

ESCOLA DE NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO  
MESTRADO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

ZENIR MITTMANN

**DESIGUALDADE DE RENDA E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA  
AMÉRICA LATINA**

Porto Alegre  
2018

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica  
do Rio Grande do Sul

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

ZENIR MITTMANN

DESIGUALDADE DE RENDA E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA  
AMÉRICA LATINA

Porto Alegre  
2018

ZENIR MITTMANN

DESIGUALDADE DE RENDA E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA  
AMÉRICA LATINA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia, pelo Mestrado em Economia do Desenvolvimento da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ely José de Mattos

Porto Alegre  
2018

## Ficha Catalográfica

M685d Mittmann, Zenir

Desigualdade de renda e emissões de dióxido de carbono na América Latina / Zenir Mittmann . – 2018.

46 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Ely José de Mattos.

1. Desigualdade de renda. 2. Impacto ambiental. 3. América Latina. I. Mattos, Ely José de. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Bibliotecário responsável: Marcelo Votto Texeira CRB-10/1974

**Zenir Mittmann**

DESIGUALDADE DE RENDA E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA  
AMÉRICA LATINA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia, pelo Mestrado em Economia do Desenvolvimento da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

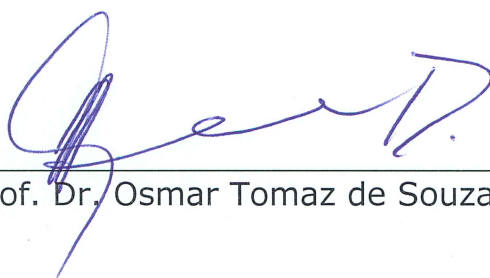
Aprovado em 14 de março de 2018, pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA:



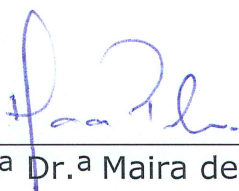
---

Prof. Dr. Ely José de Mattos  
Orientador e Presidente da sessão



---

Prof. Dr. Osmar Tomaz de Souza



---

Prof.ª Dr.ª Maira de Cassia Petrini

## **Agradecimentos**

Aos membros da Mesa Laranja, Bruno de Lorenzi Cancelier Mazzucco, Leandro Lind, Luiz Paulo Da Cas Cichoski e Paulo Victor Fonseca, desde sempre me fazendo pensar. Aos amigos Hudson Costa e Rafael Ruivo, pelo constante incentivo antes e durante o mestrado. Ao professor Osmar Tomaz de Souza, que me apresentou o PPGE. À CAPES e à PUCRS, cujo apoio financeiro foi fundamental. Aos colegas das empresas Grupo RBS, Appus e NSC Comunicação, que me ofereceram o apoio e flexibilidade necessários. À UFSC, por me acolher como aluno especial na disciplina de Econometria. Ao professor Ely José de Mattos, por toda a orientação e disposição. À minha família, pela compreensão nos momentos de ausência. À Kelly Appelt, pela parceria, apoio, compreensão e cumplicidade em todos os momentos.

Obrigado!

*O carvão, o óleo e o gás são chamados combustíveis fósseis, porque são compostos principalmente dos resíduos fósseis de seres remotos. A energia química que existe dentro deles é uma espécie de luz do Sol armazenada, originalmente acumulada pelas plantas antigas. A nossa civilização funciona pela queima dos resíduos de criaturas humildes que habitaram a Terra centenas de milhões de anos antes que os primeiros humanos aparecessem na cena. Como num terrível culto canibal, subsistimos dos corpos mortos de nossos ancestrais e parentes distantes.*

Carl Sagan

## Resumo

Neste trabalho investigamos o papel da desigualdade de renda nas emissões *per capita* de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na América Latina. Trabalhos recentes têm explorado as ligações teóricas ambíguas que explicam o fenômeno. Porém, poucos estudos investigam este tema em países em desenvolvimento, e não encontramos nenhum com foco na América Latina. Nossos resultados indicam que, na região, a desigualdade de renda influencia as emissões de CO<sub>2</sub>, mas que a direção do efeito depende do nível de renda médio. Nós mostramos que em níveis de PIB *per capita* baixos e elevados a desigualdade aumenta as emissões. Em países com PIB *per capita* medianos, onde encontra-se a maior parte dos países da região, a desigualdade de renda diminui as emissões *per capita* de CO<sub>2</sub>.

**Palavras-chaves:** Desigualdade de renda. Impacto ambiental. América Latina.



## **Abstract**

In this paper, we investigate the role of income inequality in *per capita* carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in Latin America. Recent works have explored the ambiguous theoretical links that explain the phenomenon. However, few studies investigate this issue in developing countries, and we do not find any focusing on Latin America. Our results show that, in the region, income inequality influences CO<sub>2</sub> emissions, but the direction of the effect depends on the average income level. We demonstrate that at low and high *per capita* GDP levels, inequality increases emissions. In countries with middle *per capita* GDP, range where most of the countries in the region are found, income inequality decreases *per capita* CO<sub>2</sub> emissions.

**Keywords:** Income inequality. Environmental impact. Latin America.

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Emissões de CO2 em regiões de interesse. ....	28
Figura 2 – Emissões de CO2 <i>per capita</i> em regiões de interesse.....	29
Figura 3 – Emissões de CO2 <i>per capita</i> e coeficiente de Gini para os países da amostra. ....	31
Figura 4 – Dispersão das emissões de CO2 <i>per capita</i> em função da desigualdade de renda para os países da amostra no período de 1970–2013.....	32
Figura 5 – Dispersão das emissões de CO2 <i>per capita</i> em função do PIB <i>per capita</i> para os países da amostra no período de 1970–2013.....	33
Figura 6 – Elasticidade das emissões de CO2 em função da desigualdade e densidade da amostra para diferentes níveis de PIB <i>per capita</i> .....	36

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Observações e países da amostra. ....	22
Tabela 2 – Estatísticas descritivas.. ....	23
Tabela 3 – Resultados dos modelos econométricos. ....	34

## Lista de Siglas

CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
EKC	Curva ambiental de Kuznets
IPAT	Acrônimo para <i>Impact = Population*Affluence*Technology</i>
NAFTA	Tratado Norte-Americano de Livre Comércio
OCDE	Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
ORNL	<i>Oak Ridge National Laboratory</i>
PIB	Produto interno bruto
PWSDR	Regra de decisão social ponderada pelo poder
PWT	<i>Penn World Tables</i>
STIRPAT	<i>Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology</i>
SWIID	<i>Standardized World Income Inequality Database</i>
WDI	<i>World Development Indicators</i>

## Sumário

<b>1 Introdução .....</b>	<b>12</b>
<b>2 Revisão da Literatura.....</b>	<b>15</b>
2.1 Modelos IPAT e STIRPAT .....	15
2.2 Curva Ambiental de Kuznets.....	16
2.3 Desigualdade e Impacto Ambiental.....	18
<b>3 Dados .....</b>	<b>21</b>
<b>4 Metodologia.....</b>	<b>25</b>
<b>5 Resultados .....</b>	<b>28</b>
<b>6 Conclusões .....</b>	<b>38</b>
<b>Referências .....</b>	<b>40</b>

## 1 Introdução

A noção de que as atividades humanas geram impactos ambientais é bastante intuitiva. Em qualquer sociedade que se valha minimamente da agricultura ou de recursos não renováveis, cada indivíduo terá um impacto no meio ambiente, em decorrência da desestabilização de sistemas ecológicos naturais (EHRlich; HOLDREN, 1971). Na prática, verificamos isso facilmente no desmatamento (ACHARD et al., 2014), poluição do ar (SOLOMON et al., 2009), dos rios (VÖRÖSMARTY et al., 2010) e dos oceanos (HALPERN et al., 2008) — especialmente em regiões urbanas — e na taxa de extinção de espécies (CEBALLOS et al., 2015).

Considerando as atividades econômicas, existem evidências de que, pelo menos até determinado nível de renda, o crescimento é acompanhado de um aumento no impacto ambiental (GROSSMAN; KRUEGER, 1995). Por outro lado, quando acompanhado de redução da desigualdade, é considerado um importante fator para a redução da pobreza (DOLLAR; KRAAY, 2002) — para países em desenvolvimento, onde grande parte da população vive em situação precária e com acesso limitado ao consumo, este aspecto é crítico. Dessa maneira, o equilíbrio entre desenvolvimento, redução da desigualdade e sustentabilidade ambiental se configura como um dos maiores desafios da nossa sociedade, e são parte dos pilares dos 17 Objetivos da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, adotados no início de 2016. Neste cenário, conhecer os principais fatores sociais e econômicos que causam impacto no meio ambiente torna-se fundamental, não apenas para o conhecimento científico *per se*, mas também para o direcionamento de políticas públicas capazes de mitigar efeitos ambientais negativos do desenvolvimento.

Os estudos sobre o impacto das atividades humanas no meio ambiente passaram a ser mais consistentes a partir da década de 1970, em um contexto de crescimento populacional acelerado, reconhecimento do impacto ambiental das novas tecnologias e nascimento de movimentos ambientalistas. Um dos primeiros estudos em busca dos principais fatores que explicam o impacto no meio ambiente foi o de Ehrlich e Holdren (1971). Nele, o tamanho da população foi apontado como uma das principais causas para a degradação ambiental. Nos anos seguintes, nos estudos de Ehrlich e Holdren (1972) com contribuições de Commoner (1972), o nível de consumo individual e a tecnologia utilizada na produção também passaram a ser considerados como fatores chave na discussão. A partir de então, a interação de elementos

demográficos, econômicos e tecnológicos, modelo que ficou conhecido como IPAT<sup>1</sup>, fizeram parte constante nos estudos sobre o tema.

Na década de 1990 houve significativo refinamento. Em Grossman e Krueger (1991), foram encontradas evidências de que a relação entre desenvolvimento econômico, medido pelo produto *per capita*, e alguns poluentes locais não seria linear. A poluição cresceria na mesma direção da renda média até um determinado limite a partir do qual os acréscimos na renda reduziriam o impacto ambiental. Este tipo de interação ocorreria especialmente por uma transição das estruturas econômicas durante o processo de desenvolvimento, que passaria de uma economia voltada para agricultura, para indústria e posteriormente para serviços. Esta relação passou a ser amplamente investigada e reconhecida em diversos estudos (DINDA, 2004), e ficou conhecida como Curva Ambiental de Kuznets, pela similaridade com o conceito da Curva de Kuznets — curva hipotética, proposta por Kuznets (1955), que descreve uma relação com o formato de U invertido entre o crescimento econômico e a desigualdade social.

