

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA**

Amanda Leone Rodrigues

**Comércio internacional de bens ambientais e seus efeitos na geração de
inovações em energias renováveis: uma análise para países selecionados (2005-
2015)**

Juiz de Fora
2022

Amanda Leone Rodrigues

Comércio internacional de bens ambientais e seus efeitos na geração de inovações em energias renováveis: uma análise para países selecionados (2005-2015)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientadora: Rosa Livia Gonçalves Montenegro

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rodrigues, Amanda Leone.

Comércio internacional de bens ambientais e seus efeitos na geração de inovações em energias renováveis: uma análise para países selecionados (2005-2015) / Amanda Leone Rodrigues. -- 2022.

48 p.

Orientadora: Rosa Livia Gonçalves Montenegro

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2022.

1. Tecnologias Ambientais. 2. Comércio Internacional. 3. Bens Ambientais. I. Gonçalves Montenegro, Rosa Livia, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de _02/08/2022, a Banca Examinadora, composta pelos professores

1 – Rosa Livia Gonçalves Montenegro - orientadora; e

2 – Cláudio Roberto Foffano Vasconcelos,

reuniram-se para avaliar a monografia do acadêmico Amanda Leone Rodrigues, intitulada: Comércio internacional de bens ambientais e seus efeitos na geração de inovações em energias renováveis: uma análise para países selecionados (2005-2015)

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu APROVAR a referida monografia



Documento assinado eletronicamente por **Rosa Livia Gonçalves Montenegro, Professor(a)**, em 09/08/2022, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Roberto Foffano Vasconcelos, Diretor (a)**, em 09/08/2022, às 09:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0900032** e o código CRC **B15A115B**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus.

Agradeço a minha família pelo amor incondicional, por todo incentivo e confiança depositados.

Aos grandes laços de amizade que construí no RJ, na Faculdade de Economia, no Coro Acadêmico da UFJF e na MRS.

Ao Ricardo, por me inspirar a ser melhor a cada dia.

Aos professores fantásticos que me conduziram ao longo desse árduo e extraordinário caminho da Economia. Em especial, agradeço a Rosa Montenegro, minha brilhante orientadora deste e de outros trabalhos, que confiou em mim desde o início e me ajudou a abrir grandes portas.

RESUMO

A declaração ministerial de Doha (DMD), de 2001, instituiu um importante vínculo entre comércio e meio ambiente. Com o objetivo de incentivar a difusão de bens ambientais e a tecnologia, a declaração prevê a redução ou eliminação de barreiras tarifárias e não tarifárias de bens e serviços ambientais. No entanto, há um impasse neste processo negociador, tanto pela dificuldade em se definir bens ambientais e, também, pela falta de consenso nos acordos entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. A presente monografia teve como objetivo avaliar a hipótese de que as tarifas de importação de bens ambientais afetam o desenvolvimento de inovações ambientais em energias renováveis, entre os anos de 2005 e 2015. Por intermédio do modelo econométrico de dados em painel e com base nas informações disponíveis pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pelo Banco Mundial, concluiu-se que as tarifas de importação de bens ambientais impactam negativamente a geração de patentes em energias renováveis, para os sessenta países analisados na monografia.

Palavras-chave: Energias renováveis. Bens ambientais. Ecoinovações. Comércio internacional. Tarifas de importação. Sistemas Nacionais de Inovação. Variáveis Instrumentais.

ABSTRACT

The 2001 Doha Ministerial Declaration (DMD) established an important link between trade and the environment. In order to encourage the dissemination of environmental goods and technology, the declaration provides for the reduction or elimination of tariff and non-tariff barriers for environmental goods and services. However, there is an impasse in this negotiating process, both because of the difficulty in defining environmental goods and also because of the lack of consensus in agreements between developed and developing countries. This monograph aimed to evaluate the hypothesis that tariffs on imports of environmental goods cause impacts on the generation of environmental innovations in renewable energies, between 2005 and 2015. Through the econometric model of panel data and based on information available from the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and the World Bank, it was concluded that tariffs on imports of environmental goods have a negative impact on the generation of patents in renewable energies, for the sixty countries analyzed in the monograph.

Keywords: Renewable energy. Environmental goods. Eco-innovations. International trade. Import tariffs. National Innovation Systems. Instrumental Variables.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	– Distribuição de meios ambientais na CLEG.....	16
Quadro 2	– Descrição e fonte das variáveis utilizadas.....	17
Tabela 1	– Resultados do Teste da Park.....	40
Tabela 2	– Resultados da Regressão com MQ2E.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APEC	Cooperação Econômica Ásia-Pacífico
CLEG	Lista Combinada de Bens Ambientais
CTE-SS	Comitê de Comércio e Meio Ambiente em Sessão Especial
DMD	Declaração Ministerial de Doha
EGS	Bens Ambientais
EPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
HS	Sistema Harmonizado de Descrição e Codificação de Mercadorias
JWPTE	Joint Working Party on Trade and Environment
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
MQ2E	Estimador de Mínimos Quadrados em dois estágios
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMC	Organização Mundial do Comércio
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
SEs	Serviços Ambientais
SCI	Science Citation Index
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SSCI	Social Sciences Citation Index
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento
WCED	Western Cape Education Department

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	DISCUTINDO A ECOINOVAÇÃO.....	15
2.2	BENS AMBIENTAIS: DEFINIÇÕES E CRITÉRIOS.....	17
2.3	REGULAÇÕES E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO AMBIENTAL.....	20
2.4	COMÉRCIO INTERNACIONAL E ABERTURA ECONÔMICA.....	22
2.5	AS TENDÊNCIAS NO MERCADO MUNDIAL DE BENS AMBIENTAIS: UMA REVISÃO EMPÍRICA.....	25
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	HETEROCEDASTICIDADE E VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS.....	32
4	BASE DE DADOS.....	34
5	RESULTADOS	39
6	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	45
	ANEXO 1 – Estatísticas descritivas das variáveis.....	50
	ANEXO 2 – Matriz de correlação das variáveis.....	50

1 INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, observa-se um aumento considerável acerca dos debates sobre os riscos ambientais do crescimento econômico (KOELLER et al., 2019). Muitos estudiosos da inovação veem as consequências do crescimento econômico como um freio na elaboração de uma estratégia de crescimento verde. Para outros observadores, no entanto, o crescimento econômico e do comércio internacional pode desempenhar um papel importante na mudança para uma estratégia de desenvolvimento verde, acelerando o esverdeamento da economia. A importância declarada do comércio para o meio ambiente ficou clara no lançamento da Rodada Doha, apelidada de Rodada para os “Países em Desenvolvimento e para a Proteção do Meio Ambiente”, durante a qual as barreiras ao comércio de bens e serviços ambientais¹(EGs) deveriam ser reduzidas.

Tal debate converge com questões a respeito de tecnologia, inovação e meio ambiente, resultando em distintas correntes teóricas sobre os conceitos distintos associados às inovações ambientais. Uma das definições de inovação ambiental a identifica como a produção, aplicação ou uso de um produto, serviço, processo de produção ou sistema de gestão novo para a empresa que adota ou desenvolve tecnologia com uma redução no impacto ambiental e no uso de recursos (incluindo energia) em todo seu ciclo de vida (KEMP; SOETE, 1992).

Em relação aos bens e serviços ambientais², pode-se afirmar que estes desempenham um papel essencial no desenvolvimento sustentável e no cumprimento de metas específicas, como aquelas estabelecidas na Declaração do Milênio das Nações Unidas e na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (HAMWEY et al., 2003). A redução das barreiras ao comércio de bens e serviços ambientais teve destaque durante as negociações da Rodada Doha, na qual os países foram convidados a negociar a eliminação da proteção de bens e serviços ambientais. No entanto, há um impasse na negociação para a redução das barreiras ao comércio de

¹ Em razão da indisponibilidade de dados, os serviços ambientais não serão analisados na presente monografia.

² A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) define bens (ou serviços) ambientais, aqueles que tenham por finalidade “medir, prevenir, limitar, minimizar ou corrigir danos ambientais à água, ao ar e ao solo, bem como os problemas relacionados ao desperdício, poluição sonora e danos aos ecossistemas”.

bens ambientais por diversas razões, tais como as dificuldades técnicas na definição de EGs e motivos conflitantes da economia política (SOILITA, 2019).

Segundo o estudo realizado pela Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2003) sobre o comércio internacional de bens ambientais, no período compreendido entre 1996 e 2001, existe um paradigma com forte disparidade entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, com os primeiros na condição de exportadores e os últimos na de importadores dos bens ambientais (NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016).

Notadamente, a diferença relativa supracitada exprime a lacuna tecnológica geral existente entre esses países, resultado do processo de formação histórica das economias nacionais, em especial, àqueles marcados pela industrialização, o que também se reflete nos seus Sistemas Nacionais de Inovação (BITENCOURT; SILVA; SANTOS, 2018). Estudos mostram que a ecologização³ do desempenho econômico e das exportações pode levar a vantagens competitivas estruturais novas e sustentáveis (SCHOT; GEELS, 2008).

Desse modo, o principal objetivo do trabalho será investigar o comércio internacional de bens ambientais a partir de dados retirados do banco de dados da OCDE e do Banco Mundial, para uma amostra de 60 países, entre os anos de 2005 e 2015. Para esta finalidade, será utilizada a metodologia de dados em painel a partir do método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) e do método das Variáveis Instrumentais (VI).

Uma vez que a literatura que investiga a ligação entre o comércio de bens ambientais e o desempenho ambiental é principalmente teórica e se concentra, em sua grande maioria, no desenho da política ambiental no contexto da liberalização do comércio de bens ambientais (CHAKRABORTY; CHATTERJEE, 2015), a presente monografia se distingue por realizar uma investigação empírica acerca dos efeitos de tarifas de importação relacionadas aos bens ambientais na geração de inovações ambientais. **Ademais, será verificado se as tarifas de importação de bens ambientais afetam, em alguma medida, a geração de inovações ambientais.**

Além deste capítulo introdutório, esta monografia está organizada em mais 4 capítulos. O capítulo 2 engloba a discussão em torno daecoinovação, tecnologias ambientais e a problemática envolvida na definição de bens ambientais. Além disso,

³ “Ecologização” significa uma maior conscientização acerca das questões ambientais.

são tecidas considerações a respeito do comércio internacional e abertura econômica, além das atuais tendências no mercado mundial para os bens ambientais. O capítulo 3 descreve a metodologia utilizada no trabalho e os procedimentos utilizados para a aplicação metodológica. O capítulo 4 detalha a base de dados utilizada no modelo empírico e o tratamento realizado. O capítulo 5 engloba a discussão dos resultados encontrados com base nos dados do modelo. No capítulo 6 são formuladas as conclusões e são apontadas as limitações do estudo bem como sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com base na literatura da área de inovações ambientais, serão apresentadas, a seguir, as principais ideias e tendências referentes ao tema, bem como a problemática envolvendo as classificações de bens ambientais e as tarifas envolvidas no comércio dos referidos bens.

