

INVESTIMENTO ESTRANGEIRO DIRETO E EMISSÃO DE CO₂ EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Thiago Costa Soares¹
Vanessa Ferreira Teixeira²
Luckas Sabioni Lopes³

RESUMO

Este estudo analisou a relação entre investimento estrangeiro direto, emissões de CO₂ *per capita* e intensidade de poluentes em uma amostra de países emergentes, entre 1990 e 2014. Para tanto, estimaram-se extensões do modelo vetorial autorregressivo (VAR), adequadas para dados em painel (PVAR), por meio de duas diferentes abordagens, o PVAR-aumentado e PVAR em diferenças. Os principais resultados revelaram que o investimento internacional impactou indiretamente sobre as emissões de CO₂ *per capita*, porém, não houve comprovação de efeitos relevantes sobre a intensidade. Ressalta-se que somente o capital estrangeiro não é capaz de afetar drasticamente o modelo produtivo das economias em desenvolvimento. Para tanto, são necessárias políticas econômicas concretas que possam amenizar os efeitos adversos e assimilar tecnologias de fronteira.

Palavras-chave: Emissões de CO₂; Intensidade de poluentes; Investimento Estrangeiro Direto; Modelo PVAR.

DIRECT FOREIGN INVESTMENT AND CO₂ EMISSION IN DEVELOPING COUNTRIES

ABSTRACT

This study analyzed the relationship between direct foreign investment, CO₂ emissions per capita and pollutant intensity in a sample of emerging countries, between 1990 and 2014. For this, extensions of the autoregressive vector model was estimated by means of two different approaches (PVAR-enhanced and PVAR in differences). The main results showed that international investment had an indirect impact on CO₂ emissions; however, there was no evidence of relevant effects on intensity. It is emphasized that only foreign capital is not capable to affect the productive model of developing economies. It is necessary concrete economic policies to mitigate adverse effects and assimilate border technologies.

Keywords: CO₂ emissions; Pollutant intensity; Foreign Direct Investment; PVAR Model.

JEL: C33, Q50, Q54

1 INTRODUÇÃO

As emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) estão sendo associadas aos principais problemas ambientais da atualidade, como as mudanças

¹ Doutor em Economia Aplicada (DER/UFV). Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: thiago.costa@ufjf.edu.br

² Graduada em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: vah.fteixeira@gmail.com

³ Professor do Departamento de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: luckas.lopes@ufjf.edu.br



do clima e os desequilíbrios dos ecossistemas. Localmente, associam-na ainda à degradação dos recursos naturais, perdas das nascentes e à diminuição da produtividade dos solos (HENRIKSSON; SÖDERHOLM; WÅRELL, 2012). Entre os principais GEE, está o dióxido de carbono (CO₂), cuja participação relativa gira em torno de 60% das emissões totais (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*, 2013).

Nas últimas três décadas, período em que tais efeitos se tornaram mais evidentes, o nível de emissões dos países em desenvolvimento cresceu de forma acentuada. Atualmente, mais de 45% das emissões de CO₂ derivam-se das principais economias emergentes, a saber: China (24,65%), Índia (5,98%), Rússia (5,18%), Irã (1,7%), República da Coreia (1,69%), Arábia Saudita (1,38%), África do Sul (1,37%), México (1,32%), Indonésia (1,29%) e Brasil (1,25%) (Banco Mundial, 2017).

Baek (2016) argumenta que o fluxo internacional de investimentos e a demanda por crescimento são fatores que explicam, em partes, a expansão dos poluentes nas nações em desenvolvimento. Segundo o autor, o investimento estrangeiro direto (IED) pode ter elevado o nível de emissões nos países emergentes por meio de um processo de substituição no qual exportam-se indústrias “sujas” para as nações com menor restrição ambiental (emergentes). De fato, entre 1990 e 2016, o fluxo de IED cresceu 18 vezes no mundo emergente (*United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD*, 2017).

O ramo da literatura que analisa a contribuição do IED nas emissões iniciou-se em meados da década de 2000 (HOFFMAN et al., 2005; ACHARYYA, 2009; BLANCO; GONZALES; RUIZ, 2011; BAEK, 2016). Hoffman et al. (2005) avaliaram 112 países ao longo de 15-28 anos e concluíram que a situação ambiental (emissões de CO₂ *per capita*) foi importante para explicar a migração de IED para países de baixa renda. Este resultado deu origem à hipótese conhecida como “*pollution haven*” ou “refúgio” da poluição. Em sentido semelhante, Acharyya (2009), Blanco, Gonzales e Ruiz (2011) e Baek (2016) observaram que o fluxo de IED intensificou as emissões de países asiáticos e latino-americanos.

Em contrapartida, Kiviyro e Arminen (2014) argumentam que o IED pode melhorar a situação ambiental das nações menos desenvolvidas. Os autores

analisaram países africanos e concluíram que o fluxo de capital internacional beneficiou o modelo produtivo dessas nações. Para Kiviyro e Arminen (2014), as empresas domésticas podem “aprender” com o padrão produtivo das firmas estrangeiras e, com isso, copiar modelos ambientalmente mais limpos (efeito “*halo*” ou “*auréola*”).

As pesquisas supracitadas adotam a variável “CO₂ *per capita*” para testar as hipóteses de “refúgio” ou efeito “*auréola*” do IED. Contudo, o nível *per capita* de poluentes pode não ser uma *proxy* adequada. Primeiro, porque essa variável não representa necessariamente o padrão produtivo do país hospedeiro. Por exemplo, se a taxa de crescimento populacional for superior à das emissões de CO₂, o nível *per capita* irá declinar, independentemente da tecnologia adotada. Segundo, visto que o nexos “IED-emissões” é decorrente da percepção sobre o nível tecnológico, variáveis de intensidade poderiam retratar melhor o modelo produtivo.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi testar as hipóteses de “refúgio” ou efeito “*auréola*” em um modelo com IED e uma *proxy* para a intensidade de poluentes em uma amostra de 30 países em desenvolvimento, entre 1990 e 2014. Procurou-se avançar ao adotar uma estrutura de dados em painel que permite resultados mais genéricos e ao introduzir uma *proxy* mais adequada para investigar as referidas hipóteses.

O trabalho está organizado em outras cinco seções, além desta introdução. Na seção 2, apresenta-se uma breve revisão da literatura correlata; destacam-se as evidências mais recentes do papel do investimento estrangeiro sobre as emissões. Na seção 3, descreve-se a estrutura teórica da decisão da firma em migrar o capital internacional entre plantas produtivas sob restrições ambientais. Na seção 4, são reportados os procedimentos metodológicos e os dados. Os resultados e discussões são encontrados na seção 5. Por fim, a seção 6 expõe as principais conclusões do estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Com a globalização, o fluxo de investimentos estrangeiros aumentou em larga escala no contexto global e tem contribuído de forma significativa para o crescimento econômico em diversos países, sobretudo os emergentes (LIST; CO, 1999). Apesar disso, estudos reportam que a expansão do capital internacional pode ter relação

com o aumento recente das emissões antrópicas de GEE (AL-MULALI; TANG, 2013; REZZA, 2013; BAEK, 2016).

