



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE - FACE
Programa de Pós-Graduação em Economia

MARCUS ANDRÉ SILVEIRA DE CERQUEIRA

***SPILOVERS* TECNOLÓGICOS NO SETOR ELÉTRICO: UMA AVALIAÇÃO
DA CAPACIDADE DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA POR MEIO DO
COMÉRCIO INTERNACIONAL**

Brasília
2017

MARCUS ANDRÉ SILVEIRA DE CERQUEIRA

***SPILLOVERS* TECNOLÓGICOS NO SETOR ELÉTRICO: UMA AVALIAÇÃO DA
CAPACIDADE DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA POR MEIO DO COMÉRCIO
INTERNACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Economia, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FACE), da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Economia

Orientadora: Andrea Felipe Cabello

Brasília
2017

Cerqueira, Marcus André Silveira

Spillovers tecnológicos no setor elétrico: uma avaliação da capacidade de transferência tecnológica por meio do comércio internacional/ Marcus André Silveira de Cerqueira; Orientadora: Andrea Felipe Cabello. - - Brasília, 2017. 52p.

Dissertação (Mestrado – Mestrado em Economia) - - Universidade de Brasília, 2017.

1. Setor Elétrico. 2. Inovação. 3. Spillover tecnológico. I. Cabello, Andrea Felipe. II *Spillovers* tecnológicos no setor elétrico: uma avaliação da capacidade de transferência tecnológica por meio do comércio internacional

Dissertação de autoria de Marcus André Silveira de Cerqueira, intitulada “*Spillovers* tecnológicos no setor elétrico: uma avaliação da capacidade de transferência tecnológica por meio do comércio internacional”, apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia da Universidade de Brasília, em 23 de março de 2017, defendida e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Profa. Dra. Andrea Felipe Cabello
Orientadora
Universidade de Brasília - UnB

Dr. Luciano Martins Costa Póvoa
Examinador Externo
Senado Federal

Prof. Dr. Osvaldo Candido da Silva Filho
Examinador Externo
Universidade Católica de Brasília - UCB

Brasília
2017

À minha querida esposa Clara, aos meus pais, Cerqueira e Mayre, e ao meu irmão Paulo, com muita gratidão pelo cuidado, apoio e compreensão ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Meu sincero agradecimento à professora Andrea Cabello pela dedicada orientação e apoio durante a elaboração desta dissertação.

Aos professores Rafael Terra, pela disponibilidade e sugestões, e ao professor Jorge Arbache, por despertar o interesse pelo tema proposto por este trabalho.

Aos colegas de mestrado, em especial Wandemberg Santos e Vanessa Carvalho, pela intensa contribuição ao longo de todo o programa.

Aos colegas da Eletronorte, Marcello Cabral, Cristina Coimbra e Rosângela Brey, pelo incentivo e apoio desde o primeiro momento em que se vislumbrou a possibilidade de iniciar este projeto.

Finalmente, aos colegas mestres e doutores da FPC, Anderson Resende, Gustavo Loureiro, Lucas Brandão, Marlon Resende e Washington Martins pelo incentivo e pelas longas discussões sobre economia e setor elétrico.

RESUMO

Referência: CERQUEIRA, M. A. S. ***Spillovers* tecnológicos no setor elétrico: uma avaliação da capacidade de transferência tecnológica por meio do comércio internacional**. 2017. 52 folhas. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

O estudo busca evidenciar a ocorrência de *spillover* tecnológico entre empresas do setor elétrico. A partir de dados da *World Input-Output Database*, com amostra para 40 países no período entre 1995 e 2011, estima-se o efeito do comércio internacional de máquinas e equipamentos elétricos sobre o valor adicionado por firmas dos segmentos industrial e de serviços associados ao setor elétrico. Os resultados indicam que, para estas atividades econômicas, os países absorvem tecnologia de forma diferente e que a ocorrência de *spillover* é mais relevante entre empresas que se encontram em países desenvolvidos. Observou-se ainda que a adição de valor ao negócio de energia elétrica estaria mais associada a fatores sistêmicos do que, necessariamente, à comercialização de máquinas e equipamentos elétricos por parte de empresas deste setor.

Palavras-chave: Setor Elétrico. Inovação. *Spillover* tecnológico

ABSTRACT

This study aims to identify technology spillover between electricity sector's firms. Using *World Input-Output Database*, with 40 countries, from 1995 to 2011, it is estimated the effect of electrical machines international trade on electric industry and electricity services value added. The results indicate that, at electricity sector, countries absorb technology differently and the spillover occurrence is more relevant at developed countries. It was observed that the value added at electricity sector would be more associated to systemic factors than to electrical machines and equipment international trade.

Keyword: Electricity sector. Innovation. Technology spillover.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Patentes concedidas pelo INPI – 1990-2010
- Tabela 2 – Patentes pedidas e concedidas pelo USPTO – 2009
- Tabela 3 – *Ranking* 5 maiores: Produção (US\$/bilhões)
- Tabela 4 – *Ranking* 5 maiores: Valor Adicionado (US\$/bilhões)
- Tabela 5 – Estimadores
- Tabela 6 – Países da base WIOD e agregação regional
- Tabela 7 - Efeitos esperados das variáveis explicativas sobre a taxa de adição de valor (TAV)
- Tabela 8 – Estatística descritiva das variáveis
- Tabela 9 – Resultados Segmento Equip
- Tabela 10 – Resultados Segmento GTD
- Tabela 11 – Interação Dummy ‘Desenvolvido’

LISTA DE SIGLAS

AB: Estimador de Arellano-Bond

BB: Estimador de Blundell-Bond

BRIIAT: Brasil, Rússia, Índia, Indonésia, Austrália e Turquia

EF: Estimador de Efeitos Fixos

FBCF: Formação Bruta de Capital Fixo

GTD: empresas prestadores de serviços públicos de energia elétrica (Geração, Transmissão e Distribuição)

GMM: *Generalized Method of Moments* ou Método dos momentos generalizado

GWh: Giga-Watt-hora (unidade de medida)

IED: Investimento Estrangeiro Direto

INPI: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

ISO: *International Organization for Standardization*

NAFTA: *North American Free Trade Agreement* ou Tratado Norte-Americano de Livre Comércio

OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

RE: Estimador de Efeitos Fixos

P&D: Pesquisa & Desenvolvimento

TIC: Tecnologia da Informação e Comunicação

TQM: *Total Quality Management*

USPTO: *United States Patent and Trademark Office*

WIOD-CE: *World Input-Output Database*-Comissão Europeia

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 – Setor Elétrico – Características Gerais	11
1.2 - Incorporação de Novas Tecnologias.....	12
1.3 - A Dinâmica Inovativa	13
1.4 - <i>Spillover</i> Tecnológico.....	17
2 - REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 - IED, Comércio Internacional e <i>Spillover</i> Tecnológico	19
2.2 - <i>Technology Capabilities</i>	22
3 - METODOLOGIA	27
3.1 – Especificação do Modelo	31
3.2 – Fonte de Dados.....	35
4 – RESULTADOS	38
4.1– Especificação do Modelo	38
4.2– Discussão dos resultados econométricos	39
4.2.1 – Resultados para Indústria Elétrica (Equip).....	39
4.2.2 – Resultados para serviço de energia elétrica (GTD)	42
5 - CONCLUSÃO	45
6 - BIBLIOGRAFIA	47

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho procura avaliar a transferência tecnológica observada entre empresas do setor elétrico (indústria e serviços) a partir da comercialização internacional de insumos por parte de empresas deste mesmo setor. Nas últimas décadas observou-se o desenvolvimento de novas tecnologias na produção de máquinas e equipamentos elétricos, porém, o processo inovativo esteve concentrado em poucos países, o que pode estar relacionado às características peculiares desta atividade econômica.

Por outro lado, nesse mesmo período houve grande expansão do comércio internacional de máquinas equipamentos elétricos, o que poderia contribuir, como prevê a teoria econômica, com a ocorrência de algum *spillover* tecnológico entre as empresas.

Nesse sentido, e diante das dificuldades associadas à produção primária de tecnologia, este estudo contribuirá com a compreensão da dinâmica de transferência tecnológica entre empresas do setor elétrico. Os resultados desta pesquisa contribuirão, ainda, com definição de políticas públicas de inovação no setor elétrico.

1.1 – Setor Elétrico – Características Gerais

Segundo Oliveira (2011), o setor elétrico desenvolveu-se, em todo o mundo, baseado em três características básicas: a capacidade de conversão da energia elétrica em outras formas de energia, a capacidade de transporte e as limitações para o armazenamento de energia. Cada região, com a sua própria característica, elaborou soluções em fornecimento de energia baseados nestas peculiaridades.

Uma primeira consequência destas características é a possibilidade de construir grandes complexos geradores distantes dos pontos de consumo. Ao longo do tempo, o avanço tecnológico permitiu minimizar a perda de energia no transporte, tornando possível explorar os melhores potenciais de geração, mesmo que não se localizassem próximos ao ponto de consumo, fornecendo ganho de escala à produção.

Outra consequência, agora relacionada à capacidade de armazenamento, é o desenvolvimento de redes de produção e consumo de energia. A ligação de usuários por meio de redes tem como objetivo otimizar a produção de energia elétrica, tendo em vista que, em momentos de baixa produção por parte de um agente qualquer, o consumo de energia pode ser suprido por outro agente que faça parte da rede.

Pelos motivos descritos acima, o setor elétrico em todo o mundo desenvolveu-se majoritariamente de maneira monopolizada, tanto na geração como na transmissão de energia. O ganho de escala decorrente da produção baseada em grandes obras e a necessidade de se construir uma infraestrutura robusta de transporte, de forma geral, conduziram o setor elétrico à formação de monopólios naturais, muitas vezes empresas estatais.

1.2 - Incorporação de Novas Tecnologias

Recentemente, a incorporação de tecnologias à cadeia da energia elétrica possibilitou o surgimento de formatos de negócio inovadores. Avanços tecnológicos relacionados a redes inteligentes (*smart grid*), geração distribuída, capacidades de armazenamento e fontes alternativas têm alterado o formato dos negócios em energia elétrica ao redor do mundo. (Zareipour, 2015)

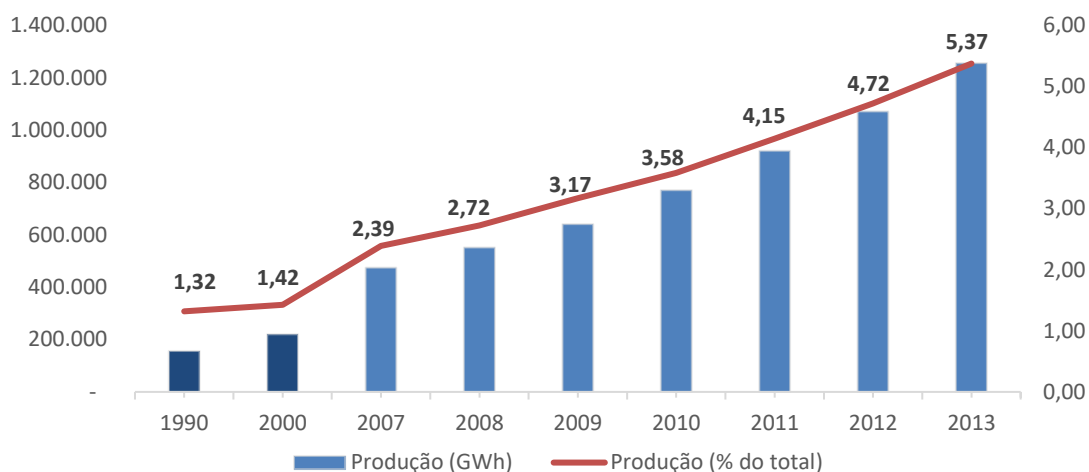
Acredita-se que a agregação de novas tecnologias, em especial aquelas relacionadas à Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), contribuirá com a redução de custos de energia e, portanto, com uma maior competitividade da economia.