2.1 DISCUTINDO A ECOINOVAÇÃO

A ecoinovação é um termo que faz referência às inovações que mitigam os impactos ao meio ambiente. Este tipo de inovação também é utilizado na literatura com os respectivos termos “inovação sustentável”, “inovação ambiental” ou “inovação verde”.

A citação a seguir, do “*Our Common Future Report*” publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) elabora uma definição que representa a importância das inovações sustentáveis:

(...) medidas econômicas, regulatórias e outras ambientais poderiam ser aplicadas de forma que resultassem em inovação pela indústria. E as empresas que responderam de forma inovadora estão hoje muitas vezes na vanguarda de seu setor. Eles desenvolveram novos produtos, novos processos e fábricas inteiras que usam menos água, energia e outros recursos por unidade de produção e são, portanto, mais econômicos e competitivos (WCED, 1987, p.327).

Destarte, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) define eco-inovação como a criação ou implementação de novos, ou significativamente melhorados, produtos (bens e serviços), processos, métodos de marketing, estruturas organizacionais e arranjos institucionais que, com ou sem intenção, levam a melhorias ambientais em comparação com os alternativos (OCDE, 2009).

Por sua vez, Cheng et al. (2014) separam a fronteira da eco-inovação em externa e interna. A fronteira externa refere-se às atividades verdes e sustentáveis de uma organização no relacionamento com fornecedores, agências reguladoras e demandas de mercado. Por outro lado, a fronteira interna refere-se a ações voltadas para processos eficazes e eficientes de eco-inovação que incluem a gestão, a produção e o desenvolvimento de novos produtos (GILBERTO; MACKE, 2017). De

acordo com o autor, as dimensões da eco-inovação podem ser categorizadas em: produto, processo e organizacional. As inovações de eco-produtos significam produtos novos ou significativamente melhorados com componentes e materiais tecnicamente aprimorados (PUJARI, 2006), resultantes de eco-tecnologias avançadas (CARRILLO- HERMOSILLA; KÖNNÖLÄ; RÍO, 2010). Em outras palavras, as inovações de eco-processos fazem menção a novos elementos introduzidos em sistemas de produção para criar eco-produtos, modificando processos e sistemas operacionais, que permitem a redução de custos e a produção de produtos novos ou significativamente melhorados com menor impacto ambiental (NEGNY et al., 2012).

Segundo Rennings (2000), tais inovações são melhorias nos processos de produção existentes ou novos processos com menor impacto ambiental. As inovações eco-organizacionais estão relacionadas a melhorias nos processos de gestão por meio de novas práticas e métodos ecologicamente corretos que aumentam o desempenho da organização, apoiam mudanças, reduzem custos administrativos e de armazenamento, bem como melhoram o ambiente de trabalho (CRUZ; PEDROZO; ESTIVALETE, 2006).

Embora tais práticas não reduzam diretamente os impactos ambientais, elas simplificam a implementação de eco-processos (MURPHY; GOULDSON, 2000). Programas ambientais internos, como treinamentos, desenvolvimento de produtos, técnicas de aprendizagem, grupos de melhoria ambiental (KEMP; ARUNDEL, 1998), bem como renovação administrativa de rotinas, procedimentos, dispositivos e sistemas para produzir inovações ambientais também fazem parte das ações de eco inovação organizacional (CRUZ; PEDROZO; ESTIVALETE, 2006). Não obstante, o desenvolvimento de tecnologias ambientais envolve eficiência de energia e material, qualidade do produto (HORBACH, 2008), capacidades tecnológicas e de gestão (TRIGUERO; MORENO-MONDÉJAR; DAVIA, 2013), Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) e de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) maduros (HORBACH; RENNINGS, 2013), colaboração com institutos de pesquisa, agências e universidades, acesso à informação e conhecimento externo, colaboração e cooperação com concorrentes e fornecedores, recursos de conhecimento, habilidades humanas, provisão e acesso a financiamento e investimento em P&D (TRIGUERO; MORENO-MONDÉJAR; DAVIA, 2013).

2.2 – BENS AMBIENTAIS: DEFINIÇÕES E CRITÉRIOS

A definição dos bens ambientais é um tema controverso. Existe uma dificuldade em se definir o que são “bens ambientais” para os propósitos da negociação sobre a liberalização do comércio destes bens na Organização Mundial de Comércio (OMC) (PATRIOTA, 2013). Numerosos conjuntos de critérios são utilizados para classificar e delimitar um bem ou serviço ambiental, concentrados na função ou propósito ambiental de um produto. Isso contrasta com os sistemas tradicionais de classificação de produtos que se baseiam substancialmente nos atributos de bens e serviços (OROK, 2000).

Mesmo não tendo sido estabelecida uma definição precisa de bens e serviços ambientais no âmbito da OMC, os países da OCDE, que lideram as discussões, consideram que nessa categoria estão incluídos bens que medem, previnem, limitam, minimizam ou corrigem danos ambientais (EUROSTAT, 2009). A aproximação entre as questões de comércio e de meio ambiente advém de uma evolução lenta e gradual, que começou com a construção do conceito do “desenvolvimento sustentável”⁴. A incorporação do conceito nos acordos ambientais trouxe a necessidade de observar uma série de outros conceitos e padrões, com vistas a alcançar o almejado desenvolvimento sustentável (PATRIOTA, 2013).

O vínculo entre comércio e meio ambiente ganhou importância real depois da Declaração Ministerial de Doha (DMD), de 2001, no contexto das negociações comerciais da Organização Mundial do Comércio (OMC). Isto porque o parágrafo 31⁵ da DMD prevê a redução ou eliminação de barreiras tarifárias e não tarifárias de bens e serviços ambientais, com o objetivo de incentivar a difusão do uso de bens que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável (WTO, 2001).

Para tal, foi criado o Comitê de Comércio e Meio Ambiente em Sessão Especial (CTE-SS) na OMC em 2004. Todavia, o processo negociador não avançou desde então, pois o parágrafo 16 instituiu a eliminação de barreiras aos produtos de interesse exportador dos países em desenvolvimento, colocando um embate entre países

⁴ Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações.

⁵ A decisão ministerial de Doha de novembro de 2001, parágrafo 31(iii) afirmou que “...Com vistas a aumentar o apoio mútuo do comércio e do meio ambiente, nós concordamos em negociar, sem prejudicar seu resultado, sobre: (...) (iii) a redução ou, conforme o caso, a eliminação das barreiras tarifárias aos bens e serviços ambientais”.

desenvolvidos e em desenvolvimento em algumas frentes (WTO, 2001; PATRIOTA, 2013).

Esse impasse nas negociações não é apenas resultado da falta de consenso quanto à definição de bens ambientais, mas também das diferentes abordagens metodológicas quanto às classificações destes e à participação dos países desenvolvidos e em desenvolvimento no mercado mundial desses produtos (EUROSTAT, 2009).

Desde o início da Rodada Doha – negociações da Organização Mundial do Comércio que visam diminuir as barreiras comerciais em todo o mundo – foram apresentadas mais de vinte propostas de classificações de bens ambientais pelos membros, das quais a grande maioria seguiu a abordagem de listas, em especial as listas da OCDE e da APEC (NETO; RIOS; VELLOSO, 2006). Cada organização produziu uma lista de bens com possíveis candidatos e, apesar das listas serem apenas indicativas, vários países as consideraram como bons pontos de partida para as negociações de bens ambientais (ANSANELLI; CINTRÃO, 2016).

Embora as duas listas sejam semelhantes em vários aspectos, estas foram feitas com propósitos diferentes. O interesse da OCDE em bens e serviços ambientais manifestou-se por conta de seu trabalho sobre políticas ambientais e competitividade industrial. Em 1994, pela demanda da Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency* – EPA), buscaram-se formas de coletar dados consistentes sobre produção, emprego, comércio e investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Antes, porém, era necessária uma definição dessas atividades ambientais e a classificação desses bens e serviços ambientais (EUROSTAT, 2009).

Na exiguidade de uma lista consensual de bens ambientais, tentou-se desenvolver uma lista baseada nos códigos de seis (6) dígitos do Sistema Harmonizado, divididos de acordo com os grupos, categorias e subcategorias de bens ambientais desenvolvidos pelo grupo OCDE/Eurostat (ANSANELLI; CINTRÃO, 2016).

A lista final foi liberada tanto pelo *Joint Working Party on Trade and Environment* (JWPTE), quanto pelo grupo OCDE/Eurostat em 1999. Com base na classificação apresentada, os bens ambientais foram segmentados em três (3) grandes grupos OCDE/Eurostat (1999):

a) gestão da poluição: bens que são claramente produzidos com finalidade ambiental e que reduzem, de forma significativa, a emissão de poluentes. Ele é

considerado o principal grupo, pois enfatiza a proteção do meio ambiente e permite uma identificação mais fácil dos bens;

b) bens e tecnologias mais limpos: bens que reduzem ou eliminam impactos ambientais negativos. Reconhece-se, porém, que esses bens são frequentemente produzidos com objetivos que não são exclusivamente ambientais, o que torna mais complexa a sua identificação estatística;

c) gestão de recursos: bens que contribuem para a proteção do meio ambiente, embora também não sejam produzidos com fins ambientais. Por exemplo, gestão e economia de energia ou indústrias de energia renovável. Essa lista foi feita para ser ilustrativa e não definitiva, devendo ser utilizada para análises de níveis de proteção tarifária (ANSANELLI; CINTRÃO, 2016).

No que diz respeito à lista da APEC, as discussões que lhe deram origem se iniciaram em 1995, no Japão, onde líderes da APEC concordaram em identificar indústrias que gerariam impactos positivos sobre o comércio e o crescimento da região da Ásia e do Pacífico, caso ocorresse redução progressiva de tarifas. Os membros da APEC se limitaram aos bens que pudessem ser rapidamente verificados por agentes alfandegários e assim tratados de forma diferente para fins tarifários (ANSANELLI; CINTRÃO, 2016).

Portanto, a lista da APEC surge com o intuito de “identificar setores onde uma liberalização voluntária de tarifas teria um efeito positivo sobre o comércio, investimento e crescimento econômico, tanto para países individuais quanto para o grupo todo” (OCDE, 2005, p. 7). Em seguida, foram realizadas congregações e oferecidas diversas propostas entre os membros para identificar os setores que poderiam ser candidatos a uma primeira liberalização de tarifa voluntária.