Com o objetivo de verificar a direção da relação entre IED e as emissões de CO₂, Hoffman et al. (2005) analisaram 112 países pelo método de causalidade de Granger. O procedimento adotado permitiu unir informações seccionais e temporais, aumentando o tamanho da amostra e melhorando a robustez das análises empíricas. Os resultados da pesquisa revelam que as emissões de CO₂ precedem o investimento estrangeiro em países de baixa renda, não sendo possível, portanto, descartar a hipótese de que esses países vêm se tornando “refúgio” da poluição.

Preocupações com o fenômeno são reportadas em artigos da área desde o estudo de Stern et al. (1996). Ao analisar as trajetórias das emissões de CO₂ e a pauta de importações dos Estados Unidos da América (EUA) e Japão, os autores perceberam que as nações mais desenvolvidas reduziram o ritmo de crescimento das emissões individuais, possivelmente “exportando-as” para localidades menos desenvolvidas. Em outras palavras, as indústrias “sujeitas” residentes em países mais ricos podem ter migrado para os emergentes ao longo das últimas três décadas, reduzido, assim, a expansão de poluentes nessas regiões (BIRDSALL; WHEELER, 1993).

Na pesquisa de Hoffman et al. (2005), os resultados para países de média e alta renda parecem confirmar esta suposição, pois os autores observaram que as emissões de CO₂ não precederam o IED, ao contrário do que ocorreu em países de baixa renda. A ausência dessa relação nos países desenvolvidos pode ser atribuída, em partes, ao crescente número de mecanismos internos que inibe a entrada de empresas poluidoras e elevam o custo de operação (LIST; CO, 1999).

Para entender melhor o estreitamento das variáveis, Blanco et al. (2011) analisou a produção de indústrias “sujeitas” e o IED em países localizados na América Latina, região que tem recebido considerável montante do fluxo financeiro internacional. Por meio da aplicação de técnicas de cointegração a um painel com dados no período 1980-2007, os autores constatam que o crescente fluxo de IED pode ter elevado as emissões de CO₂ em setores intensivos em poluentes na região (situação denominada de “efeito escala”). Por outro lado, não foram encontradas

evidências na pesquisa que suportam (ou rejeitam) as hipóteses de “refúgio” ou “efeito auréola”.

Baek (2016) analisou o papel do IED na produção e emissões em cinco economias pertencentes à Associação de Nações do Sudeste Asiático (*Association of Southeast Asian Nations - ASEAN*). O autor empregou o método *autoregressive-distributed lag* (ARDL) para cada país e concluiu que o IED tem efeito prejudicial ao meio ambiente na Indonésia e nas Filipinas (considerados de baixa renda). Já na Malásia, Tailândia e Singapura (renda mais elevada), o coeficiente do modelo estimado não foi significativo, indicando que o fluxo de investimento estrangeiro não pressionou as emissões de poluentes nesses países.

No mesmo sentido, Acharyya (2009) procurou analisar a relação entre IED, produção (PIB) e meio ambiente na Índia entre 1980 e 2003. Verificou-se que a entrada de IED no país impactou positiva e significativamente sobre as emissões de CO₂. O autor explica que o resultado pode estar relacionado com o atual modelo produtivo da Índia, no qual a participação de CO₂ nas atividades produtivas é massiva.

Omri, Nguyen e Rault (2014) estudaram as relações de causalidade entre emissões de CO₂, IED e PIB em 54 países entre 1990 e 2011, dividindo-os em três grupos: Europa e Ásia Central; América Latina e Caribe; e Oriente Médio, Norte da África e África Subsaariana. Os autores concluíram que há causalidade bidirecional entre IED e PIB em todos os painéis. Os autores também observaram que o fluxo de IED e as emissões de CO₂ se afetam simultaneamente, dando suporte às hipóteses de “refúgio” e “efeito escala”, exceto na Europa e Ásia Central.

Lau, Choong e Eng (2014) verificaram empiricamente as relações entre emissões, renda e IED para a Malásia no período 1970-2008. Com o modelo ARDL e testes de causalidade de Granger, os autores encontraram que, no curto prazo, IED não somente influencia as emissões diretamente, como também indiretamente, através do seu efeito sobre o crescimento econômico.

Por outro lado, existem estudos que relatam efeitos positivos do investimento estrangeiro sobre o país que o hospeda (YANCHUN, 2010; PAO; TSAI, 2011; KIVYRO; ARMINEN, 2014). Yanchun (2010) estudou o caso particular da China, relacionando CO₂, IED, PIB *per capita*, exportação e indicadores agrícolas. Pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), o autor concluiu que o capital

internacional possui importante papel atenuador das emissões devido à transferência de tecnologias. Contudo, pontuou que a China ainda precisa melhorar suas leis ambientais e a seletividade dos investimentos.

Pao e Tsai (2011) utilizam testes de cointegração e a metodologia de causalidade de Granger para identificar a direção da relação entre as variáveis emissões de CO₂, consumo energético, IED e PIB para o BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China). Os autores encontraram que, no longo prazo, as emissões são inelásticas ao IED, mas elásticas ao consumo de energia e à renda. Já no curto prazo, observaram-se relações bidirecionais entre emissões e IED, indicando a confirmação das hipóteses de “refúgio” e “efeito escala”. Pao e Tsai (2011) justificam que no curto prazo o investimento estrangeiro pode impulsionar as emissões de CO₂ através do incentivo às atividades mais intensivas. Além disso, os autores reportam que o IED expande a produção e o consumo energético, variáveis que tradicionalmente possuem relação com as emissões.

Kivyro e Arminen (2014) investigaram as causalidades em países da África Subsaariana (República do Congo, República Democrática do Congo (RDC), África do Sul, Zâmbia e Zimbábue) através dos métodos ARDL e de causalidade de Granger. Os resultados da pesquisa mostram que no Quênia e Zimbábue o capital internacional possui relação com as emissões de CO₂. Por outro lado, na RDC e África do Sul o IED melhorou o nível de emissões, confirmando a existência do “efeito auréola” nesses países.

Pela literatura consultada, há consenso que o efeito do investimento estrangeiro sobre as emissões depende da estrutura produtiva de cada país e, assim, varia conforme a importância dos setores na economia. Nesse sentido, há evidências empíricas que apontam efeitos negativos do IED sobre as emissões na maioria dos países em desenvolvimento, a menos a curto prazo. Pao e Tsai (2011) explicam que, para se manterem competitivos, os emergentes tendem a diminuir suas barreiras ambientais para atrair capital, o que impulsiona as emissões.

Já no médio/longo prazo, pesquisas apontam que a trajetória da poluição pode declinar com a melhoria tecnológica, a diminuição da demanda por crescimento, a elevação dos níveis de conscientização ambiental e o transbordamento de tecnologias mais limpas (GROSSMAN; KRUEGER, 1991;

SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992; SELDEN; SONG, 1994; MUNHAMMAD et al., 2011).