Também na década de 1990, além do nível de renda médio, a desigualdade na sua distribuição passou a ser investigada como um dos fatores chave para o entendimento do impacto ambiental antropogênico. Atualmente, existem duas hipóteses centrais. Na primeira, proposta por Boyce (1994), o equilíbrio entre produção e devastação na sociedade pode ser afetado pela desigualdade quando indivíduos que se beneficiam da devastação possuem poder para impor os custos àqueles que são prejudicados. Por exemplo, detritos industriais que inviabilizam a agricultura nas regiões próximas só ocorrem se o poder dos donos das indústrias for maior que o dos agricultores. Como existiria uma correlação entre renda e poder, os mais ricos seriam capazes de imputar custo líquido ambiental aos mais pobres. E, segundo o autor, como as pessoas com renda mais alta são as principais beneficiárias da devastação ambiental, a desigualdade de renda levaria a um equilíbrio social com maior impacto no meio ambiente.

A segunda hipótese foi trazida por Scruggs (1998) e aprofundada por Ravallion, Heil e Jalan (2000) e Heerink, Mulatu e Bulte (2001). Partindo do comportamento individual, a propensão marginal para consumir seria decrescente em relação a renda. Ou seja, no caso de um aumento da renda, os indivíduos mais pobres utilizariam maior parte da renda adicional para o consumo, enquanto os mais afluentes poupariam uma maior parte. Scruggs (1998) também considerou a qualidade ambiental como um bem superior, pois os indivíduos mais pobres teriam ainda que suprir níveis mais básicos de necessidade. Portanto, o efeito da

---

<sup>1</sup> IPAT é o acrônimo para *Impact = Population \* Affluence \* Technology*.

desigualdade seria contrário ao proposto por Boyce (1994), pois os ricos destinariam uma menor proporção da renda excedente para o consumo e demandariam mais qualidade ambiental, fazendo com que o crescimento com desigualdade tivesse um impacto menor no meio ambiente.

Os estudos empíricos sobre o papel da desigualdade no impacto ambiental também não apontam para uma única direção. Em uma meta-análise publicada por Berthe e Elie (2015), condensando diversos estudos sobre desigualdade e impacto ambiental, os autores encontraram onze trabalhos com evidências de relação negativa (maior desigualdade, menor impacto), doze com evidências de relação positiva (maior desigualdade, maior impacto) e onze sem evidências significativas.

Para países em desenvolvimento, encontramos apenas o estudo de Clement e Meunie (2010), que testou os efeitos da desigualdade na poluição da água e nas emissões de dióxido de enxofre nos países da Europa central e oriental, no período de 1988–2003, sem encontrar evidências significativas. Para a América Latina, não encontramos nenhum estudo investigando esta relação. Por isso, considerando o desafio de crescimento e sustentabilidade dos países em desenvolvimento, e considerando a hipótese da curva ambiental de Kuznets, este trabalho investigará o papel da desigualdade de renda nas emissões de CO<sub>2</sub> na América Latina.

As próximas seções serão apresentadas da seguinte forma. Na seção 2, será feita uma revisão da literatura, com as principais abordagens gerais sobre as causas e mecanismos do impacto ambiental antropogênico. Especificamente, serão apresentadas com maior profundidade as diversas ligações e mecanismos teóricos que relacionam a desigualdade de renda ao impacto ambiental, bem como as evidências empíricas de outros trabalhos. Na seção 3, serão apresentadas as fontes e critérios para a composição da amostra. Na seção 4, apresentaremos os modelos a serem testados e na seção 5 os resultados encontrados. Por fim, apresentaremos as conclusões.



## 2 Revisão da Literatura

Nesta seção será realizada uma revisão da literatura, apresentando abordagens e resultados empíricos. Nas duas primeiras subseções serão expostos o modelo clássico IPAT e sua variação estocástica STIRPAT, e a hipótese da curva ambiental de Kuznets. Na terceira, serão apresentados os principais mecanismos teóricos que sugerem a influência da desigualdade de renda no impacto ambiental e resultados empíricos de outros trabalhos.

### 2.1 Modelos IPAT e STIRPAT

As tentativas de determinar os indutores do impacto ambiental ganharam corpo na década de 1970. Ehrlich e Holdren (1971) trouxeram atenção para o efeito negativo que o crescimento populacional pode ter no meio ambiente. Em seu modelo inicial, propuseram que o impacto ambiental poderia ser determinado pelo tamanho da população multiplicado pelo o impacto *per capita*. Em estudos posteriores (EHRlich; HOLDREN, 1972; COMMONER, 1972), o impacto *per capita* foi desmembrado em afluência — uma medida do consumo *per capita* — e tecnologia — uma medida do impacto ambiental da produção dos produtos consumidos. O impacto passou a ser discutido nos termos

$$I = P * A * T,$$

onde  $I$  é o impacto ambiental,  $P$  a população,  $A$  a afluência ou consumo *per capita* e  $T$  um fator tecnológico. Este modelo ficou conhecido como IPAT, e tem uma natureza contábil. Usualmente esta formulação é usada para determinar endogenamente o fator tecnológico, considerando a disponibilidade dos dados de impacto ambiental (por exemplo, emissão de dióxido de carbono), do consumo (medido pelo PIB) e da população.

Uma variação mais sofisticada deste modelo foi proposta por Dietz e Rosa (1994). Os autores atribuíram parâmetros para as variáveis explicativas do IPAT, superando o caráter contábil, permitindo teste de hipóteses e avaliação de sensibilidades. Além disso, a nova formulação permite testar outras variáveis explicativas. Os autores propõem, ainda, que ao desconhecer a variável tecnológica — antes calculada endogenamente pela identidade contábil —, seria possível substituí-la por um vetor de variáveis sociais, políticas e culturais. O modelo proposto seria

$$I_i = a * P_i^b * A_i^c * T_i^d * e_i,$$

onde  $I$  é a medida de impacto,  $P$  a população,  $A$  a afluência e  $T$  o fator tecnológico;  $e$  é o termo dos resíduos; o subscrito  $i$  denota a observação;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são os parâmetros estimados.<sup>2</sup> Em sua forma log-linear, utilizada nas estimações, o modelo é de fácil interpretação, pois os coeficientes representam as elasticidades.

Esta formulação estocástica baseada no IPAT ficou conhecida como STIRPAT (*Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology*), e é utilizada em diversos estudos em busca dos indutores de impacto ambiental. Através deste modelo, foram encontradas evidências de que nível de industrialização (YORK; ROSA; DIETZ, 2003), urbanização (YORK; ROSA; DIETZ, 2003; LIDDLE; LUNG, 2010; FAN et al., 2006) e estrutura etária (LIDDLE; LUNG, 2010) são importantes fatores no impacto ambiental.

## 2.2 Curva Ambiental de Kuznets

A Curva Ambiental de Kuznets (EKC) é uma hipótese que sugere degradação ambiental crescente nos primeiros estágios de desenvolvimento e decrescente para estágios avançados. Esta relação foi primeiramente apontada por Grossman e Krueger (1991), que ao avaliar os impactos ambientais do Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA), encontraram evidências de que as concentrações de dióxido sulfúrico e fumaça aumentam com o crescimento econômico apenas em níveis baixos de renda, e diminuem quando o crescimento ocorre em níveis mais altos.

No mesmo período, outros estudos empíricos também surgiram apontando este tipo de relação. Panayotou et al. (1993), ao testar níveis de desmatamento e poluição do ar em países em desenvolvimento e desenvolvidos, encontrou esta relação e a batizou de Curva Ambiental de Kuznets, inspirado em Kuznets (1955) — que postulou que nos primeiros estágios do desenvolvimento econômico de um país a desigualdade de renda aumentaria até um nível crítico, a partir do qual maior desenvolvimento econômico estaria ligado a redução da desigualdade.

Uma das explicações teóricas para o fenômeno sugere um caminho de desenvolvimento (DINDA, 2004). Nos estágios iniciais, a exploração de recursos naturais e a economia voltada para agricultura fariam o crescimento estar diretamente ligado à degradação. Com o desenvolvimento, as estruturas econômicas e demográficas se transformam, surgem indústrias

---

<sup>2</sup> Importante notar que o IPAT é um caso especial desta formulação, que ocorre quando o parâmetro  $a = b = c = d = 1$ .

e a urbanização se intensifica, aumentando a poluição do ar, a necessidade de saneamento, o lixo industrial, etc. Nos estágios mais avançados, existe uma transformação da economia para o setor de serviços, menos intensivo em matéria prima. As inovações tecnológicas deixam processos mais eficientes. Além disso, com o aumento da renda média, cresce a demanda por qualidade ambiental, e, por conseguinte, aumenta a regulação das atividades, direcionando a sociedade para uma produção mais limpa, melhorando o saneamento básico e a qualidade do ar nas cidades.

Porém, o caminho do desenvolvimento pela EKC pode não ser inexorável, pois a transição econômica de agricultura-indústria-serviços não necessariamente é válida para todos os países. Para Arrow et al. (1995), o comércio internacional seria capaz de realocar a produção, concentrando as diversas atividades econômicas em países, fazendo com que o fenômeno fosse verificado mais pela realocação da produção mundial do que por um caminho de desenvolvimento único e natural.<sup>3</sup>

Os estudos empíricos contribuíram para o entendimento do tema, empregando diversos métodos, diferentes abrangências e variáveis. Por não existir uma única medida de qualidade ambiental, foram utilizadas como variável explicada a qualidade do ar, qualidade da água, desmatamento, emissão de gases poluentes, entre outras.<sup>4</sup> De maneira geral, porém, as evidências são em muitos casos parciais e contraditórias, sendo encontradas com maior frequência em estudos que utilizam variáveis de pressão ambiental com impacto geográfico local (COLE; RAYNER; BATES, 1997).<sup>5</sup>

Existem também importantes críticas. Para Stern (2004), por exemplo, há diversas fragilidades estatísticas frequentes nos estudos empíricos. Segundo o autor, problemas como viés de variáveis omitidas, heteroscedasticidade e cointegração, comprometem a conclusão de que a própria curva seja plausível. Para Arrow et al. (1995), mesmo no caso da existência da EKC, não há garantias de que o crescimento sozinho seria capaz de resolver os problemas ambientais, pois mesmo que os fluxos de poluentes ou de desmatamento diminuam, o estoque de recursos naturais não necessariamente é restabelecido, a depender da resiliência dos ecossistemas. A redução absoluta nos recursos ambientais também afetaria a capacidade de crescimento, o que aponta para o problema de simultaneidade — desconsiderar este problema

---

<sup>3</sup> Uma revisão mais completa sobre as diversas ligações teóricas explicando a EKC pode ser encontrada em Dinda (2004). Uma formalização teórica pode ser encontrada em Pasten, Figueroa et al. (2012).