Como resultado, quinze setores conquistaram apoio para uma liberalização setorial voluntária, entre eles, o setor de bens e serviços ambientais (OECD, 2005). No entanto, como os bens ambientais não são identificados como um setor no Sistema Harmonizado⁶, essa liberalização exigiria uma abordagem baseada em produtos específicos.

A partir da definição da OCDE de atividades que formam a indústria ambiental, a APEC apresentou, por meio dos códigos do *Harmonized Commodity Description*

⁶ Sistema Harmonizado (SH) possui aproximadamente cinco mil grupos de mercadorias, devidamente organizados, e tem como objetivo, além da padronização das informações entre as aduanas, a coleta e divulgação de dados estatísticos relacionados ao Comércio Exterior.

and Coding System (HS) em seis dígitos, uma lista de bens que seriam considerados no acordo. Já a OCDE, propôs uma ampla lista com 164 bens (ANSANELLI; CINTRÃO, 2016). Como as duas listas possuem itens em comum, em alguns casos passou a ser utilizada uma lista combinada OCDE-APEC (NETO; RIOS; VELLOSO, 2006). Do mesmo modo, uma coalizão de 14 economias se comprometeu a iniciar negociações com vistas à conclusão de um acordo plurilateral que se basearia na iniciativa da APEC. Essas negociações foram então formalmente lançadas em Genebra em julho de 2014 (SAUVAGE, 2013).

Na ausência de um consenso internacional sobre os bens que devem ser considerados ambientais, e porque as listas negociadas podem excluir alguns bens geralmente considerados ambientais, mas não retidos no contexto das negociações comerciais, a OCDE considera e combina três listas existentes para chegar a um conjunto personalizado de 248 produtos. Este conjunto de produtos – que a OCDE rotulou de “CLEG” (Lista Combinada de Bens Ambientais) – usa a classificação HS 2007 no nível de seis dígitos e ainda divide os bens de acordo com seu tema ou meio ambiental (SAUVAGE, 2013). A base de dados utilizada na construção do presente trabalho, leva em conta da Lista Combinada de Bens Ambientais e será explorada de forma abrangente na seção IV- Base de Dados.

2.3 – REGULAÇÕES E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO AMBIENTAL

Tradicionalmente, a maioria dos bens ambientais representavam tecnologias denominadas “*end-of-pipe*”, isto é, usados para tratar poluentes que foram liberados no ar, na água e no solo, bem como para manusear ou armazenar resíduos sólidos e perigosos. No entanto, a partir da década de 90, foi observado o desenvolvimento contínuo de mais tecnologias de “processo integrado”, ou seja, aquelas que impedem a liberação de poluentes, mas também reutilizam materiais e energia durante o processo de produção (OROK, 2000).

Os avanços atuais em energia renovável e sistemas de combustível limpo também fornecem aos produtores melhores tecnologias ambientais que podem ser usadas para realizar modificações no processo de produção, o que inclui produtos que minimizam o uso de materiais e energia, reduzem o risco ambiental e evitam a poluição desde a fonte (BUCHER et al., 2014).

De acordo com Kemp (1997), uma vez que a inovação não acontece de forma espontânea e, sim, por algumas motivações, como a regulação ambiental, ocorrerá a difusão de tecnologias existentes ou o desenvolvimento de inovações incrementais em processos, à reformulação ou substituição de produtos e ao desenvolvimento de novos processos (YUANHSU et al., 2011). De modo geral, o desenvolvimento do setor de bens e serviços ambientais tem sido impulsionado pelas necessidades criadas pela legislação ambiental, o que inclui o cumprimento dos objetivos ambientais da União Europeia (UE) e outros requisitos legais nacionais, como metas de qualidade da água ou metas de produção de energia de fontes renováveis (CHAKRABORTY; CHATTERJEE, 2015).

Ademais, os recursos de financiamento público e privado, que possibilitam o investimento em projetos inovadores, também aumentaram drasticamente, apoiados por pressões sociais e uma maior conscientização sobre o combate à poluição ambiental e a preservação dos recursos naturais (EUROSTAT, 2009).

A respeito da questão de regulamentação, é possível afirmar que, desde a década de 1970, os setores ambientais que receberam maior atenção regulatória têm sido o tipo mais visível de degradação ambiental, o que engloba alguns dos problemas anteriormente mencionados, como a poluição da água, do ar ou tecnologias de processamento mais prejudiciais ao meio ambiente, como produção de aço e geração de energia (OROK, 2000).

Regulamentos ambientais mais rigorosos induziriam mais empresas a pagar o custo inicial de P&D para entrar na eco-indústria, o que deve levar a um aumento da participação no mercado de exportação da eco-indústria doméstica. Uma ilustração empírica desses últimos efeitos é proposta por Costantini e Mazzanti (2010). Ao empregar um modelo gravitacional de comércio, os autores constatam que os impostos ambientais e de energia nos países da UE-15 entre 1996 e 2007 foram associados a maiores exportações de EGs. Embora regulamentos ambientais rigorosos levem a mais P&D ambiental por empresas domésticas em uma pequena economia aberta, Greaker (2006) sugere que empresas ecológicas estrangeiras também aumentariam seus gastos em P&D e vendas de EGs para este país. Da mesma forma, Greaker e Rosendahl (2008) mostram que uma política ambiental mais rígida é boa para a indústria poluidora doméstica, permitindo-lhe obter equipamentos de abatimento mais facilmente e com custos mais baixos (SOILITA, 2019).

A partir do início do século XIX, observou-se que a demanda vem atendendo consideravelmente a substituição de produtos e modificações de processos industriais. Tal fato se deve a ênfase de políticas de prevenção da poluição, ao planejamento ambiental estratégico das empresas, ao surgimento de novos segmentos de mercado e a mudança para incentivos e instrumentos econômicos. A mudança observada criou mercados para bens e serviços ambientais, trazendo oportunidades à diversos setores, como os mais poluentes, por exemplo (EUROSTAT, 2009).

Existe também uma discussão presente na literatura de que as regulamentações ambientais afetam os fluxos comerciais. Usando um modelo gravitacional, Aichele e Felbermayr (2015) examinam os efeitos do Protocolo de Kyoto sobre o teor de carbono do comércio bilateral em 15 indústrias para 40 países. Explorando as diferenças nos compromissos dos países sob o Protocolo de Kyoto e e uma fonte de variação exógena nos preços do carbono, eles observaram que o Protocolo de Kyoto aumentou em 5% as importações. Ademais, a literatura revisada em Cherniwchan, Copeland e Taylor, (2017), oferece suporte à hipótese de que uma redução nas barreiras comerciais reduz a intensidade de poluição das atividades em países com políticas ambientais fortes. Essa comprovação é relevante e sustenta a ideia de que as regulamentações ambientais provocam a maior oferta por bens ambientais.

2.4 – COMÉRCIO INTERNACIONAL E ABERTURA ECONÔMICA

O comércio internacional é tratado como a alternativa ideal para que os países aproveitem melhor os seus fatores produtivos e seus recursos escassos. Em 1776, Adam Smith demonstrou que se dois países concentrassem suas produções nos bens em que possuíssem vantagens absolutas e os exportassem entre si, ambos poderiam consumir mais do que se não comercializassem. O conceito de vantagem absoluta consiste na ideia de que, se um país é capaz de produzir um bem com menos recursos do que outro país, obterá lucro concentrando-se na produção desse bem. Ao mesmo tempo, ao exportar parte desse produto, poderá comprar um bem que um outro país produz com menos recursos do que seriam requeridos na sua produção interna (CASSANO, 2012).

No início do século XIX, o economista inglês David Ricardo instituiu o conceito de vantagem comparativa, isto é, os países deveriam especializar-se naquilo que

melhor sabiam produzir, obtendo, comparativamente custos de produção menores. Por outro lado, deveriam comprar no mercado internacional o que fosse mais caro produzir internamente (BADO, 2004).

Heckscher e Ohlin (1935), por outro lado, instituem uma nova explicação dos fundamentos da troca internacional, defendendo que não basta explicar a troca internacional pela lei dos custos comparativos, faz-se necessário indagar o porquê de custos comparativos existirem, e não simplesmente tomá-los como dados. O Teorema de Heckscher-Ohlin (H-O) confirmou a tese de que cada país exporta os bens intensivos de fatores relativamente abundantes, ou seja, países com fator trabalho abundante produzem maior quantidade de bens intensivos em mão-de-obra do que realmente consomem, destinando os excedentes à exportação. Por outro lado, países com relativa abundância de capital também deverão estar produzindo maior quantidade de bens intensivos de capital do que necessitam consumir a fim de exportar um maior volume dessa produção (JR, 2001).

No entanto, a sustentação do modelo H-O requer algumas hipóteses essenciais muito restritivas, que implicam em uma pequena capacidade de verificação empírica do modelo, em sua versão estática. O modelo Hecksher-Ohlin-Samuelson (H-O-S), por sua vez, analisa os efeitos do comércio internacional sobre o emprego e sobre a distribuição de renda. Esse modelo demonstra que, em determinadas conjunturas de homogeneidade de fatores e de concorrência perfeita, a troca internacional igualará os preços dos fatores de produção, trazendo efeitos promissores para as nações que participam do comércio. Dessa forma, segundo o modelo H-O-S, a liberalização comercial é uma importante política para os países em desenvolvimento aumentarem concomitantemente sua taxa de crescimento e os salários reais (JR, 2001).

Por essa razão, prescrições de política sugerem que a abertura comercial é sempre a melhor alternativa, visto que políticas de liberalização comercial e de capitais são capazes de aumentar o bem-estar, num modelo estático de eficiência, ou estimular o crescimento econômico, num modelo dinâmico. No entanto, as limitações e as hipóteses restritivas da maioria destes modelos, como o H-O-S, têm como resultado sua fraca validação empírica, apresentando funções malcomportadas (BADO, 2004).

No início da década de 80, com o declínio da corrente keynesiana e da ascensão do monetarismo e da corrente neoliberal nos Estados Unidos e Inglaterra, observou-se uma redefinição não só dos parâmetros de desenvolvimento, comércio

nacional e internacional, mas também das formas de organização e gestão. As evidências empíricas sempre apontavam que a teoria tradicional das vantagens comparativas precisava ser complementada por outras hipóteses. Tais hipóteses podem ser representadas, como as economias de escala, economias de escopo, fatores do lado da demanda como a diferenciação de produto, tecnologia de mercado devido à competição imperfeita e política governamental. A nova teoria do comércio internacional procura dar conta desses novos fatores, desenvolvendo explicações dos padrões de comércio e da competitividade a partir do exame das interações estratégicas das empresas e de governos (Krugman, 1988).