Não obstante, as emissões de poluentes *per capita* podem não ser adequadas para testar as hipóteses de “refúgio” ou efeito “auréola”. Conforme foi argumentado, variáveis de intensidade representam melhor o padrão produtivo e tecnológico dos países hospedeiros. Esta questão ainda não foi abordada na literatura consultada.

3 MODELO TEÓRICO

List e Co (1999) construíram um modelo que analisa a decisão de uma firma em migrar investimentos intra-nações a partir de uma função de lucro. Para os autores, empresas escolhem produzir em determinadas plantas ao observar, em particular, os preços dos insumos trabalho e capital, a distância entre mercados e a dificuldade de exportar/importar produtos e matérias-primas. Por isto, países com custos relativamente baixos estão mais propensos a receber investimentos estrangeiros.

Blanco, Gonzalez e Ruiz (2011) pontuam que restrições ambientais também podem elevar o custo total e induzir firmas a migrar a produção. Para introduzir a dimensão do meio ambiente ao modelo de decisão, supõe-se que as emissões de CO₂ sejam insumos do processo produtivo, de modo que restrições ambientais se reflitam sobre a matriz de custos das firmas. A rigor, a função de lucro da firma j pode ser representada pela equação (1):

$$\pi_j = \left\{ (P_y \cdot Q_j) - (P_x \cdot X_j + P_{CO_2} \cdot CO_{2j}) \right\}. \quad (1)$$

Em (1), a firma j é tomadora de preços e enfrenta P_y , P_x , P_{CO_2} e Q_j , os quais representam os preços do produto y , vendido por j ; preços dos insumos x (trabalho, capital, custos com a distância etc.); preço para emitir poluentes; e a quantidade produzida de y , respectivamente. A variável “CO₂” refere-se ao volume de emissões de CO₂ emitido por j , necessário para produzir y . Para maximizar o lucro π_j , a firma deve resolver a seguinte programação matemática:

$$\pi_j^* = (P_y - \eta_x P_x - \eta_{CO_2} P_{CO_2}) \cdot Q_j^*, \quad (2)$$

onde $\eta_x = \frac{X_j^*}{Q_j^*}$ e $\eta_{CO_2} = \frac{CO_2^*}{Q_j^*}$ são as intensidades dos fatores de produção. As variáveis com asterisco representam as escolhas ótimas da empresa. Na ausência de regulação ambiental, $P_{CO_2} = 0$, isto é, o custo marginal da poluição torna-se nulo. Assim, a equação (1) se reduz ao modelo convencional sem variáveis ambientais.

A intensidade do efeito da regulação é representada por η_{CO_2} e afeta os lucros a partir do volume de poluentes gerados na produção. Logo, a rentabilidade da empresa será mais sensível a variações em P_{CO_2} se a produção possuir elevada intensidade. Exemplos de economias intensivas em emissões são aquelas cuja matriz energética é baseada em combustíveis fósseis, como a China e a Índia.

De posse das informações sobre os custos dos fatores e preços dos produtos, bem como das restrições ambientais que determinado país possui, as empresas decidem migrar seus investimentos se o lucro total do país receptor (w) for superior àquele do país de origem (s), conforme a equação (3):

$$\left(P_{y,s} - \eta_{x,s} P_{x,s} - \eta_{CO_2,s} P_{CO_2,s} \right) \cdot Q_{j,s}^* < \left(P_{y,w} - \eta_{x,w} P_{x,w} - \eta_{CO_2,w} P_{CO_2,w} \right) \cdot Q_{j,w}^* \quad (3)$$

De acordo com os argumentos expostos, países com fraca legislação ambiental, como as nações em desenvolvimento, de fato podem atrair mais investimentos estrangeiros, sobretudo de empresas mais intensivas, pois os custos relacionados à proteção ao meio ambiente tendem a ser relativamente menores. Assim, a decisão de migrar os investimentos ficaria condicionada ao contexto definido na equação (3).

4 METODOLOGIA

4.1. Modelo Empírico

Os modelos vetoriais autorregressivos (VAR) e seus afins têm sido amplamente utilizados em análises sobre as emissões de CO₂, pois permitem relacionar regressores endógenos, examinar causalidades, bem como as relações de curto e longo prazo entre as séries (ALAM et al., 2011; ANG, 2008; CHANG, 2010; PAO; TSAI, 2011).

Nesta pesquisa, emprega-se uma extensão do VAR apropriada para dados em painel (PVAR). A estrutura PVAR se assemelha ao modelo convencional, no sentido de permitir a inclusão de variáveis endógenas e as análises de funções de resposta ou causalidades (HOLTZ-EAKIN; NEWEY; ROSEN, 1988). No entanto, adiciona-se na modelagem uma dimensão seccional variante para representar as unidades da amostra (aqui, são países). A formulação básica pode ser expressa da seguinte forma (CANOVA; CICCARELLI, 2013):

$$y_{i,t} = A_{0i} + A_1(\ell)y_{i,t} + u_{i,t} \quad (4)$$

$$u_{i,t} \square iid(0, \Sigma_u),$$

em que $y_{i,t}$ é um vetor composto pela intensidade das emissões (co_2/pib), produto interno bruto *per capita* ($pibpc$), consumo energético *per capita* ($enepc$) e investimento estrangeiro direto (ied) do país i ($i = 1, 2, \dots, 30$) no tempo t ($t = 1990, 1991, \dots, 2014$)⁴.

Ainda em (4), A_{0i} representa os termos determinísticos do modelo (constantes individuais e *dummies* temporais); A_1 é uma matriz de coeficientes a serem estimados; ℓ é um polinômio matricial de defasagem p em ℓ ; e $u_{i,t}$ é o erro aleatório, independente e identicamente distribuído, com média zero e variância Σ_u .

Para garantir a convergência das funções impulso-resposta e a estabilidade do PVAR, supõe-se *a priori* que as raízes do polinômio ℓ estejam fora do círculo unitário (ausência de raiz unitária). Neste caso, choques (inovações do sistema) eventualmente desaparecem e o modelo retorna ao equilíbrio estacionário, condições denominadas de “estacionariedade”.

A estacionariedade de uma série tem implicações sobre sua ordem de integração e sobre a escolha do modelo mais apropriado. Por exemplo, uma série estacionária é dita integrada de ordem zero – I(0); uma série não estacionária em nível, mas em primeira diferença, é denominada I(1), e assim por diante. Se todas as variáveis do vetor $y_{i,t}$ forem I(0), aplicações do PVAR são adequadas. Caso sejam I(1), modelos de correção de erro vetoriais (PVEC) poderiam ser estimados, considerando a existência de cointegração. Em um sistema onde há variáveis I(0) e I(1), as séries podem não ser cointegradas, tornando a estimação do PVAR em

⁴ No modelo alternativo (modelo 2), substitui-se a variável co_2/pib pelas emissões de CO_2 *per capita* para fins de comparação de resultados.

diferenças mais viável. Assim, verificar a condição de integração é de fundamental importância.