<sup>4</sup> Um estudo com diversas variáveis pode ser visto em Grossman e Krueger (1995).

<sup>5</sup> Uma ampla revisão pode ser encontrada em Dinda (2004).

ao supor a renda como fator exógeno implica que as atividades econômicas são sustentáveis, pois a devastação do meio ambiente não seria capaz de afetar a produção.

### 2.3 Desigualdade e Impacto Ambiental

Na década de 1990 surgem também os estudos sobre a relação entre desigualdade e impacto ambiental, e o de Torras e Boyce (1998) é de particular interesse aqui. Além de testar as hipóteses da EKC, trata-se de um dos primeiros trabalhos empíricos utilizando a desigualdade de renda como indutor do impacto ambiental. Eles utilizaram a teoria desenvolvida em Boyce (1994), que postula que o equilíbrio entre consumo e qualidade ambiental ocorreria através do que chamou de regra de decisão social ponderada pelo poder (PWSDR).

Neste modelo teórico, as atividades econômicas que degradam o ambiente geram vantagens para alguns (ganhadores) e desvantagens para outros (perdedores). Os ganhadores são os produtores que não precisam arcar com os custos da poluição gerada pela produção, e também os consumidores que acessam estes produtos por preços mais baixos. Os perdedores são aqueles afetados pela poluição gerada na produção ou no consumo. O equilíbrio social, antes de considerar a desigualdade, ocorreria no nível de poluição que maximiza o benefício líquido agregado. Considerando  $b_i$  o benefício líquido (prejuízo se  $b_i < 0$ ) de cada indivíduo, o maior benefício social é alcançado ao

$$\max \sum_i b_i.$$

Ao incluir a distribuição de poder no modelo, o equilíbrio social entre devastação e consumo/produção é alterado, pois aqueles com maior poder conseguem aumentar seu benefício ou reduzir seu prejuízo através de regulações específicas. Neste modelo, o benefício individual  $b_i$  deve ser ponderado pelo poder do indivíduo  $\pi_i$ . Assim, o equilíbrio sob a PWSDR ocorreria ao

$$\max \sum_i \pi_i b_i.$$

Neste cenário, quando há desigualdade de poder, e os mais poderosos são os ganhadores, o equilíbrio é pior em termos ambientais. Se o poder estiver nas mãos dos perdedores, o equilíbrio trará uma menor devastação.

O que determina se a PWSDR resultará em uma maior devastação ambiental é, então, a correlação entre poder e benefício. Para Torras e Boyce (1998), existem razões para esperar que um maior benefício líquido esteja associado à maior renda individual e ao poder. A ideia é que, ao produzir bens sem considerar a degradação ambiental em seus preços e custos, é gerado excedente do consumidor e do produtor. Os indivíduos com maior renda, por possuírem mais ativos e consumirem mais, também acessam a maior parte do excedente. Portanto, haveria uma correlação entre benefício e renda individual. O poder, por sua vez, também estaria correlacionado com a renda. Assim, níveis maiores de desigualdade de renda estariam associados a um equilíbrio de poder favorável ao impacto ambiental, o que foi verificado empiricamente em Torras e Boyce (1998).

Scruggs (1998) faz duas importantes críticas ao modelo teórico de Boyce (1994). Primeiro, assumir a correlação positiva entre renda e impacto ambiental implica em demanda marginal por degradação ambiental crescente com a renda. Isto, segundo o autor, contradiz diversas evidências teóricas e empíricas de que membros da sociedade com alta renda tendem a ter maior preocupação ambiental que aqueles com baixa renda. Segundo, ambientes democráticos, onde existe maior igualdade de poder, podem levar a resultados ambientais divergentes, enquanto instituições não democráticas, com aguda desigualdade de poder, podem produzir resultados ambientais benéficos. Em seus testes empíricos, não encontrou evidências de que igualdade econômica e democracia ajudam a explicar variações na qualidade ambiental.

Assim como Scruggs (1998), Ravallion, Heil e Jalan (2000) e Heerink, Mulatu e Bulte (2001) defenderam que, como a propensão marginal para consumir diminuiria conforme aumento da renda, a propensão marginal para a degradação também seria decrescente. Desta maneira, os ricos destinariam uma proporção cada vez menor da sua renda para o consumo, reduzindo marginalmente a poluição. Assim, o crescimento com desigualdade, privilegiando os mais afluentes, teria um menor impacto ambiental que o crescimento com igualdade.

As hipóteses trazidas por Boyce (1994) e contrapostas por Scruggs (1998) são centrais nos estudos mais recentes sobre o tema. Dorsch e Kirkpatrick (2014), utilizando a pegada ecológica<sup>6</sup> como medida de qualidade ambiental em um painel de efeitos fixos, procuraram evidências que a EKC só seria significativa quando o modelo é controlado pelo nível de desigualdade de renda, medido pelo coeficiente de Gini. Apesar de não conseguir constatar a

---

<sup>6</sup> A pegada ecológica é um índice, proposto por Wackernagel e Rees (1998), que representa a área necessária, na terra e no mar, para suportar a produção dos recursos consumidos por um país e a assimilação dos resíduos gerados.

curva ambiental de Kuznets, seus resultados demonstraram que o crescimento com igualdade é menos danoso ao ambiente, o que vai ao encontro de Boyce (1994).

Em Grunewald et al. (2017), houve uma inovação metodológica ao utilizar um painel de efeitos fixos por grupo de países, que seria superior no tratamento da endogeneidade gerada pela heterogeneidade não observada ao longo do tempo. Os autores concluem que, para o grupo de países com renda mais baixa, a redução na desigualdade teria um efeito negativo no meio ambiente, o que suporta a ideia de propensão marginal para a degradação decrescente trazida por Scruggs (1998). Porém, para o grupo de países com renda elevada, a redução da desigualdade reduziria o impacto, o que suporta a PWSDR, proposta por Boyce (1994). Similarmente, Jorgenson et al. (2016), também realizando agrupamentos de países (em renda alta, média e baixa), conseguiu mostrar empiricamente que emissões de carbono e desigualdade de renda estão positivamente associadas em países ricos e negativamente associadas em países com renda média.

Considerando países com alta renda, Knight, Schor e Jorgenson (2017) encontraram evidências da PWSDR nas emissões de carbono. O autor testa uma nova variável como medida de desigualdade, a concentração de riqueza, medida através da participação percentual do primeiro decil. Segundo ele, o nível de riqueza está mais associado ao poder, sendo superior para testar o modelo de Boyce (1994), pois a desigualdade de renda teria um maior efeito nos padrões de consumo e não na distribuição de poder. Especificamente em nosso estudo, a indisponibilidade de informações nos impede de utilizar a variável de concentração de riqueza nos países da América Latina.

Considerando a similaridade nos objetivos, estes trabalhos recentes serão nossas referências principais para a composição dos modelos e comparação de resultados após a seção de Dados.

### 3 Dados

Considerando o particular interesse nos países em desenvolvimento, nossa área de estudo será a América Latina, região com grande proximidade cultural e pouco explorada neste tipo de análise. Por se tratar de uma região definida por fatores culturais, foi utilizado o padrão da Divisão Estatística das Nações Unidas — através da publicação online *Standard country or area codes for statistical use* (NATIONS, 2017), considerando os países sob a definição de América Latina e Caribe.

O intervalo de tempo estabelecido é de 44 anos, em razão dos períodos abrangidos pelos dados, iniciando em 1970 até 2013. Considerando a ausência de dados de alguns países para diversos anos, e com o objetivo de privilegiar um painel mais balanceado, foram retirados da amostra aqueles com cobertura inferior a 50% do período analisado.<sup>7</sup> Considerando que apenas três países do Caribe atenderam a este critério<sup>8</sup> — todos sob a classificação de *Small Island Developing States* (NATIONS, 2017) —, e em busca de uma base homogênea, estes países foram retirados da amostra. Com isso, o número de países estudados é de 16, com 584 observações disponíveis. Os países selecionados através destes critérios, bem como o número de observações e o percentual do período coberto podem ser encontrados na Tabela 1.

---

<sup>7</sup> Treze países foram retirados da amostra através deste critério: Antígua e Barbuda, Bahamas, Belize, Dominica, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Nicarágua, São Cristóvão e Nevis, Santa Lúcia, São Vicente e Granadinas e Suriname.

<sup>8</sup> A saber, Barbados, República Dominicana e Trinidad e Tobago.

Tabela 1 – Observações e países da amostra.

<b>País</b>	<b>Observações</b>	<b>Cobertura</b>
Argentina	44	100%
Bolívia	24	55%
Brasil	44	100%
Chile	44	100%
Colômbia	44	100%
Costa Rica	44	100%
El Salvador	23	52%
Equador	27	61%
Guatemala	33	75%
Honduras	26	59%
México	44	100%
Panamá	44	100%
Paraguai	24	55%
Peru	42	95%
Uruguai	33	75%
Venezuela	44	100%
<b>Total</b>	<b>584</b>	<b>83%</b>

Fonte: elaboração própria.

Assim como os principais estudos no tema, será utilizado o coeficiente de Gini para medida da desigualdade de renda. Amplamente utilizado em estudos econômicos, o indicador varia entre 0 e 100, com 0 representando total igualdade (quando todos os indivíduos recebem a mesma renda) e com 100 representando total desigualdade (um único indivíduo recebe toda a renda). Serão utilizados os dados de Solt (2017), que disponibiliza uma base padronizada, a *Standardized World Income Inequality Database* (SWIID), que agrega diversas fontes de dados com comparabilidade entre anos e países maximizada. As informações são atualizadas desde sua primeira publicação, em Solt (2009), com revisões de metodologia e novos dados. Esta base de dados é também a utilizada nos principais artigos de referência deste estudo, como em Dorsch e Kirkpatrick (2014), Knight, Schor e Jorgenson (2017) e Grunewald et al. (2017). A versão utilizada neste trabalho é a mais recente, publicada em maio de 2017.



Como medida do PIB foram utilizados os dados de PIB real medidos em dólares de 2011, retirados da versão 9.0 da *Penn World Tables* (PWT) (FEENSTRA ROBERT C.; TIMMER, 2015). Esta base de dados é a mesma utilizada por Dorsch e Kirkpatrick (2014). Para os dados de emissões de CO<sub>2</sub>, foram utilizados os dados do *Oak Ridge National Laboratory data* (ORNL) (BODEN T.A., 2017), órgão governamental dos Estados Unidos, disponibilizados pelo Banco Mundial através do *World Development Indicators* (WDI). Os dados são os de emissões de dióxido de carbono originadas pela queima de combustível fóssil (sólidos, líquidos e gasosos) e fabricação de cimento, compatíveis com os utilizados na literatura. Para obtermos as informações *per capita*, foram utilizados os dados de população disponíveis na PWT (FEENSTRA ROBERT C.; TIMMER, 2015).