Essa nova teoria de comércio é chamada também de “teoria estratégica de comércio” porque o comércio é resultado da rivalidade estratégica de empresas e dos governos, em que um pequeno número de empresas e o governo tomam decisões levando em consideração a reação dos demais participantes do mercado. A teoria estratégica de comércio incorpora em modelos rigorosos alguns elementos da nova realidade mundial e explica alguns elementos desta. Krugman (1988) explica também alguns aspectos dos padrões de comércio observados nas últimas décadas, como o grande volume do comércio intrafirma e a crescente participação das empresas multinacionais no comércio mundial, particularmente nos setores de alta tecnologia.

Segundo Porter (1990), a competitividade de um país depende da capacidade da sua indústria de inovar e melhorar. As empresas conquistam uma posição de vantagem em relação aos melhores competidores do mundo em razão das pressões e desafios. Portanto, Porter (1990) entende que as vantagens competitivas se constroem, não são um fenômeno natural, nem determinado. As vantagens comparativas devem se transformar em vantagem competitiva, gerada e sustentada por meio de um processo altamente localizado. As diferenças nos valores nacionais, a cultura, as estruturas econômicas, as instituições e a história são fatores que contribuem para o êxito competitivo. Em todos os países, constatam-se disparidades marcantes nos padrões de competitividade.

Em última instância, os países obtêm êxito em determinados setores porque o ambiente doméstico é o mais progressista, dinâmico e desafiador. De acordo com o seu modelo, o que explica a vantagem competitiva das nações não é a dotação fixa de fatores, mas as condições dos fatores de produção, como mão de obra qualificada e infraestrutura, necessários para competir num determinado setor; condições de

demanda, estratégia, estrutura e rivalidade das empresas, assim como a natureza da rivalidade no mercado interno (CASSANO, 2012).

A partir da formulação de Porter, deriva-se a ideia de que a competitividade é um fenômeno sistêmico, portanto o ambiente e as instituições nacionais têm papel estratégico para que as empresas possam ser competitivas. Esse enfoque tem sua utilidade na formulação de políticas nacionais de competitividade, mas é difícil explicar por que fatores e condições locais teriam tanta importância num mercado globalizado em que as distâncias e o tempo encolheram dramaticamente (BADO, 2004).

Quando as nações adotam práticas comerciais, em teoria, buscam mútuos benefícios. Dois países podem comercializar com este objetivo, ainda que suas economias tenham diferentes níveis de desenvolvimentos. O comércio internacional pode, portanto, permitir que cada nação explore melhor suas capacidades de produção e exportação e que importe as mercadorias mais escassas ou que não pode produzir por ele mesmo, em decorrência de fatores climáticos, tecnológicos, entre outros (BALASSA, 1970). Por fim, a teoria do comércio internacional também prevê que as questões relacionadas ao comércio e ao meio ambiente podem ser mutuamente compatíveis e talvez até reforçados, enquanto a liberalização do comércio traz benefícios econômicos que podem ser distribuídos de forma a reduzir a pobreza e proteger o meio ambiente (ALWIS, 2015).

2.5 – AS TENDÊNCIAS NO MERCADO MUNDIAL DE BENS AMBIENTAIS: UMA REVISÃO EMPÍRICA

Durante as negociações internacionais no âmbito do GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) e da OMC, procurou-se estabelecer princípios e mecanismos para diminuição de barreiras comerciais entre os países. A criação destes órgãos era uma reação direta ao protecionismo que proliferava durante as décadas de 1970 e 1980. Neste contexto, a propriedade intelectual responsável pela regulamentação dos bens intensivos em conhecimento é, também, objeto de discussões nas negociações e nos organismos internacionais, visto que a dinâmica da inovação é uma das responsáveis por influenciar os países a adotar determinada política (HOEKMAN, 1995).

Em 1994, após um alerta precoce de que os regimes de comércio e meio ambiente estavam caminhando para a colisão, os membros da OMC deveriam

negociar a eliminação da proteção de bens e serviços ambientais (EGS) sob a Rodada Doha (ELIZABETH; CESAR, 2012).

Apelidada de “Rodada para o Meio Ambiente e Desenvolvimento”, as negociações bem-sucedidas deveriam dissociar o crescimento econômico do impacto ambiental, criando uma situação de ganho triplo, para o comércio, o meio ambiente e o desenvolvimento. Em primeiro lugar, se as negociações fossem bem-sucedidas, o comércio seria facilitado por meio de tarifas reduzidas ou eliminadas e barreiras não tarifárias sobre EGs. Isso diminuiria o custo das tecnologias ambientais, aumentaria seu uso e estimularia a inovação e a transferência de tecnologia. Em segundo lugar, os países em desenvolvimento se beneficiariam de duas maneiras de um melhor acesso ao mercado em bens e serviços ambientais (CZELUSNIAK et al., 2011).

Os produtores de EGs teriam melhor acesso a grandes mercados na Europa, Estados Unidos e Ásia de alta renda e seria mais fácil para os países em desenvolvimento obterem bens ambientais de alta qualidade produzidos no exterior. Esse acesso deve, entre outros benefícios ambientais, aumentar a eficiência energética e melhorar a situação da água e do saneamento nos países em desenvolvimento. Por meio da transferência de tecnologia e redução de barreiras nos serviços ambientais, tecnologias aprimoradas e serviços ambientais de melhor desempenho reduziram as emissões. Por último, em nível global, o meio ambiente seria mais bem preservado, especialmente se uma definição ampla de bens ambientais fosse adotada para incluir como bens ambientais aqueles produtos e serviços ambientais com características de produção, uso ou descarte que evitem danos ao meio ambiente (por exemplo, o uso de materiais biodegradáveis, ou bens produzidos de forma ambientalmente preferível).

É possível afirmar que, entre os anos de 2003 e 2016, o comércio global de bens relacionados ao meio ambiente mais que dobrou, passando de US\$ 531,10 bilhões para US\$ 1.261,24 bilhões, representando um crescimento médio anual de 7,5%. Em termos relativos, a participação do comércio de bens ambientais no comércio global cresceu de 7,2% para 8,1%. As exportações de todos os bens relacionados com o ambiente registaram um crescimento positivo. As usinas de energia renovável (REP) tiveram a maior taxa de crescimento, com média de 8,9%, impulsionadas principalmente pelos sistemas solares fotovoltaicos (GARSOUS, 2019).

Esses dados condizem com as tendências recentes na geração e uso de energia, já que países ao redor do mundo estão mudando para um maior uso de energia renovável, particularmente na geração de eletricidade. Em 2016, por exemplo, as usinas de energia renovável representaram a maior proporção de bens ambientais exportados (34,7%). Os outros três maiores meios comercializados são gestão de águas residuais e tratamento de água potável (19,4%); equipamentos de monitoramento, análise e avaliação ambiental (10,7%); e gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistema de reciclagem (8,8%) (GARSOUS, 2019).

Em relação ao mercado mundial, os bens ambientais têm representado cerca de 4,5% do comércio mundial e têm crescido em torno de 10% nos últimos anos, dispondo de países desenvolvidos como seus maiores exportadores. Os países em desenvolvimento, com exceção da China, são importadores líquidos, mas com elevado potencial de crescimento (ABDI, 2012; NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016). Tal resultado se deve ao fato de que o mercado de bens ambientais é mais maduro nos países desenvolvidos, enfrentando, no entanto, problemas de crescimento lento. Porém, esse mercado é nascente nos países em desenvolvimento e cresce, principalmente, sob a influência das necessidades de gestão ambiental (NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016).

A saturação do mercado ambiental nos países desenvolvidos, que pode ser explicada pelo pioneirismo na introdução de políticas ambientais, pela abertura comercial e pelo apoio institucional a tecnologias ambientais, reforça o interesse desses países na abertura comercial para outras regiões (NETO; RIOS; VELLOSO, 2006; ABDI, 2012; NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016). Nesse sentido, é notória uma discrepância em termos de proteção dos bens ambientais, com tarifas de importação mais elevadas nos países em desenvolvimento (de 10% a 15%) do que nos desenvolvidos (de 0% a 5%) (NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016).

Com relação ao Brasil, por exemplo, nota-se que a inserção do país nesse mercado tem sido pouco significativa, representando cerca de 1% das exportações mundiais de bens ambientais em 2013 da lista combinada OCDE-APEC. Ademais, a balança comercial tem apresentado déficits crescentes, passando de US\$ 2 bilhões em 2002 para US\$ 7 bilhões em 2014. No entanto, os fluxos comerciais apresentaram certo dinamismo e, ao se tratar de categorias de produtos, a produção de energias renováveis tem se destacado, especialmente sob o peso do etanol (NASCIMENTO, 2015). As barreiras tarifárias e não tarifárias são maiores para os bens agrícolas do

que para os bens industriais, e os países são mais resistentes em reduzir seus subsídios e suas barreiras aos produtos agrícolas, lesando, por conseguinte, os interessados nas exportações do etanol (OLIVA; MIRANDA, 2008).

Ao contrário do que ocorre com a maioria dos bens ambientais, as tarifas médias de importação de energias renováveis pelo Brasil são inferiores às aplicadas por outros países sobre esses bens exportados pelo Brasil. A tarifa máxima aplicada sobre as importações brasileiras foi de 11,2%, enquanto a incidente sobre as exportações brasileiras de energias renováveis foi de 32,8% entre 2005 e 2010 (PAIXÃO, 2012). As evidências demonstram que, apesar das ameaças sentidas pelos países em desenvolvimento, há oportunidades para o Brasil usufruir de benefícios da liberalização de bens ambientais, caso ela for direcionada pela lista da OCDE. Contudo, ainda são os estudos que abordam sobre o tema das exportações brasileiras de bens ambientais para cada lista separadamente são escassos (OLIVA; MIRANDA, 2008).

De modo geral, as tarifas médias aplicadas às importações de bens ambientais têm sido baixas e continuam em declínio nos países da OCDE, de 1,7% em 2003 para 0,8% em 2016. As tarifas em países fora da OCDE têm sido significativamente mais altas, mas também têm diminuído, de 7,4% em 2003 para 4,1% em 2016. A área da OCDE é parcialmente explicada por reduções tarifárias aplicadas em muitos bens ambientais (GARSOUS, 2019).