Os procedimentos que averiguam a presença de raízes unitárias mais difundidos na literatura de dados em painel são os testes de raízes comuns (Levin, Lin e Chu) e individuais (Im, Pesaran e Shin, Fisher-ADF e Fisher-PP). Além destes, o método multivariado de Johansen-Fisher também vem sendo empregado para verificar a existência de cointegração (Zhang; Cheng, 2009). Não obstante, os pré-testes são sensíveis à parametrização e podem fornecer resultados inconclusivos sobre a ordem de integração das variáveis e a existência de vetores de cointegração, dificultando a escolha do modelo mais adequado (TODA; YAMAMOTO, 1995).

Para ilustrar, o teste de Levin, Li e Chu, aplicado na variável *pibpc*, indicou a não rejeição da hipótese de raiz unitária, ao passo que, no teste de Im, Pesaran e Shin, tal hipótese foi rejeitada a 5%. Do mesmo modo, não foi possível descartar a hipótese de raiz unitária na série *ied* pelo PP-Fisher, porém, a rejeitou-se a 1% de significância pelo teste ADF-Fisher (os resultados dos testes de raiz unitária encontram-se no Anexo A1).

Em razão do baixo poder estatístico dos testes de estacionariedade e de cointegração, Toda e Yamamoto (1995) desenvolveram um método alternativo, nomeado “VAR-aumentado”, que permite incluir variáveis com diferentes ordens de integração. Zhang e Cheng (2009) destacam que o método é estável quando variáveis tipicamente econômicas são utilizadas⁵.

Conforme descrevem Toda e Yamamoto (1995), o procedimento inicia com a estimação do nível máximo de integração d das séries por meio dos testes de raiz unitária; em sequência, (ii) determina-se o tamanho adequado das defasagens p do PVAR com o uso de critérios de seleção, como o de Schwarz e Hannan-Quinn; por fim, ajusta-se o PVAR-aumentado com $(d+p)$ defasagens, o qual pode ser utilizado para analisar causalidades e funções de respostas.

Analisou-se a precedência temporal das variáveis emissões de CO₂, intensidade de poluentes e as demais através do teste de causalidade de Granger obtido por meio do PVAR-aumentado. Para averiguar a robustez dos resultados,

⁵ Pesquisas semelhantes adotaram o método, como Soyta et al. (2007) e Wolde-Rufael (2004).

estima-se em paralelo o modelo PVAR em diferenças, abordagem também indicada quando há ordens de integração diferentes nas séries.

4.2 Base de Dados

Adotou-se um painel composto por 30 países em desenvolvimento⁶ durante o período 1990-2014. A base de dados foi construída a partir da disponibilidade comum de informações, as quais foram obtidas do sítio eletrônico do Banco Mundial (2017) e do *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD, 2017).

Para representar o impacto ambiental, utilizou-se um indicador de intensidade de poluentes baseado na razão entre a quantidade emitida de CO₂ e o PIB do país (CO₂/PIB). As emissões consideram a queima de combustíveis fósseis e a fabricação de cimento. Incluem-se no cálculo o dióxido de carbono produzido no processo de utilização de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Em um modelo alternativo, utilizaram-se as emissões de CO₂ *per capita* (CO₂pc) para fins de comparação.

Em relação à renda, empregou-se a variável produto interno bruto *per capita* (PIBpc), convertido em dólares americanos (constantes de 2011) a partir da paridade do poder de compra (PPC). O PIB representa a soma do valor total bruto de todos os produtores residentes na economia, acrescido de quaisquer impostos sobre os produtos, menos os subsídios.

O consumo de energia *per capita* corresponde ao uso de energia primária (petróleo, carvão mineral, gás natural etc.) antes da transformação para outros combustíveis de uso final, por habitante. Inclui-se a produção interna, mais as importações e variações de estoque, menos as exportações e os combustíveis fornecidos a aeronaves e navios em transporte internacional.

Por fim, para representar o investimento estrangeiro (IED), inseriu-se a variável estoque de IED, em milhões de dólares de 2011, extraída da base de dados da UNCTAD (2017). O IED é o investimento realizado por uma empresa, residente em um país, em outras empresas ou filiais localizadas em outros países. A Tabela 1 descreve de forma resumida as variáveis.

⁶ A lista de países foi reportada no Anexo 1.

Tabela 1 - Variáveis, unidades e fontes

Sigla	Variável	Unidade	Fonte
INT	Intensidade de poluentes	Quilotoneladas /US\$	Banco Mundial
CO ₂ pc	Emissões de dióxido de carbono <i>per capita</i>	Quilotoneladas/ <i>per capita</i>	Banco Mundial
ENEpc	Consumo de energia	Kg/ óleo equivalente <i>per capita</i>	Banco Mundial
IED	Investimento estrangeiro direto	Estoque, milhões de US\$ (2011)	UNCTAD
PIBpc	Produto interno bruto	Milhões de US\$, PPP (2011)	Banco Mundial

Fonte: Elaboração própria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta as taxas de crescimento das variáveis por período. Ao final, são inseridas informações das taxas médias de crescimento da amostra completa (1990-2014).

Tabela 2 - Taxas de crescimento, por período

Período	CO ₂ pc (%)	CO ₂ /PIB (%)	PIBpc (%)	ENEpc (%)	IED (%)
1990-1995	2,41 ^{***}	-0,01 ^{NS}	2,43 ^{***}	2,91 ^{***}	13,56 ^{***}
1996-2000	1,35 ^{***}	0,66 ^{NS}	0,84 ^{***}	1,40 ^{***}	16,12 ^{***}
2001-2005	2,01 ^{***}	-0,52 ^{NS}	2,53 ^{***}	1,83 ^{***}	14,26 ^{***}
2006-2010	2,65 ^{***}	1,05 [*]	1,60 ^{***}	1,67 ^{***}	13,43 ^{***}
2011-2014	1,34 ^{**}	-0,43 ^{NS}	1,85 ^{***}	1,17 ^{***}	6,04 ^{***}
Todo período	1,61 ^{***}	-0,34 ^{***}	1,96 ^{***}	1,90 ^{***}	13,89 ^{***}

Fonte: Resultados da pesquisa.