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas podem ser encontradas na Tabela 2. Nela, percebemos que existe grande abrangência nas observações de CO<sub>2</sub> *per capita*, com o maior valor sendo quase 30 vezes o menor. É importante pontuar que a Venezuela domina os maiores valores de emissão *per capita*, especialmente devido ao elevado consumo de energia (ROBALINO-LÓPEZ et al., 2015), com praticamente todas as observações superando os valores dos demais países. Depois, temos Chile, Argentina e México com os maiores valores, especialmente nos anos mais recentes. Os países com as menores emissões são Paraguai, El Salvador e Guatemala, principalmente para os anos mais antigos, muitos dos quais não temos as medidas de desigualdade.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas.

Variável	Fonte	Unidade	Média	DP	Mín	Máx
CO <sub>2</sub> <i>per capita</i>	ORNL/WDI	T	1,943	1,472	0,25	7,611
PIB <i>per capita</i>	PWT	US\$ 2011	8.824	4.168	2.708	21.197
Gini	SWIID		47,09	4,44	34,79	55,22

Fonte: elaboração própria.

Os valores de PIB *per capita* também têm grande abrangência. Os maiores valores são da Argentina e Chile em anos recentes e algumas observações da Venezuela entre 1976–1979.<sup>9</sup> Os menores valores estão concentrados em Honduras, Bolívia e Paraguai, especialmente para as observações anteriores à década de 1990.

<sup>9</sup> A economia da Venezuela é bastante dependente dos preços internacionais do petróleo, e isso influencia nas flutuações do PIB *per capita* (ROBALINO-LÓPEZ et al., 2015).

As medidas de desigualdade são menos dispersas. Ainda assim, países como Argentina, Venezuela e Uruguai dominam os menores valores, possuindo uma distribuição de renda menos desigual, sendo que os nove menores valores são observações da Argentina na década de 1970. Na outra ponta, a Bolívia possui os três maiores índices (para os anos de 2000–2002). Mesmo assim, o Peru consistentemente figura entre os mais desiguais, com 15 entre os 20 maiores registros. Nos anos mais recentes, a partir de 2009, Colômbia, Honduras e Chile são os que apresentam maiores índices de desigualdade, com o maior sendo 50,86, enquanto Uruguai, Venezuela e Argentina se mantêm como os países com distribuição de renda mais igualitária.

## 4 Metodologia

Nesta seção será discutida a metodologia utilizada para a análise. Será analisado o impacto da desigualdade, medida através do coeficiente de Gini, nas emissões de CO<sub>2</sub>, considerando a hipótese da curva ambiental de Kuznets. Conforme a literatura, os resultados encontrados até o momento são mistos, e existem duas hipóteses teóricas centrais que indicam efeitos opostos. Por um lado, espera-se que a renda adicional para indivíduos mais ricos tenha um menor impacto ambiental, pois uma menor parcela dela é destinada ao consumo, considerando a propensão marginal para consumir decrescente. Ao mesmo tempo, a dinâmica de poder dentro da sociedade seria afetada pelo nível de renda dos indivíduos, e uma maior desigualdade pode ser associada a regulações ambientais favoráveis àqueles que se beneficiam da devastação. Nos últimos anos, os estudos têm permitido verificar qual efeito é preponderante, com a direção podendo variar conforme o nível médio de riqueza.

Considerando os estudos mais recentes, o modelo deste trabalho se aproxima muito do utilizado por Dorsch e Kirkpatrick (2014). Assim como em nossa análise, os autores utilizaram um modelo de efeitos fixos, permitiram uma relação não linear da renda média com o impacto ambiental — simulando a EKC — e ainda a variável de desigualdade interagindo com o PIB *per capita* e com o quadrado do PIB *per capita*. O objetivo do trabalho, porém, foi de verificar que a EKC só ocorreria em determinados níveis de desigualdade, enquanto nossa proposta é avaliar o impacto da desigualdade nas emissões em diferentes níveis de PIB *per capita*. Nosso modelo se diferencia também por utilizar as emissões de CO<sub>2</sub> como variável dependente, enquanto o trabalho Dorsch e Kirkpatrick (2014) utilizou a pegada ecológica.

A abordagem também é similar à Grunewald et al. (2017), que testou o impacto da desigualdade em diferentes níveis de PIB *per capita* nas emissões de CO<sub>2</sub>. Para isso, utilizou modelo de efeitos fixos e um modelo de efeitos fixos agrupados. Diferentemente dos modelos deste estudo, Grunewald et al. (2017) utilizaram algumas variáveis de controle, como valor adicionado por diferentes setores, população urbana e fragilidade do estado.

Knight, Schor e Jorgenson (2017), por sua vez, utilizaram dados de desigualdade de riqueza e de renda e a interação da desigualdade de riqueza com os anos, com o objetivo de verificar a evolução da elasticidade ao longo do tempo. Os autores utilizaram dados de países de alta renda, enquanto nosso modelo analisa países da América Latina. Além disso, a ausência de dados confiáveis de desigualdade de riqueza para o escopo geográfico deste trabalho nos

impede de utilizar a variável de desigualdade de riqueza. Outra diferença importante entre nosso modelo e o deles é que Knight, Schor e Jorgenson (2017) não utilizaram interação das variáveis independentes principais com o PIB, não permitindo testar se há alteração das elasticidades em diferentes níveis médios de renda *per capita*.

Para este trabalho utilizaremos três modelos em painel de efeitos fixos<sup>10</sup>, com diferentes níveis de complexidade. Considerando  $c_{it}$  o log das emissões *per capita* de CO<sub>2</sub> e  $y_{it}$  o log do PIB *per capita*;  $\alpha$  e  $\gamma$ , respectivamente, os efeitos fixos da unidade de corte transversal (país) e da unidade de tempo (ano);  $\varepsilon$  o termo dos resíduos;  $i$  o subscrito que denota a unidade de corte e  $t$  o tempo; temos o modelo

$$c_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it}^2 + \varepsilon_{it}.$$

Note que a EKC pode ser encontrada quando  $\beta_1 > 0$  e  $\beta_2 < 0$ . Trata-se do modelo clássico da EKC, sem considerar o impacto da desigualdade.

Considerando  $g_{it}$  o log da desigualdade de renda medida pelo coeficiente de Gini, obteremos os primeiros resultados para o impacto da desigualdade de renda nas emissões de CO<sub>2</sub> através do modelo

$$c_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it}^2 + \beta_3 g_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Neste modelo simplificado, o efeito da desigualdade será dado pelo sinal do coeficiente  $\beta_3$ , sendo positivo para o caso de maior desigualdade aumentar as emissões, e negativo para o caso de maior desigualdade diminuí-las. Este modelo não permite testar se há alteração na direção do impacto em diferentes níveis do PIB, conforme verificado em Dorsch e Kirkpatrick (2014) e Grunewald et al. (2017). Para isso, será também rodado o modelo principal deste trabalho,

$$c_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it}^2 + \beta_3 g_{it} + \beta_4 y_{it} g_{it} + \beta_5 y_{it}^2 g_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Neste modelo, mais complexo, ainda podemos verificar a existência da EKC, mas ela será condicionada ao nível de desigualdade, assim como em Dorsch e Kirkpatrick (2014). Como trabalhamos com todos os dados na forma logarítmica, os coeficientes representam as elasticidades. Os termos de interação da variável  $g_{it}$  com  $y_{it}$  e  $y_{it}^2$  permitem que o efeito da

---

<sup>10</sup> O painel de efeitos fixos permite tratar a heterogeneidade dos países. Para isso, a estimação é realizada através do método de mínimos quadrados ordinários aplicado aos valores observados subtraídos de suas médias, ou seja, aplicado em  $(y_{it} - \bar{y}_i) = (x_{it} - \bar{x}_i)\beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i)$ .

desigualdade varie dependendo do nível do PIB *per capita*. Assim, a elasticidade das emissões de CO<sub>2</sub> em função do coeficiente de Gini será dada por

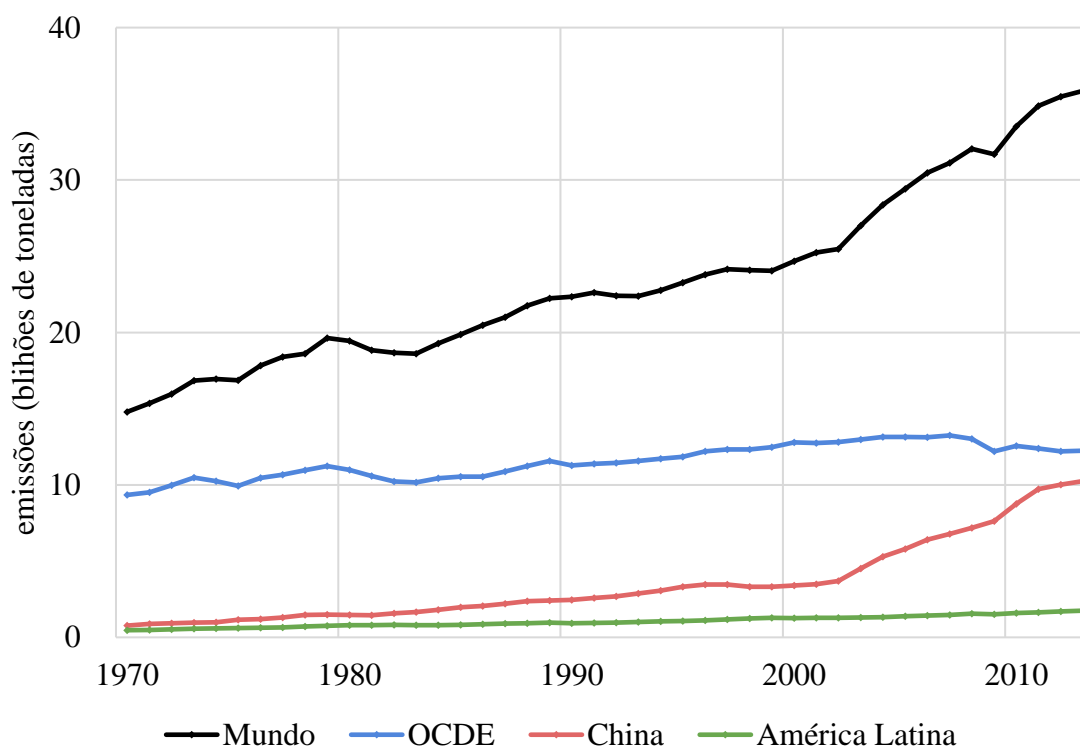
$$E_{it} = \frac{\partial c_{it}}{\partial g_{it}} = \beta_3 + \beta_4 y_{it} + \beta_5 y_{it}^2.$$

Os sinais de  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  e  $\beta_5$  determinarão o formato da curva. Por exemplo, caso todos possuam o mesmo sinal, significa que para qualquer nível de PIB *per capita* o efeito aponta para uma mesma direção — no caso de todos os coeficientes positivos, indicaria que para todos os casos um aumento na desigualdade causa uma elevação nas emissões de CO<sub>2</sub>. O caso mais complexo, com sinais alternados, demonstraria que a direção da elasticidade pode mudar duas vezes conforme a dimensão da renda média.

