{it-1}$	0.9670198* (0.0157769)	0.850273* (0.0573831)	0.8452404* (0.0436574)	0.808861* (0.052831)
$\ln s_{it}$	0.12316* (0.0245922)	0.20034* (0.04182)	0.2428982* (0.0599192)	0.241999* (0.059697)
$\ln(n + g + \delta)$	-0.0574665*** (0.0323011)	-0.0804063*** (0.0429812)	-0.0567353 (0.0421062)	-0.099105** (0.039632)
H	0.0079904*** (0.0046284)	0.0002517 (0.0175026)	-0.0363765 (0.0274312)	-0.029788 (0.022262)
λ	0,008	0,03	0,03	0,04
<i>Sargan p-value</i>			0,11	0,02
<i>ACΔE</i>			0,01	0,03
			0,58	0,44
<i>obs:</i>	190	190	171	171

Nota:

* Significativo a 1%, ** Significativo a 5% e *** Significativo a 10%.

Erros padrões robustos entre parênteses.

MQO é o estimador de Mínimos Quadrados Agrupados.

Efeitos Fixos é o estimador Within/LSDV para dados em painel.

GMM AB1 é o estimador GMM *one step* de Arellano e Bond supondo variáveis predeterminadas, $E[x_{it}v_{it}] \neq 0$ para $s < t$ mas $E[x_{it}v_{it}] = 0$ para todo $s > t$.

GMM AB2 é o estimador GMM *one step* de Arellano e Bond supondo variáveis estritamente exógenas.

Amostra de 19 países no período 1960-2010 com intervalos de cinco anos.

Sargan p-value mostra o p-valor da estatística de teste sobre a hipótese nula de sobre identificação do modelo.

ACΔE mostra o p-valor da estatística de teste sobre a hipótese de auto correlação zero sobre os erros diferenciados de ordem 1 e 2 dos estimadores GMM AB.

FONTE: O Autor (2013)

No caso da linha intitulada Sargan p-valor tem-se os p-valores da estatística de teste para a hipótese nula de que é válida a sobre identificação dos modelos de GMM. O Teste de Sargan tem uma distribuição de Qui-Quadrado e não é conhecida sobre a hipótese de erros robustos como apresentados na Tabela 1 por isso, os valores do teste apresentados são devidos aos estimadores sobre a hipótese de homocedasticidade. Na observação dos p-valores da Tabela 1 apresenta forte evidência contra a hipótese nula para GMM AB2 embora um pouco melhor para

GMM AB1, o que implicaria reconsiderar o modelo ou os instrumentos utilizados, a não ser que se atribua a rejeição à heterogeneidade no processo de geração dos dados.

Na linha denominada $AC\Delta E$ apresenta-se o p-valor da estatística de teste para a hipótese nula de auto correlação zero nos erros de ordem um e dois dos estimadores GMM AB. Quando os erros idiossincráticos são *iid*, os erros diferenciados são serialmente correlacionados em primeira ordem, assim como se espera, o resultado do teste na primeira linha apresentam evidências contrárias à hipótese nula de auto correlação zero no erro diferenciado de ordem um em ambos os modelos. No caso do erro diferenciado de segunda ordem não é possível rejeitar a hipótese nula de auto correlação zero em nenhum dos dois modelos, o que implica que as condições dos momentos usadas são válidas.

Tendo em mãos os resultados da Tabela 1, pode-se chegar até a estimativa da produtividade de cada país através dos efeitos individuais obtidos com a utilização dos dados em forma de painel. Para isso, utilizando-se da equação (5) para a estimação dos efeitos fixos e posteriormente através da equação (6), recupera-se o nível de produtividade dos países analisados na amostra.

Essas estimativas são apresentadas na Tabela 2 em termos relativos à economia americana para o período compreendido entre 1960 até 2010 utilizando-se os três estimadores de dados em painel mostrados na Tabela 1. Através dela é possível perceber a grande heterogeneidade entre os países quando o assunto é produtividade onde é possível notar países com produtividade abaixo da metade da americana dependendo do estimador utilizado.

Logo abaixo, na Tabela 3, encontram-se a classificação dos países em termos de suas produtividades relativas onde se observa que independente do estimador utilizado os Estados Unidos são o país mais produtivo quando comparado com os países sul americanos. A correlação entre as posições pode ser observada através do coeficiente de autocorrelação de spearman, tanto para as estimativas de Efeitos Fixos e GMM AB1, 0,9667, Efeitos Fixos e GMM AB2, 0,8702, e GMM AB1 e GMM AB2, 0,8772.

TABELA 2 - PRODUTIVIDADES RELATIVAS 1960-2010

País	EFEITOS FIXOS	GMM AB1	GMM AB2
<i>Argentina</i>	0.828515	0.699711	0.868028
<i>Bolívia</i>	0.7529	0.606807	0.767899
<i>Brasil</i>	0.78555	0.59113	0.765195
<i>Chile</i>	0.803263	0.667814	0.786076
<i>Colômbia</i>	0.808406	0.631634	0.794836
<i>Costa Rica</i>	0.873928	0.71787	0.857709
<i>Rep Dominicana</i>	0.847042	0.661172	0.834117
<i>Equador</i>	0.727049	0.566753	0.699185
<i>El Salvador</i>	0.819176	0.627238	0.816906
<i>Guatemala</i>	0.814439	0.594393	0.800993
<i>Honduras</i>	0.724855	0.537355	0.702765
<i>México</i>	0.839747	0.67391	0.820489
<i>Nicarágua</i>	0.677477	0.496004	0.654299
<i>Panamá</i>	0.81062	0.66276	0.791173
<i>Paraguai</i>	0.762853	0.591179	0.7494
<i>Peru</i>	0.778213	0.624044	0.758919
<i>Estados Unidos</i>	1	1	1.0000
<i>Uruguai</i>	0.791594	0.643106	0.789195
<i>Venezuela</i>	0.843827	0.669634	0.824492

FONTE: O Autor (2013)