A dispersão das tarifas também é significativamente diferente entre países da OCDE e países fora da área da OCDE. A maioria das tarifas sobre bens ambientais nos países da OCDE não difere de sua média de baixo nível, enquanto a distribuição de tarifas em países fora da área da OCDE é muito mais ampla, exibindo tarifas muito baixas ou muito altas sobre bens ambientais. No entanto, valores discrepantes de alta tarifa estão presentes tanto nos países da OCDE quanto nos países fora da OCDE (GARSOUS, 2019). As negociações sobre a liberalização do comércio de bens e serviços ambientais sob o mandato da Rodada Doha reforçam essas preocupações. No entanto, os obstáculos encontrados pelos países líderes no mercado mundial de tecnologias ambientais para aprovar um acordo de liberalização do comércio de bens e serviços ambientais na Rodada Doha poderiam ser superados por um acordo pró-economia verde (ALMEIDA; PRESSER, 2006).

A “Iniciativa de Economia Verde” tende a ser vista como um movimento dos países desenvolvidos para promover o crescimento da demanda global por

tecnologias ambientais sob seu controle. Por essa razão, há certa desconfiança por parte dos países em desenvolvimento, provocando um comportamento muito cauteloso na negociação de compromissos para a transição para uma economia verde. Não obstante, existe uma pressão política dos países em desenvolvimento para que os compromissos com o desenvolvimento e a justiça social sejam devidamente abordados (GARSOUS, 2019; ALMEIDA, PRESSER, 2005).

Não restam dúvidas, porém, de que os bens e serviços ambientais desempenham um papel essencial no desenvolvimento sustentável e no cumprimento de metas específicas estabelecidas na Declaração do Milênio das Nações Unidas e na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável. Dessa maneira, o fortalecimento dos setores de bens ambientais nos países em desenvolvimento por meio, especialmente, de marcos regulatórios apropriados, comércio internacional, investimento, capacitação e assistência ao desenvolvimento é de fundamental importância (GARSOUS, 2019).

Há fortes evidências de que a adoção mais ampla das tecnologias ambientais auxilia o desenvolvimento das economias, melhorando significativamente os processos industriais, produtos e práticas de negócios (EUROSTAT, 2009). Portanto, a remoção de barreiras comerciais para os bens relacionados ao meio ambiente pode contribuir para alcançar essa agenda, facilitando a difusão de equipamentos e tecnologias necessários para diminuir ou evitar danos ambientais (GARSOUS, 2019).

3 METODOLOGIA

Após o debate entre as questões sobre o comércio internacional e meio ambiente discutidas nas seções anteriores e dado o objetivo de se investigar os efeitos das tarifas de importação sobre o desenvolvimento de inovações ambientais, será apresentada a metodologia de dados em painel.

A escolha da referida metodologia tem como justificativa o fato de que um conjunto de dados longitudinal ou em painel segue uma determinada amostra de indivíduos ao longo do tempo e, portanto, será útil para fornecer uma análise dinâmica dos países presentes na amostra.

O termo – “dados em painel” – faz referência ao agrupamento de observações em uma seção transversal (*cross-section*) de famílias, países, empresas, entre outros, durante vários períodos. Isso pode ser alcançado pesquisando várias famílias ou indivíduos e acompanhando-os ao longo do tempo (BALTAGI, 2005). Para a pesquisa econômica, os conjuntos de dados em painel possuem várias vantagens relevantes se comparados aos conjuntos de dados convencionais em série transversal (*cross-sectional*) ou temporal (*time-series*), uma vez que fornecem dados mais informativos, mais variabilidade, menos colinearidade entre as variáveis, mais graus de liberdade e mais eficiência (CAMERON; TRIVEDI, 2005).

Os dados em painel fornecem ao pesquisador muitos pontos de dados, permitindo observações sequenciais, aumentando os graus de liberdade e reduzindo a colinearidade entre variáveis explicativas, o que, por sua vez, aumenta a eficiência das estimativas econométricas. Além disso, os dados longitudinais permitem ao pesquisador analisar questões econômicas importantes que não poderiam ser tratadas usando conjuntos de dados transversais ou de séries temporais (BINDER; HSIAO; PESARAN, 2003).

Ademais, o uso de dados em painel é interessante por oferecer um meio de resolver ou reduzir a magnitude de um problema econométrico chave que aparece com bastante frequência em estudos empíricos: a presença de variáveis omitidas que estão correlacionadas com variáveis explicativas, que dificultam a descoberta de certos efeitos (HSIAO, 2003). Utilizando informações sobre a dinâmica intertemporal e a individualidade das entidades que estão sendo investigadas, é possível controlar de maneira mais natural os efeitos de variáveis ausentes ou não observadas (BINDER; HSIAO; PESARAN, 2003).

Os dados em painel envolvem duas dimensões: uma dimensão de seção transversal e uma dimensão de série temporal. O cálculo e a inferência dos estimadores de dados em painel podem ser simplificados se houver disponibilidade de dados. Do contrário, é provável que seu cálculo seja, de certa forma, mais complicado do que a análise de dados de seção isolada (*cross-section*) ou dados de séries temporais. Não obstante, com dados adicionais e mais informativos, é possível produzir estimativas de parâmetros mais confiáveis. É nítido, porém, que o mesmo relacionamento deve ser mantido para cada variável, ou seja, os dados precisam ser agrupados (ALONSO- BORREGO; ARELLANO, 1999).

Conforme Hsiao (2014) as vantagens desse método em relação aos dados em corte transversal e séries temporais são: a) Maior capacidade para construção de hipóteses comportamentais mais realistas; b) Permite a observação de relações dinâmicas entre os indivíduos; c) Controle do impacto de variáveis omitidas; d) Gera previsões mais precisas para os resultados individuais; e) Simplifica a implementação computacional e inferência estatística. É importante frisar que um painel é dito balanceado se cada unidade *cross-section* apresenta o mesmo período de tempo, $t = 1, 2, \dots, T$. Para um painel desbalanceado, a dimensão do tempo, denotada por T_i , é específica para cada indivíduo (BALTAGI, 2005). Não obstante, outra classificação existente na literatura para dados em painel diz respeito a de painel curto e painel longo. Em um painel curto, o número de indivíduos de corte transversal é maior que o número de períodos. Em um painel longo, o número de períodos é superior ao número de indivíduos (GUJARATI; PORTER, 2009).

O modelo inicial (e considerado o mais restrito) é o modelo para dados agrupados (*pooled*), que despreza as dimensões temporal e espacial dos dados e considera todos os coeficientes constantes ao longo do tempo e entre os indivíduos, assumindo a forma de dados empilhados. Nesse caso, o método habitual para estimação dos parâmetros é o método dos mínimos quadrados ordinários e a formulação geral do modelo com n observações em T períodos e k variáveis é dado pela equação a seguir:

$$\log \text{Inovacoes} = \beta_0 + \beta_1 \text{Tarifas} + \beta_1 \text{Tarifas} * \text{Desenv} + \beta_2 \log \text{Renovavel} + \beta_3 \log \text{Artigos} + \varepsilon \quad (1)$$

No modelo apresentado, a variável dependente ($\log \text{Inovacoes}$) faz referência ao desenvolvimento de Tecnologias Ambientais relacionadas a tecnologia renovável. Já as variáveis independentes são compostas pelos dados a respeito das tarifas de

importação de bens ambientais relacionados a energias renováveis (*Tarifas*), por uma variável de geração de energias renováveis ($\log Renovavel$), por uma representação do volume de publicações científicas do país ($\log Artigos$) e por um termo de interação entre uma variável *dummy* – relacionando países desenvolvidos e em desenvolvimento – e a variável *Tarifas*. Este termo de interação busca analisar se o impacto médio das tarifas de importação de para bens de energia renovável difere para países desenvolvidos e em desenvolvimento (WOOLDRIDGE, 2010). As justificativas para as escolhas das variáveis citadas, assim como suas fontes, serão exploradas na seção de base de dados.

3.1 HETEROCEDASTICIDADE E VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS

Sabe-se que a hipótese de homoscedasticidade para a regressão múltipla significa que a variância do erro não observável, ε , condicional nas variáveis explicativas, é constante. A homoscedasticidade não se mantém sempre que a variância dos fatores não observáveis muda ao longo de diferentes segmentos da população, nos quais os segmentos são determinados pelos diferentes valores das variáveis explicativas. A homoscedasticidade é necessária para justificar os habituais testes t e F, bem como os intervalos de confiança da estimação MQO do modelo de regressão linear, mesmo com amostras de tamanhos grandes (WOOLDRIDGE, 2010).

Desta forma, a heterocedasticidade significa, em suma, que os erros não são constantes ao longo de toda a amostra. Em modelos de regressão linear se diz que há heterocedasticidade quando a variância dos erros não é a mesma em todas as observações feitas. Devido às adversidades da heterocedasticidade para o modelo, é essencial que a presença desta seja detectada previamente a especificação do modelo final, para que dessa forma seja possível utilizar aparatos estatísticos para contorná-la. Dessa forma, para que se obtenha estimadores consistentes e para atenuar o viés da simultaneidade, o método dos MQO dá lugar ao método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) e ao método das Variáveis Instrumentais (VI), que serão exploradas a seguir.

A utilização das variáveis instrumentais para lidar com a heterocedasticidade advinda de variáveis endógenas (correlacionadas com o termo de erro ε) é amplamente utilizada na análise de regressão. Usar uma variável instrumental para identificar a correlação oculta (não observada) permite que o pesquisador visualize a

verdadeira correlação entre a variável explicativa e a variável de resposta, Y . Adicionalmente, uma variável instrumental está correlacionada com a variável explicativa (X) e não correlacionado com o termo de erro, ϵ .

As características dos dados, em particular o tamanho da amostra, influenciam a escolha de um estimador ideal para os modelos de dados do painel (BALTAGI, 2005). Para o controle dos problemas referente à endogeneidade e, dada a possibilidade de variáveis independentes estarem correlacionadas, optou-se pela estimação pelo método das variáveis instrumentais pelos mínimos quadrados em 2-estágios com componente de erro (EC2SLS). Conforme Gujarati (2011), o papel do estimador de mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) constitui na substituição da variável explicativa endógena por uma combinação linear das variáveis predeterminadas do modelo. Assim, utilizá-la no lugar da variável endógena original promove a combinação como uma variável explicativa.

De acordo com Wooldridge (2010), quando se utiliza o corte transversal (séries temporais e dados em painel), ao se aplicar de modo adequado o MQ2E, os resultados obtidos por este método podem proporcionar uma estimativa mais eficiente na presença de variáveis explicativas endógenas do que as obtidas por MQO. Porém, a utilização do MQ2E pode apresentar problemas caso as variáveis instrumentais sejam consideradas fracas, isto é, quando as variáveis instrumentais são correlacionadas com o termo de erro ou apresentam uma pequena correlação com as variáveis explicativas endógenas.