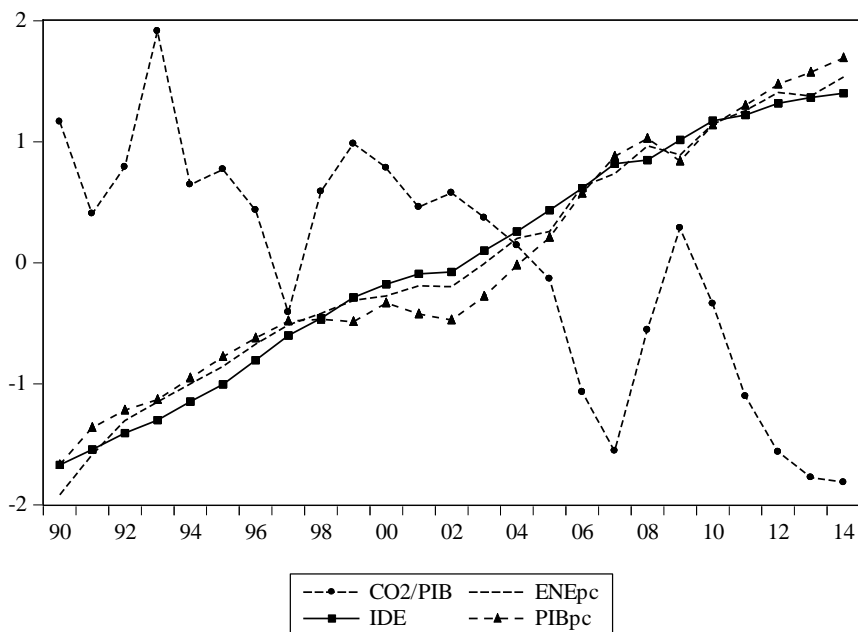
Nota: As variáveis foram logaritimizadas. (***) , (**) e (*) indicam a significância a 1%, 5% e 10%, respectivamente; NS = não significativo.

A Tabela 2 mostra que emissões *per capita* (1,61%), PIB *per capita* (1,96%), energia *per capita* (1,90%) e IED (13,89%) experimentaram taxas positivas de crescimento. Em contrapartida, observou-se queda em torno de -0,34% da intensidade de poluentes. Isto significa que a renda cresceu mais rapidamente que as emissões. Ou seja, há indicações de melhoria das técnicas produtivas dos países emergentes. Para ilustrar, a Figura 1 apresenta a intensidade de poluentes, bem como a renda *per capita*, uso de energia *per capita* e IED. As variáveis foram normalizadas para facilitar a leitura das escalas.

A trajetória temporal das séries corrobora com os dados apresentados na Tabela 2, pois se verifica ascensão do PIBpc, ENEpcc e IED, enquanto observa-se

comportamento oposto da intensidade de poluentes (CO₂/PIB). Desse modo, não é possível dizer pelo gráfico que as indústrias estrangeiras pioraram a situação ambiental dos países emergentes, já que houve uma expressiva queda da intensidade durante o período em questão.

Figura 1 - Trajetória temporal das emissões por unidade de produto, PIB *per capita*, Energia *per capita* e IED



Fonte: Resultados da pesquisa, dados do Banco Mundial (2017).

Para obter resultados mais conclusivos, é necessário estimar modelos de regressão para painéis. Primeiramente, verificou-se a condição de estacionariedade das variáveis através dos testes de Levin, Li e Chu; Im, Pesaran e Shin; Dickey-Fuller Aumentado (ADF-Fisher); e Phillips-Perron (PP-Fisher). Com exceção dos testes de PP-Fisher, para o IED, e de Levin, Li e Chu, para o PIBpc, todos os procedimentos rejeitaram a hipótese de raiz unitária para as séries. A Tabela A1, do anexo, resume as estatísticas.

A incerteza sobre a ordem de integração das séries justifica a estimação do modelo PVAR-aumentado (Toda; Yamamoto, 1995). Assim, definiu-se o número de defasagens através dos critérios de informação de Schwarz e Hannan-Quinn, os quais indicaram uma estrutura PVAR(1)⁷. Em seguida, estimou-se o PVAR-

⁷ Os resultados da seleção de defasagens encontram-se na Tabela A3 do Anexo.

aumentado(2), uma vez que a ordem máxima de integração das séries foi I(1) - PIBpc e IED. Para estabelecer a relação de precedência temporal entre as variáveis, recorreu-se ao teste de causalidade de Granger, baseado no PVAR-aumentado. Os resultados foram incorporados à Tabela 3. Na parte (a), as informações referem-se ao modelo com a variável “intensidade”. Na parte (b), foram obtidas evidências para as emissões de CO₂ *per capita*.

Tabela 3 - Causalidades de Granger: intensidade (a) e emissões de CO₂ *per capita* (b)

Parte (a): cenário com a variável CO ₂ /PIB		
Hipótese Nula	Estatística F	Valor-p
IED não Granger-causa ENEpc	1,768868	0,1835
ENEpc não Granger-causa IED	0,049441	0,8240
<i>IED não Granger-causa PIBpc</i>	<i>4,900071</i>	<i>0,0269</i>
PIBpc não Granger-causa IED	0,001290	0,9713
IED não Granger-causa CO ₂ /PIB ¹	0,172059	0,6783
CO ₂ /PIB não Granger-causa IED ²	1,522112	0,2173
<i>ENEpc não Granger-causa PIBpc</i>	<i>5,957949</i>	<i>0,0147</i>
<i>PIBpc não Granger-causa ENEpc</i>	<i>11,27155</i>	<i>0,0008</i>
ENEpc não Granger-causa CO ₂ /PIB	1,581087	0,2086
CO ₂ /PIB não Granger-causa ENEpc	0,610031	0,4348
PIBpc não Granger-causa CO ₂ /PIB	0,429828	0,5121
CO ₂ /PIB não Granger-causa PIBpc	1,950395	0,1625
Parte (b): cenário com a variável CO ₂ <i>per capita</i>		
IED não Granger-causa ENEpc	1,768868	0,1835
ENEpc não Granger-causa IED	0,049441	0,8240
<i>IED não Granger-causa PIBpc</i>	<i>4,900071</i>	<i>0,0269</i>
PIBpc não Granger-causa IED	0,336078	0,5621

IED não Granger-causa CO ₂ ¹	1,786976	0,1813
CO ₂ não Granger-causa IED ²	1,522112	0,2173
<i>ENEpc não Granger-causa PIBpc</i>	<i>5,957949</i>	<i>0,0147</i>
<i>PIBpc não Granger-causa ENEpc</i>	<i>9,850871</i>	<i>0,0017</i>
<i>ENEpc não Granger-causa CO₂</i>	<i>5,226747</i>	<i>0,0222</i>
CO ₂ não Granger-causa ENEpc	0,610031	0,4348
<i>PIBpc não Granger-causa CO₂</i>	<i>7,754356</i>	<i>0,0054</i>
CO ₂ não Granger-causa PIBpc	1,950395	0,1625

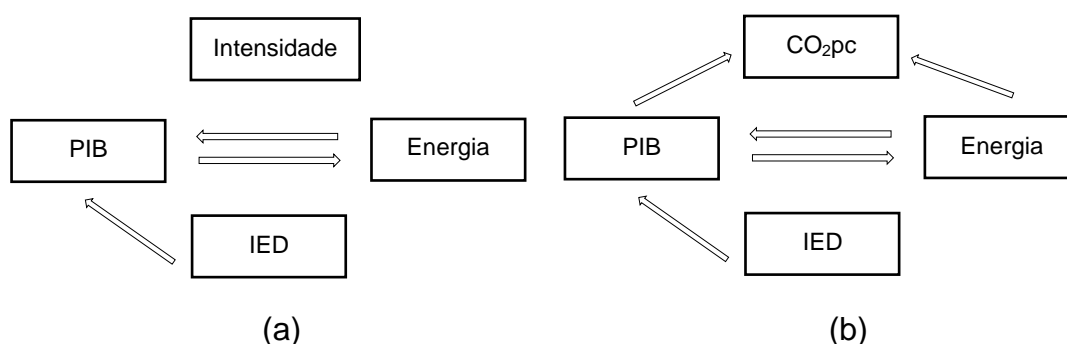
Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: ¹ Hipótese “efeito escala” ou “efeito auréola”; ² Hipótese “*pollution haven*”.