Jannuzzi (2000) explicitamente coloca as fontes renováveis de energia e a eficiência energética como os temas centrais das políticas públicas de desenvolvimento do setor e Macedo (2003) mostra que o crescimento econômico e a proteção ao meio ambiente seriam os principais motivadores de mudanças no setor energético.

De acordo com dados do Banco Mundial, desde a década de 90 o volume total de energia elétrica produzida a partir de fontes renováveis foi multiplicado por 8, passando de 1,32% do total de energia produzida no mundo em 1990 para 5,37% em 2013. O gráfico 1 mostra a quantidade de energia elétrica produzida

a partir de fontes alternativas (excluindo hidrelétrica), desde 1990, em GWh e como proporção do total de energia elétrica produzida.

Gráfico 1 – Produção de energia elétrica por fontes renováveis, excluindo hidrelétrica (GWh)



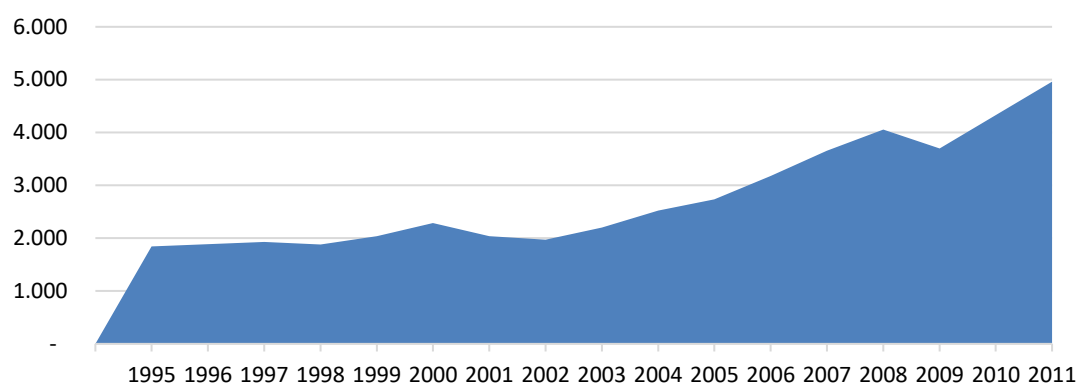
Fonte: Banco Mundial

O surgimento de novos modelos de negócio em energia elétrica tem sido possível, entre outros motivos, devido à capacidade da indústria de produzir máquinas e equipamentos elétricos com alto nível de absorção tecnológica.

1.3 - A Dinâmica Inovativa

O gráfico 2 apresenta o valor total de máquinas e equipamentos elétricos comercializados conforme base de 40 países, no período entre 1995 e 2011. Nesta base constam, além de todos os representantes da União Europeia e NAFTA, China, Japão, Coréia do Sul, Taiwan e os BRIIAT (Brasil, Rússia, Índia, Indonésia, Austrália e Turquia).

Gráfico 2 – Produção de Máquinas e Equipamentos Elétricos (US\$/bilhões)*



Fonte: WIOD
*Valores Correntes

Considerando apenas esta base com 40 países, é possível observar que o total de máquinas e equipamentos produzidos parte de aproximadamente US\$ 2 trilhões, em 1995, e chega a US\$ 5 trilhões em 2011, o que corresponde a um crescimento nominal de 170% em 16 anos.

Oliveira (2011), ao avaliar a produção tecnológica no setor elétrico brasileiro, conclui que a dinâmica de inovação está fortemente concentrada nos fornecedores de equipamentos e sistemas elétricos, na sua maioria, grandes empresas multinacionais que se beneficiam das elevadas barreiras de entrada impostas pelo seu segmento.

Segundo o autor, a dinâmica inovativa do setor elétrico, devido a suas características peculiares, faz com que, na maior parte das vezes, as empresas fornecedoras de equipamentos mantenham seus laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D próximos às suas matrizes.

Com relação a esta questão o autor conclui:

...a inovação em alguns setores é coordenada pelos fornecedores em função de especificidades de ativos bastante singulares presentes em certas atividades econômicas. No caso do setor elétrico, podemos verificar estas especificidades ao constatar que, após a implantação da infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia, as inovações surgem na atualização de equipamentos e sistemas, o que possibilita constantes ganhos de produtividade em função do tempo.

E, ainda,

Também na fase de implantação de nova infraestrutura elétrica, o elevado investimento induz à utilização dos equipamentos na fronteira tecnológica, a fim de postergar a necessidade de atualização, o que contribui para a dependência dos grandes fornecedores.

Alguns autores utilizam o número de patentes de um setor como *proxy* para a inovação tecnológica. As tabelas 1 e 2, desenvolvidas por Oliveira (2011), apresentam, a partir de bases do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI e *United States Patent and Trademark Office* – USPTO, dados de patentes associadas ao setor elétrico no Brasil e EUA, respectivamente.

Tabela 1 – Patentes concedidas pelo INPI – 1990-2010

Tecnologia - Palavra-chave	Número de patentes
Energia solar	307
Gás natural	215
Energia eólica	208
Energia fotovoltaica	45
Energia hidrelétrica	44
Energia de marés	8
Energia do carvão	5
Energia nuclear	5
Bioenergia	1
Total	838

Fonte: INPI (2011)

Elaborado por Oliveira (2011)

Tabela 2 – Patentes pedidas e concedidas pelo USPTO – 2009

Tecnologia - Palavra-chave	Concedido	Pedido
<i>Solar</i>	258	4.678
<i>Photovoltaic solar</i>	254	1.906
<i>Wind</i>	154	2.710
<i>Biomass/biogas/biofuel</i>	45	335
<i>Smart Grid</i>	31	561
<i>Geothermal</i>	11	185
<i>Nuclear</i>	-	3
Total	753	10.378

Fonte: USPTO (2009)

Elaborado por Oliveira (2011)

Em apenas um ano o número de patentes registradas pela indústria elétrica americana é quase que equivalente ao número registrado pela indústria brasileira em 20 anos.

Finalmente, as tabelas 3 e 4 apresentam o *ranking* dos países mais relevantes no que se refere à indústria de máquinas e equipamentos elétricos. São considerados dois aspectos distintos: produção e valor adicionado.

Tabela 3 –Ranking 5 maiores: Produção(US\$/bilhões)

1995		2000		2005		2010	
Japão	488	EUA	627	China	577	China	1.734
EUA	470	Japão	463	USA	508	EUA	519
Alemanha	171	China	220	Japão	379	Japão	431
China	95	Alemanha	158	Alemanha	220	Córea do Sul	284
Córea do Sul	86	Córea do Sul	125	Córea do Sul	192	Alemanha	249

Fonte: WIOD-CE

Tabela4 – Ranking 5 maiores: Valor Adicionado (US\$/bilhões)

1995		2000		2005		2010	
Japão	188	EUA	221	EUA	238	EUA	329
EUA	158	Japão	171	Japão	138	China	280
Alemanha	70	Alemanha	61	China	105	Japão	136
Reino Unido	28	China	51	Alemanha	84	Alemanha	95
Coréia do Sul	25	Córea do Sul	34	Córea do Sul	51	Córea do Sul	69

Fonte: WIOD-CE

Apesar de todas as mudanças tecnológicas ocorridas no setor elétrico mundial desde a década de 90, a relação dos países mais relevantes em termos de produção e lucratividade na indústria elétrica permanece estável. Único destaque refere-se ao despontar da China como grande *player* global na produção de máquinas e equipamentos elétricos.

As informações apresentadas até então mostram que tanto a produção de máquinas e equipamentos elétricos quanto a lucratividade de empresas associadas a este segmento encontram-se concentradas entre poucos agentes. É possível que esta concentração esteja relacionada à baixa participação dos demais agentes na dinâmica inovativa do setor.

Apesar de todo o potencial inovativo do setor e, portanto, mesmo considerando as mudanças esperadas para os próximos anos, é possível que, pelas características já mencionadas, a maior parte das soluções tecnológicas desenvolvidas no setor elétrico permaneçam concentradas entre os principais *players* globais.

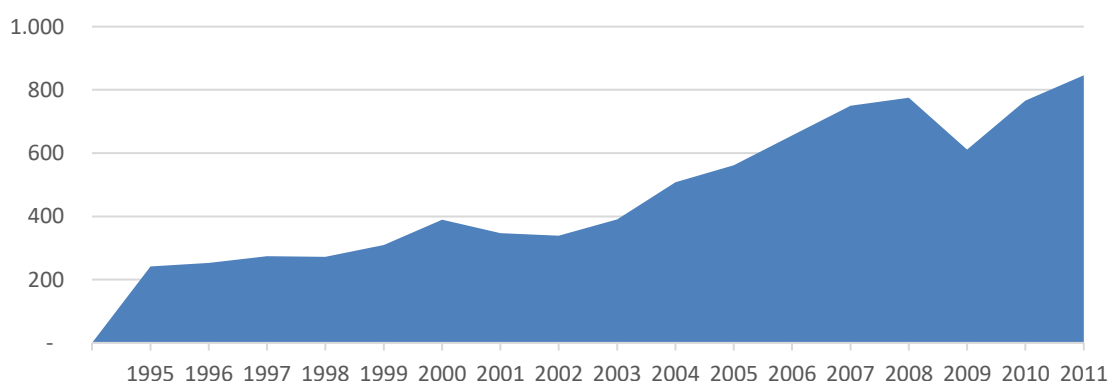
Por outro lado, diante do desafio de se competir em tecnologia com os principais agentes do setor, uma alternativa que se vislumbra para a busca por maior convergência em produtividade é a absorção tecnológica por meio de externalidades (*spillover*).

1.4 - *Spillover* Tecnológico

Keller (2010) apresenta evidências de que o comércio internacional e a atividade empresarial realizada por empresas multinacionais são condutores de externalidades tecnológicas. A mesma relação parece ocorrer quando há ampliação do comércio entre empresas multinacionais e firmas domésticas.