Outrossim, para se utilizar a metodologia de variáveis instrumentais, é necessário definir a variável explicativa a ser instrumentalizada. O teste Park – utilizado neste trabalho – parte de um modelo específico do processo heterocedástico. Especificamente, assume que a heterocedasticidade pode ser proporcional a dimensão de alguma variável independente no modelo. O teste regride o quadrado dos resíduos sobre as variáveis independentes e, desta forma, caso o coeficiente de alguma variável independente se demonstre significativo, haverá fortes indícios de que esta variável é endógena (JIANG; DENG, 2021).

Dessa forma, identificou-se, através do teste de Breusch-Pagan (T. S. BREUSCH; A. R. PAGAN, 1979), a presença da heterocedasticidade na equação do modelo original. A correção do problema foi realizada a partir do uso do estimador de mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E). Os resultados do teste de Park e do ajuste dos instrumentos serão apresentados na seção de resultados.

4 BASE DE DADOS

Com o intuito de se mensurar os efeitos das tarifas de importação de bens ligados a energia renovável na geração de inovações ambientais relacionadas a esta categoria de energia, utilizou-se o arranjo de dados em painel a partir de dados coletados das fontes da OCDE e do Banco Mundial. A partir da plataforma da OCDE, foram extraídas bases de dados referentes as inovações ambientais relacionadas a geração de energia renovável, juntamente a base que mensura as tarifas de importação de bens relacionados a energia renovável.

Adicionalmente, foram retiradas bases de dados da plataforma do Banco Mundial concernentes ao volume de emissões de CO₂, consumo elétrico per capita, geração de energia renovável e produção de artigos científicos. A base final abrange um recorte temporal de 11 anos, com uma série anual de dados de 2005 a 2015, abrangendo um total de 62 países desenvolvidos e em desenvolvimento, selecionados a partir da disponibilidade de dados das variáveis analisadas.

A partir da escolha da categoria de energias renováveis, buscou-se analisar especificamente o impacto das tarifas de importação sobre essa categoria, evitando-se, assim, que características de outros tipos de inovação se manifestassem quando as subcategorias fossem agregadas.

A variável dependente utilizada na análise, representa o número de invenções relacionadas ao campo de energias renováveis (famílias de patentes simples) desenvolvidas pelos inventores do país, independentemente das jurisdições onde a proteção de patentes é solicitada (ou seja, todas as famílias de patentes conhecidas em todo o mundo são consideradas) e faz referência ao desenvolvimento de inovações ambientais relacionadas a energias renováveis, tendo sido extraída do banco de dados da OCDE⁷. Dentre estas inovações, serão consideradas as inovações ligadas a energia eólica, energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, energia híbrida térmica-fotovoltaica, energia geotérmica, energia marinha (energia a partir de ondas ou gradiente de salinidade) e hidroenergia. A categoria de energias renováveis foi escolhida por possuir a maior taxa de participação na Lista Combinada de Bens

⁷ Vale ressaltar que as estatísticas de patentes da OCDE são construídas usando algoritmos desenvolvidos pela Diretoria de Meio Ambiente da OCDE com base em dados extraídos do Laboratório de Microdados CTI da OCDE: Banco de dados de propriedade intelectual, <http://oe.cd/ipstats>. Consistente com outras estatísticas de patentes fornecidas no OECD.Stat, apenas os pedidos publicados para "patentes de invenção" são considerados (ou seja, excluindo modelos de utilidade, patentes pequenas, etc.).

Ambientais (CLEG) e por se destacar nas importações mundiais de bens ambientais, conforme a Tabela 1 a seguir.

Quadro 1 – Distribuição de meios ambientais na CLEG

Código	Tema ou meio ambiental	Participação média na CLEG	Participação nas importações mundiais de bens ambientais (2005-2015)
APC	Controle de poluição do ar	5%	7%
CRE	Tecnologias e produtos mais limpos ou mais eficientes em termos de recursos	19%	6%
EPP	Produtos ambientalmente preferíveis com base no uso final ou características de descarte	2%	<1%
HEM	Gerenciamento de calor e energia	10%	6%
MON	Equipamentos de monitoramento, análise e avaliação ambiental	15%	10%
NRP	Proteção dos recursos naturais	<2%	<1%
NVA	Redução de ruído e vibração	< 2%	6%
REP	Usina de energia renovável	22%	37%
SWM	Gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistemas de reciclagem	10%	1%
SWR	Limpeza ou remediação de solo e água	< 2%	19%
WAT	Gestão de águas residuais e tratamento de água potável	13%	9%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da OCDE.

Ademais, com o objetivo de inserir uma variável controle para os efeitos do Sistema Nacional de Inovação (SNI) sobre o desenvolvimento de inovações

ambientais, optou-se por utilizar o número de artigos científicos e de engenharia publicados por um país nas seguintes áreas: física, biologia, química, matemática, medicina clínica, pesquisa biomédica, engenharia e tecnologia e ciências da terra e do espaço como variável de controle. Os dados extraídos da base de dados do Banco Mundial consideram a contagem de artigos de um conjunto de revistas cobertas pelo *Science Citation Index (SCI)* e *Social Sciences Citation Index (SSCI)*.

O SNI é um sistema constituído por um determinado conjunto de agentes e pelo relacionamento entre estes, o que determina seu grau de desenvolvimento e suas potencialidades (LUNDVALL, 2007). A inovação tecnológica ambiental é, dessa forma, identificada como um processo impulsionado pela existência desse conjunto de agentes e instituições, que, uma vez alinhados às trajetórias tecnológicas vigentes, interagem com vistas a facilitar o seu desenvolvimento. Dado isto, num sistema de inovação bem desenvolvido, o SNI possui um papel fundamental, uma vez que são as empresas e os agentes que as ajudam a promover a inovação devem interagir estabelecendo tais fluxos de informação, sustentando o devido alinhamento entre o conhecimento científico e o conhecimento técnico (LUNDVALL, 2007).

Como principal variável explicativa, foram utilizados os dados a respeito das tarifas de importação de bens relacionados a energia renovável, com o objetivo de se analisar o impacto deste elemento no processo de geração de inovações ambientais relacionadas a este tipo de energia. Este indicador foi coletado da base de dados da OCDE e representa as tarifas aplicadas de importação sobre bens relacionados ao meio ambiente, conforme definido na Lista Combinada de Bens Ambientais (CLEG), em pontos percentuais para todos os países entre 2005 e 2015.

Cabe destacar que os dados a respeito das tarifas de importação de bens ambientais são divididos em categorias, sendo estas: APC = Controle da poluição do ar; CRE = Tecnologias e produtos mais limpos ou eficientes em termos de recursos; EPP = Produtos ambientalmente preferíveis com base no uso final ou características de descarte; HEM = Gestão de calor e energia; MON = Equipamento de monitoramento, análise e avaliação ambiental; NRP = Proteção dos recursos naturais; NVA = Redução de ruído e vibração; REP = Usina de energia renovável; SWM = Gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistemas de reciclagem; SWR = Limpeza ou remediação de solo e água; WAT = Gestão de águas residuais e tratamento de água potável. Dentre estes campos, o campo de interesse escolhido foi o de REP = Usina de energia renovável.

As informações são apresentadas em pontos percentuais, representando a tarifa de importação de uma subcategoria. Não obstante, foi realizada uma média aritmética das tarifas das 57 subcategorias para se obter uma média geral da tarifa de importação para bens relacionados a plantas de energia renovável para cada país. Desta forma foi possível obter um dado único para cada recorte temporal e para cada unidade de observação.

A partir da base de dados do Banco Mundial, foram coletados os dados a respeito do consumo elétrico per capita como variável de controle para representar os impactos do aumento do consumo elétrico no desenvolvimento de inovações relacionadas as energias renováveis. Em conjunto, os dados referentes as emissões de CO₂ (em Kilotons) foram recolhidos para controlar os efeitos da poluição atmosférica na geração de inovações em energias alternativas e menos poluentes – energias renováveis. A produção de eletricidade a partir de fontes renováveis (kWh) é também um fator relevante para entender o processo pela busca de inovações ambientais relacionadas a energias renováveis, uma vez que a crescente participação destas fontes limpas de energia no mapa energético mundial tem aquecido a busca por inovações tecnológicas buscando maior eficiência energética. Portanto, os dados para esta variável também foram coletados das bases de dados do Banco Mundial.

Como análise complementar, busca-se avaliar se as tarifas de importação sobre bens ambientais utilizados nas plantas de energia renovável possuem um impacto diferente no que diz respeito ao desenvolvimento de inovações ambientais para países desenvolvidos e em desenvolvimento. Para a análise, foi elaborada uma variável *dummy*, que assume valor 1 para os países considerados desenvolvidos e valor 0 para países em desenvolvimento. Metodologicamente realizou-se uma interação entre a variável *dummy* e a variável Tarifas, onde um coeficiente de regressão desta interação estatisticamente significativa indica que as tarifas de importação possuem um impacto diferente na variável dependente, variando de acordo com o grau de desenvolvimento do país.

Devido às diferentes escalas e distribuições das variáveis coletadas, tanto dependente quanto explicativas, foi realizada uma transformação funcional, com a representação das variáveis selecionadas na forma logarítmica. Uma vez que a maioria das variáveis econômicas é limitada a ser positiva e suas distribuições empíricas podem ser bastante não normais, como as variáveis de renda (como salários e PIB), a aplicação da forma logarítmica estreita a amplitude dos valores,

tornando as estimativas menos sensíveis a observações extremas (outliers). Assim, no presente trabalho, de forma a alcançar um melhor ajuste das variáveis às hipóteses do modelo clássico de regressão e evitar distorções devido a outliers e escalas diferentes (WOOLDRIDGE, 2010), as variáveis inovações, artigos, renovável, consumo e emissões foram transformadas para a forma logarítmica. A variável explicativa Tarifas foi mantida na forma original por ser apresentada em pontos percentuais. Um panorama englobando as variáveis utilizadas no estudo é mostrado na tabela 2.

Quadro 2 – Descrição e fonte das variáveis utilizadas

Código	Variável	Fonte
<i>log Inovacoes</i>	Desenvolvimento de inovações ambientais relacionados a energias renováveis	OCDE
<i>Tarifas</i>	Tarifas de importação sobre bens relacionados a energia renovável	OCDE
<i>log Renovavel</i>	Produção de eletricidade a partir de fontes renováveis (kWh)	Banco Mundial
<i>log Consumo</i>	Consumo elétrico <i>per capita</i>	Banco Mundial
<i>log Emissoes</i>	Emissões de CO ₂ (em Kilotons)	Banco Mundial
<i>log Artigos</i>	Produção de artigos científicos	Banco Mundial
<i>Desenv</i>	<i>Dummy</i> desenvolvimento (1 para desenvolvidos e 0 para em desenvolvimento)	-

Fonte: Elaboração própria, utilizando dados da OCDE.