## 5 Resultados

Em uma análise preliminar dos dados<sup>11</sup>, com alguns agrupamentos regionais, é possível perceber que as emissões mundiais de CO<sub>2</sub> estão crescendo consistentemente desde o início do período (Figura 1 – *Emissões de CO<sub>2</sub> em regiões de interesse.*). Segundo Weizsäcker et al. (2014), existe grande esforço para a melhoria da eficiência energética desde 1970. Além disso, Peters et al. (2012) verificou que há uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub> por dólar do PIB, demonstrando ganhos de eficiência na produção. Ainda assim, isto não foi suficiente para evitar o aumento das emissões, devido ao crescimento populacional e das atividades econômicas. A partir dos anos 2000, os ganhos com eficiência na produção desaceleraram, o que, associado à manutenção do crescimento econômico, resultou em um aumento mais acentuado das emissões desde então (RAUPACH et al., 2007).

Figura 1 – Emissões de CO<sub>2</sub> em regiões de interesse.



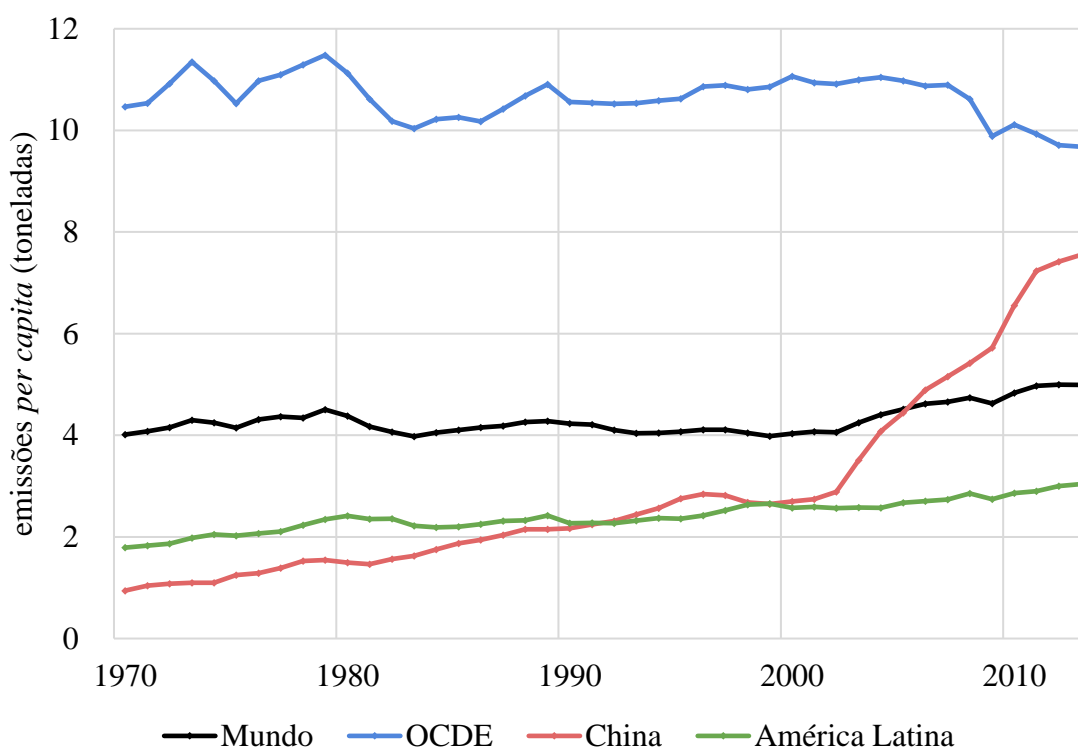
Fonte: ORNL/WDI (BODEN T.A., 2017).

Na Figura 1, pode-se perceber que os países da América Latina ainda respondem por uma pequena proporção das emissões mundiais. Porém, assim como outros países em desenvolvimento, a participação vem crescendo. Enquanto as emissões mundiais aumentaram

<sup>11</sup> Para as análises com agrupamentos regionais, os dados de população são os disponíveis no WDI (BANK, 2017), pois a PWT não fornece agrupamentos para as regiões de interesse.

uma média de 2,03% a.a. e os países membros da OCDE cresceram 0,62% a.a., a América Latina cresceu 3,03% a.a. e a China 6,05% a.a.. Raupach et al. (2007), ao analisar os principais *drivers* do crescimento das emissões a partir da década de 1980 até 2007, demonstrou que na China a produção tem se tornado menos intensiva em carbono, devido a diversas melhorias em eficiência energética, mas que o crescimento acelerado do PIB *per capita*, por ser muito maior, faz com que seja a região que mais cresce em emissões. Segundo os autores, nos demais países em desenvolvimento, não há uma melhoria significativa na eficiência energética, e o crescimento pode ser explicado pelo aumento populacional e do PIB *per capita*.

Figura 2 – Emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* em regiões de interesse.



Fonte: ORNL/WDI (BODEN T.A., 2017) para dados de emissões, WDI (BANK, 2017) para dados de população.

Considerando as emissões médias, na Figura 2, é possível perceber que os países membros da OCDE ainda são, proporcionalmente à população, os maiores emissores. Porém, ao longo do período esta diferença vem diminuindo, em especial com relação à China, que a partir da década de 2000 obteve um crescimento da renda *per capita* muito acelerado. Na América Latina, o crescimento das emissões *per capita* também foi maior que o do mundo e o dos países membros da OCDE. Segundo a CEPAL (2014), um dos motivos para isso é que, na região, a demanda por energia responde mais intensamente ao crescimento do PIB, reforçando a hipótese de estagnação na eficiência energética nos países em desenvolvimento, apresentada

por Raupach et al. (2007). Ainda, segundo o relatório, a elevação da renda causou uma mudança nos padrões de consumo, conforme famílias mais pobres passaram a acessar novos produtos, mais intensivos em carbono, o que contribuiu para o aumento acelerado das emissões *per capita*.

O padrão de consumo de uma sociedade também está relacionado com a estrutura social, onde a desigualdade de renda tem um papel importante. Ao analisar a evolução do coeficiente de Gini nos países da amostra estudada, na Figura 3, pode-se verificar uma redução da desigualdade para quase todos os países, em especial a partir da década de 2000. Este movimento pode ser explicado principalmente por dois motivos. Primeiro, houve um aumento e melhor distribuição das transferências governamentais, que reduziram a desigualdade de renda não relacionada ao trabalho (OECD, 2015; LUSTIG et al., 2016). Segundo, foi observada no período uma redução no prêmio da educação (retorno salarial esperado por ano de estudo), que diminuiu as diferenças salariais.<sup>12</sup>

A diminuição da desigualdade (Figura 3), associada ao crescimento da renda *per capita*, levou a um aumento da classe média. Azevedo et al. (2015), ao realizar uma decomposição da contribuição do crescimento econômico e da desigualdade no tamanho da classe média na década de 2000, demonstrou que, em média, 21% do aumento no tamanho da classe média pode ser explicado pela redução da desigualdade. Além disso, cerca de 40% da redução da pobreza está também relacionada à melhor distribuição de renda. E esta ascensão social modifica os padrões de consumo.

O relatório da CEPAL (2014), ao comparar a proporção dos tipos de despesas do primeiro e décimo decil de renda na América Latina, mostrou que as famílias mais afluentes destinam uma proporção maior dos gastos para moradia, saúde, transporte, educação e serviços financeiros — produtos mais intensivos em carbono, especialmente transporte —, enquanto as famílias mais pobres destinam uma maior proporção para alimentação e vestuário. Ainda, segundo Bárcena et al. (2014), a baixa qualidade do transporte público na região faz com que o aumento da renda das famílias intensifique o uso de automóveis privados, com grande incremento na frota e no consumo de combustível. Neste sentido, uma redução da desigualdade associada ao nível de renda mais elevado pode alterar o padrão de consumo aumentando as