TABELA 3 - POSIÇÃO DOS PAÍSES 1960-2010

Posição	EFEITOS FIXOS	GMM AB1	GMM AB2
1	<i>Estados Unidos</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Estados Unidos</i>
2	<i>Costa Rica</i>	<i>Argentina</i>	<i>Costa Rica</i>
3	<i>República Dominicana</i>	<i>Costa Rica</i>	<i>Argentina</i>
4	<i>Venezuela</i>	<i>República Dominicana</i>	<i>México</i>
5	<i>México</i>	<i>Venezuela</i>	<i>Venezuela</i>
6	<i>Argentina</i>	<i>México</i>	<i>Chile</i>
7	<i>El Salvador</i>	<i>El Salvador</i>	<i>Panamá</i>
8	<i>Guatemala</i>	<i>Guatemala</i>	<i>República Dominicana</i>
9	<i>Panamá</i>	<i>Colômbia</i>	<i>Uruguai</i>
10	<i>Colômbia</i>	<i>Panamá</i>	<i>Colômbia</i>
11	<i>Chile</i>	<i>Uruguai</i>	<i>El Salvador</i>
12	<i>Uruguai</i>	<i>Chile</i>	<i>Peru</i>
13	<i>Brasil</i>	<i>Bolívia</i>	<i>Bolívia</i>
14	<i>Peru</i>	<i>Brasil</i>	<i>Guatemala</i>
15	<i>Paraguai</i>	<i>Peru</i>	<i>Paraguai</i>
16	<i>Bolívia</i>	<i>Paraguai</i>	<i>Brasil</i>
17	<i>Equador</i>	<i>Honduras</i>	<i>Equador</i>
18	<i>Honduras</i>	<i>Equador</i>	<i>Honduras</i>
19	<i>Nicarágua</i>	<i>Nicarágua</i>	<i>Nicarágua</i>

Nota: Posição em ordem decrescente de produtividade.

FONTE: O Autor (2013)

Ainda nas Tabela 2 e 3 observa-se que a posição ocupada pelos países menos produtivos tende a se manter igual, sendo representados por Equador, Honduras e Nicarágua. Também pelo exame do estimador GMM AB2, em ambas as tabelas, os resultados em termos de posição faz surgir padrões de comportamento estranhos, nos casos de Chile, República Dominicana e Guatemala, algo que pode ser devido a valor do teste da estatística de Sargan não ter sido boa, o que leva a privilegiarmos o estimador GMM AB1 em detrimento ao estimador GMM AB2.

Além disso, no caso do Brasil o fato de figurar em posições baixas nesses rankings, atrás de países com economias menores que a sua algo que pode soar estranho em um primeiro momento, deverá necessitar de uma análise mais profunda para saber até que ponto isso pode ser devido aos dados ou a outros fatores.

Por outro lado, Costa Rica, Argentina e República Dominicana e México são os países sul americanos com os maiores níveis de produtividade relativa quando comparam-se os três estimadores.

O fato dos Estados Unidos liderarem em termos de produtividade pode ser até de certa forma facilmente entendido e justificado, uma vez que são o país que apresenta o maior nível de desenvolvimento e entre outros trabalhos que se baseiam nessa metodologia são frequentemente vistos na posição de vanguarda tecnológica, apesar de nos últimas décadas virem sendo ameaçados por países do leste asiático.

Como uma forma de melhor observar como se comporta a produtividade dos países latino-americanos ao longo do período, na Tabela 4 abaixo é refeito o modelo de determinação da renda para dois períodos de tempo, de 1960 até 1985 e de 1985 até 2010, para posteriormente obterem-se as estimativas da produtividade e produtividade relativa à economia americana, e observarem-se possíveis evidências de convergência. Porém, como destacam Judson e Owen (1999) e Bruno (2005) sobre a consistência dos estimadores GMM em relação a períodos de tempo curtos como os utilizados aqui, é feita a escolha de utilizarem-se somente os estimadores de efeitos fixos mesmo estes últimos podendo apresentar viés dos parâmetros estimados.

Dos parâmetros obtidos na Tabela 4, mais uma vez observa-se a tendência dos estimadores de MQO agrupados produzirem estimativas viesadas para cima dos parâmetros do modelo devido ao viés de variáveis omitidas, comprovado através do p-valor extremamente baixo sobre a hipótese nula dos efeitos individuais serem iguais à zero na estimação de efeitos fixos. Além disso, mais uma vez o coeficiente de convergência da renda per capita λ aumenta seu valor no modelo de efeitos fixos para ambos os períodos, mais uma evidência em favor deste último em relação aos MQO agrupados.

TABELA 4 - ESTIMAÇÃO DO MODELO DE DETERMIAÇÃO DA RENDA PARA DOIS PERÍODOS

Variável Dependente: $\ln y_{it}$				
Modelo	1960-1985		1985-2010	
	MQO	EFEITOS FIXOS	MQO	EFEITOS FIXOS
$\ln y_{it-1}$	0.9533689* (0.0255767)	0.7417013* (0.0862835)	0.9629649* (0.020039)	0.5670266* (0.0642745)
$\ln s_{it}$	0.1499562* (0.0334029)	.2227339* (0.0629164)	0.0769946** (0.0328811)	0.1790575** (0.067206)
$\ln(n + g + \delta)$	-0.0071047 (0.0408427)	-0.0785939 (0.0561558)	-0.1285594* (0.040743)	-0.0311348 (0.0540736)
H	0.0055115 (0.0076917)	-0.0033623 (0.0534563)	0.0155398* (0.0058232)	0.0057514 (0.0225785)
λ	0,01	0,06	0,008	0,11
obs:	95	95	95	95

Nota:

* Significativo a 1%, ** Significativo a 5% e *** Significativo a 10%.

Erros padrões robustos entre parênteses.

FONTE: O autor (2013)

Tendo em mãos os parâmetros da Tabela 4 pode-se recuperar mais uma vez as estimativas da produtividade de cada país e posteriormente computar-se a produtividade relativa em relação aos Estados Unidos. Isso é feito na Tabela 5 abaixo onde é possível observar-se que todos os países apresentaram uma perda de produtividade relativa entre os dois períodos onde nenhum país consegue estreitar o *gap* em relação à economia americana.

Alguns países apresentaram perdas significativas como Nicarágua, Bolívia, Honduras, Paraguai, El Salvador se comparado aos demais, mas devido a todos os países apresentarem piora, leva-se a pensar em um processo de divergência absoluta entre os países latino-americanos e a economia americana.

Por outro lado, pode-se perceber através da Tabela 6, na qual apresenta a posição dos países em cada período, que Chile, Uruguai e Equador ganham posições significativas entre os países latino-americanos enquanto El Salvador, Costa Rica e Guatemala perdem muitas posições.

Para o caso brasileiro embora tenha perdido produtividade relativa aos Estados Unidos entre os dois períodos, Tabela 5, mesmo assim, consegui melhorar uma posição no rank dos países, Tabela 6. Isso faz com que os resultados devam ser interpretados com cautela, uma vez que se está medindo produtividades relativas em torno da economia americana, podendo muito bem, entre os países da América Latina, estar havendo um processo de convergência, embora não tenha-se testado essa hipótese.