No primeiro cenário (a), verificou-se que CO₂/PIB não Granger-causa IED. Ou seja, não é possível atestar que os emergentes, em um sentido mais amplo, vêm se tornando “refúgio” da poluição. Concretamente, nações cuja matriz energética é baseada em combustíveis fósseis têm indicadores de intensidade elevados e, por isso, um modelo de produção mais sujo. Dessa forma, seria natural esperar que países mais intensivos atraíssem IED quando a hipótese de “refúgio” não é descartada, o que não ocorreu. Tal constatação contesta os resultados de Hoffmann et al. (2005), que analisaram uma amostra de países de baixa renda, e de Omri, Nguyen e Rault (2014), que adotaram um painel com nações desenvolvidas e emergentes.

No mesmo sentido, observou-se que IED não Granger-causa a intensidade de poluentes, afastando também a hipótese de “efeito escala” ou “efeito auréola”. Esse resultado contrapõe novamente a pesquisa de Hoffmann et al. (2005). Os autores haviam encontrado que países de renda média estariam relaxando as normas ambientais para receber investimento externo. Omri, Nguyen e Rault e Baek (2016) também observaram fenômenos semelhantes em nações de baixa renda. Para visualizar melhor as causalidades, apresenta-se a Figura 2.

Figura 2 - Direção das causalidades de Granger: a) intensidade; b) emissões de CO₂ *per capita*



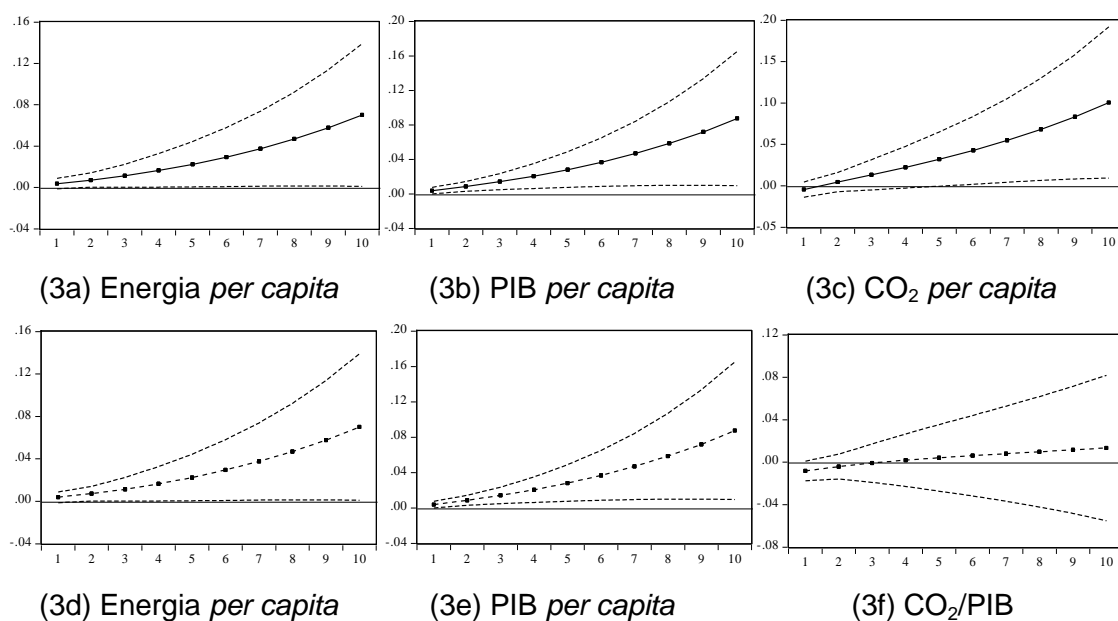
Fonte: Elaboração dos autores.

As setas representam as direções das causalidades. Além destes, outros resultados que merecem ser destacados são a causalidade bidirecional entre produto e energia e a causalidade unidirecional entre IED e PIB, partindo do IED em direção ao PIB. Resultados similares foram encontrados por Doytch e Narayan (2016). Os autores observaram que em países de baixa e média renda o PIB influencia o uso de energia, assim como variações na energia precedem a produção. Pao e Tsai (2010) argumentam que as economias dependem da energia para produzir, o que dá suporte a esses resultados. Além disso, eles concluem que o aumento da renda pode expandir o consumo de energia, especialmente em economias em desenvolvimento, cuja demanda por bens eletrodomésticos é crescente.

Em relação ao nexos “IED-emissões” - parte (b) da Figura 2 -, novamente não houve evidências de efeito “refúgio”, “escala” ou “auréola”, visto que as hipóteses nulas relacionadas não puderam ser rejeitadas. Por outro lado, apesar de não haver efeito direto, há fortes indícios de que a expansão do capital estrangeiro nessas economias eleva as emissões indiretamente, pois IED Granger-*causa* o PIBpc, que por sua vez precede as emissões de CO₂pc. Assim, pode-se dizer que o IED pode elevar as emissões via produção. Do mesmo modo, o crescimento do uso de energia pode induzir as emissões de CO₂ diretamente ou através do PIB (efeito indireto), já que a causalidade entre energia e PIB é do tipo bidirecional.

Em seguida, apresentam-se, na Figura 3, os resultados da estimação das funções impulso-respostas (FIR) considerando ora a variável CO₂pc, ora a intensidade.