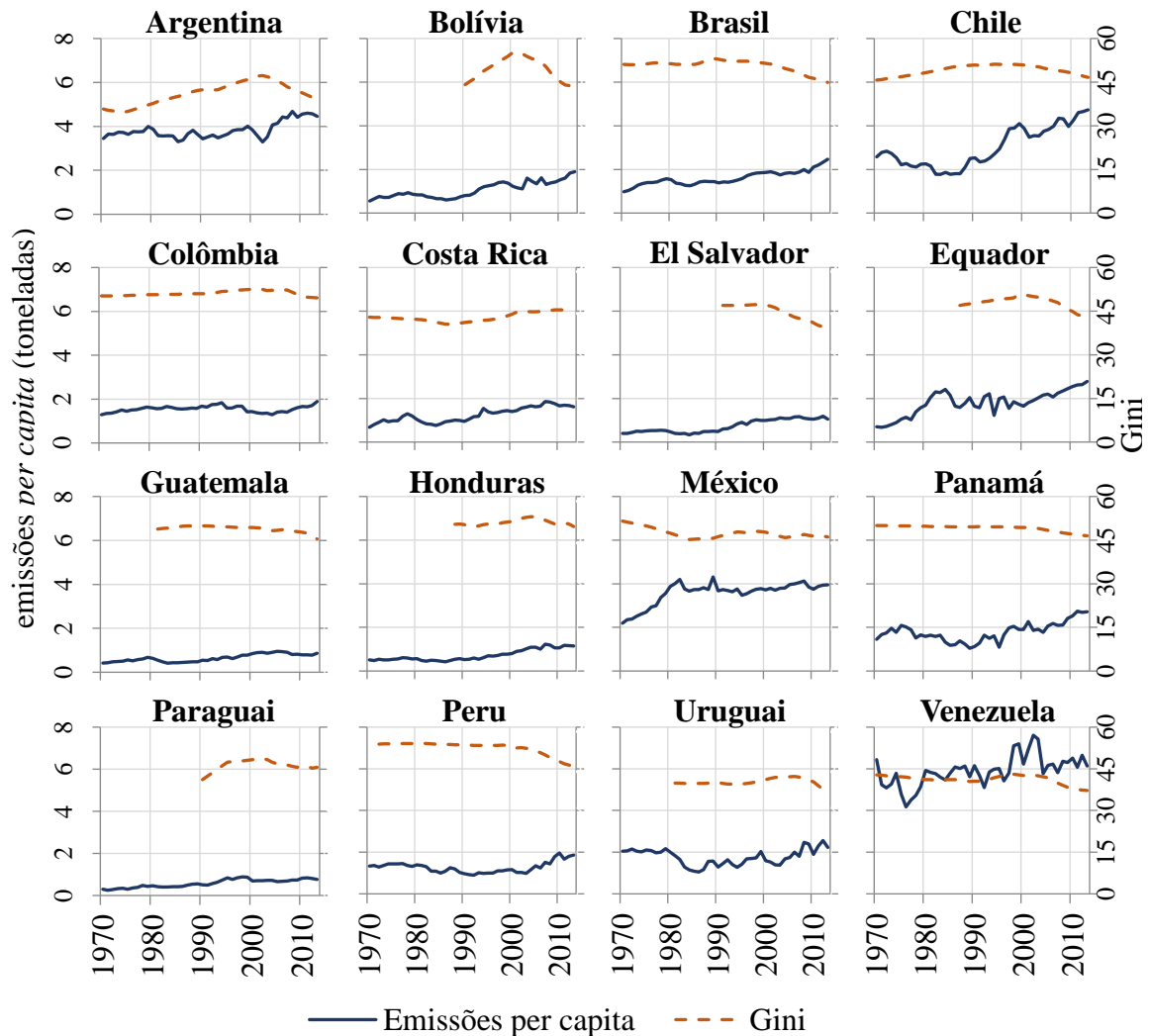
---

<sup>12</sup> As causas da redução deste prêmio ainda não estão totalmente estabelecidas, podendo ser resultado de uma ampliação no acesso à educação — especialmente de nível superior —, redução na demanda por trabalho especializado (OECD, 2015; LUSTIG et al., 2016), ou ainda uma deterioração na qualidade da educação (AZEVEDO et al., 2015).



emissões. Isto reforça a hipótese de que o nível de desigualdade associado ao PIB *per capita* impacta nas emissões de CO<sub>2</sub>.

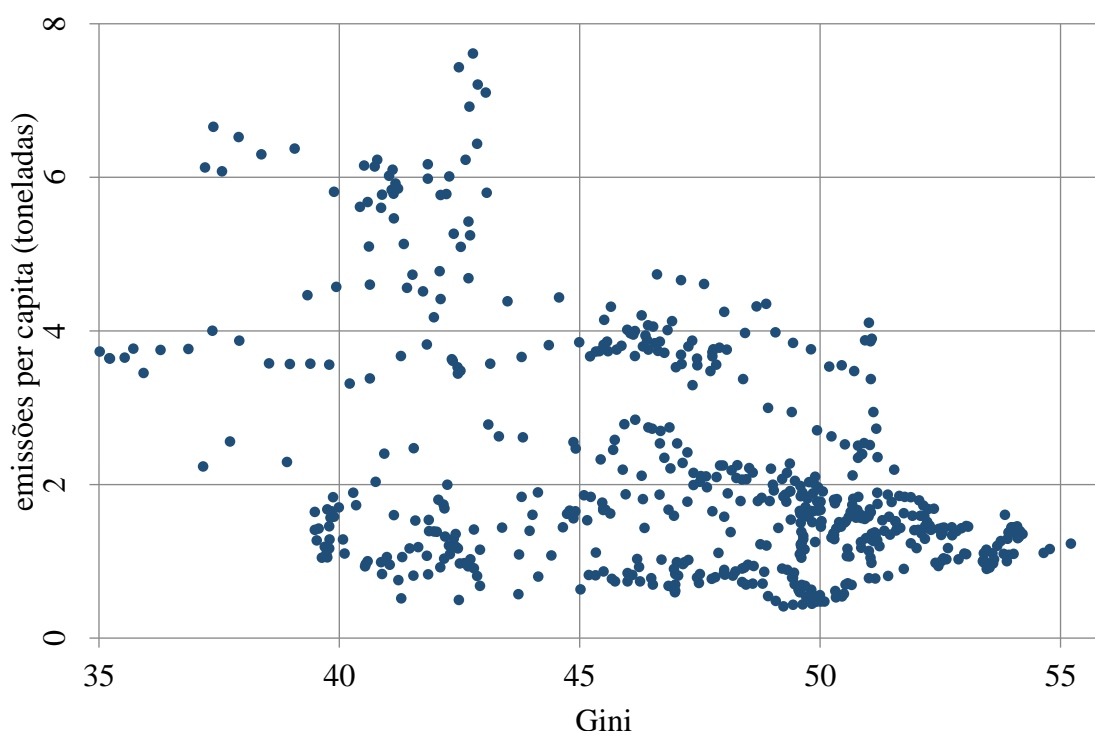
Figura 3 – Emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* e coeficiente de Gini para os países da amostra.



Fonte: PWT (FEENSTRA ROBERT C.; TIMMER, 2015) para dados de população, SWIID (SOLT, 2017) para dados de Gini, ORNL/WDI (BODEN T.A., 2017) para dados de emissões.

Na Figura 4 podemos verificar visualmente, com os dados da amostra estudada, como as emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* se comportam em função do coeficiente de Gini. A relação parece ser negativa, com níveis mais altos de desigualdade relacionados a valores mais baixos de emissão. Esta relação parece corroborar a hipótese de Scruggs (1998), refinada por Ravallion, Heil e Jalan (2000) e Heerink, Mulatu e Bulte (2001), de que a propensão marginal para a degradação é decrescente na renda. Isto implica que 1 dólar adicionado na renda de um indivíduo mais pobre gera um impacto maior nas emissões que 1 dólar adicionado na renda de um mais rico. Portanto, o crescimento econômico com redução da desigualdade de renda, privilegiando os menos afluentes, teria um impacto maior nas emissões.

Figura 4 – Dispersão das emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* em função da desigualdade de renda para os países da amostra no período de 1970–2013.



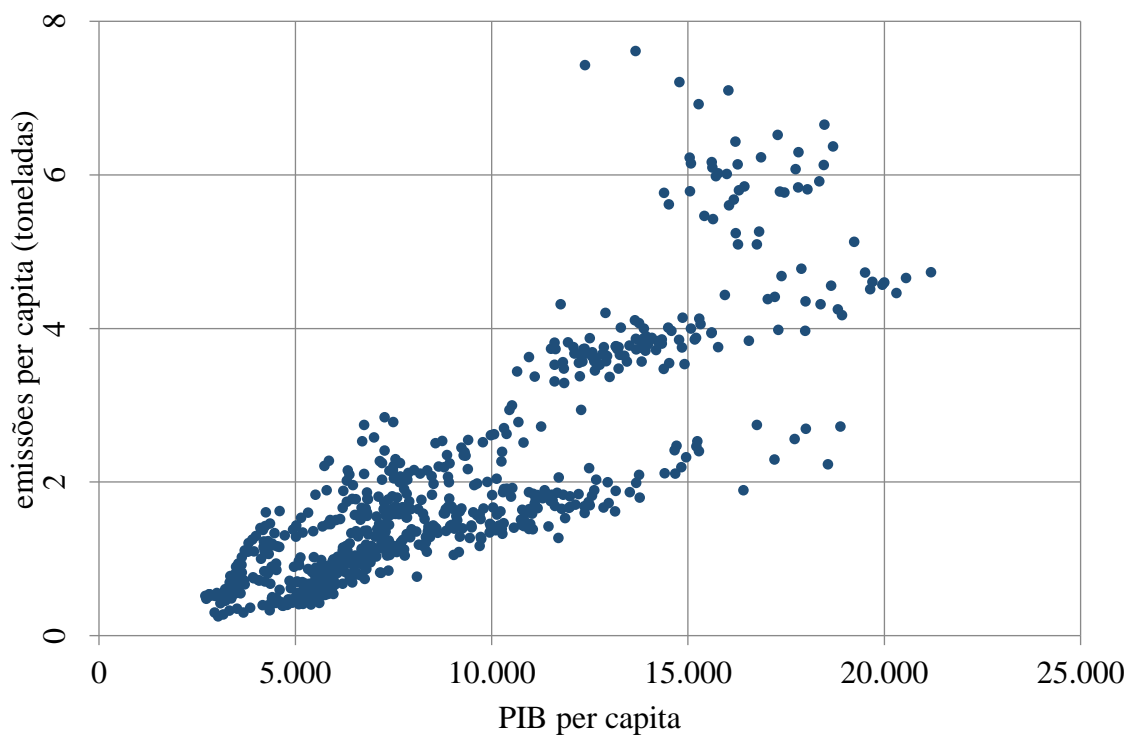
Fonte: PWT (FEENSTRA ROBERT C.; TIMMER, 2015) para dados de população, SWIID (SOLT, 2017) para dados de Gini, ORNL/WDI (BODEN T.A., 2017) para dados de emissões.

Os dados da Figura 4 também fazem sentido quando comparados com a análise de mobilidade social e crescimento da classe média em função da redução da desigualdade, realizada por Azevedo et al. (2015), e com a avaliação da alteração nos padrões de consumo da região, realizada pela CEPAL (2014). Deve-se levar em consideração, porém, o impacto do crescimento do PIB *per capita*, principal indutor das emissões, e, também, a hipótese de que a relação entre desigualdade e emissões *per capita* é condicional ao nível de produto *per capita*, conforme os estudos recentes (GRUNEWALD et al., 2017; DORSCH; KIRKPATRICK, 2014). Estas hipóteses serão testadas nos modelos econométricos.

Quando avaliamos o comportamento das emissões *per capita* em função dos níveis de PIB *per capita*, na Figura 5, fica evidente a relação positiva. Considerando que uma renda média mais elevada implica em um maior consumo de bens e serviços intensivos em carbono, esta é uma relação prevista desde as primeiras discussões sobre o tema (EHRlich; HOLDREN, 1971; COMMONER, 1972) e verificada nos estudos empíricos. Visualmente, porém, não é possível estabelecer o formato de U invertido, esperado pela EKC. Alguns estudos recentes testaram a existência da curva para a América Latina e Caribe, mas com resultados mistos. Utilizando o consumo de energia como variável de pressão ambiental e o valor acrescentado

bruto como controle, para o período de 1990 a 2011, Pablo-Romero e Jesús (2016) não encontraram evidências da curva na região. De maneira similar, Zilio e Recalde (2011), em uma análise temporal mais ampla (1970–2007) e também utilizando o consumo de energia como variável ambiental, mas o PIB como variável independente, não encontraram evidências da EKC. Já Al-Mulali, Tang e Ozturk (2015) utilizaram como variável dependente as emissões de CO<sub>2</sub> da América Latina e Caribe no período entre 1980 e 2010, e os resultados indicaram existência da curva ambiental de Kuznets. Portanto, ainda não existe consenso neste quesito. Para a análise específica deste trabalho, a possível existência da EKC está incorporada nos modelos como controle para a hipótese principal — de que a desigualdade influencia as emissões de CO<sub>2</sub> —, conforme os resultados que seguem.