TABELA 5 - PRODUTIVIDADES RELATIVAS EM DOIS PERÍODOS

País	PTF RELATIVA 1960-1985	PTF RELATIVA 1985-2010
<i>Argentina</i>	0.684025	0.581753
<i>Bolívia</i>	0.609123	0.405589
<i>Brasil</i>	0.629966	0.517557
<i>Chile</i>	0.60857	0.545227
<i>Colômbia</i>	0.655006	0.497102
<i>Costa Rica</i>	0.753811	0.576694
<i>Rep Dominicana</i>	0.659473	0.529236
<i>Equador</i>	0.559258	0.441253
<i>El Salvador</i>	0.666063	0.474177
<i>Guatemala</i>	0.660591	0.489942
<i>Honduras</i>	0.580538	0.36487
<i>México</i>	0.727692	0.611188
<i>Nicarágua</i>	0.574084	0.30267
<i>Panamá</i>	0.635995	0.53441
<i>Paraguai</i>	0.60468	0.397105
<i>Peru</i>	0.628923	0.459518
<i>EUA</i>	1	1
<i>Uruguai</i>	0.625813	0.549439
<i>Venezuela</i>	0.727465	0.583489

FONTE: O Autor (2013)

TABELA 6 - POSIÇÃO DOS PAÍSES NOS DOIS PERÍODOS

Posição	1960-1985	1985-2010
1	<i>Estados Unidos</i>	<i>Estados Unidos</i>
2	<i>Costa Rica</i>	<i>México</i>
3	<i>México</i>	<i>Venezuela</i>
4	<i>Venezuela</i>	<i>Argentina</i>
5	<i>Argentina</i>	<i>Costa Rica</i>
6	<i>El Salvador</i>	<i>Uruguai</i>
7	<i>Guatemala</i>	<i>Chile</i>
8	<i>República Dominicana</i>	<i>Panamá</i>
9	<i>Colômbia</i>	<i>República Dominicana</i>
10	<i>Panamá</i>	<i>Brasil</i>
11	<i>Brasil</i>	<i>Colômbia</i>
12	<i>Peru</i>	<i>Guatemala</i>
13	<i>Uruguai</i>	<i>El Salvador</i>
14	<i>Bolívia</i>	<i>Peru</i>
15	<i>Chile</i>	<i>Equador</i>
16	<i>Paraguai</i>	<i>Bolívia</i>
17	<i>Honduras</i>	<i>Paraguai</i>
18	<i>Nicarágua</i>	<i>Honduras</i>
19	<i>Equador</i>	<i>Nicarágua</i>

Nota: Posição em ordem decrescente de produtividade.

FONTE: O Autor (2013)

A ausência de uma convergência absoluta entre os países pode ser observada através da (FIGURA 1) abaixo que mostra o resultado da regressão entre a média da taxa de crescimento da produtividade no período de 1960 até 2010, em relação à produtividade inicial de 1960 até 1985. Não se observa uma inclinação negativa entre essas duas variáveis que seria esperada no caso de convergência absoluta.

Com relação ao parâmetro referente ao impacto da educação sobre o crescimento da renda, observar-se que em nenhum dos modelos com estimadores de dados em painel ele se mostra estatisticamente significativo, inclusive com valores negativos para os estimadores GMM de Arellano e Bond, sendo significativa apenas a 10% para MQO Agrupados. Esse resultado pode ser devido a dois fatores: o primeiro seria o fato de a variável utilizada como *proxy* de capital humano ser anos de escolaridade, algo que não leva em conta a diferença de qualidade entre os anos

de escolaridade como aponta Hanushek e Wößmann (2007)¹². O segundo seria como aponta Nelson e Phelps (1966) o papel facilitador da educação em difundir novas tecnologias vindas do exterior, e não apenas como um fator de produção. Assim, os resultados encontrados para a variável educação podem ter sido ocasionados por algum desses dois fatores apontados.

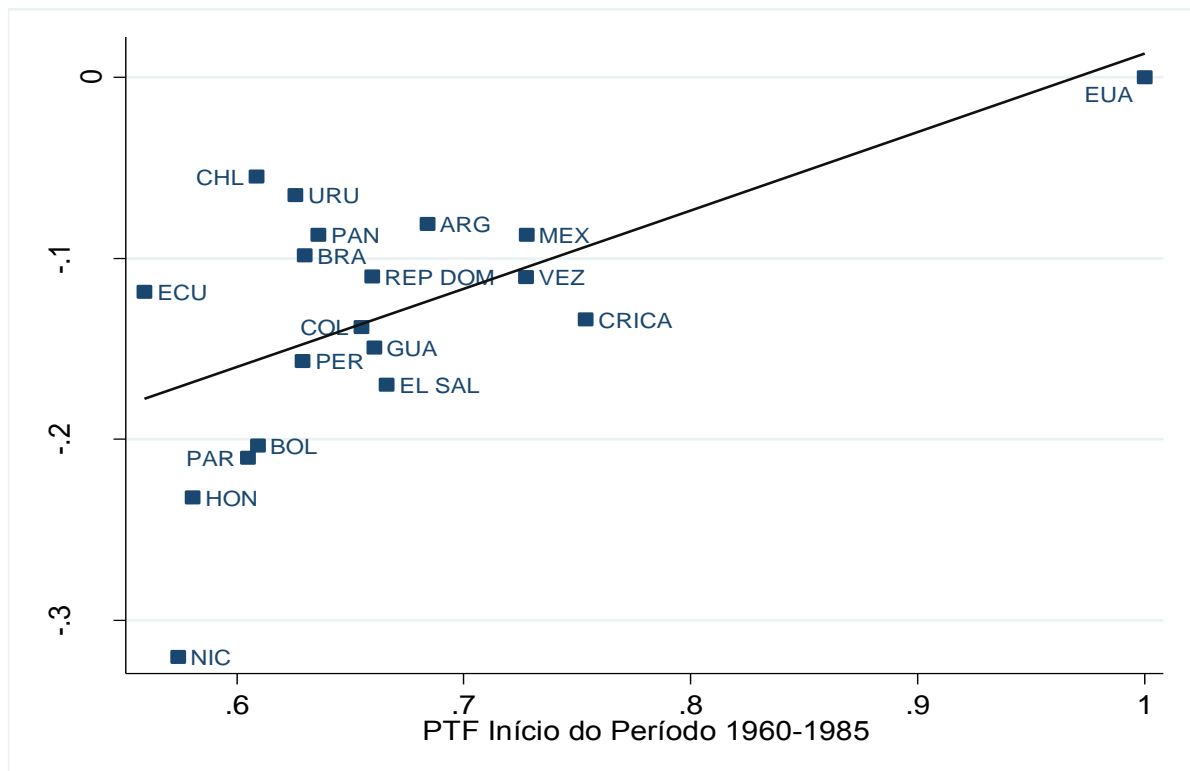


FIGURA 1: RELAÇÃO DE CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA

FONTE: O Autor (2013)