Figura 3 - FIRs de CO₂pc, CO₂/PIB, PIBpc e ENEpc a choques no IED (PVAR-aumentado)

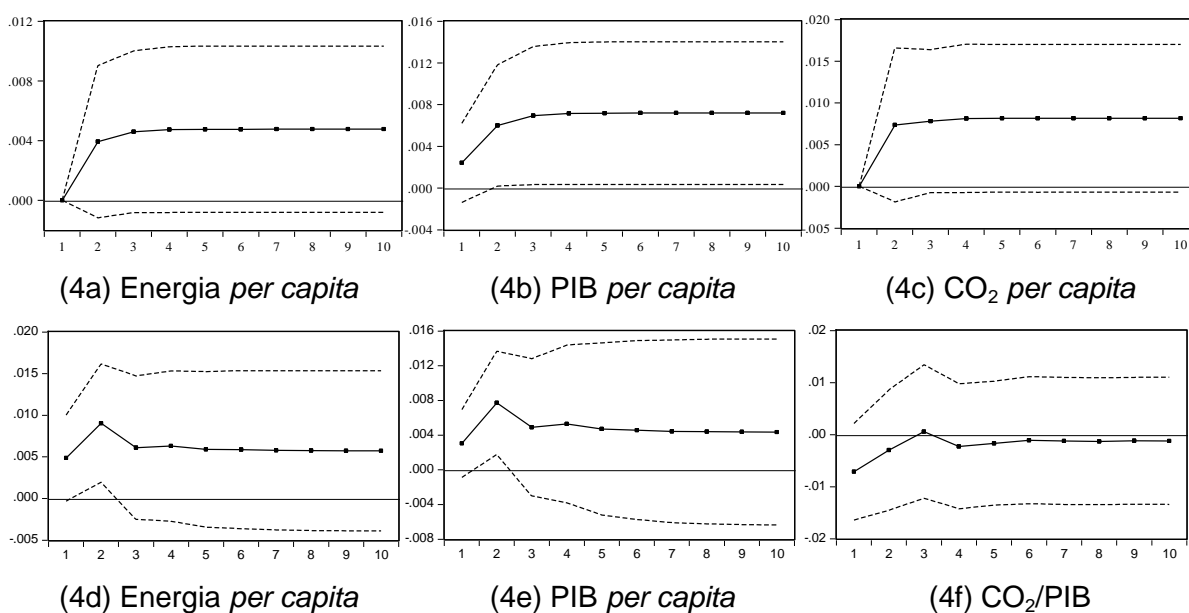


Fonte: Resultados da pesquisa, metodologia de Toda e Yamamoto (1995).

Pela Figura 3, percebe-se que choques no IED causam respostas semelhantes no consumo de energia e PIB, em ambos os modelos. Por seu turno, elevações do estoque de investimento estrangeiro causam diferentes efeitos sobre as emissões de CO₂ e a intensidade de poluentes. No primeiro caso, as emissões respondem elevando-se ao longo do tempo. No segundo, ficou nítido que a intensidade oscila próxima a zero.

Para verificar a robustez das respostas, foram construídas FIR acumuladas pelo VAR em diferenças. Os resultados foram inseridos na Figura 4. Observou-se que choques no IED elevam o consumo de energia e o PIB nos dois modelos. Contudo, novamente, as respostas das emissões de CO₂ e da intensidade divergem. No caso das emissões, impulsos de IED elevam as emissões *per capita* durante quatro anos, e em seguida se estabilizam. Em relação à intensidade de poluentes, o efeito acumulado é sutilmente negativo.

Figura 4 - FIR acumulada de CO₂pc, CO₂/PIB, PIBpc e ENEpc a choques no IED (PVAR em diferença)



Fonte: Resultados da pesquisa, modelo PVAR em diferenças.

Portanto, não há evidências que permitam afirmar que empresas multinacionais escolhem investir em economias em desenvolvimento somente em razão da fraca legislação ambiental. Do mesmo modo, também não existem razões para acreditar que esses investimentos estão melhorando substancialmente a qualidade ambiental dos emergentes, apesar da ligeira diminuição da intensidade. Possivelmente, pressões sobre o PIB e o consumo energético são os principais motores para o crescimento observado das emissões ao longo do tempo.

6 CONCLUSÕES

Este estudo procurou se inserir na literatura que analisa o papel dos investimentos internacionais no recente crescimento das emissões de CO₂, ao examinar, de forma específica, países em desenvolvimento, durante o período que variou entre 1990 e 2014. Avançou-se ao considerar uma amostra mais representativa de nações emergentes e ao fornecer comparativo do efeito do capital estrangeiro sobre o nível das emissões *per capita* e a intensidade de poluentes.

No cenário com a variável CO₂pc, observaram-se relações de causalidades partindo da renda e da energia para as emissões. Além destas, percebeu-se a

existência de causalidades bidirecionais entre renda e energia e uma relação unidirecional, do investimento estrangeiro para o PIB. Nesse modelo, não foram confirmadas as hipóteses de “refúgio”, “efeito escala” ou “efeito auréola”. Apesar disso, há evidências de que a expansão dos investimentos pode aumentar as emissões de CO₂ *per capita* de forma indireta, através da elevação do PIB.

Contudo, é possível que as emissões de poluentes *per capita* não sejam a variável mais apropriada para testar as hipóteses supramencionadas. De modo concreto, empresas buscariam refúgio em determinada localidade se houvesse evidências de padrões tecnológicos mais “sujos”. Dessa forma, faria mais sentido observar a trajetória da intensidade de poluentes ao invés das emissões *per capita*, que podem ser afetadas, por exemplo, pela mudança da taxa de crescimento populacional.

Em sentido oposto, ainda que o nível de poluentes *per capita* tenha se elevado, a pesquisa mostrou que a renda dos países em desenvolvimento cresceu mais rapidamente que as emissões. Esse resultado pode apontar a existência de avanços técnicos nas práticas produtivas desses países. Prova disso é a evidente redução observada da intensidade de poluentes durante o período.

No cenário com a variável intensidade, não foram observadas relações de causalidades significativas entre quaisquer variáveis e a intensidade. Desse modo, também se refutam as hipóteses de afrouxamento proposital das leis ambientais, efeito escala ou benefícios ambientais automáticos dos investimentos estrangeiros.

Do ponto de vista tecnológico, não há indícios de que somente o investimento estrangeiro direto é capaz de piorar (ou melhorar) a situação ambiental dos países emergentes analisados. Ao que tudo pesa, são necessários mecanismos e medidas que permitam aumentar os investimentos em setores limpos e melhorar a tecnologia dos segmentos tradicionalmente mais intensivos, condições que podem preceder os investimentos. Essas ações refletem desafios que os líderes do mundo emergente terão para promover o desenvolvimento econômico, atrair investimentos e melhorar a alocação dos recursos na economia.