4 RESULTADOS

Conforme apresentado na seção de metodologia, através do teste de *Breusch-Pagan* foi identificada a presença da heterocedasticidade no modelo MQO utilizado. As estatísticas descritivas e a matriz de correlação das variáveis podem ser observadas nos Anexos 1 e 2 da presente monografia. Assim, com o objetivo de realizar a identificação da variável explicativa endógena, foi realizado o teste de Park. Os resultados do teste – que consiste na regressão dos resíduos ao quadrado extraídos da regressão MQO original contra as variáveis explicativas do modelo original – apontaram que a variável *logrenovavel* se mostrou estatisticamente significativa para explicar o termo residual, demonstrando indícios de uma variável endógena. Os resultados do teste são demonstrados conforme o Quadro 1 a seguir.

Tabela 1 – Resultados do Teste de Park

Variáveis	Teste de Park
<i>logrenovavel</i>	-0.0691* (-2.23)
Tarifas	-0.00225 (-0.20)
<i>logartigos</i>	-0.0477 (-1.40)
constante	1.118***
Variável dependente = e^2 da regressão original	
Estatística t entre parêntesis	

Desse modo, o próximo passo foi realizar a instrumentalização desta variável através do modelo de MQ2E (Mínimos Quadrados em Dois Estágios). Para instrumentalizar a variável endógena *logrenovavel*, optou-se por utilizar as variáveis *logemissoes* e *logconsumo*. A utilização da variável *logemissoes* advém da relação empírica observada entre o aumento da emissão de poluentes atmosféricos e o aumento da utilização da energia renovável (ALVAREZ-HERRANZ; BALSALOBRE-LORENTE; SHAHBAZ, 2017). De forma semelhante, o instrumento *logconsumo* representa o aumento da utilização de fontes de energia renovável perante o aumento da demanda de energia elétrica global (KHAN et al., 2020).

Ao regredir estes dois instrumentos sobre a variável instrumentalizada, foi possível observar que ambos se apresentaram estatisticamente significantes ao nível

de 1% para explicação da variável instrumentalizada, configurando-se como bons ajustes em termos de instrumentos ($R^2 = 0.3814$). Deste modo, prosseguiu-se para a o modelo de MQ2E a partir da equação (1) com a variável *logrenovavel* tendo sido instrumentalizada pelas variáveis *logemissoes* e *logconsumo*. Os coeficientes beta resultantes da regressão MQ2E são apresentados no Quadro 2, assim como os erros-padrões robustos dos coeficientes:

Tabela 2 – Resultados da Regressão com MQ2E

Variáveis	Modelo MQ2E
logrenovavel	0.465*** (0.12)
Tarifas	-0.051* (0.02)
logartigos	0.527*** (0.11)
IntDesenvol	0.060 (0.11)
constante	2.949***
$R^2 = 0.8709$	

Estatísticas t representadas entre parêntesis: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Fonte: Elaboração própria a partir da utilização do software Stata 14

É possível afirmar que todas as variáveis foram significativas ao nível igual ou abaixo de 5%, exceto o termo de interação *IntDesenvol*, que representa a interação entre a variável Tarifas e a dummy *Desenv* (que indica nível de desenvolvimento do país). Desta forma, apesar da discrepância em termos de proteção dos bens ambientais, com tarifas de importação mais elevadas nos países em desenvolvimento do que nos desenvolvidos (Nascimento e Almeida, 2016), para a amostra coletada de 60 países entre os anos estudados, os resultados apontam que não se pode concluir que exista um efeito médio das tarifas de importação que difira para países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Em complemento, a significância conjunta das variáveis selecionadas reforça o caráter variado dos fatores que afetam as inovações ambientais, com os resultados explicitando o impacto de diferentes fatores socioeconômicos, energéticos, científicos e comerciais no processo de desenvolvimento de inovações ambientais.

Ademais, de modo a validar a especificação do modelo e dos instrumentos, foi realizado o teste de *Sargan*, que testa a validade e a exogeneidade dos instrumentos utilizados. A validade correta do modelo é refletida em sua hipótese nula, portanto, para um modelo corretamente especificado espera-se um p-valor maior do que 0,05 (para que não seja possível rejeitar a hipótese nula). Os resultados do teste apresentaram-se não estatisticamente significantes ($\chi^2=4,59$; $gl=6$; $p=0,59$), indicando que o modelo foi corretamente especificado e que os instrumentos não são correlacionados com o termo de erro.

Analisando o coeficiente da variável de interesse (*Tarifas*), tem-se que, devido a forma funcional log-nível, a cada aumento de 1 unidade em Tarifas – que significa o aumento de 1 ponto percentual nas tarifas de importação de bens de energia renovável – ocorre uma redução de 5,1% na geração de inovações ambientais relacionados a este campo. Desta forma, observa-se que o coeficiente negativo condiz com a literatura (SOILITA, 2019; CZELUSNIAK et al., 2011), apontando que as tarifas de importação de bens ambientais (no caso, energia renovável), afetam negativamente o desenvolvimento de inovações ambientais. Este resultado reforça também a relação do processo inovativo com o comércio internacional, apresentando fortes indícios da utilização dos bens importados para a melhoria de processos e materiais já existentes, assim como a geração de novas tecnologias e inovações *end-of-pipe* a partir de produtos já existentes (BALINEAU; MELO, 2013; MELO; SOLLEDER, 2020).

Além da observação dos efeitos das tarifas de importação sobre o desenvolvimento de inovações ambientais, a significância estatística da variável *logartigos* no modelo, serviu para reforçar o papel do Sistema Nacional de Inovação (SNI) no processo de desenvolvimento de inovações ambientais. Desta forma, o modelo ilustra a necessidade de uma boa infraestrutura tecnológica e científica nos países para que os ganhos advindos da facilitação do comércio de bens ambientais consigam ser aproveitados e aprimorados para a geração de tecnologias ambientais.

Dessa forma, é possível afirmar que uma facilitação do comércio sobre bens ambientais, a partir de tarifas reduzidas ou nulas, reduz o custo de produção de tecnologias ambientais e estimula a eco-inovação. Essa afirmação vai ao encontro do trabalho de Soilita (2019) que, a partir de regressões de variáveis instrumentais, apresenta como um de seus resultados a melhora na eficácia ambiental para os importadores líquidos de bens ambientais. Ademais, Antweiler et al. (2001) estimaram

um modelo que destaca a interação de dotações de fatores e diferenças de renda na determinação do padrão de comércio e, a partir de dados sobre concentrações de dióxido de enxofre (SO₂) em 293 locais em 44 países do Projeto de Monitoramento Ambiental Global no período 1971-1996, descobriram que, em sua amostra, a abertura ao comércio reduz, em média, as concentrações de dióxido de enxofre.

É oportuno ressaltar que os resultados exprimem, de certo modo, a importância do comércio exterior sobre as inovações ambientais. Por sua vez, de acordo com Hoekman (1995), a regulamentação também possui o poder de influenciar países para a geração de inovação. No caso, o que a monografia evidenciou foi o ganho triplo entre comércio, meio ambiente e desenvolvimento (Czelusniak et al., 2011), mesmo considerando países com características distintas. A saber, países desenvolvidos possuem avanços do processo inovativo ambiental mais acelerados, como também se beneficiam do comércio exterior para o estimular a sua capacidade produtiva. Da mesma forma, a transição na geração e o maior uso de energia renovável são mais significativos em países desenvolvidos (GARSOUS, 2019).

O fato é que países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda apresentariam restrições quanto ao seu potencial sobre o comércio exterior e sua relação com o processo inovativo ambiental. Em outras palavras, barreiras tarifárias e não tarifárias destacam-se por representarem grandes pesos para os bens agrícolas (principal item de exportação para o Brasil) do que para os bens industriais (que possuem maior valor agregado e investimentos em P&D). Desta forma, os países em desenvolvimento tornam-se mais resistentes em reduzir seus subsídios e suas barreiras aos produtos agrícolas (OLIVA e MIRANDA, 2008).

Portanto, uma redução no custo de produção de tecnologias ambientais, dissemina, por conseguinte, o seu uso e estimula a inovação ambiental e a transferência de tecnologia. A transferência dessa tecnologia de maior desempenho beneficia o meio ambiente, em nível global. Alguns fatores que fortalecem os setores industriais podem ser exemplificados, como os marcos regulatórios, investimentos nos setores de bens ambientais compreendidos por produtos que evitem danos ao meio ambiente (por exemplo, o uso de materiais biodegradáveis, ou bens produzidos de forma ambientalmente preferível), bem como subsídios às empresas que inovam na produção de equipamentos e tecnologias necessários para diminuir ou evitar danos ambientais.

6 CONCLUSÃO

A presente monografia teve como objetivo investigar a relação entre o comércio internacional de bens ambientais e a geração de inovações em energias renováveis. Para isso, investigou-se a relação entre tarifas de importação e a geração de patentes de tecnologias ambientais, que são uma representação das inovações ambientais.

Desse modo, a partir de dados coletados da OCDE e do Banco Mundial, para uma amostra de 60 (sessenta) países e para o período compreendido entre 2005 e 2015, utilizou-se a metodologia de dados em painel. Todavia, para o devido controle dos problemas advindos da endogeneidade e buscando-se uma estimativa mais eficiente, foi realizada a estimação método das variáveis instrumentais pelos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E).

Os resultados apontaram que a cada aumento de uma unidade nas tarifas de importação de bens de energia renovável ocorre uma redução de 5,1% na geração de inovações ambientais desse setor de energia. No caso, confirma-se a hipótese investigada na presente monografia de que as tarifas de importação de bens ambientais contribuem negativamente para a geração de inovações ambientais (tendo em vista que as patentes ambientais representam a *proxy* de desenvolvimento de tecnologias ambientais).