Uma observação final deve ser feita com relação aos resultados aqui apresentados, a de que se esta mensurando produtividade em termos agregados. Quando a produtividade é medida em termos agregados e resultados apontam para produtividades baixas ou mesmo um declínio em termos relativos a outros países,

¹² De fato esse pode ser um problema para os países da região uma vez que, embora esses países tenham nos últimos anos melhorados em termos de quantidade de educação, a qualidade não tem acompanhado esta melhora (OCDE, 2010).

isso não significa necessariamente que dentro dessa economia não existam setores dinâmicos nos quais seja possível observar níveis tecnológicos próximos ou até mesmo superiores ao nível da fronteira tecnológica. Como é muito bem conhecido, existem setores em determinados países os quais estão diretamente ligados à pesquisa de ponta, sendo inclusive fontes de difusão tecnológica para outros países¹³.

¹³ O próprio Brasil serve como referência na pesquisa agrícola onde o papel da Embrapa foi importante para desenvolver novas variedades de culturas como a soja, o que possibilitou o aumento da produtividade dessa cultura.

5 CONCLUSÕES

No presente trabalho buscou-se contribuir com a literatura sobre produtividade nos países da América Latina através de uma abordagem em dados em painel, onde obteve-se a estimativa de produtividade através do efeito fixo individual de cada país, e posteriormente a produtividade relativa destes em relação aos Estados Unidos, país considerado líder tecnológico e apoiado no presente trabalho pelas evidências empíricas obtidas.

Embora comparações diretas com outros trabalhos que buscam medir a produtividade dos países não possam ser feitas uma vez que metodologias diferentes são utilizadas, o quadro extraído aqui, ainda assim, coloca-se no mesmo caminho de outros trabalhos ao apontar para um nível de produtividade dos países da região muito abaixo da economia americana, e também possivelmente embora não verificado, em relação a outros países mais avançados que ao lado dos Estados Unidos tem participação expressiva na produção de inovações para a fronteira tecnológica.

Além disso, como forma de examinar a possibilidade de que a diferença tecnológica pudesse estar diminuindo ao longo do tempo e trazendo os países para mais perto da fronteira tecnológica, foi feita a análise para dois subperíodos, 1960-1985 e 1985-2010, utilizando-se apenas o estimador within transformation/LSDV por uma questão de consistência desses estimadores em relação aos estimadores GMM AB. Porém, os resultados apontaram na direção não de uma diminuição, mas sim, de um aumento do gap tecnológico entre a região e os Estados Unidos.

Também percebe-se dentro dessa análise em subperíodos, que dentro dos países da região existe uma persistência de determinados países em se posicionarem nas últimas posições, caso de Honduras, Nicarágua, Bolívia e Equador, onde os mesmos não apresentam mudanças significativas entre os dois períodos em oposição a Chile e Uruguai, por exemplo.

Uma desvantagem do modelo utilizado reside em não ser possível obterem-se estimativas, para anos individuais, de como tem se comportado a produtividade dos países, algo que poderia dar mais subsídios para saber se nos últimos anos, com o aumento do preço das commodities e o conseqüente aumento das taxas de crescimento do PIB da região trazidos por essa elevação, o quadro pudesse ter sofrido uma reversão em direção a uma maior convergência tecnológica.

Contudo, isso parece não ser o caso uma vez que, através de estudos de *growth accounting*, esses países nos anos mais recentes obtiveram melhoras tímidas em suas produtividades não sendo suficientes para colocá-los no mesmo patamar de países do Leste Asiático, reconhecidos como países que rapidamente diminuíram sua desvantagem em relação aos países desenvolvidos.

Após a observação do quadro encontrado na América Latina, naturalmente surge a busca de respostas pelos motivos que a levaram a tal situação. Uma das fontes de avanço tecnológico disponíveis aos países é a sua própria capacidade de inovação, que além de possibilitar a criação de novos bens intermediários disponíveis a suas empresas e a outros mercados, possibilita a eles não ficarem dependentes das tecnologias desenvolvidas por terceiros.

Porém, inovação parece não ser a principal fonte de progresso tecnológico dos países latino-americanos e da maioria dos países em geral, pois grande parte da inovação é produzida por países desenvolvidos, devido geralmente aos custos elevados da pesquisa, muito embora os países em desenvolvimento venham melhorando nos últimos anos no que refere-se a produção de inovação.

Além disso, como observado por Maloney (2007) é comum muitos países que apostam em pesquisa na América Latina o fazerem sem uma adequada ligação entre empresa e academia, diminuindo as chances de sucesso em desenvolver tecnologias que possam realmente aumentar a produtividade das firmas. Devido a isso, seria comum a pesquisa nesses países ter um caráter muito científico ao contrário do que se observaria em outros países que também baseiam suas economias na produção de commodities, casos de Austrália e Canadá, mas que apresentam tanto produtividades relativas como níveis socioeconômicos muito melhores.

Sendo assim, ao que tudo indica a grande fonte de tecnologia para países em desenvolvimento é via difusão de tecnologia dos países ricos através dos canais já citados, mas que necessitariam dispor de capacidade para absorver essas novas técnicas, que vão desde a qualidade de sua mão-de-obra, passando por questões regulatórias e ambiente econômico, o que pode não estar sendo o caso da América Latina.

Para que empresas produtoras de tecnologias, as quais despendem consideráveis somas de recursos para sua obtenção, estejam dispostas a compartilhá-las é preciso um mínimo de confiança de que serão devidamente recompensadas por isso. Uma das características que justamente caracterizam a economia latino-americana, salvo exceções, é justamente sua insegurança jurídica devido a casos de expropriações causadas por governos populistas e corruptos. Isso pode fazer com que muitas empresas não queiram disponibilizar suas tecnologias com medos de futuras represálias por parte dos governos locais.

Além disso, outras fontes que impedem a difusão de tecnologias também estavam presentes nos países da região em um período não muito distante, como o caso de crises econômicas, que naturalmente afugentam investimentos, e políticas econômicas equivocadas como a busca da proteção do mercado interno com barreiras a importação, notoriamente um dos canais mais importantes para a difusão de tecnologias.