REFERÊNCIAS

- ACHARYYA, Joysri. FDI, Growth and the Environment: Evidence from India on CO2 Emission during the last two decades. **Journal of Economic Development**, v. 34, n.1, jun. 2009.
- AL-MULALI, Usama; SAB, Che Normee Binti Che. The impact of energy consumption and CO 2 emission on the economic growth and financial development in the Sub Saharan African countries. **Energy**, v. 39, n. 1, p. 180-186, 2012.
- AL-MULALI, Usama; TANG, Chor Foon. Investigating the validity of pollution haven hypothesis in the gulf cooperation council (GCC) countries. **Energy Policy**, v. 60, p. 813-819, 2013.
- ANG, James B. Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. **Journal of Policy Modeling**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2008.
- APERGIS, Nicholas. Environmental Kuznets curves: new evidence on both panel and country-level CO 2 emissions. **Energy Economics**, v. 54, p. 263-271, 2016.
- BAEK, Jungho. A new look at the FDI-income-energy-environment nexus: Dyanmic panel data analysis of ASEAN. **Elsevier, Energy Policy**, v. 91, p. 22-27, jan. 2016.
- BIRDSALL, Nancy; WHEELER, David. Trade policy and industrial pollution in Latin America: where are the pollution havens? **The Journal of Environment & Development**, v. 2, n. 1, p. 137-149, 1993.
- BLANCO, Luisa; GONZALEZ, Fidel; RUIZ, Isabel. The Impact of FDI on CO2 Emissions in Latin America. **Pepperdine Digital Commons**, School of Public Policy, Paper 28, jan. 2011.
- CHANG, Yuan; RIES, Robert J.; WANG, Yaowu. The embodied energy and environmental emissions of construction projects in China: an economic input–output LCA model. **Energy Policy**, v. 38, n. 11, p. 6597-6603, 2010.
- CHENG, Xiaomao et al. Development and genetic mapping of microsatellite markers from genome survey sequences in Brassica napus. **Theoretical and applied genetics**, v. 118, n. 6, p. 1121-1131, 2009.
- BUENO, R.L.S. **Econometria de séries temporais**. Cengage Learning, 2008.
- GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. **National Bureau of Economic Research**, Cambridge, MA 02138. November, 1991.
- HENRIKSSON, Eva; SÖDERHOLM, Patrik; WÅRELL, Linda. Industrial electricity demand and energy efficiency policy: the role of price changes and private R&D in the Swedish pulp and paper industry. **Energy Policy**, v. 47, p. 437-446, 2012.

HOFFMANN, Robert et al. FDI and pollution: A Granger causality test using panel data. **Journal of International Development**, v. 17, p. 311-317, 2005.

HOLTZ-EAKIN, Douglas; NEWEY, Whitney; ROSEN, Harvey S. Estimating vector autoregressions with panel data. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, v. 56, n. 6, p.1371-1395, 1988.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2013. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> . Acesso em: out. 2017.

KIVYRO, Pendo; ARMINEN, Heli. Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: Causality analysis for Sub-saharan Africa. **Energy**, v. 74, p. 595- 606, jul. 2014.

KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, v. 46, n. 1 mar. 1955.

LAU, Lin-Sea; CHOONG, Chee-Keong; ENG, Yoke-Kee. Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: Do foreign direct investment and trade matter? **Energy** v. 68, p. 490-497, jan. 2014.

LIST, John A.; CO, Catherine Y. The effects of environmental regulations on foreign direct investment. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 40, n. 1, p. 1-20, 2000.

MUHAMMAD, Shahbaz; TIWARI, Aviral Kumar; KHAN, Saleheen. Is energy consumption per capita stationary? Evidence from first and second generation panel unit root tests. 2012.

OMRI, Anis; NGUYEN, Duc Khuong; RAULT, Christophe. Causal interactions between CO₂ emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models. **Economic Modelling**, v. 42, p. 382-389, 2014.

PAO, Hsiao-Tien., TSAI, Chung-Ming. Multivariate Granger between CO₂ emissions energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India and China) countries. **Energy** 36, 685-693, 2011.

SELDEN, Thomas M.; SONG, Daqing. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. **Journal of Environmental Economics and management**, v. 27, n. 2, p. 147-162, 1994.

SHAFIK, Nemat; BANDYOPADHYAY, Sushenjit. **Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence**. World Bank Publications, 1992.

SHAHBAZ, Muhammad; LEAN, Hooi Hooi; SHABBIR, Muhammad Shahbaz. Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: cointegration and Granger causality. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 2947-2953, 2012.

STERN, David I.; COMMON, Michael S.; BARBIER, Edward B. Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. **World development**, v. 24, n. 7, p. 1151-1160, 1996.

SUGIAWAN, Yogi; MANAGI, Shunsuke. The environmental Kuznets curve in Indonesia: Exploring the potential of renewable energy. **Energy Policy**, v. 98, p. 187-198, 2016.

TODA, Hiro Y.; YAMAMOTO, Taku. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. **Journal of Econometrics**, v. 66, n. 1, p. 225-250, 1995.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD), 2017. Disponível em: <http://unctad.org/>. Acesso em: out. 2017.

WORLD BANK. World Bank Group, 2017. Disponível em: <http://www.worldbank.org/>. Acesso em: out. 2017.

YANCHUM, Yi. FDI and China's Carbon Dioxide Emissions: 1978-2008. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION & MANAGEMENT, 2010. Wuhan, China **Proceedings...** Wuhan, China, 2010. p. 287.

ANEXOS

Tabela A1 - Lista dos países analisados

Países	Países	Países
Angola	Costa Rica	Peru
Argentina	Equador	Arábia Saudita
Bahrein	Iran, Islâmica Rep.	Singapura
Botswana	Coreia, Rep.	África do Sul
Brasil	Líbano	Tailândia
Brunei Darussalam	Malásia	Trinidad e Tobago
Chile	Maurícia	Turquia
China	México	Emirados Árabes Unidos
Hong Kong SAR, China	Omã	Uruguai
Colômbia	Panamá	Venezuela

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela A2 - Testes de raiz unitária, séries em nível e em primeira diferença

<i>Variáveis em nível</i>					
	CO ₂ pc	CO ₂ /PIB	PIBpc	ENEpc	IED
Levin, Li e Chu	-3,55 ^{***}	-4,64 ^{***}	-0,89 ^{NS}	-1,50 [*]	-3,75 ^{***}
Im, Pesaran e Shin	-3,50 ^{***}	-3,828 ^{***}	-2,32 ^{**}	-1,57 [*]	-3,13 ^{***}
ADF – Fisher	101,59 ^{***}	98,12 ^{***}	95,64 ^{***}	74,96 [*]	116,4 ^{***}
PP – Fisher	92,55 ^{***}	161,4 ^{***}	84,09 ^{**}	85,72 ^{**}	56,7 ^{NS}
<i>Variáveis em diferença</i>					
	CO ₂ pc	CO ₂ /PIB	PIBpc	ENEpc	IED
Levin, Li e Chu	-	-	-19,98 ^{***}	-	-
Im, Pesaran e Shin	-	-	-	-	-
ADF – Fisher	-	-	-	-	-
PP – Fisher	-	-	-	-	394,1 ^{***}

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: As variáveis foram logaritimizadas. (***) , (**) e (*) indicam a significância a 1%, 5% e 10%, respectivamente. NS = não significativo. Os testes foram realizados com constante e tendência determinística nas séries em nível. Hipótese nula: presença de raiz unitária.

Tabela A3 - Critérios para seleção da ordem do PVAR: variável CO₂/PIB

Lags	SC	QH
1	-7,611 [*]	-7,712 [*]
2	-7,505	-7,687
3	-7,427	-7,690
4	-7,297	-7,641

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: * Menor valor encontrado; SC = Critério de Informação de Schwarz; QH = Critério de Informação de Hannan-Quinn.