No entanto, há de se mencionar certas limitações da presente monografia. Mesmo entre países similares, no que se refere ao padrão de desenvolvimento e às instituições, é difícil fazer generalizações. Como sugestão para futuros trabalhos, seria interessante investigar o papel da regulamentação ambiental no comércio internacional de bens ambientais, definindo em que medida a regulação aumentaria o comércio desses bens. Ademais, como objetivo futuro pretende-se focalizar os problemas endógenos associados à relação entre políticas de comércio e crescimento. Adicionalmente, ressalta-se a importância de análises sobre o papel independente desempenhado pelas políticas cambial e comercial, uma vez que a abertura das economias produz resultados diferenciados, dadas as especificidades de suas variáveis institucionais e de suas características econômicas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. T. DE; PRESSER, M. F. Comércio e Meio Ambiente nas Negociações da Rodada Doha, 2006.
- ALONSO-BORREGO, C.; ARELLANO, M. Symmetrically Normalized Instrumental-Variable Estimation Using Panel Data. v. 17, n. 1, p. 36–49, 1999.
- ALWIS, J. M. D. D. J. DE. Environmental Consequence of Trade Openness for Environmental Goods. 2015.
- ANDERSEN, M. M. Eco-innovation indicators. Background Paper for the Workshop on Eco-innovation Indicators. EEA Copenhagen, 2005.
- ANSANELLI, S. L. DE M.; CINTRÃO, M. G. A inserção do Brasil no mercado mundial de bens ambientais: uma comparação entre as listas da OCDE e da APEC. v. 34, n. 1, p. 122–143, 2016.
- BADO, Á. L. Das vantagens comparativas à construção das vantagens competitivas: uma resenha das teorias que explicam o comércio internacional. Revista de Economia e Relações Internacionais / Faculdade de Economia da Fundação Armando Alvares Penteado., v. Vol. 3, n., 2004.
- BALTAGI, B. H. Econometric Analysis of Panel Data.
- BALINEAU, G.; MELO, J. The Stalemate at the Negotiations on Environmental Goods: Can it be Broken?, VoxEU.org, 5 May. 2013.
- BESSANT, J.; TIDD, J. Inovação e empreendedorismo. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BINDER, M.; HSIAO, C.; PESARAN, M. H. Estimation and Inference in Short Panel Vector Autoregressions with Unit Roots Estimation and Inference in Short Panel Vector Autoregressions with Unit Roots and Cointegration. 2003.
- BITENCOURT, D. V.; SILVA, J. C.; SANTOS, L. C. P. INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: NOVOS MODELOS E PROPOSIÇÕES. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, v. 3, n. 1, p. 43, 2018.
- BUCHER, H. et al. Trade in environmental goods and services: opportunities and challenges. 2014.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. Microeconometrics Methods and Applications New York Cambridge University Press, 2005.
- CARRILLO-HERMOSILLA, J.; KÖNNÖLÄ, T.; RÍO, P. DEL. Diversity of Eco-Innovations : Reflections from Selected Case Studies. 2010.
- CASSANO, F. A. A TEORIA ECONÔMICA E O COMÉRCIO INTERNACIONAL. PESQUISA & DEBATE, SP, v. 13, p. 112–128, 2012.

CHAKRABORTY, P.; CHATTERJEE, C. Does Environmental Regulation Indirectly Induce Upstream Innovation ? New Evidence from India 1. p. 1–31, 2015.

CHENG, C. C. J.; YANG, C.; SHEU, C. The link between eco-innovation and business performance : a Taiwanese industry context. *Journal of Cleaner Production*, v. 64, p.81–90, 2014.

CHERNIWCHAN, J.; COPELAND, B.; TAYLOR, M. S. Trade and the environment: New methods, measurement and results. *Annual Review of Economics*, p. 59–85, 2017.

CRUZ, L. B.; PEDROZO, E. Á.; ESTIVALETE, V. DE F. B. Towards sustainable development strategies A complex view following the contribution of Edgar Morin. 2006. EUROSTAT. The environmental goods and services sector. 2009.

CZELUSNIAK, V. A. et al. A Propriedade Intelectual e as Políticas de Comércio Internacional. *Tecnologia e Sociedade*, v. 7, 2011.

Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy*, v. 105, n. March, p. 386–397, 2017.

EUROSTAT. The environmental goods and services sector. 2009.

FENG, S. et al. Environmental decentralization and innovation in China. *Economic Modelling*, n. February, 2020.

GARSOUS, G. Trends in policy indicators on trade and environment. 2019.

GILBERTO, P.; MACKE, J. Eco-innovations in developing countries : The case of Manaus Free Trade Zone (Brazil). *Journal of Cleaner Production*, v. 168, p. 30–38, 2017.

GONZÁLEZ, P. R. The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda. *Ecological Economics*, vol. 68, 3, pages 861- 878, 2009.

GUJARATI, D.; PORTER, D. BASIC ECONOMETRICs. 2009.

GUSTAVO, L.; OLIVEIRA, S. DE; NEGRO, S. O. Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 107, n. December 2017, p. 462–481, 2019.

HAMWEY, R. et al. Sub-Regional Brainstorming Workshop on the Trade and Environment Issues Contained in of the WTO Doha Ministerial Declaration Liberalization of International Trade in Environmental Goods and Services by. 2003.

HORBACH, J. Determinants of environmental innovation-New evidence from German panel data sources. *Research Policy*, v. 37, n. 1, p. 163–173, 2008.

HORBACH, J.; RENNINGS, K. Environmental innovation and employment dynamics in different technology fields e an analysis based on the German Community Innovation Survey 2009. *Journal of Cleaner Production*, v. 57, p. 158–165, 2013.

HSIAO, C. *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press, 2003.

JIANG, J.; DENG, G. Parker Test for Heteroskedasticity Based on Sample Fitted Values. p. 400–408, 2021.

JR, F. J. Comércio Internacional e Crescimento Econômico. *Revista Brasileira de Comércio Exterior*, 2001.

KEMP, R.; ARUNDEL, A. SURVEY INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL INNOVATION. IDEA, 1998.

KEMP, R.; SOETE, L. The greening of technological progress. An evolutionary perspective. *Futures*, v. 24, n. 5, p. 437–457, 1992.

KOELLER, P. et al. *EcoInovação: revisitando o conceito*, 2019.

KHAN, S. A. R. et al. Investigating the effects of renewable energy on international trade and environmental quality. ***Journal of Environmental Management***, v. 272, n. April, p. 111089, 2020.

KRUGMAN, P.; OBSTFELD, M. *Economia Internacional - Teoria e Política*. Makron Books, n. 1c, 1999.

LAN, J.; MUNRO, A.; LIU, Z. Environmental regulatory stringency and the market for abatement goods and services in China. *Resource and Energy Economics*, 2017.

LUNDVALL, B-A (ed.) (2007). Post Script: Innovation System Research Where it came from and where it might go. In Lundvall, B.-Å. (ed.) (2007), *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Publishers (2nd edition of the 1992 book).

MELO, J. DE; SOLLEDER, J. Barriers to trade in environmental goods : How important they are and what should developing countries expect from their removal. *World Development*, v. 130, p. 104910, 2020.

MURPHY, J.; GOULDSON, A. Environmental policy and industrial innovation : integrating environment and economy through ecological modernisation. v. 31, p. 33–44, 2000.

NASCIMENTO, R. M. DO. *O COMÉRCIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS: A Inserção do Brasil e da China*, 2015.

NASCIMENTO, R. M. DO; ALMEIDA, L. T. DE. Comércio internacional de tecnologias ambientais : o padrão histórico em análise. v. 15, n. 2, p. 247–274, 2016.

NEGNY, S. et al. Toward an eco-innovative method based on a better use of resources : application to chemical process preliminary design. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 101–113, 2012.

NETO, A. J. M.; RIOS, S. P.; VELLOSO, E. Negociações sobre Bens Ambientais na OMC. 2006.

OCAMPO, J.A. e TAYLOR, L. 1998. Trade liberalization in developing countries: modest benefits but problems with productivity growth, macro policies, and income distribution. Working papers Series I, n.8. Cepal, New School.

OECD. Environmental Goods: a comparison of the APEC and lists OECD, 2005.

OLIVA, F. C.; HELENA, S.; MIRANDA, G. DE. Biocombustíveis na OMC Indefinição entre commodity ou bem ambiental. p. 97–107, 2008.

OROK, R. International Trade in Environmental Goods and Services : A Canada-U.S. Comparison. 2000.

PAIXÃO, M. A. S. DA. O Brasil e as energias renováveis: um estudo sobre as negociações de bens ambientais Michel Augusto Santana da Paixão Piracicaba. 2012.

PATRIOTA, E. A. W. Bens ambientais, OMC e o Brasil.

PORTER, M. . The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*, p. 73–93, 1990.

PUJARI, D. Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. v. 26, p. 76–85, 2006.

RENNINGS, K. Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics. v. 32, p. 319–332, 2000.

SAUVAGE, J. THE STRINGENCY OF ENVIRONMENTAL REGULATIONS AND TRADE IN ENVIRONMENTAL GOODS. 2013.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 20, n. 5, p. 537–554, 2008.

SOILITA, N. Z. Trade in Environmental Goods and Air Pollution : A Mediation Analysis to Estimate Total , Direct and Indirect Effects. [s.l.] Springer Netherlands, 2019.

TRIGUERO, A.; MORENO-MONDÉJAR, L.; DAVIA, M. A. Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, v. 92, p. 25–33, 2013.

T. S. BREUSCH; A. R. PAGAN. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *The Econometric Society*, p. 1287–1294, 1979.

UNCTAD, 2003, Environmental Goods and Services in Trade and Sustainable Development, TD/B/COM.1/EM.21/2, Geneva.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Acronyms and Note on Terminology Chairman ' s Foreword. 1987.

WTO. Ministerial declaration. Geneva: WTO, WT/MIN(01)/DEC/1, 20 November 2001.

YUANHSU, L. et al. Positioning strategic competitiveness of green business innovation capabilities using hybrid method. Ecepert Systems with Applications, v. 38, p. 1839–1849, 2011.

ANEXO 1 – Estatísticas descritivas das variáveis

Variável	Obs	Mean	Std.Dev	Min	Max
Inovacoes	682	120.3283	388.7866	0	3306.92
Tarifas	682	2.813237	3.591621	0	20.04939
renovavel	682	121.6389	376.9795	0	2590.87
Artigos	682	22147.72	55645.44	75.15	433192.3
Emissoes	682	6.689302	4.404535	.1005114	25.34315
Consumo	682	5442.341	4414.668	77.065	25083.21

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da OCDE

ANEXO 2 – Matriz de correlação das variáveis

	logInovacoes	Tarifas	logConsumo	logRenovavel	logArtigos	logEmissoes
loginovacoes	1.0000					
Tarifas	-0.4273	1.0000				
logconsumo	0.5421	-0.5988	1.0000			
logrenovavel	0.9201	-0.4527	0.5787	1.0000		
logartigos	0.8423	-0.2176	0.4744	0.8101	1.0000	
logemissoes	0.4226	-0.5226	0.8888	0.4410	0.3724	1.0000

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da OCDE