O gráfico 3 apresenta a evolução, entre 1995 e 2011, do volume comercializado de máquinas e equipamentos elétricos em todo o mundo (considerando os países disponibilizados pela base de dados da WIOD-CE).

Gráfico 3 – Comércio mundial de máquinas e equipamentos elétricos (US\$/bilhões)



Fonte: WIOD-CE

É possível observar que em apenas 16 anos o volume total comercializado foi multiplicado por 4. Diante desta conjuntura de expansão dos negócios entre países, é possível que tenha ocorrido alguma externalidade tecnológica entre países tipicamente produtores de tecnologias e os demais.

Segundo De Negri (2003), haveria efeitos positivos relacionados à interação entre fornecedores e distribuidores, além da disseminação de conhecimento por meio da formação de recursos humanos.

No mesmo sentido, Chudnovsky et al. (2007), Damijan et al. (2008b), de Araújo (2007) e Ozcelik e Taymaz (2004) encontraram correlações positivas e significativas entre inovação e exportações na Argentina, Brasil, Eslovênia e Turquia.

Desta forma, o que se espera a partir deste estudo é verificar se, para o caso do setor elétrico, é possível evidenciar o que fora identificado pelos autores acima no sentido em que uma maior abertura econômica e, conseqüentemente, o incremento no volume de importações e exportações de máquinas e equipamentos elétricos contribuiria com alguma transferência tecnológica entre os países.

Não se espera com este estudo avaliar, no entanto, a capacidade de produção tecnológica relativa a cada país, mas tão somente a existência ou não de *spillover* tecnológico no setor elétrico mediante a ampliação do comércio internacional dentro deste mesmo setor.

Para que se conclua a esse respeito, serão utilizados dados de 40 países relativos à produção, lucratividade e comércio internacional (importações e exportações) de máquinas e equipamentos elétricos. Como metodologia econométrica, será utilizado o estimador de Dados em Painel com Efeitos Fixos, além de derivações propostas por Arellano e Bond (1991) e Blundell e Bond (1998).

Na próxima seção, será apresentada a revisão literária, primeiramente tratando das evidências de *spillover* tecnológico via abertura comercial, muito baseada em Keller (2010), e posteriormente, será apresentado o conceito de capacidade de absorção tecnológica (Abramovitz, 1994).

Na seção 3 será apresentada a metodologia de pesquisa, assim como os testes de especificação dos modelos propostos e a fonte de dados. A seção 4 apresenta os resultados da pesquisa e, finalmente, as seções 5 e 6 apresentam a conclusão e a bibliografia.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - IED, Comércio Internacional e *Spillover* Tecnológico

A relação existente entre Investimento Estrangeiro Direto - IED, comércio internacional e transferência tecnológica tem sido objetivo de vários estudos¹. Keller (2010), por exemplo, apresenta evidências de que o comércio internacional e a atividade empresarial realizada por empresas multinacionais são condutores de externalidades tecnológicas.

O adequado entendimento de como se dá esta relação é importante para que se busque uma maior convergência entre os países no que se refere à produtividade e crescimento econômico. Easterly e Levine (2001) afirmam que diferenças na produtividade explicam parte das variações no PIB dos países e a tecnologia desempenha um papel fundamental na determinação da produtividade.

McNeil e Fraumeni (2005) afirmam que a difusão internacional de tecnologia ocorre não somente por meio de transações de mercado, mas também, e possivelmente na maior parte, por meio de externalidades.

Um dos primeiros pesquisadores a tentar modelar a relação entre a movimentação de recursos internacionais e as externalidades tecnológicas foi Arrow (1969). O autor afirma que os custos de transferência tecnológica surgem na forma de custos de comunicação. Ou seja, no processo de comunicação (entre matriz e filial) do conhecimento por trás de cada tarefa, erros podem ocorrer, o que torna a produtividade da filial inferior à da matriz.

Teece (1977) apresenta evidências de que o custo de transferência de tecnologia em empresas multinacionais é substancial. Por outro lado, Hayek (1945), Polanyi (1958) e von Hippel (1994) discutem que a possibilidade de codificação da informação afeta o custo de transferência e Feldman e Lichtenberg (1997)

¹ Keller e Yeaple (2008) apresentam em seu artigo resumo dos principais trabalhos relacionados à modelagem da transferência tecnológica como decorrência de IED e comércio internacional.

mostram empiricamente que a codificabilidade é associada à maior capacidade de transferir informação.

Como resultado desta restrição, Tallman (1992) afirma que em alguns casos a empresa deve se estabelecer na região ou país em questão, para que possa usufruir destes recursos e incorporá-los em seus produtos e processos. Este ambiente complexo se diferencia entre os países, dando origem a uma vantagem locacional.

Mais recentemente, outras abordagens foram dadas a esta questão. De acordo com Baumann, Canuto e Gonçalves (2004), a internacionalização da produção tem como pressuposto a preferência de firmas de um determinado país pelos mercados de outros países. A relação de mercado com outros países formaliza-se de três maneiras: comércio internacional de bens e serviços, investimento estrangeiro direto e relações contratuais de cooperação.

Sanches (2003) informa que, sob o aspecto econômico, tenta-se explicar os determinantes da expansão das atividades das empresas para o mercado internacional e sob quais condições é decidida a localização da produção.

Alguns estudos econométricos relacionam a ocorrência de *spillover* tecnológico à localização geográfica dos países. Baseado em resultados da literatura, Keller (2010) informa que é predominante a ideia de que o *spillover* tecnológico global contribui com a convergência na renda, enquanto o *spillover* local tende a aumentar a divergência.

Branstetter (2001) utiliza dados de patentes dos EUA e Japão para concluir que *spillovers* gerados dentro do país são muito mais fortes que aqueles gerados entre países. Eaton e Kortum's (1999) estimam que, para os países do G-5 a difusão tecnológica doméstica é maior que a difusão entre esses países.

Quanto à ocorrência de *spillover* tecnológico decorrente de comércio internacional, as evidências são mais claras que no caso do IED. Clerides et al. (1998), a partir de dados para Colômbia, México e Marrocos, estimam que exportar aumenta a produtividade média das empresas em até 25%.

A partir de dados para o Chile ao longo das décadas de 70 e 80, período de ampla liberalização, Pavcnik (2002) afirma que empresas vinculadas a setores mais expostos às importações incrementaram sua produtividade em níveis superiores ao observado em firmas vinculadas a setores menos afetados pelas importações.

Amiti e Konings (2008), a partir de dados de empresas na Indonésia, concluem que a liberalização de tarifas de importação, e não as tarifas de exportações, seria a principal responsável pelo ganho de produtividade observado.

Evidências de *spillover* tecnológico a partir de importações também são encontradas por Coe e Helpman (1995) em artigo seminal. Os autores utilizam amostra de 22 países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE e encontram efeitos positivos e relevantes para transferência tecnológica mediante importações.

Neste mesmo sentido, Coe et al. (1997), em estudo realizado no período entre 1977 e 1990 com 77 países em desenvolvimento, concluem que o *spillover* tecnológico de países industrializados do hemisfério norte para países em desenvolvimento do hemisfério sul é relevante. Os autores afirmam que países em desenvolvimento poderiam aumentar sua produtividade mediante a importação de grande variedade de produtos intermediários com tecnologia 'embarcada', cuja aquisição, de outra maneira, seria dispendiosa.

Por outro lado, Keller (1998) apresenta razões para ceticismo quanto às conclusões de Coe et al. (1997). Por meio de uma análise contra factual, o autor adota metodologias alternativas e alcança os mesmos resultados de Coe et al. (1997). A partir desses resultados, Keller conclui que não é possível realizar fortes conclusões a respeito da importância das importações como forma de difusão tecnológica.

Acharya e Keller (2008) avaliam a transferência internacional de tecnologia mediante *spillover* de P&D. O estudo, que utiliza dados de 7 países ao longo de 30 anos, chega a conclusões importantes. A primeira conclusão é a de que o impacto sobre a produtividade em decorrência de transferência tecnológica internacional excede o impacto decorrente de transferência doméstica. Outra

conclusão relevante é a de que os países transferem e absorvem tecnologia de maneira diferente quando comparados aos pares e a transferência tecnológica decresce com a distância geográfica entre os países. E, finalmente, os autores afirmam que as importações correspondem a um canal crucial para a transferência tecnológica em países como Alemanha, França e Reino Unido, enquanto que, para EUA, Japão e Canadá os demais canais de transferência tecnológica seriam mais importantes.

Por último, Madsen (2007) utiliza dados de países da OCDE ao longo de 135 anos para testar se o conhecimento tecnológico seria internacionalmente transferido por meio de importações. O autor utiliza dados de patentes, alternativamente a gastos com P&D, como *proxy* para acúmulo de conhecimento estrangeiro. A partir desses dados, Madsen (2007) encontra evidências positivas de transferência tecnológica mediante importações e afirma que o *spillover* tecnológico foi um fator relevante para a convergência de produtividade entre os países da OCDE no período avaliado.

A literatura econômica dispõe de vários outros estudos em que se tenta compreender a relação entre IED, comércio internacional, inovação e produtividade. Porém, como afirma Fagerberg e Godinho (2004), a forma como tecnologia e inovação influenciam o desenvolvimento econômico é uma questão controversa, o que será brevemente discutida no próximo tópico.

2.2 - Technology Capabilities

Com relação à convergência tecnológica (e de produtividade) entre os países, por algum tempo, predominou a ideia Neoclássica de que a aproximação se daria de maneira automática. (Solow, 1956). Segundo esta teoria, os benefícios da tecnologia seriam de livre acesso a todos, o que tornaria possível o movimento de convergência de produtividade entre as diferentes economias. (Fagerberg et al., 2010).

Estudos posteriores mostram que a teoria Neoclássica da convergência automática não se verifica. Pelo contrário, o avanço tecnológico amplia a diferença de produtividade entre os países (Abramovitz, 1956). Teorias alternativas à Neoclássica argumentam que os países (ou firmas) teriam

diferentes capacidades de absorção tecnológica e que este seria o motivo para o *gap* de produtividade verificado em muito dos casos. (Rostow, 1980).

Abramovitz (1994) afirma que os países possuem, potencialmente, a capacidade de tomar emprestado e adaptar as melhores práticas tecnológicas e de processos de economias mais produtivas.

O autor sugere que a diferença no potencial de absorção observado em cada país possa ser compreendida a partir de dois conceitos: *technological congruence* e *social capability*. O primeiro termo refere-se às características em comum existentes em ambos os países, líder e seguidores, que contribuem com a transferência tecnológica (tamanho do mercado, por exemplo). O segundo termo refere-se a características que devem ser desenvolvidas, por parte do seguidor, com o objetivo de alcançar rapidamente (*catch up*) o nível tecnológico do líder.