Porém, isso não significa que os países da região estarão condenados a um eterno atraso tecnológico, pois como se observam os casos de outros países tidos atualmente como na vanguarda tecnológica, mas que já foram países de renda baixa e com padrões similares aos da América Latina, é possível escapar desta realidade através de políticas voltadas a qualificação da população e de fortalecimento do ambiente institucional, para que assim, possa surgir um ambiente voltado tanto à inovação doméstica como o aperfeiçoamento de técnicas vindas do exterior.

O ponto para futuras pesquisas parece residir justamente no melhor esclarecimento dessas questões que têm impedido o progresso tecnológico latino americano. Ao colocar-se tanto peso nesses problemas pode ser oportuno buscar de

forma mais detalhada os motivos que levam as economias da América Latina a adotarem estratégias de política econômica que vão em direção contrária àquilo que foi feito em países que conseguiram um maior desenvolvimento tecnológico.

Além disso, buscar identificar quais podem ser os incentivos que estão errados na busca de maior inovação tecnológica interna, através da observação dos seus sistemas de fomento à pesquisa, bem como quais são os causadores da não absorção da tecnologia produzida no exterior, pode ser importante para fazer com que o continente obtenha taxas de crescimento mais expressivas e uma distribuição de renda mais igualitária.

REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, D. Diffusion of Technology. In: ACEMOGLU, D. **Introduction to Modern Economic Growth**, Princeton University Press, 2008. p. 693-737.

ABRAMOVITZ, M. **Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind**, The Journal of Economic History, V. 46, n°2, p. 385-406, 1986.

ANG, J.; MADSEN, J.; ISLAM, R. **The Effects of Human Capital Composition on Technological Convergence**, Journal of Macroeconomics, V. 33, p. 465-476, 2011.

ARCHIBUGI, D.; COCO, A. **Measuring Technological Capabilities at the Country Level: A Survey and a Menu for Choice**, Research Policy, Elsevier, V. 34, p. 175-194, 2005.

BALTAGI, B. **Econometric Analysis of Panel Data**. 3rd ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

BARRO, R.; SALA-i-MARTIN, X. **Technological Diffusion, Convergence, and Growth**, Journal of Economic Growth, Springer, V. 2(1), p. 1-26, 1997.

BARRO, J.; LEE, J. **A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010**. NBER Working Paper, n. 15902, 2010.

BASU, S.; WEIL, D. **Appropriate Technology and Growth**, The Quarterly Journal of Economics, V. 113, 1998.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. **The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data**, Journal of Monetary Economics, V. 34, p. 143-173, 1994.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. Human Capital and Technology Diffusion. In: AGHION, P.; DURLAUF, S. (Eds). **Handbook of Economic Growth**, Vol. 1, North-Holland, Amsterdam, 2005, p. 935-966.

BLYDE, J.; FERNANDEZ-ARIAS, E. **Why Does Latin America Grow More Slowly?** Inter-American Development Bank, Economic and Social Study Series, 2004.

BORENSZTEIN, E.; DE GREGORIO, J.; LEE, J-W. **How does foreign direct investment affect economic growth?** Journal of International Economics, V. 45, p. 115-145, 1998.

BRUNO, G. **Approximating the Bias of the LSDV Estimator for Dynamic Unbalanced Panel Data Models**, Economic Letters, Elsevier, V. 87, p. 361-366, 2005.

CASELI, F.; ESQUIVEL, G.; LEFORT, F. **Reopening the Convergence Debate: A New Look at Cross-Country Growth Empirics**, Journal of Economic growth, Springer, V. 1(3), p. 363-389, 1996.

CASTELLACI, F. **Closing the Technology Gap?** Review of Development Economics, V. 15(1), p. 180-197, 2011.

CHANDRA, V.; KOLAVALLI, S. Technology, Adaptation, and Exports – How Some Developing Countries Got It Right. In: CHANDRA (Ed.), V. **Technology, Adaptation, and Exports – How Some Developing Countries Got It Right**. The World Bank, 2006. p. 1-47.

COMIN, D.; HOBJIN, B.; ROVITO, E. **Five Facts You Need to Know About Technology Diffusion**, NBER Working Paper n. 11928, 2006.

COMIN, D.; HOBJIN, B.; ROVITO, E. **Technology Usage Lags**, Journal of Economic Growth, V. 13, p. 237-256, 2008.

COLE, H.; OHANIAN, L.; RIASCOS, A.; SCHMITZ, J. **Latin American in the Rear View Mirror**, Journal of Monetary Economics, Elsevier, V. 52(1), p. 69-107, 2005.

DE GREGORIO, J. **Economic Growth in Latin America: From the Disappointment of the Twentieth Century to the Challenges of the Twenty-First**, Working Papers Central Bank of Chile, n. 377, Central Bank of Chile, 2006.

DEL GATTO, M.; DI LIBERTO, A.; PETRAGLIA, C. **Measuring Productivity**, Journal of Economic Surveys, V. 25(5), p. 952-1008. 2011.

DI LIBERTO, A.; PIGLIARU, F.; MURA, R. **How to Measure the Unobservable: a Panel Technique for the Analysis of TFP Convergence**, Oxford Economic Papers, Inglaterra, V. 60, p. 343-368. 2008.

DI LIBERTO, A.; PIGLIARU, F.; CHELUCCI, P. **International TFP Dynamics and Human Capital Stocks: A Panel Data Analysis**, Review of Income and Wealth, UK, V. 57, n. 1, p. 156-182. 2011.

FERREIRA, P.; PESSÔA, S.; VELOSO, F. **On The Evolution of TFP in Latin America (revised)**, Ensaios Econômicos da EPGE n. 723, FGV, 2011.

HALL, R.; JONES, C. **Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Other?** The Quarterly Journal of Economics, V. 144(1), p. 83-116, 1999.

HANUSHEK, E.; WÖßMANN, L. **The Role of Education Quality in Economic Growth**, Policy Research Working Paper Series 4122, World Bank, 2007.

HESTON, A.; SUMMERS, R.; ATEN, B. **Penn World Table Version 7.1**, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices, University of Pennsylvania. 2012

ISLAM, N. **Growth Empirics: A Panel Data Approach**, The Quarterly Journal of Economics, EUA, V. 110, n. 4, p. 1127-1170. 1995.