Figura 5 – Dispersão das emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* em função do PIB *per capita* para os países da amostra no período de 1970–2013.



Fonte: PWT (FEENSTRA ROBERT C.; TIMMER, 2015) para dados de PIB e população, ORNL/WDI (BODEN T.A., 2017) para dados de emissões.

Na Tabela 3, temos os resultados dos 3 modelos propostos na Seção 4. No primeiro modelo, sem a inclusão da variável de medida para a desigualdade, podemos verificar a existência da EKC para a América Latina, com  $\beta_1 > 0$  e  $\beta_2 < 0$  e significantes a 1%. Porém, o valor limite de renda média a partir do qual existiria uma inflexão nas emissões de CO<sub>2</sub> é muito elevado e implausível. Com isso, o resultado deste modelo se aproxima dos de Pablo-

Romero e Jesús (2016) e Zilio e Recalde (2011), que não encontraram em suas análises a curva ambiental de Kuznets para o consumo de energia na América Latina e Caribe.

Tabela 3 – Resultados dos modelos econométricos.

	(1)	(2)	(3)
$y_{it}$	9,7856 *** (0,7594)	5,3041 *** (0,8659)	142,5488 *** (291911)
$y_{it}^2$	-0,5095 *** (0,0415)	-0,2591 *** (0,0469)	-7,598 *** (1,5981)
$g_{it}$		-0,2549 * (0,1461)	164,9811 *** (34,6397)
$y_{it}g_{it}$			-35,4293 *** (7,5945)
$y_{it}^2g_{it}$			1,8946 *** (0,4159)
R <sup>2</sup> overall	0,5715	0,6013	0,6292
R <sup>2</sup> within	0,6552	0,6431	0,6648
obs.	704	584	584

Notas: \*, \*\* e \*\*\* indicam significância a 10, 5 e 1%. Todos os modelos são de efeitos fixos para país e para ano. Erro padrão entre parênteses.

Fonte: elaboração própria

Nos modelos 2 e 3 temos os resultados com a inclusão da variável de medida da desigualdade. No modelo 2, sem a interação do coeficiente de Gini com o PIB *per capita*, os resultados apontam para uma relação negativa — na América Latina, maior desigualdade estaria relacionada com menores níveis de emissão, ao encontro das hipóteses levantadas na análise preliminar. Isto indica que, de maneira geral, o efeito da desigualdade na América Latina se aproxima das hipóteses teóricas levantadas por Scruggs (1998). Contudo, a significância para este resultado foi de apenas 10%.

Uma possível explicação para que os mecanismos propostos por Boyce (1994) não sejam preponderantes pode ter relação com o tipo de prejuízo que as emissões de CO<sub>2</sub> traz. Considerando que este poluente afeta o meio ambiente de maneira global, a desigualdade de poder dentro de um país pode não ser tão importante quanto a desigualdade entre os países. Além disso, considerando que as emissões de CO<sub>2</sub> trazem efeitos no longo prazo, é possível

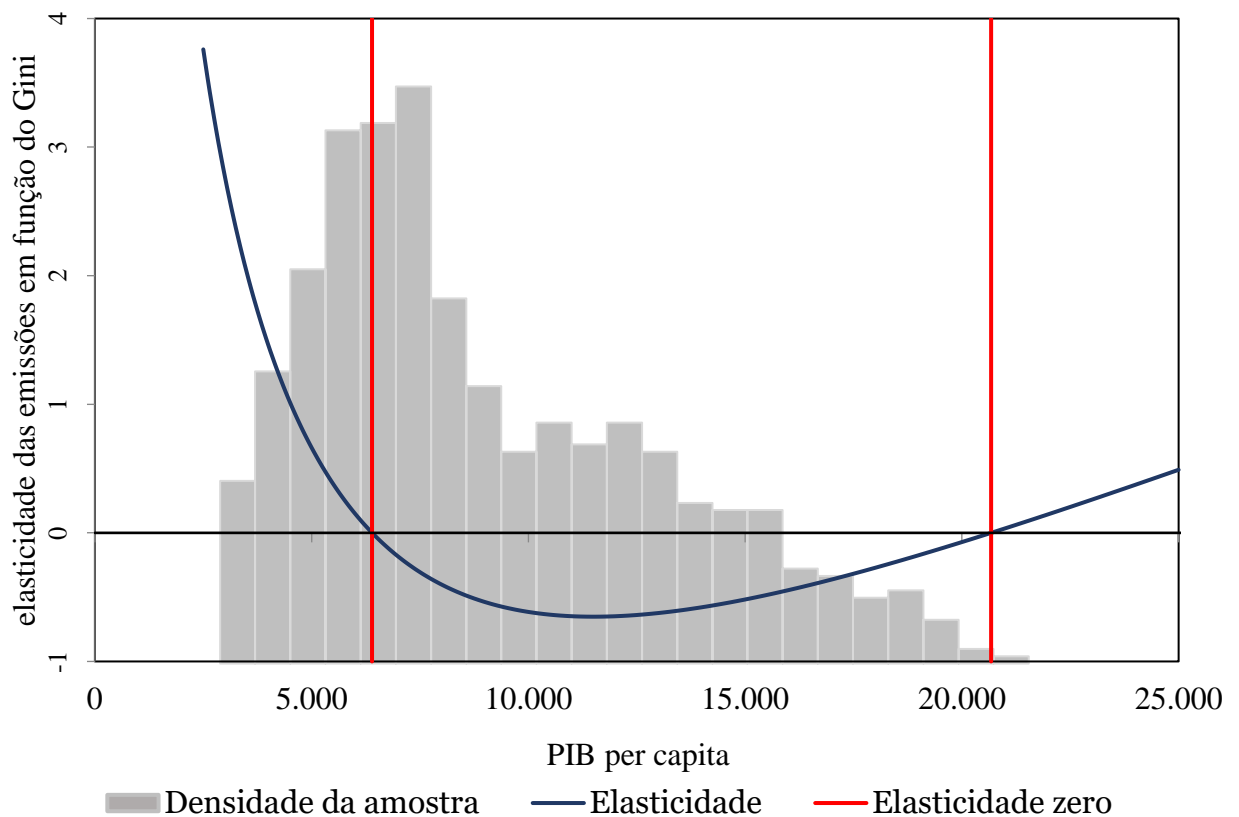
ainda que boa parte dos prejudicados pertençam a gerações futuras, o que reduziria o impacto da desigualdade de renda através dos mecanismos propostos por Boyce (1994).

Na análise principal, no modelo 3, temos resultados bastante significativos para a desigualdade de renda. Nele, todos os coeficientes foram significantes a 1%. Os sinais dos coeficientes apontam para um formato em N, indicando que, na América Latina, níveis mais baixos de PIB *per capita* associados a maior desigualdade geram maiores níveis de emissões *per capita*, níveis intermediários de renda associados a maior desigualdade resultam em menores emissões, e a partir de determinado nível de renda, mais elevado, a desigualdade voltaria a aumentar as emissões de CO<sub>2</sub>.

Uma análise das elasticidades permite estabelecer os limites dos níveis de renda onde temos os pontos de inflexão. Os dois pontos com alteração no sinal da elasticidade estão em níveis de renda *per capita* dentro da amostra, ainda que nos extremos. Entre um PIB *per capita* anual a partir de zero até US\$6.396,07, a elasticidade do coeficiente de Gini é positiva, ou seja, quanto maior a desigualdade, maiores as emissões. Temos 244 observações abaixo deste limite. Entre US\$6.396,07 e US\$20.674,58, maiores níveis de desigualdade estão associados a emissões mais baixas de CO<sub>2</sub>. A maior parte da amostra encontra-se neste intervalo de renda, com 459 observações. Acima de US\$20.674,58, é esperado que a desigualdade volte a aumentar as emissões. Chile e Argentina estão muito próximos deste limite, sendo que o primeiro o ultrapassou em 2013. Na Figura 6 estão apresentadas as elasticidades estimadas e a densidade da amostra para diferentes níveis de PIB *per capita*.

Os resultados encontrados se aproximam dos apresentados pelo trabalho de Grunewald et al. (2017). Em seu estudo, concluíram que em países com renda *per capita* elevada, maior desigualdade de renda aumenta as emissões médias. Em países com PIB *per capita* intermediários, uma maior desigualdade é associada a níveis mais baixos de emissões. A principal diferença entre os resultados dos trabalhos é em relação aos países de baixa renda. Por uma diferença na construção dos modelos, nosso teste possibilita até três intervalos de renda média com impactos distintos da desigualdade nas emissões de CO<sub>2</sub>. Isto permitiu a verificação de que, na América Latina, em países com renda abaixo de US\$6.396,07 a desigualdade aumenta o impacto ambiental.

Figura 6 – Elasticidade das emissões de CO<sub>2</sub> em função da desigualdade e densidade da amostra para diferentes níveis de PIB per capita



Fonte: elaboração própria.

Em comparação com os resultados de Dorsch e Kirkpatrick (2014) — que utilizaram como variável dependente a pegada ecológica e nenhum delimitador geográfico —, os sinais dos coeficientes relacionados à medida de desigualdade apontam para a mesma direção, com interpretação similar. A principal hipótese levantada pelo autor é que a EKC pudesse ser condicional ao nível de desigualdade. Em seu trabalho, apenas foi possível encontrar a curva em níveis muito baixos e irrealistas de desigualdade. Nosso resultado tem a mesma interpretação, e ainda com ponto de inflexão da curva ambiental de Kuznets em nível de renda média implausível. Adicionalmente, nosso resultado sugere que em níveis elevados de desigualdade o crescimento do PIB *per capita* pode reduzir as emissões. Mas isto só ocorreria em níveis de desigualdade acima do máximo disponível em nossa amostra.

Os resultados encontrados também se aproximam de Knight, Schor e Jorgenson (2017). Os autores utilizaram a desigualdade de riqueza para determinar os níveis de emissões para países de alta renda, e verificaram que níveis superiores de emissão *per capita* estão associados à desigualdade na riqueza. Em nosso modelo, com análise para a América Latina, encontramos

o mesmo tipo de impacto para a desigualdade de renda a partir de um determinado nível de PIB *per capita*, mais elevado.