Entre as características destacadas por Abramovitz, sob o aspecto de *social capability*, encontram-se:

- Competências tecnológicas (educação);
- Experiência em organizações e gerenciamento de grandes empresas;
- Instituições financeiras e mercados capazes de mobilizar capital em larga escala;
- Honestidade e confiança;
- Estabilidade governamental e efetividade quanto ao cumprimento de regras e apoio ao crescimento econômico.

Fagerberg e Srholec (2008) apresentam um resumo dos fatores identificados pela literatura como mais relevantes para medir a capacitação tecnológica e social. De forma geral, os fatores levantados pelos autores estão alinhados àqueles observados por Abramovitz.

Cohen e Levinthal (1990), ao aplicar este tema ao nível das firmas, afirma que há três etapas associadas ao processo de inovação: pesquisa, assimilação (absorção) dos resultados da pesquisa e aplicação comercial. Zahra e George (2002) afirmam que as habilidades necessárias para criar e administrar

conhecimento científico diferem daquelas relacionadas à exploração comercial do produto.

Fagerberg et al. (2007) fazem distinção entre a capacidade de um país competir na produção da tecnologia (*technology competitiveness*) e sua capacidade de competir na exploração comercial da tecnologia, independentemente do fato de este país ter desenvolvido ou não a tecnologia (*capacity competitiveness*).

Segundo Fagerberg et al.(2010), o conceito de *technological capabilities* provavelmente foi utilizado pela primeira vez no estudo “*The Acquisition of Technological Capability*” organizado por Larry Westphal no Banco Mundial ao longo da década de 70, com a participação de outros autores, entre eles, Alice Amsden, Jorge Katz, Linsu Kim, and Sanjaya Lall.

Alguns desses autores, posteriormente, publicaram vários artigos a respeito do tema. Linsu Kim, por exemplo, dedicou-se a estudar o rápido avanço tecnológico observado nas décadas de 80 e 90 na Ásia. Destaque para Kim (1997) e Kim (2003), em que o autor estuda o caso da Coreia do Sul.

A respeito de sistemas nacionais de inovação, Edquist (2004) afirma que fatores tecnológicos e sociais interagem no processo de desenvolvimento econômico. O autor diz ainda que um sistema nacional de inovação deve incluir: “*all important economic, social, political, organizational, institutional, and other factors that influence the development, diffusion, and use of innovations.*” (Edquist 2004, pág. 182).

Aghion e Howitt (1992) afirmam que, embora exista algum *spillover* tecnológico entre países, existem fatores que dificultam esse processo. Os autores afirmam ainda que a abertura para o comércio internacional e para IED são essenciais para países que desejam alcançar níveis tecnológicos mais altos e crescer.

Por outro lado, Rodrik et al. (2004) afirmam que, embora esta seja uma opinião generalizada, as evidências que suportam esta conclusão são fracas.

A possibilidade de medir adequadamente a capacidade de absorção tecnológica dos países é um problema destacado por pesquisadores, porém a

disponibilidade de dados relacionados à inovação tem crescido muito ultimamente.

Fagerberg e Srholec (2008) apresentam um *overview* daqueles que seriam os fatores identificados pela literatura como os mais relevantes para se medir *technological and social capabilities*. Entre esses fatores estariam:

- Ciência: publicação, patentes, P&D, resultados de inovação;
- Abertura: comércio internacional, IED, cooperações de pesquisa, licenças tecnológicas, imigração;
- Qualidade da produção: ISO, TQM, manufatura enxuta (*lean production*), *just in time*;
- Infraestrutura de TIC: telecomunicações, internet, PC's;
- Finanças: crédito bancário, mercado de ações, *venture capital*;
- Habilidades: 1a, 2a e 3a educação, habilidades técnicas;
- Qualidade do governo: corrupção, independência das cortes, direitos a propriedade, regulação de negócios;
- Valores sociais: atividades cívicas, tolerância, atitudes voltadas à tecnologia e ciência.

Nesse mesmo artigo, os autores avaliam dados para 115 países e 25 indicadores entre 1992 e 2004. Eles encontram evidências de que desenvolvimento econômico e aptidão (*capabilities*) vão à mesma direção. Porém, diante da limitação dos dados, é impossível concluir algo quanto à relação de causalidade.

Fagerberg et al. (2010) afirmam que nos casos de países em desenvolvimento, as firmas buscam, na maior parte das vezes, adaptar-se passivamente à tecnologia estrangeira. Evenson e Westphal (2002) informam que estas firmas, ao adaptar o uso da tecnologia, acabam inovando e, eventualmente, criando novas tecnologias.

Fagerberg et al. (2010) consolidam resultados de vários estudos econométricos em que se relaciona inovação ao tamanho da empresa, tempo de existência, *technology capability*, interação com fornecedores e outras empresas, propriedade estrangeira e comércio internacional. Entre os diversos resultados

encontrados, os autores destacam o impacto das importações na inovação em nível de relevância superior a outros fatores como participação estrangeira e exportações.

Os autores concluem que a convergência entre tecnologia e produtividade não se verifica e, finalmente, afirmam que os exemplos mais conhecidos de países que escaparam do baixo desenvolvimento tornaram isto possível mediante atitude contrária à passiva adaptação tecnológica.

3 - METODOLOGIA

A pesquisa adotará modelos de dados em painel, que consiste em uma série temporal para cada unidade *cross section* de uma base de dados. De acordo com Greene (2012), a análise de dados em painel permite ao pesquisador compreender processos econômicos tanto por meio da observação da heterogeneidade entre indivíduos, firmas e países quanto também por meio dos efeitos dinâmicos que não são visíveis em *cross sections*.

Conforme Hsiao (2002), os dados em painel (ou dados longitudinais) fornecem ao pesquisador um grande número de observações, aumentando os graus de liberdade e reduzindo a colinearidade entre variáveis explicativas e, portanto, aumenta a eficiência das estimativas. E mais importante, dados longitudinais permitem ao pesquisador analisar questões econômicas que não seriam possíveis por meio de conjunto de dados *cross section* ou séries temporais.

Por exemplo, o estudo baseado em séries temporais impossibilitaria a investigação de características heterogêneas de cada indivíduo, por outro lado, ao se adotar *cross sections* perde-se a possibilidade de avaliar a dinâmica das variáveis ao longo do tempo.

Entre as vantagens de se utilizar a metodologia de dados em painel está a possibilidade de resolver a endogeneidade decorrente de variáveis omitidas, fixas no tempo, e correlacionadas com os regressores. Na verdade, entre as alternativas de estimação, a mais adequada para cada caso dependerá das hipóteses sobre a correlação entre o termo do erro e os regressores.

O modelo básico de dados em painel apresenta a seguinte estrutura:

$$(1) y_{it} = \alpha_{it} + \beta x_{it} + \varepsilon_{it}$$

Onde $\varepsilon_{it} = \sigma_i + \eta_{it}$

σ_i é chamado de efeito individual, heterogeneidade individual ou efeito fixo e η_{it} é o termo idiossincrático, variante no tempo.

Assim, a questão principal é saber se σ_i é ou não correlacionado com algum regressor do modelo. Com base nesse questionamento e, a partir da abordagem

estática de dados em painel, o pesquisador deve escolher entre os estimadores de Efeitos Aleatórios (RE) ou Efeitos Fixos (FE).

O estimador RE, para que produza estimativas consistentes dos parâmetros, assume exogeneidade estrita, ou seja;

$$(2) E[\eta_{it}/x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iT}, \sigma_i] = 0$$

$$(3) E[\sigma_i/x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iT}] = E[\sigma_i] = 0$$

A hipótese acima significa dizer que as características não observáveis (σ_i), sejam não correlacionadas com os regressores a qualquer tempo (hipótese forte). Além disso, o termo idiossincrático (η_{it}) também não pode ser correlacionado com os regressores de quaisquer períodos ou com a característica individual não observável.

Por outro lado, o estimador de FE relaxa a hipótese acima, produzindo estimativas consistentes mesmo que a exogeneidade estrita não seja verificada. Assim, o estimador de FE exige apenas que:

$$(4) E[\eta_{it}/x_i, \sigma_i] = 0$$

Desta forma, $E[\sigma_i/x_i] \neq 0$ é plenamente compatível com a estimativa consistente dos parâmetros. Isto somente é possível pois o estimador de FE remove a heterogeneidade não observada (σ_i) por meio de uma transformação do modelo populacional original.

Para que fique mais clara a transformação realizada, considere o modelo populacional em nível e o modelo com cada termo avaliado em suas médias:

$$(5) y_{it} = \beta x_{it} + \sigma_i + \eta_{it}$$

$$(6) \bar{y}_i = \beta \bar{x}_i + \sigma_i + \bar{\eta}_i$$

Subtraindo (5) de (6), obtemos:

$$(7) y_{it} - \bar{y}_i = \beta(x_{it} - \bar{x}_i) + (\eta_{it} - \bar{\eta}_i)$$

Denominando $\dot{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i$ e $\dot{x}_{it} = x_{it} - \bar{x}_i$, é possível reescrever o modelo como:

$$(8) \dot{y}_{it} = \dot{x}_{it} + \dot{\eta}_{it}$$

Observe, portanto, que o modelo transformado, por estimar em primeiras diferenças, elimina a causa da endogeneidade, possibilitando a estimação consistente de modelos em que não se verifica (2) e (3). O problema desta solução é que somente será possível realizar estimações de variáveis que apresentam variação no tempo, ou seja, na maior parte dos casos não será possível utilizar *dummies* para características invariantes no tempo.

Considerando agora o caso prático deste estudo, por trabalhar com banco de dados formado por 40 países de diferentes continentes, muito provavelmente não será possível assumir (2) e (3). Adotar o estimador de RE significaria pressupor que as diversas características não observáveis, intrínsecas a cada país, não estariam correlacionadas com cada um dos estimadores ao longo de todo o período de tempo do estudo, o que é pouco provável.

Com relação a esta questão, Marques (2000) afirma:

(...) na generalidade dos estudos macroeconômicos, por ser impossível ver uma amostra de N países como uma seleção aleatória de uma população com dimensão tendencialmente infinita, tanto mais que representará com grande probabilidade a quase totalidade da população em estudo, torna-se evidente que a escolha acertada é a especificação com efeitos fixos.

Neste mesmo sentido, Judson e Owen (1996) afirmam:

The fixed effects model we have chosen is a common choice for macroeconomists. It is generally more appropriate than a random effects model for many macro datasets for two reasons. First, if the individual effect represents omitted variables, it is highly likely that these countryspecific characteristics are correlated with the other regressors. Second, it is also fairly likely that a typical macro panel will contain most of the countries of interest and, thus, will be less likely to be a random sample from a much larger universe of countries.

Pelos motivos citados acima, sob o aspecto da abordagem estática, os modelos apresentados neste estudo consideram preferencialmente estimadores de Efeitos Fixos e não de Efeitos Aleatórios.

Em complemento às abordagens explicitadas até então, mais recentemente, têm-se desenvolvido alternativas dinâmicas à metodologia de dados em painel.