ISLAM, N. Different Approaches to International Comparison of Total Factor Productivity. In: HULTEN, C.; DEAN, E.; HARPER, M. (Eds.). **New Developments in Productivity Analysis**, NBER Books. 2001. p. 465-508.

ISLAM, N. **Productivity Dynamics in a Large Sample of Countries: Panel Study**, Review of Income and Wealth, UK, V. 49, n. 2, p. 247-272. 2003a.

ISLAM, N. **What Have We Learnt from the Convergence Debate?** Journal of Economic Surveys, UK, V. 17, n. 3, p. 309-362. 2003b.

JONES, G. **Cognitive Skill and Technology Diffusion: An Empirical Test**, Economic System, V. 36, n. 3, p. 444-460, 2012.

JUDSON, R.; OWEN, A.; **Estimating Dynamic Panel Data Models: A Guide for Macroeconomist**, Economic Letters, Elsevier, V. 65, p. 9-15, 1999.

MADSEN, J. **Economic Growth, TFP Convergence and the World Export of Ideas: A Century of Evidence**, The Scandinavian Journal of Economics, V. 110, n. 1, p. 145-167, 2008.

MANKIW, N.; ROMER, D.; WEIL, D. **A Contribution to the Empirics of Economic Growth**, The Quarterly Journal of Economics, EUA, V. 107, n. 2, p. 407-437. 1992.

MALONEY, W. **Missed Opportunities: Innovation and Resource-Based Growth in Latin America**. In: LEDERMAN, D; MALONEY, W. (Eds.). **Natural Resources: Neither Course Nor Destiny**, Stanford University Press. 2007. p. 141-182.

NELSON, R.; PHELPS, E. **Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth**, The American Economic Review, V. 56, n.1/2, p. 69-75. 1966.

OCDE. **Pisa 2009 Results: Overcoming Social Background – Equity in Learning Opportunities and Outcomes Volume II**, 2010.

PARENTE, S.; PRESCOTT, E. **Barriers to Technology Adoption and Development**, The Journal of Political Economy, V. 102(2), p. 298-321, 1994.

KELLER, W. **International technology Diffusion**, Journal of Economic Literature, V. 42(3), p. 752-782, 2004.

RESTUCCIA, D. **The Latin American Development Problem**, Working Paper 432, University of Toronto, 2011.

ROMER, P. **Endogenous Technological Change**, Journal of Political Economy, V. 98, n. 5, p. 71-102, 1990.

SOLOW, R. **A Contribution to the Theory of Economic Growth**, The Quarterly Journal of Economics, V. 70, n. 1, p. 65-94. 1956.

THE WORLD BANK. **Global Economic Prospects: Technology Diffusion in the Development World 2008**. World Bank Publications, 2008.

XU, B. **Multinational Enterprises, Technology Diffusion, and Host Country Productivity Growth**, Journal of Development Economics, V. 62, p. 477-493, 2000.

XU, B.; CHIANG, E. **Trade and International Technology Diffusion**, Journal of International Trade and Economic Development, V. 14, n. 1, p. 115-135, 2005.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. Second Edition, Massachusetts: The MIT Press, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: MODELO DE CONVERGÊNCIA DE MANKIW, ROMER E WEIL

O modelo utilizando dados em painel é derivado através do modelo de convergência proposto e analisado por Mankiw, Romer e Weil (1992), na qual buscavam suporte empírico para a teoria de crescimento proposta pelo modelo de Solow (1956). Tal modelo parte de uma função de produção do tipo Cobb-Douglas com progresso tecnológico aumentadora de capital para representar o produto da economia:

$$Y(t) = K(t)^\alpha (A(t)L(t))^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1. \quad (1)$$

onde $Y(t)$ é o produto, $K(t)$ é o capital, $L(t)$ é o trabalho e $A(t)$ representa o nível de tecnologia ou produtividade da economia. No modelo acima, assume-se que tanto o trabalho quanto o nível tecnológico apresentam taxas de crescimento exógenas dadas por n e g , respectivamente:

$$L(t) = L(0)e^{nt} \quad (2)$$

$$A(t) = A(0)e^{gt} \quad (3)$$

Nesse modelo, a dinâmica do capital por trabalhador efetivo, $k(t) = \frac{K(t)}{A(t)L(t)}$, é dada através da equação de movimento:

$$\dot{k}(t) = sy(t) - (n + g + \delta)k(t) \quad (4)$$

em que $y(t)$ refere-se ao nível do produto em termos de trabalhador efetivo, $y(t) = \frac{Y(t)}{A(t)L(t)}$, s a taxa de poupança, n a taxa de crescimento da população e δ representa a taxa de depreciação. A equação (4) acima convergirá no estado estacionário para um valor definido por:

$$k^* = \left(\frac{s}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (5)$$

cujo produto efetivo no estado estacionário será, após a substituição de (5) em (1) dado por:

$$y^* = \left(\frac{s}{n+g+\delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

$$\ln y^* = \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) \quad (6)$$

A taxa de convergência do produto por trabalhador efetivo seria obtida através da aproximação envolta do estado estacionário:

$$\frac{d \ln y(t)}{dt} = \lambda (\ln y^* - \ln y(t)) \quad (7)$$

o termo $\lambda = (n+g+\delta)(1-\alpha)$ representa a taxa de convergência e y^* a renda por trabalhador efetivo no estado estacionário. A equação acima implica que:

$$\ln y(t_2) = (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln y^* + e^{-\lambda\tau} \ln y(t_1) \quad (8)$$

onde $\tau = t_2 - t_1$ e $y(t_1)$ representa a renda por trabalhador efetivo em algum ponto inicial. Subtraindo de ambos os lado $y(t_1)$ e reagrupando os termos:

$$\ln y(t_2) - \ln y(t_1) = (1 - e^{-\lambda\tau}) (\ln y^* - \ln y(t_1)) \quad (9)$$

Para se chegar até a equação utilizada por Mankiw, Romer e Weil é preciso substituir na equação (9) acima a equação que determina o estado estacionário da renda por trabalhador efetivo, dada pela equação (6). Assim, chega-se até:

$$\ln y(t_2) - \ln y(t_1) = (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s) - (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) - (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln y(t_1) \quad (10)$$