Quando comparado com principais hipóteses teóricas, para países com renda intermediária, o resultado encontrado parece estar de acordo com as hipóteses de Scruggs (1998), Ravallion, Heil e Jalan (2000) e Heerink, Mulatu e Bulte (2001). Para rendas baixas e elevadas, os mecanismos propostos por Boyce (1994) são preponderantes, com a desigualdade associada aos níveis elevados de emissão. É possível que, para todos os níveis de PIB *per capita*, ambos os efeitos estejam presentes, com um dominando o outro conforme a variação na renda média.

## 6 Conclusões

Este trabalho investigou o papel da desigualdade de renda nas emissões *per capita* de CO<sub>2</sub> na América Latina. Estes países, assim como os demais em desenvolvimento, são pouco explorados em estudos que procuram determinar os principais fatores para o impacto ambiental. Com nosso objetivo específico, de investigar o papel da desigualdade nas emissões, não encontramos nenhum estudo para a região.

A participação da América Latina nas emissões mundiais de dióxido de carbono vem aumentando desde a década de 1970, com crescimento superior à média mundial, e as emissões *per capita* também avançaram em ritmo mais acelerado. Associado a isso, houve crescimento da renda média e, especialmente a partir dos anos 2000, redução da desigualdade. A redução da desigualdade pode modificar padrões de consumo e estruturas de poder e, por isso, influenciar o nível de poluição do meio ambiente.

Porém, quando analisamos a desigualdade e os mecanismos pelos quais ela afeta o impacto ambiental, os principais modelos teóricos predizem resultados ambíguos. Por um lado, é esperado que a desigualdade de renda, por determinar a distribuição de poder, aumente as emissões, uma vez que os ricos seriam os maiores beneficiários da poluição e são também os que possuem mais poder para implementar regulamentações ambientais favoráveis à eles (BOYCE, 1994). Em contrapartida, em termos marginais, os indivíduos mais ricos tendem a consumir menos e a terem maiores preocupações ambientais, e por isso a desigualdade também poderia diminuir as emissões (SCRUGGS, 1998; RAVALLION; HEIL; JALAN, 2000; HEERINK; MULATU; BULTE, 2001).

É possível que para todos os níveis de PIB *per capita* ambos os efeitos estejam presentes, porém, com forças diferentes dependendo do nível de renda média. Em nossa amostra da América Latina, verificamos que as ligações teóricas propostas por Scruggs (1998), Ravallion, Heil e Jalan (2000), e Heerink, Mulatu e Bulte (2001) são preponderantes para países com renda mediana, onde estão a grande maioria das observações, o que determina a existência de um *trade off* entre emissões de CO<sub>2</sub> e redução da desigualdade de renda. Porém, para países da região com renda mais baixa, e para aqueles com renda mais elevada — nível de renda onde há apenas uma observação na amostra —, os mecanismos de Boyce (1994) têm mais força, fazendo com que a redução da desigualdade seja benéfica ao meio ambiente. Os resultados encontrados, em boa parte, vão ao encontro da literatura recente, o que sugere que os mecanismos



envolvendo a desigualdade de renda e o impacto ambiental atuam de maneira similar na América latina.

## Referências

- ACHARD, F. et al. Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global change biology*, Wiley Online Library, v. 20, n. 8, p. 2540–2554, 2014.
- AL-MULALI, U.; TANG, C. F.; OZTURK, I. Estimating the environment Kuznets curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 50, p. 918–924, 2015.
- ARROW, K. et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 91–95, 1995.
- AZEVEDO, J. P. et al. Inequality, mobility and middle classes in Latin America. In: *Latin America's Emerging Middle Classes*. [S.l.]: Springer, 2015. p. 32–50.
- BANK, W. *International Comparison Program database*. 2017. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>>.
- BÁRCENA, A. et al. The economics of climate change in Latin America and the Caribbean: paradoxes and challenges. Santiago, *United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean*, 2014.
- BERTHE, A.; ELIE, L. Mechanisms explaining the impact of economic inequality on environmental deterioration. *Ecological Economics*, Elsevier, v. 116, p. 191–200, 2015.
- BODEN T.A., M. G. A. R. Global, regional, and national fossil-fuel CO<sub>2</sub> emissions. *Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, U.S.A.*, 2017. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>>.
- BOYCE, J. K. Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological Economics*, Elsevier, v. 11, n. 3, p. 169–178, 1994.
- CEBALLOS, G. et al. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, American Association for the Advancement of Science, v. 1, n. 5, p. e1400253, 2015.
- CEPAL, N. *Compacts for equality: Towards a sustainable future*. ECLAC, 2014.
- CLEMENT, M.; MEUNIE, A. Is inequality harmful for the environment? An empirical analysis applied to developing and transition countries. *Review of Social Economy*, JSTOR, p. 413–445, 2010.
- COLE, M. A.; RAYNER, A. J.; BATES, J. M. The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and development economics*, Cambridge Univ Press, v. 2, n. 04, p. 401–416, 1997.
- COMMONER, B. A bulletin dialogue on. *Bulletin of the Atomic Scientists*, ERIC, 1972.

DIETZ, T.; ROSA, E. A. Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology. *Human ecology review*, JSTOR, v. 1, n. 2, p. 277–300, 1994.

DINDA, S. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, Elsevier, v. 49, n. 4, p. 431–455, 2004.

DOLLAR, D.; KRAAY, A. Growth is good for the poor. *Journal of economic growth*, Springer, v. 7, n. 3, p. 195–225, 2002.

DORSCH, M. T.; KIRKPATRICK, B. Economic growth, inequality, and environmental degradation. Paper presented at the annual meeting of the *European Public Choice Society*, Cambridge, April 3–6. [S.l.], 2014.

EHRlich, P. R.; HOLDREN, J. P. Impact of population growth. *Science*, v. 171, p. 1212–1217, 1971.

EHRlich, P. R.; HOLDREN, J. P. Impact of population growth. *Population, Resources, and the Environment*, U.S. Government Printing Office, p. 365–377, 1972.

FAN, Y. et al. Analyzing impact factors of CO<sub>2</sub> emissions using the STIRPAT model. *Environmental Impact Assessment Review*, Elsevier, v. 26, n. 4, p.377–395, 2006.

FEENSTRA ROBERT C., R. I.; TIMMER, M. P. The next generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), p. 3150–3182, 2015. Disponível em: <[www.ggdc.net/pwt](http://www.ggdc.net/pwt)>.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Environmental impacts of a North American free trade agreement. [S.l.], 1991.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. The quarterly journal of economics, *Oxford University Press*, v. 110, n. 2, p. 353–377, 1995.

GRUNEWALD, N. et al. The trade-off between income inequality and carbon dioxide emissions. *Ecological Economics*, Elsevier, v. 142, p. 249–256, 2017.

HALPERN, B. S. et al. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 319, n. 5865, p. 948–952, 2008.

HEERINK, N.; MULATU, A.; BULTE, E. Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, Elsevier, v. 38, n. 3, p. 359–367, 2001.

JORGENSEN, A. K. et al. Domestic inequality and carbon emissions in comparative perspective. In: WILEY ONLINE LIBRARY. *Sociological Forum*. [S.l.], 2016. v. 31, n. S1, p. 770–786.

KNIGHT, K. W.; SCHOR, J. B.; JORGENSEN, A. K. Wealth inequality and carbon emissions in high-income countries. *Social Currents*, v. 4, n. 5, p. 403–412, 2017.

KUZNETS, S. Economic growth and income inequality. *The American economic review*, JSTOR, p. 1–28, 1955.

LIDDLE, B.; LUNG, S. Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts. *Population and Environment*, Springer, v. 31, n. 5, p. 317–343, 2010.

LUSTIG, N. et al. Deconstructing the decline in inequality in Latin America. In: *Inequality and Growth: Patterns and Policy*. [S.l.]: Springer, 2016. p.212–247.

NATIONS, U. Standard Country or Area Codes for Statistical Use. 2017. Disponível em: <<https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>>.

OECD. In It Together: Why Less Inequality Benefits All. [S.l.]: *OECD Publishing*, 2015.

PABLO-ROMERO, M. d. P.; JESÚS, J. D. Economic growth and energy consumption: The energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 60, p.1343–1350, 2016.

PANAYOTOU, T. et al. *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. [S.l.], 1993.

PASTEN, R.; FIGUEROA, E. et al. The environmental Kuznets curve: a survey of the theoretical literature. *International Review of Environmental and Resource Economics*, now publishers, v. 6, n. 3, p. 195–224, 2012.

PETERS, G. P. et al. Rapid growth in CO<sub>2</sub> emissions after the 2008–2009 global financial crisis. *Nature Climate Change*, Nature Research, v. 2, n. 1, p. 2–4, 2012.

RAUPACH, M. R. et al. Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 104, n. 24, p. 10288–10293, 2007.

RAVALLION, M.; HEIL, M.; JALAN, J. Carbon emissions and income inequality. *Oxford Economic Papers*, Oxford University Press, v. 52, n. 4, p. 651–669, 2000.

ROBALINO-LÓPEZ, A. et al. Studying the relationship between economic growth, CO<sub>2</sub> emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela (1980–2025). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 41, p.602–614, 2015.

SCRUGGS, L. A. Political and economic inequality and the environment. *Ecological economics*, Elsevier, v. 26, n. 3, p. 259–275, 1998.

SOLOMON, S. et al. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the national academy of sciences*, National Acad Sciences, v. 106, n. 6, p. 1704–1709, 2009.

SOLT, F. Standardizing the world income inequality database. *Social Science Quarterly*, Blackwell Publishing Inc, v. 90, n. 2, p. 231–242, 2009. ISSN 1540-6237. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6237-.2009.00614.x>>.

SOLT, F. The standardized world income inequality database. *Social Science Quarterly*, v. 97, 2017. SWIID Version 6.0, July 2017.

STERN, D. I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, Elsevier, v. 32, n. 8, p. 1419–1439, 2004.

TORRAS, M.; BOYCE, J. K. Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, Elsevier, v. 25, n. 2, p. 147–160, 1998.

VÖRÖSMARTY, C. J. et al. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 467, n. 7315, p.555–561, 2010.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. [S.l.]: *New Society Publishers*, 1998.

WEIZSÄCKER, E. U. von et al. Decoupling 2: technologies, opportunities and policy options. [S.l.]: *United Nations Environment Programme*, 2014.

YORK, R.; ROSA, E. A.; DIETZ, T. STIRPAT, IPAT and IMPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological economics*, Elsevier, v. 46, n. 3, p. 351–365, 2003.

ZILIO, M.; RECALDE, M. GDP and environment pressure: the role of energy in Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, Elsevier, v. 39, n. 12, p.7941–7949, 2011.



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
Pró-Reitoria de Graduação  
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar  
Porto Alegre - RS - Brasil  
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564  
E-mail: [prograd@pucrs.br](mailto:prograd@pucrs.br)  
Site: [www.pucrs.br](http://www.pucrs.br)