Originalmente, os modelos em dados em painel são estáticos, na forma de (1), ou seja, não se permite a utilização de observações defasadas da variável dependente. Por outro lado, os modelos dinâmicos permitem o uso de dados atuais combinados com dados defasados.

Alguns modelos dinâmicos incluem p defasagens da variável dependente como covariada e possuem, assim como nos modelos estáticos, características não observáveis de indivíduos. Assim, a equação (1) passa a ser:

$$(9) y_{it} = \alpha_{it} + \gamma y_{i(t-1)} + \beta x_{it} + \varepsilon_{it}$$

Por construção, tais características não observáveis são correlacionadas com a variável dependente defasada, tornando os estimadores convencionais inconsistentes. Para corrigir este problema, Arellano e Bond (1991) derivaram um estimador consistente de *Generalized Method of Moments* (GMM), que utiliza instrumentos para as variáveis dependentes defasadas. É a utilização de variáveis instrumentais que possibilita a adoção de variáveis dependentes defasadas sem que se deixe de respeitar a hipótese de exogeneidade.

O estimador descrito pelos autores é designado principalmente para conjunto de dados com muitos indivíduos e poucos períodos e requer a inexistência de autocorrelação nos erros idiossincráticos.

Todavia, os estimadores de Arellano Bond podem apresentar problemas se os parâmetros autorregressivos são muito grandes ou se a relação entre a variância dos efeitos dos indivíduos e a variância dos erros idiossincráticos é grande. Corrigindo esses problemas, e a partir do trabalho de Arellano e Bover (1995), Bundell e Bond (1998) desenvolveram um sistema que utiliza condições adicionais de momento. Este método assume que não há autocorrelação entre os erros idiossincráticos e requer a condição inicial de que os efeitos no nível dos indivíduos sejam não correlacionados com a primeira diferença da primeira observação da variável dependente.

Este estudo considerará o modelo de Efeitos Fixos com *dummy* de tempo como referência. Os resultados do modelo de referência serão comparados com os efeitos encontrados em modelos alternativos, como descrito na tabela a seguir:

Tabela 5 – Estimadores

Equip	GTD	Descrição
EQUIP_FE1	GTD_FE1	Efeitos fixos robusto + Dummy de Tempo
EQUIP_FE2	GTD_FE2	Efeitos fixos robusto + Interação Dummy Desenvolvido
EQUIP_AB	GTD_AB	GMM Arellano-Bond robusto + lag de 2 períodos (var. dependente)
EQUIP_BB	GTD_BB	GMM Bundell-Bond robusto + lag de 2 períodos (var. dependente)

Serão estimadas, portanto, um total de 8 modelos, sendo 4 para a indústria de máquinas e equipamentos elétricos (Equip) e 4 para o setor de serviços públicos de energia elétrica (GTD). Serão 4 modelos sob a abordagem estática (Efeitos Fixos) e 4 modelos dinâmicos (2 Arellano-Bond e 2 Bundell-Bond).

Todos os modelos foram estimados robustos à heteroscedasticidade, assim, por construção, os resultados para esses estimadores são homoscedásticos.

Finalmente, é importante destacar que os modelos foram estimados com a utilização do *software* Stata 13.

3.1 – Especificação do Modelo

Como mencionado anteriormente, a base de dados conta com uma amostra de 40 países e, pelos motivos descritos, espera-se consistência em adotar Efeitos Fixos. O teste de Hausman contribui com a avaliação de consistência do modelo ao se comparar um estimador $\hat{\theta}_1$, notadamente consistente, com um estimador $\hat{\theta}_2$, eficiente sob a hipótese que está sendo testada. A hipótese nula assume que o estimador $\hat{\theta}_2$ é de fato um estimador eficiente (e consistente) dos parâmetros verdadeiros. Se este é o caso, não haverá diferença sistemática entre os dois estimadores.

Portanto, com base no teste de Hausman é possível inferir se o modelo de Efeitos Fixos é preferível ao modelo de Efeitos Aleatórios, ou o contrário.

Sob outro ponto de vista, espera-se que países mais eficientes em um ano específico permaneçam eficientes no ano seguinte. Por esse motivo, o estudo considera também modelos dinâmicos na resposta de abertura comercial à capacidade de adicionar valor aos negócios de energia elétrica.

Segundo Costa et al. (2014), a consistência dos estimadores propostos por Arellano e Bond (1991) dependerá da qualidade da matriz de instrumentos, da forma como estes são combinados com a primeira diferença das variáveis e da ausência de autocorrelação residual.

Quanto à matriz de instrumentos é fundamental que $E(z_i' \Delta v_i) = 0$, o que significa dizer que os instrumentos são não correlacionados com a heterogeneidade individual, não observada.

Para testar a validade total dos instrumentos utilizados, os autores recomendam a utilização do teste de Sargan (testa a sobreidentificação das restrições), adotando como hipótese nula:

$$(10) \quad H_0: E(z_i' \Delta v_i) = 0$$

Na prática, a primeira diferença do termo invariante no tempo (heterogeneidade individual não observada) deverá ser não correlacionada com as variáveis dependentes defasadas. Caso contrário, o modelo ou os instrumentos deverão ser reconsiderados.

Adicionalmente, por tratar-se de um modelo gerado a partir de primeiras diferenças, espera-se que os estimadores de Arellano e Bond apresentem autocorrelação serial em primeira ordem (m1). Por outro lado, haverá inconsistência quando verificada autocorrelação serial de segunda ordem (m2).

Arellano e Bond (1991) apresentam teste de especificação para verificar a hipótese de autocorrelação residual, utilizando como hipótese nula a ocorrência de autocorrelação serial de segunda ordem (m2).

Os mesmos testes de especificação propostos por Arellano e Bond (1991) acima devem ser aplicados no modelo proposto por Blundell e Bond (1998).

A partir de agora, para fins de simplificação, sempre que houver referência à atividade econômica desempenhada pela indústria elétrica (máquinas e equipamentos elétricos), utilizar-se-á a abreviação Equip. Pelo mesmo motivo, a atividade econômica referente à prestação de serviço público de energia elétrica (geração, transmissão e distribuição de energia elétrica) será denominada GTD.

A partir das considerações apresentadas acima, os modelos econométricos estimados serão:

$$\begin{aligned} \text{tavEQUIP}_{it} = & \alpha_{it} + \beta_1 \text{tavEQUIP}_{i(t-p)} + \beta_2 \text{exp}_{it} + \beta_3 \text{impTSET}_{it} + \beta_4 \text{impEQUIP}_{it} \\ & + \beta_5 \text{impGTD}_{it} + \beta_6 \text{impFBCF}_{it} + \beta_7 \text{domFBCF}_{it} + \beta_8 \text{tavTT}_{it} + \beta_9 \text{des}_i \\ & + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tavGTD}_{it} = & \alpha_{it} + \beta_1 \text{tavGTD}_{i(t-p)} + \beta_2 \text{exp}_{it} + \beta_3 \text{impTSET}_{it} + \beta_4 \text{impEQUIP}_{it} \\ & + \beta_5 \text{impGTD}_{it} + \beta_6 \text{impFBCF}_{it} + \beta_7 \text{domFBCF}_{it} + \beta_8 \text{tavTT}_{it} + \beta_9 \text{des}_i \\ & + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

Em que,

tavEQUIP_{it} é a taxa de adição de valor de Equip observada no país i no período t ;

tavGTD_{it} é a taxa de adição de valor de GTD observada no país i no período t ;

$\text{tavEQUIP}_{i(t-p)}$ é a taxa de adição de valor de Equip observada no país i defasada em p períodos;

$\text{tavGTD}_{i(t-p)}$ é a taxa de adição de valor de GTD observada no país i defasada em p períodos;

exp_{it} é o valor correspondente ao total de exportações de máquinas e equipamentos elétricos realizadas pelo país i no período t ;

impTSET_{it} é o valor correspondente à importação de máquinas e equipamentos elétricos realizadas por empresas de todos os setores do país i no período t ;

impEQUIP_{it} é o valor correspondente à importação de máquinas e equipamentos elétricos realizadas especificamente pelo segmento Equip do país i no período t ;

impGTD_{it} é o valor correspondente à importação de máquinas e equipamentos elétricos realizadas especificamente pelo segmento GTD do país i no período t ;

impFBCF_{it} é o valor correspondente à importação de máquinas e equipamentos elétricos para fins de Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) no país i no período t ;

$domFBCF_{it}$ é o valor correspondente à aquisição doméstica de máquinas e equipamentos elétricos para fins de Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) no país i no período t ;

$tavTT_{it}$ é a taxa de adição de valor total do país observada no país i no período t ;

des_i é a *dummy* para países desenvolvidos;

ε_{it} representa o erro.

Para a *dummy* des_i foi adotada classificação utilizada pelo Fundo Monetário Internacional, que identifica 37 países como 'economias avançadas'. Entre esses 37 países, 29 fazem parte da base de dados utilizada neste estudo.

Nos modelos EQUIP_FE2 e GTD_FE2 foram incluídas interações da variável *dummy* para países desenvolvidos (des) com todas as variáveis explicativas. O objetivo desta interação é verificar se há diferença relevante entre os efeitos das variáveis para países desenvolvidos e os demais.

Importante destacar que a taxa de adição de valor é calculada pela divisão do valor adicionado (valor total consumido subtraído do valor total da produção) por uma determinada atividade econômica pelo total produzido por esta atividade econômica, ou seja,

$$(11) \quad tavEQUIP_{it} = \frac{\text{valor adicionado por Equip no país } i \text{ no ano } t}{\text{total produzido por Equip no país } i \text{ no ano } t}$$

$$(12) \quad tavGTD_{it} = \frac{\text{valor adicionado por GTD no país } i \text{ no ano } t}{\text{total produzido por GTD no país } i \text{ no ano } t}$$

E, de maneira equivalente:

$$(13) \quad tavTT_{it} = \frac{\text{valor adicionado por todas as atividades econômicas do país } i \text{ no ano } t}{\text{total produzido por todas as atividades econômicas no país } i \text{ no ano } t}$$

As variáveis correspondentes a taxas ($tavEQUIP$, $tavGTD$, $tavTT$) serão utilizadas em seu formato original, assim, seus efeitos devem ser interpretados em termos de pontos percentuais (p.p.). As demais variáveis, por outro lado, serão utilizadas em \ln e a interpretação de seus efeitos será realizada na forma de variação percentual.

3.2 – Fonte de Dados

A base de dados é extraída a partir da *World Input-Output Database* (WIOD), disponibilizada pela Comissão Europeia (seção executiva da União Europeia) para o período entre 1995 e 2011. Originalmente, a base é constituída por transações realizadas entre 35 setores da economia em 40 países e de transações entre estes setores e famílias, governo, além daquelas transações realizadas para fins de aquisição de bens de capital (Dietzenbacher et al., 2013).