Na aplicação da equação (10) acima, os autores valeram-se de uma simplificação muito forte sobre o componente tecnológico $\ln A(0)$ para que ela pudesse ser aplicada com mínimos quadrados ordinários:

$$\ln A(0) = a + \epsilon \quad (11)$$

em que a é uma constante e ϵ seria um termo de choque. Porém, esse fato não é diretamente percebido, uma vez que na equação (10) está se trabalhando com o produto em termos de trabalho efetivo, mas a partir da definição de trabalho efetivo pode se chegar até uma equação similar em termos de renda per capita¹⁴:

$$\ln y(t_2) - \ln y(t_1) = (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s) - (1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta) - (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln y(t_1) + (1 - e^{-\lambda\tau}) \ln A(0) + g(t_2 - e^{-\lambda\tau} t_1) \quad (12)$$

Na equação acima se percebe mais claramente o papel que o fator tecnológico $\ln A(0)$ tem na equação, e que por isso mesmo, sua ausência poderia provocar um viés de variável omitida e mesmo um problema de endogeneidade, tendo em vista sua possível correlação com as demais variáveis. Embora reconhecendo esses fatos, devido a falta de uma *proxy* adequada, Mankiw, Romer e Weil (1992) acabam por utilizar-se da formulação dada em (11) para poderem aplicar o estudo aos mínimos quadrados, onde o termo de perturbação ϵ seria independente das variáveis explicativas. O suporte para a hipótese da independência entre o termo de choque ϵ e as variáveis explicativas foi feito baseando-se na hipótese de que as preferências fossem isoelásticas.

Devido a essas fortes hipóteses simplificadoras, Islam (1995) propôs a utilização da estrutura de dados em painel para a análise da questão da convergência na qual o componente tecnológico poderia ser mais bem representado através de um efeito fixo individual.

¹⁴ Para se chegar nessa forma é utilizado o fato de:

$$y(t) = \frac{Y(t)}{L(t)A(t)e^{gt}}$$

$$\ln y(t) = \ln \left(\frac{Y(t)}{L(t)} \right) - \ln A(0) - gt$$

APÊNDICE 2: ESTIMADORES DE DADOS EM PAINEL

Um modelo geral de dados em painel pode ser dado pela seguinte equação como coloca Baltagi (2005):

$$y_{it} = \alpha + \beta X'_{it} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \text{ e } t = 1, \dots, T \quad (1)$$

onde i pode representar famílias, indivíduos, países, empresas, etc., e t representa tempo. Além disso, α é um escalar, β é $K \times 1$ e X_{it} é it th observação na variável explicativa K . Além disso, tem-se que o componente de erro pode ser dado por:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (2)$$

na qual μ_i refere-se ao efeito específico individual não observado e v_{it} o distúrbio restante de erro.

A ideia fundamental da modelagem de modelos através de dados em painel é justamente o aproveitamento desse termo de efeito específico individual, que quando não considerado pode causar sérios problemas de viés de variável omitida. Nele se encontram, por exemplo, características como aptidão inata de indivíduos, que se manifesta através de habilidades que não podem ser mensuradas através de dados como escolaridade, ou no caso de firmas, a qualidade da gerência sobre a equipe, também em países ele se manifesta como um efeito que não pode ser observado, mas que desempenha papel importante como a qualidade das instituições ou a produtividade dessa economia.

A forma matricial da equação (1) pode ser dada por:

$$y = \alpha l_{NT} + X\beta + u = Z\delta + u \quad (3)$$

onde y é $NT \times 1$, X é $NT \times K$, $Z = [l_{NT}, X]$, $\delta' = (\alpha', \beta')$ e l_{NT} é um vetor de uns de dimensão NT . Da mesma forma, a equação (2) pode ser escrita na sua forma matricial:

$$u = Z_{\mu}\mu + v \quad (4)$$

com $u' = (u_{11}, \dots, u_{1T}, u_{21}, \dots, u_{2T}, u_{N1}, \dots, u_{NT})$, $Z_\mu = l_N \otimes l_T$ onde l_N é uma matriz de identidade de dimensão N , l_T é um vetor de uns com dimensão T , \otimes representa o produto de Kronecker e Z_μ é uma matriz seletora de zeros e uns.

Dado P , uma matriz na qual tira a média das observações através do tempo para cada indivíduo e definindo-se:

$$Q = I_{NT} - P \quad (5)$$

essa expressão é uma matriz que obtém os desvios das médias individuais.

Pré multiplicando (5) em (3), após ter substituído (4) nesta, e aplicando MQO no modelo resultante tem-se:

$$Qy = QX\beta + Qv \quad (6)$$

onde aplica-se o fato de $QZ_\mu = Ql_{NT} = 0$, uma vez que $PZ_\mu = Z_\mu$. Assim, Q elimina o efeito individual, o que resulta no estimador de efeitos fixos within transformation/LSDV para dados em painel:

$$\tilde{\beta} = (X'QX)^{-1}X'Q \quad (7)$$

Já um modelo econômico dinâmico em dados em painel pode ser representado pela presença de uma variável dependente defasada:

$$y_{it} = \delta y_{i,t-1} + \beta x'_{it} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (8)$$

onde δ é um escalar, x'_{it} é $1 \times K$ e β é $K \times 1$. u_{it} segue um modelo de erro da forma:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (9)$$

com $\mu_i \sim IID(0, \sigma_\mu^2)$ e $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$ independente de cada um e entre eles.

Um dos problemas introduzidos pela inclusão da variável dependente defasada é ela ser correlacionada com o termo de erro, pois, como y_{it} é uma função de μ_i , segue que $y_{i,t-1}$ também será. Isso faz com que o estimador OLS seja viesado e inconsciente mesmo se v_{it} não seja serialmente correlacionado. No caso do estimador de efeitos fixos, a transformação que elimina μ_i e deixa $(y_{i,t-1} - \bar{y}_{i,-1})$

onde $\bar{y}_{i,-1} = \frac{\sum_{t=2}^T y_{i,t-1}}{(T-1)}$, vai ser correlacionado com $(v_{it} - \bar{v}_i)$, mesmo v_{it} não sendo serialmente correlacionado.

O estimador de Arellano e Bond utiliza-se da condição de ortogonalidade existente entre os valores defasados de y_{it} e os erros idiossincráticos v_{it} para obter instrumentos que possam ser utilizados na obtenção de parâmetros consistentes. No caso de um simples modelo auto-regressivo sem regressores, isso pode ser ilustrado como:

$$y_{it} = \delta y_{i,t-1} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (10)$$

onde novamente $u_{it} = \mu_i + v_{it}$, $\mu_i \sim IID(0, \sigma_\mu^2)$ e $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$, independente de cada um e entre eles. Para obter o estimador consistente de δ quando $N \rightarrow \infty$ e T fixo, diferencia-se a equação acima para eliminar o efeito individual, μ_i :

$$y_{it} - y_{i,t-1} = \delta(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (v_{it} - v_{i,t-1}) \quad (11)$$

com $(v_{it} - v_{i,t-1})$ sendo MA(1) com raiz unitária. Para $t=3$, tem-se:

$$y_{i3} - y_{i2} = \delta(y_{i2} - y_{i1}) + (v_{i3} - v_{i2}) \quad (12)$$

na qual y_{i1} seria um instrumento válido, uma vez que é altamente correlacionado com $(y_{i2} - y_{i1})$ e não correlacionado com $(v_{i3} - v_{i2})$ contanto que v_{it} não seja serialmente auto correlacionado. Se continuarmos, para períodos de tempo posteriores, adicionaremos um instrumento válido para cada período posterior, sendo que no período T , o conjunto de instrumentos válidos se tornaria $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{i,T-2})$.

Definindo-se:

$$W_i = \begin{bmatrix} [y_{i1},] & & & 0 \\ & [y_{i1}, y_{i2}] & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & [y_{i1}, \dots, y_{i,T-2},] \end{bmatrix} \quad (13)$$

tem-se a matriz de instrumentos $W = [W'_1, \dots, W'_N]'$. Juntamente com a condição dada por $E(W'_i \Delta v_i) = 0$, pode-se pré-multiplicar a equação (11) na forma vetorial pela matriz de instrumentos W' para obterem-se os estimadores GMM de Arellano e Bond:

$$\hat{\delta} = [(\Delta y_{-1})' W \hat{V}_N^{-1} W' (\Delta y_{-1})]^{-1} [(\Delta y_{-1})' W \hat{V}_N^{-1} W' (\Delta y)] \quad (14)$$

com V_N sendo definido por:

$$V_N = \sum_{i=1}^N W'_i (\Delta V_i) (\Delta V_i)' W_i \quad (15)$$

O modelo auto-regressivo apresentado sem regressores adicionais é bastante incomum na prática, porém podem surgir dois casos com variáveis adicionais, variáveis estritamente exógenas e variáveis predeterminadas.

Se existirem regressores adicionais estritamente exógenos, x_{it} com $E(x_{it} v_{it}) = 0$ para todo $t, s = 1, \dots, T$, e onde todos os x_{it} são correlacionados com μ_i , então todos os x_{it} são instrumentos válidos e deveriam ser adicionados a cada elemento diagonal de W_i . Neste caso, ter-se-ia:

$$W' \Delta y = W' (\Delta y_{-1}) \delta + W' (\Delta X) \beta + W' \Delta v \quad (16)$$

onde ΔX é a matriz de observações $N(T-2) \times K$ gerando-se os estimadores:

$$\begin{pmatrix} \hat{\delta} \\ \hat{\beta} \end{pmatrix} = ([\Delta y_{-1} \Delta X]' W \hat{V}_N^{-1} W' [\Delta y_{-1}, \Delta X])^{-1} ([\Delta y_{-1}, \Delta X]' W \hat{V}_N^{-1} W') \quad (17)$$

Se x_{it} são predeterminadas ao invés de estritamente exógenas onde $E(x_{it} v_{it}) \neq 0$ para todo $s < t$ e zero caso contrário, então apenas $[x'_{i1}, x'_{i2}, \dots, x'_{i(s-1)}]$ seriam instrumentos válidos para o período s e novamente os estimadores seriam dados pela equação (17) acima, onde W_i teria a forma de:

$$W_i = \begin{bmatrix} [y_{i1}, x'_{i1}, x'_{i2}] & & & & 0 \\ & [y_{i1}, y_{i2}, x'_{i1}, x'_{i2}, x'_{i3}] & & & \\ & & \ddots & & \\ 0 & & & & [y_{i1}, \dots, y_{iT-2}, x'_{i1}, \dots, x'_{iT-1}] \end{bmatrix} \quad (18)$$

APÊNDICE 3: ESTIMATIVAS DOS EFEITOS INDIVIDUAIS E PRODUTIVIDADE DOS PAÍSES

TABELA A1 – ESTIMATIVA DOS EFEITOS FIXOS INDIVIDUAIS E PRODUTIVIDADES

País	EFEITOS FIXOS		GMM AB1		GMM AB2	
	μ_i	$A(0)_i$	μ_i	$A(0)_i$	μ_i	$A(0)_i$
<i>Argentina</i>	0.029142	0.439934	0.094306	0.471925	0.087948	0.486308
<i>Bolívia</i>	-0.066561	0.399783	-0.028260	0.417488	-0.05451	0.421739
<i>Brasil</i>	-0.024109	0.41712	-0.031788	0.416017	-0.08068	0.410843
<i>Chile</i>	-0.001811	0.426525	-0.004865	0.42737	0.041291	0.46414
<i>Colômbia</i>	0.004572	0.429256	0.006218	0.432133	-0.01441	0.438994
<i>Costa Rica</i>	0.082504	0.464047	0.082347	0.466315	0.11357	0.498929
<i>Rep Dominicana</i>	0.051257	0.449771	0.054455	0.453489	0.031296	0.459523
<i>Equador</i>	-0.101499	0.386056	-0.122003	0.38013	-0.1228	0.393901
<i>El Salvador</i>	0.017806	0.434975	0.033606	0.444131	-0.02139	0.435939
<i>Guatemala</i>	0.012005	0.432459	0.013934	0.43548	-0.07518	0.413111
<i>Honduras</i>	-0.104521	0.384891	-0.116895	0.382076	-0.17606	0.373469
<i>México</i>	0.042608	0.445898	0.037982	0.446079	0.050379	0.468377
<i>Nicarágua</i>	-0.172118	0.359734	-0.188354	0.355726	-0.25614	0.344729
<i>Panamá</i>	0.007306	0.430432	0.001598	0.430141	0.033694	0.460627
<i>Paraguai</i>	-0.053428	0.405068	-0.052646	0.40743	-0.0806	0.410877
<i>Peru</i>	-0.033494	0.413224	-0.040023	0.412606	-0.0265	0.433719
<i>EUA</i>	0.217262	0.530991	0.235837	0.543675	0.445037	0.695013
<i>Uruguai</i>	-0.016445	0.420329	-0.000904	0.429066	0.003591	0.446967
<i>Venezuela</i>	0.047455	0.448064	0.042849	0.448256	0.044012	0.465404

Notas: μ_i efeitos fixos individuais obtidos de acordo com a equação (5) no texto.

$A(0)_i$ estimativas obtidas da produtividade de cada país obtidos de acordo com a equação (6) no texto.

FONTE: O Autor (2013)