A tabela 6 reúne os países incluídos na base:

Tabela 6 – Países da base WIOD e agregação regional

Zona do Euro		Outros Europa	NAFTA	China	Asia Oriental	BRIIAT
Alemanha	França	Bulgária	Canadá	China	Coréia do Sul	Brasil
Áustria	Grécia	Dinamarca	EUA		Japão	Rússia
Bélgica	Holanda	Hungria	México		Taiwan	Índia
Chipre	Irlanda	Letônia				Indonésia
Eslováquia	Itália	Lituânia				Austrália
Eslovênia	Luxemburgo	Polónia				Turquia
Espanha	Malta	Romênia				
Estônia	Portugal	Reino unido				
Finlândia		Rep. Tcheca				
		Suécia				

Fonte: Dietzenbacher et al., 2012

A partir desta matriz buscou-se identificar, entre todos os setores disponíveis, aqueles que representariam o setor elétrico da maneira mais adequada. Assim, para o segmento relacionado à indústria elétrica (Equip), utilizaram-se dados do setor de equipamentos ópticos e elétricos (*Electrical and Optical Equipment*) e para representar o segmento de prestação de serviços de energia elétrica (GTD) utilizaram-se dados do setor de Suprimento de Eletricidade, Gás e Água (*Electricity, Gas and Water Supply*).

Importante destacar que não foi possível obter esses dados em menor nível de agregação, o que, se possível, permitiria excluir da amostra valores que não se encontram diretamente relacionados ao objetivo deste trabalho, entre eles, os dados referentes a suprimento de água.

Baseado na argumentação teórica da seção anterior, a tabela 7 apresenta o resultado esperado para cada uma das variáveis.

Tabela 7–Efeitos esperados das variáveis explicativas sobre a taxa de adição de valor (TAV)

Variáveis dependentes: taxa de adição de valor dos segmentos Equip e GTD		
Variável Explicativa	Descrição	Efeito sobre a TAV*
tavEQUIP_(t-p)	Taxa de adição de valor de Equip defasada	+
tavGTD_(t-p)	Taxa de adição de valor de GTD defasada	+
Exp	Exportação de máquinas e equipamentos elétricos	+
ImpTSET	Importação de máquinas e equipamentos elétricos realizadas por empresas de todos os setores	+
ImpEQUIP	Importação de máquinas e equipamentos elétricos realizadas por empresas do segmento Equip	+
ImpGTD	Importação de máquinas e equipamentos elétricos realizadas por empresas do segmento GTD	+
ImpFBCF	Importação de máquinas e equipamentos elétricos para fins de Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF)	+
DomFBCF	Aquisição doméstica de máquinas e equipamentos elétricos para fins de Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF)	+
tavTT	Taxa de adição de valor total do país	+

* TAV: Taxa de Adição de Valor

Observe que, pelo conjunto de variáveis utilizado, é possível segmentar os fatores que contribuiriam com crescimento da TAV entre:

- Inércia: variáveis dependentes defasadas (tavEQUIP_(t-p) e tavGTD_(t-p));
- Comércio Internacional: exportação e importação de máquinas e equipamentos (Exp, ImpTSET, ImpEQUIP e ImpGTD);
- Investimento: aquisição de bens de capital (ImpFBCF, DomFBCF) e;
- Fatores sistêmicos: TAV total do país (tavTT)

Este último fator representa a capacidade intrínseca a cada país de adicionar valor ao conjunto de suas atividades econômicas. O indicador seria, portanto, uma *proxy* para a eficiência produtiva (sistêmica) de cada país.

De maneira equivalente, as variáveis (tavEQUIP e tavGTD) são calculadas com base no valor adicionado por cada segmento como proporção do valor produzido. Assim, o que se espera compreender é o efeito de cada variável explicativa na eficiência produtiva dos segmentos Equip e GTD.

Nesse sentido, as variáveis de interesse são as correspondentes ao fator Comércio Internacional (Exportação e Importação). A ocorrência de *spillover* tecnológico será verificada por meio do efeito destas variáveis sobre *tavEQUIP* e *tavGTD*. Caso o efeito seja positivo e estatisticamente significativo, será possível afirmar que a exposição de empresas do setor elétrico ao comércio internacional de máquinas e equipamentos elétricos é condutora de externalidades e, portanto, de transferência tecnológica.

A tabela 8 apresenta a estatística descritiva das variáveis adotadas nos modelos:

Tabela 8 – Estatística descritiva das variáveis

Variável	Obs	Média	DP	Mínimo	Máximo
<i>tavEQUIP</i> (%)	667	30,2	8,6	7,9	63,4
<i>tavGTD</i> (%)	667	42,3	12,7	9,6	81,3
Exp (US\$/bilhões)	667	32,7	67,3	0,0	721,4
ImpTSET (US\$/bilhões)	667	17,3	34,0	0,1	323,9
ImpEQUIP (US\$/bilhões)	667	8,6	20,0	0,0	218,5
ImpGTD (US\$/bilhões)	667	0,3	0,8	0,0	10,2
ImpFBCF (US\$/bilhões)	667	9,7	21,7	0,0	168,9
DomFBCF (US\$/bilhões)	667	8,0	22,8	0,0	177,2
<i>tavTT</i> (%)	667	46,9	5,5	32,5	61,3

4 – RESULTADOS

4.1– Especificação do Modelo

Sob a abordagem estática, para que se escolhesse entre Efeitos Fixos (FE) e Efeitos Aleatórios (RE), tentou-se utilizar o teste de Hausman, porém este teste não pode ser aplicado para estimadores robustos de FE e RE. Como alternativa, foi utilizado o comando *xtoverid* do STATA que, sob condição de homocedasticidade, é equivalente ao teste de Hausman. O teste, nesse caso, teve como resultado *p-valor* igual a zero, confirmando como adequada a escolha pelos estimadores FE.

O teste de Hausman, no entanto, não pode ser aplicado aos modelos EQUIP_FE1 e GTD_FE1 por considerar a *dummy* de tempo em suas estimativas.

Finalmente, considerando o resultado para o teste F aplicado nos modelos estáticos, é possível rejeitar a hipótese de que as variáveis são todas iguais a zero.

No que se refere aos modelos dinâmicos, tanto nos modelos de Arellano e Bond (1991) quanto nos modelos de Bundell e Bond (1998), não foi possível realizar o teste de Sargan (para validade das restrições) nos casos em que se assumiu homocedasticidade. Isto porque sua distribuição assintótica não é conhecida mediante a especificação de robustez para heterocedasticidade.

Quanto ao teste de correlação serial na primeira diferença, realizou-se testes para 1ª e 2ª ordem (m1 e m2). Em todos os casos o teste foi favorável, ou seja, observou-se correlação serial entre os erros de primeira diferença de ordem 1 (m1) e o contrário foi observado na ordem 2 (m2).

Realizados os comentários acerca da especificação do modelo, estimou-se o efeito do comércio internacional de máquinas e equipamentos elétricos sobre a geração de valor adicionado nos segmentos industrial (Equip) e de serviços (GTD).

4.2– Discussão dos resultados econométricos

4.2.1 – Resultados para Indústria Elétrica (Equip)

A tabela 9, a seguir, apresenta os resultados econométricos encontrados para o segmento de indústrias do setor elétrico:

Tabela 9 – Resultados Segmento Equip

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
	EQUIP_FE1	EQUIP_FE2	EQUIP_GMM_AB	EQUIP_GMM_BB
tavEQUIP_(t-1)	-	-	0,504 ***	0,602 ***
tavEQUIP_(t-2)	-	-	-0,031	-0,034
Exp	-1,816 *	-0,739	1,244	1,975
ImpTSET	5,228 *	8,058	5,851 **	3,681
ImpEQUIP	-5,931 ***	-8,786 **	-6,834 ***	-6,346 ***
ImpGTD	-1,147 *	-3,641 **	-1,288 **	-0,870 *
ImpFBCF	2,487 ***	2,888 *	1,732 *	2,592 ***
DomFBCF	-0,656 **	0,575	-0,508	-0,923 ***
tavTT	0,859 ***	0,909 **	0,701 ***	0,532 ***
des	-	-	-	-
des*Exp	-	-1,039	-	-
des* ImpTSET	-	-1,496	-	-
des*ImpEQUIP	-	1,876	-	-
des*ImpGTD	-	2,811	-	-
des*ImpFBCF	-	0,003	-	-
des*DomFBCF	-	-1,226	-	-
des*tavTT	-	-0,194	-	-
cons	-4,705	-10,374	-31,688 *	-24,179 **
Observações	667	667	544	584
Prob>F	0,000	0,000	-	-
R2	0,444	0,443	-	-
R2 Aj.	0,424	0,431	-	-
Teste de Hausman	-	0,000	-	-
Instrumentos	-	-	127	142
Teste de Sargan	-	-	-	-
m1	-	-	0,000	0,000
m2	-	-	0,702	0,829

Os símbolos ***, **, * representam significância estatística ao nível de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Avaliando-se os resultados para a indústria de máquinas e equipamentos elétricos, é possível observar que, de forma geral, os resultados apresentados para todos os modelos foram muito próximos, tanto em termos de significância

estatística dos parâmetros quanto com relação ao sinal e o tamanho do efeito encontrados.

Os efeitos encontrados para o modelo de referência (EQUIP_FE1) apresentaram significância estatística para todas as variáveis. Diferentemente do que se esperava, a maior parte das variáveis associadas ao comércio internacional de máquinas e equipamentos (Exp, ImpEQUIP e ImpGTD) apresentou efeito negativo, com destaque para ImpEQUIP. Nesse caso, estimou-se que, para cada 1% de aumento em ImpEQUIP, a taxa de adição de valor do segmento Equip (tavEQUIP) reduziria aproximadamente 0,6 p.p.

Com base no arcabouço teórico descrito anteriormente, esperava-se transferência tecnológica entre as indústrias, o que seria evidenciado pelo acréscimo no valor adicionado pela indústria elétrica (tavEQUIP) mediante a importação de máquinas e equipamentos (ImpEQUIP).

O resultado contrário ao esperado pode denotar alguma simultaneidade entre as variáveis no sentido em que os maiores importadores, por apresentarem maior dependência tecnológica, seriam justamente aqueles países com menor taxa de adição de valor.

Entre as variáveis de interesse (comércio internacional), apenas ImpTSET apresentou efeito positivo, o que significa dizer que as importações de máquinas e equipamentos elétricos realizados por empresas de todos os setores estaria associada a *spillover* tecnológico.

Avaliando ainda os resultados para o modelo de referência, as variáveis associadas à realização de investimentos (ImpFBCF e DomFBCF) mostram sinais opostos, positivo para ImpFBCF e negativo, porém pouco relevante, para DomFBCF. O efeito positivo para ImpFBCF mostra que, quando a importação de máquinas e equipamentos elétrico ocorre com o objetivo de realizar investimentos, diferentemente do que fora observado para as demais variáveis associadas a importação, há evidências de *spillover* tecnológico.

Finalmente, a variável associada a questões sistêmicas (tavTT) apresenta efeito positivo igual a 0,859. Entre as variáveis independentes, esta é a única que não foi utilizada na forma de \ln , logo a interpretação para o efeito encontrado seria

de que o acréscimo de 1 p.p. na taxa de adição de valor total da economia (tavTT) estaria associada a um acréscimo de 0,859 p.p. na taxa de adição de valor da indústria elétrica (tavEQUIP).

Os resultados para a indústria do setor elétrico, apresentados acima, não confirmam o esperado pela teoria econômica, no sentido em que a exposição de empresas do segmento Equip ao mercado internacional estaria associada à ocorrência de *spillover* tecnológico. Diferentemente, os resultados indicam que, no segmento Equip, a eficiência das empresas estaria mais correlacionada com a eficiência produtiva total da economia.

Ao avaliar agora os resultados para os demais modelos, é possível observar que a maior parte das variáveis apresentou regularidade tanto em termos de significância estatística quanto de efeito estimado. Exceção importante trata-se da variável Exp que não apresentou significância estatística para nenhum dos modelos alternativos, o que pode estar associado à concentração das exportações em poucos países da amostra, além do que muitos países, em algum período do tempo, não exportaram máquinas e equipamentos elétricos.

Outro conjunto de variáveis tem seu resultado parcialmente confirmado por alguns dos modelos alternativos. São os casos de ImpTSET, confirmado pelo modelo EQUIP_GMM_AB, e DomFBCF, confirmado pelo modelo EQUIP_GMM_BB. Em ambos os casos, significância estatística, sinal e relevância do efeito são semelhantes ao encontrado no modelo de referência.

Para as demais variáveis (ImpEQUIP, ImpGTD, ImpFBCF e tavTT), os resultados encontrados no modelo de referência são plenamente confirmados por todos os modelos alternativos, tanto em termos de significância estatística quanto sinal e relevância do efeito.

Finalmente, resta avaliar os resultados encontrados para as variáveis de interação, utilizadas no modelo EQUIP_FE2, e para as variáveis dependentes defasadas (tavEQUIP_(t-p)), adotadas nos modelos dinâmicos.

No primeiro caso não houve significância estatística para nenhuma das variáveis, logo, não é possível fazer qualquer tipo de avaliação. Por outro lado, observou-se significância estatística e efeito positivo para a variável defasada

em um período ($tavEQUIP_{(t-1)}$), tanto no modelo Arellano-Bond quanto no modelo Bundell-Bond. Este resultado significa dizer que há um fator inercial relevante, de forma que, quanto maior a capacidade de adicionar valor no período anterior, maior será a capacidade de adicionar valor no período atual.

Encerrada a avaliação dos efeitos das variáveis estimadas sobre $tavEQUIP$, a seguir será avaliado o mesmo efeito sobre o setor prestador de serviços de energia elétrica ($tavGTD$).

4.2.2 – Resultados para serviço de energia elétrica (GTD)

A tabela 10, a seguir, apresenta os resultados econométricos encontrados para o segmento GTD:

Tabela 10 – Resultados Segmento GTD

	Modelo 1-B	Modelo 2-B	Modelo 3-B	Modelo 4-B
	GTD_FE1	GTD_FE2	GTD_MM_AB	GTD_GMM_BB
$tavGTD_{(t-1)}$	-	-	0,446 ***	0,660 ***
$tavGTD_{(t-2)}$	-	-	-0,026	-0,078
Exp	-0,791	-2,579	1,316	1,182
ImpTSET	10,500 ***	14,350 ***	-2,448	1,007
ImpEQUIP	-1,781	-6,620 *	1,624	-3,025
ImpGTD	-2,250	-8,081 ***	-2,493 ***	-1,509
ImpFBCF	-2,819 *	-1,829	1,211	0,129
DomFBCF	-0,011	1,308	0,322	0,387
$tavTT$	1,859 ***	0,884 *	1,638 ***	0,757 ***
des	-	-	-	-
des*Exp	-	0,602	-	-
des* ImpTSET	-	-17,297 ***	-	-
des*ImpEQUIP	-	13,888 ***	-	-
des*ImpGTD	-	5,971 **	-	-
des*ImpFBCF	-	2,123	-	-
des*DomFBCF	-	-1,619	-	-
des*tavTT	-	1,954 ***	-	-
cons	-76,932 ***	-69,153 ***	-56,060 **	-11,256
Observações	667	667	544	584
Prob>F	0,000	0,000	-	-
R2	0,570	0,562	-	-
R2 Aj.	0,554	0,552	-	-
Teste de Hausman	-	0,000	-	-
Instrumentos	-	-	127	142
Teste de Sargan	-	-	-	-
m1	-	-	0,001	0,000
m2	-	-	0,178	0,647

Os símbolos ***, **, * representam significância estatística ao nível de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Os resultados apresentados para o segmento GTD não são tão regulares quanto os observados no segmento Equip. No modelo de referência (GTD_FE1),

apenas as variáveis ImpTSET, tavTT e ImpFBCF apresentam significância estatística. As duas primeiras apresentam sinais equivalentes ao observado na indústria de máquinas e equipamentos, porém, o efeito encontrado é mais relevante.

O acréscimo de 1% nas importações realizadas por empresas de todos os setores (ImpTSET) implica em aumento da taxa de adição de valor no segmento GTD (tavGTD) em aproximadamente 0,105p.p. E ainda, o acréscimo de 1 p.p. na tavTT implica em aumento de 1,859p.p. na tavGTD. Em ambos os casos, o efeito estimado é mais do que o dobro do observado no segmento Equip.

Os resultados são importantes pois mostram que a eficiência do segmento de serviços em energia elétrica é mais sensível a fatores sistêmicos (tavTT) e gerais da economia (ImpTSET) do que no caso da indústria.

Por outro lado, ImpFBCF apresenta significância estatística ao nível de 10% (resultado não confirmado pelos demais modelos) e, diferentemente do que fora observado em Equip, o efeito seria negativo.

Apenas a variável tavTT tem seus resultados confirmados por todos os modelos e o resultado para ImpTSET, positivo e relevante, é confirmado pelo modelo alternativo GTD_FE2.

Com relação às variáveis de interação, adotadas pelo modelo GTD_FE2, diferentemente do que fora observado no segmento Equip, houve significância estatística na maior parte dos casos. A tabela 11, abaixo, resume os efeitos encontrados para as variáveis estatisticamente significantes, segmentando-os entre base completa (original) e países desenvolvidos:

Tabela 11 – Interação Dummy ‘Desenvolvido’

	Base Original	Países Desenvolvidos*
ImpTSET	14,350	-2,947
ImpEQUIP	-6,620	7,268
ImpGTD	-8,081	-2,110
tavTT	0,884	2,838

* Após a iteração com a dummy 'desenvolvido'.

Os resultados indicam que o efeito encontrado para países desenvolvidos difere do resultado encontrado para a base completa (desenvolvidos e não desenvolvidos). Destaque para as variáveis de interesse, ImpEQUIP e ImpGTD onde, no primeiro caso, houve reversão do sinal e, no segundo, o impacto negativo foi reduzido.

O resultado acima permite concluir que, para países desenvolvidos há ocorrência de *spillover* tecnológico entre empresas dos dois segmentos. Ou seja, para esse grupo de países, haveria transferência tecnológica ao segmento GTD a partir do acréscimo de importações de máquinas e equipamentos realizados pela indústria elétrica.

Além disso, o efeito do fator sistêmico (τ_{avTT}) é fortemente ampliado quando comparado com o observado no segmento Equip. Por outro lado, quando consideradas as importações realizadas por todas as atividades econômicas somadas (ImpTSET), haveria redução da eficiência produtiva do segmento GTD.

Assim, diferente do que fora observado ao se avaliar o conjunto de países da base, entre países desenvolvidos (exclusivamente), a transferência tecnológica ocorreria de forma mais acentuada mediante exposição intra setorial, ou seja, entre empresas do próprio setor elétrico. Este resultado é o oposto do verificado ao se avaliar toda a base, quando a transferência tecnológica ocorreria de maneira mais acentuada a partir de fatores não diretamente associado às empresas do setor elétrico.

Finalmente, os resultados encontrados para as variáveis dependentes defasadas (modelos dinâmicos) estão alinhados ao observado em Equip e evidenciam a relevância do fator inercial na determinação da taxa de adição de valor no segmento GTD. Assim como em Equip, os efeitos encontrados para estas variáveis são estatisticamente significantes, positivos e relevantes para ambos os modelos estimados.

A insignificância estatística para algumas das variáveis, em especial Exp, assim como no segmento Equip, pode estar associada ao balanceamento da base de dados para essas variáveis.

5 - CONCLUSÃO

Nos últimos anos a evolução tecnológica, principalmente aquela associada à TIC, possibilitou o surgimento de novos modelos de negócios no setor elétrico, porém, este novo contexto tecnológico não foi acompanhado por alterações na dinâmica inovativa do setor, que continua concentrada em grandes *players* globais. Por outro lado, nesse mesmo período recente, houve grande abertura para o comércio internacional de máquinas e equipamentos elétricos. Nesse sentido, alinhado aos aspectos teóricos que demonstram a possibilidade de *spillover* tecnológico mediante comércio internacional, este trabalho buscou evidenciar a ocorrência de transferência tecnológica entre empresas do setor elétrico mediante abertura comercial.

Para a realização do estudo, utilizaram-se dados da matriz insumo-produto elaborada pela Comissão Europeia (WIOD-CE) com 40 países entre 1995 e 2011. A partir desta base foram selecionados dados de comércio, produção, investimentos e valor adicionado dos dois segmentos associados ao setor elétrico: indústria de máquinas e equipamentos (Equip) e prestadores de serviços públicos de energia elétrica (GTD). Em termos econométricos foram utilizados estimadores de dados em painel estáticos (Efeitos Fixos) e dinâmicos (Arellano-Bond e Bundell-Bond). Ao todo, foram estimados 8 modelos, sendo 4 para cada atividade econômica avaliada.

Quando considerada toda a base de países, o estudo não encontra evidências de que, no setor elétrico, a ampliação do comércio internacional promova *spillover* tecnológico. Por outro lado, quando considerados apenas os países desenvolvidos e, especificamente no caso de GTD, estas evidências são encontradas. Os resultados mostram que, de forma geral, a absorção tecnológica no setor elétrico estaria mais associada a questões sistêmicas e menos associadas a importações realizadas pelo próprio setor, diretamente. Os efeitos encontrados para países desenvolvidos, no entanto, mostram o contrário. Ou seja, entre países desenvolvidos encontraram-se evidências de *spillover* tecnológico, diretamente, entre empresas do setor elétrico.

Os resultados do estudo contrariam parte da teoria econômica, que apresenta a exposição ao comércio internacional como alternativa para a absorção

tecnológica e convergência de produtividade. Por outro lado, confirmam a hipótese de Abramovitz (1994), de que os países absorvem tecnologia de forma diferente. É possível que este resultado esteja associado à diferença entre as características da indústria elétrica em países desenvolvidos e países não desenvolvidos. Os maiores *players* globais no fornecimento de máquinas e equipamentos elétricos concentram suas atividades de pesquisa em países desenvolvidos. Logo, seria natural que nesses países a absorção tecnológica por parte das demais empresas do setor elétrico seja mais relevante.

Estudos posteriores poderiam incorporar variáveis associadas a *technological and social capabilities* com o objetivo de compreender os diferentes níveis de absorção tecnológica observado entre os países. Adicionalmente, estudos realizados a partir de micro dados, com dados desagregados de empresas, forneceriam robustez aos modelos de *spillover* tecnológico.

6 - BIBLIOGRAFIA

ABRAMOVITZ, M. **Resource and output trends in the United States since 1870**. American Economic Review 46 (2), 5–23, 1956.

ABRAMOVITZ, M. **Catch-up and convergence in the postwar growth boom and after**. In: Baumol, W.J., Nelson, R.R., Wolf, E.N. (Eds.), *Convergence of Productivity-Cross-national studies and historical evidence*. Oxford University Press, Oxford, p. 86–125, 1994.

ACHARYA, R.;KELLER, W. **Technology transfer through imports**. Canadian Journal of Economics, 2008.

AGHION, P.;HOWITT, P. **A model of growth through creative destruction**. Econometrica 60, p. 323–351, 1992.

AMITI, M.;KONINGS, J. **Trade liberalization, intermediate inputs and productivity: Evidence from Indonesia**. American Economic Review, 2008.

ARELLANO, M.; BOND, S. **Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations**.Review of economic studies, v. 58, p. 277-297, 1991.

ARELLANO, M.; O. BOVER. **Another look at the instrumental variable estimation of error-components models**. Journal of Econometrics v. 68, p. 29–51, 1995.

ARROW, K.J. **Classificatory Notes on the Production and Transmission of Technological Knowledge**.American Economic Review 59 v. 2, p. 29–35, 1969.

BAUMANN, R.; CANUTO, O.; Gonçalves, R. **Economia internacional: teoria e experiência brasileira**.Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

BRANSTETTER, L. **Are knowledge spillovers international or intranational in scope? Microeconomic evidence from the U.S. and Japan**. Journal of International Economics v. 53 p. 53–79, 2001.

BLUNDELL, R.; BOND, S. **Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models**. Journal of econometrics, v. 87, p. 115-143, 1998.

CHUDNOVSKY, D., LÓPEZ, A., ORLICKI, E. **Innovation and the export performance of Argentine manufacturing firms**. In: De Negri, J.A., Turchi, L.M. (Eds.), *Technological Innovation in Brazilian and Argentine Firms*. Institute for Applied Economic Research (IPEA), Brasília, p. 281–308, 2007.

CLERIDES, S., SAUL, L., JAMES, T. **Is learning by exporting important? Micro-dynamic evidence from Colombia, Mexico, and Morocco**. Quarterly Journal of Economics v. 113, p. 903–94, 1998.

COE, D., HELPMAN, E. **International R&D spillovers**. *European Economic Review* v. 39, p. 859–887, 1995.

COE, D., ELHANAN, H., ALEXANDER, H. **North-South spillovers**. *Economic Journal* v. 107, p. 134–149, 1997.

COHEN, W.M., LEVINTHAL, D.A. **Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation**. *Administrative Science Quarterly* v. 35 (1), p. 128–152, 1990.

COSTA, R.F.R., LIMA, F.S., SILVA, D.O.P. **Política fiscal local e taxa de crescimento econômico: um estudo com dados em painel**. *Planejamento e Políticas Públicas (PPP)* n.42, Jan/Jun 2014.

DAMIJAN, J.P., KOSTEVC, C., POLANEC, S. **From innovation to exporting or vice-versa? Causal link between innovation activity and exporting in Slovenian microdata**. LICOS discussion paper 204, 2008.

DE ARAÚJO, B.C. **The export potential of Brazilian and Argentine industrial firms and bilateral trade**. In: De Negri, J.A., Turchi, L.M. (Eds.), *Technological Innovation in Brazilian and Argentine Firms*. Institute for Applied Economic Research (IPEA), Brasília, p. 245–280, 2007.

DE NEGRI, Fernanda. **Desempenho comercial de empresas estrangeiras no Brasil na década de 90**. 90 f. Dissertação de mestrado em economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

DIETZENBACHER, E. et al. **The Construction of World Input–Output Tables In The WIOD Project**. *Economic Systems Research*, v. 25:1, p. 71-98, 2013.

EASTERLY, W., LEVINE, R. **It's not factor accumulation: Stylized facts and growth models**. *World Bank Economic Review* v. 15 (2), p. 177–220, 2001.

EATON, J., KORTUM, S. **International patenting and technology diffusion: Theory and measurement**. *International Economic Review* v. 40, p. 537–570, 1999.

EDQUIST, C. **Systems of innovation: Perspectives and challenges**. In: Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford, p. 181–208, 2004.

EVENSON, R.E., WESTPHAL, L.E. **Technological change and technology strategy**. In: Behrman, J., Srinivason, T.N. (Eds.), *Handbook of Development Economics*. North Holland, vol. III, p. 2209–2299, 2002.

FAGERBERG, J., GODINHO, M.M. **Innovation and catching-up**. In: Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford, p. 514–544, 2004.

FAGERBERG, J., SRHOLEC, M., KNELL, M. **The competitiveness of nations: Why some countries prosper while others fall behind.** World Development v. 35, p. 1595–1620, 2007.

FAGERBERG, J., SRHOLEC, M. **National innovation systems, capabilities and economic development.** Research Policy v. 37, p. 1417–1435, 2008.

FAGERBERG, J., SHORLEC, M., VERSPAGEN, B. **Innovation And Economic Development.** In: Handbooks in Economics Vol. 2, cap. 20, Elsevier, 2010.

FELDMAN, M.; LICHTENBERG, F. **The Impact and Organization of Publicly-Funded Research and Development in the European Community.** NBER Working Paper nr. 6040, 1997.

GREENE, W. H. **Econometric analysis.** 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2012.

HAYASHI, Fumio. **Econometrics.** New Jersey: Princeton University Press, 2000.

HAYEK, F.A. **The use of knowledge in society.** American Economic Review v. 35, p. 519–530, 1945.

HSIAO, Cheng. **Analysis of Panel Data, Second edition.** New York, NY: Cambridge University Press, 2002.

JANNUZZI, G. M. **Políticas Públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil.** Campinas: Autores Associados, 2000.

JAVORCIK, B. **Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages.** American Economic Review v. 94 (3), p. 605–627, 2004.

JUDSON, Ruth E OWEN, Ann. **Estimating Dynamic Panel Data Models: A Practical Guide for Macroeconomists,** Federal Reserve System Working Paper, 1996

KELLER, W. **Are international R&D spillovers trade related? Analyzing spillovers among randomly matched trade partners.** European Economic Review v. 42, 1469–1481, 1998.

KELLER, W. **International trade, foreign direct investment, and technology spillovers.** In: Handbooks in Economics Vol. 2, cap. 19, Elsevier, 2010.

KELLER, W., YEAPLE, S. **Global Production and trade in the Knowledge Economy.** NBER Working Paper, Dec. 2008.

KIM, L. **Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning.** Harvard Business School Press, Harvard, 1997.

KIM, L. **The dynamics of technology development: Lessons from the Korean experience.** In: Lall, S., Urata, S. (Eds.), *Competitiveness, FDI and Technological Activity in East Asia*. Edward Elgar, Cheltenham, p. 143–167. 2003.

MADSEN, J. **Technology spillovers through trade and TFP convergence: 135 years of evidence for OECD countries.** *Journal of International Economics* v. 72, p. 464–480, 2007.

MACEDO, I. C (Coord.). **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Energia (CT-ENERG), 2003.

MARQUES, L. D. **Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura.** Porto: CEMPRE. Faculdade de Economia do Porto, 2000. Disponível em: <<http://goo.gl/XKZk9V>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

MCNEIL, L., FRAUMENI, B. **International Trade and Economic Growth: A Possible Methodology for Estimating Cross- Border R&D Spillovers.** BEA Working Paper 2005-03, Washington, DC, 2005.

OLIVEIRA, L. G. **Tendências Tecnológicas do Setor Elétrico.** In: Pompermeyer et al. (Org.). *Inovação Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro*. Brasília: IPEA, p. 55-87, 2011.

OZCELIK, E., TAYMAZ, E. **Does innovativeness matter for international competitiveness in developing countries? The case of Turkish manufacturing industries.** *Research Policy* v. 33, p. 409–424, 2004.

PAVCNIK, N. **Trade liberalization, exit, and productivity improvements: Evidence from Chilean plants.** *Review of Economic Studies* v. 69, p. 245–276, 2002.

POLANYI, M. **Personal Knowledge; Towards a Post-Critical Philosophy.** University of Chicago Press, Chicago, IL, 1958.

ROSTOW, W.W. **Why the Poor Get Richer, and the Rich Slow Down.** *Essays in the Marshallian Long Period*. MacMillan, New York, London, 1980.

RODRIK, D. **The New global economy and developing countries: Making openness work.** Overseas Development Council (Baltimore, MD) Policy Essay No. 24, 1999.

RODRIK, D., SUBRAMANIAN, A., Trebbi, F. **Institutions rule: The primacy of institutions over geography and integration in economic development.** *Journal of Economic Growth* v. 9, p. 131–165, 2004.

SÁNCHEZ, Inmaculada Galván. **La formación de la estrategia de selección de mercados exteriores en el proceso de internacionalización de las**

empresas. 2003. 101 f. Tese (Doutorado), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 2003.

SOLOW, R.M. **A contribution to the theory of economic growth.** Quarterly Journal of Economics v. 70 (1), p. 65–94, 1956.

TALLMAN, S.B. **A strategic management perspective on host country structure of multinational enterprises.** Journal of Management, v. 18, n. 3, p. 455-471, 1992.

TEECE, D. **Technology transfer by multinational firms: The resource cost of transferring technological know-how.** Economic Journal v. 87, p. 242–261, 1977.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Disponível em: <<http://unctadstat.unctad.org/EN/>> Acesso em 13 de agosto de 2016.

VON HIPPEL, E. **Sticky information and the locus of problem solving: Implications for innovation.** Management Science v. 40, p. 429–439, 1994.

World Input-Output Database (WIOD). Disponível em: <http://www.wiod.org/new_site/home.htm>. Acesso em 13 de agosto de 2016:

ZAHRA, S., GEORGE, G. **Absorptive capacity: A review—Reconceptualization and extension.** Academy of Management Review v. 27, p. 185–203, 2002.

ZAREIPOUR, H. **Tutorial Energy Storage: An Introduction to Technologies, Applications and Best Practices. Part 1.** IEEE PES General Meeting 2015. Denver/CO, USA, 2015.