

BRUNO ALFREDO ISSA

**IMPACTO DA DESCENTRALIZAÇÃO FISCAL SOBRE O MEIO AMBIENTE NOS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Curso de Economia, Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Economia.

Orientador: Fabiana Fontes Rocha
Coordenador: Luis Eduardo Meloni

SÃO PAULO

2022

BRUNO ALFREDO ISSA

**IMPACTO DA DESCENTRALIZAÇÃO FISCAL SOBRE O MEIO AMBIENTE NOS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Curso de Economia, Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Economia.

Orientador: Fabiana Fontes Rocha
Coordenador: Luis Eduardo Meloni

SÃO PAULO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Issa, Bruno.

Impacto da descentralização fiscal sobre o meio ambiente nos municípios brasileiros – São Paulo, 2022.

35 pgs.

Área de concentração: Economia Geral.

Orientador: Profa. Dra. Fabiana Fontes Rocha

Dissertação – Universidade de São Paulo.

1.Federalismo; 2. Meio ambiente; 3. Setor público

Dedico este trabalho aos meus pais, Gilberto e Ana, que tanto se empenharam na
educação de seus filhos

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas de graduação, que tornaram essa trajetória mais divertida e enriquecedora

Agradeço também à Professora Fabiana Rocha, que além de excelente docente, também foi bastante solícita ao longo da realização deste projeto

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
3 METODOLOGIA	21
3.1 MÉTODO.....	21
3.2 MODELO I.....	21
3.3 MODELO II.....	25
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
4 RESULTADOS.....	28
5 DISCUSSÃO	31
6 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXO 1 - RESULTADOS DOS TESTES.....	35

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -ESTADOS QUE MONITORAM EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E MUNICÍPIOS DO PAINEL.....	22
--	-----------

RESUMO

IMPACTO DA DESCENTRALIZAÇÃO FISCAL SOBRE O MEIO AMBIENTE NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Este trabalho busca avaliar o impacto da descentralização fiscal sobre a poluição atmosférica e as emissões de gás carbônico (CO₂) nos municípios brasileiros. Por meio de uma abordagem econométrica, constroem-se dois modelos de efeitos fixos, para diferentes painéis de cidades do Brasil. No primeiro, a variável dependente, utilizada para medir poluição, consiste em um índice composto através de dados de concentrações atmosféricas, enquanto, no segundo, a variável explicada afere as emissões equivalentes de gás carbônico (CO_{2e}) derivadas da atividade econômica em cada municípios. Em ambos os casos, a variável de interesse mede o percentual da receita pública do município oriunda de transferências governamentais de todos os tipos e origens.

Nos dois modelos, encontrou-se uma relação positiva e estatisticamente significativa entre descentralização fiscal e poluição ambiental. No primeiro, um aumento de 1% da participação das transferências governamentais na receita dos municípios brasileiros acarreta, em média, um aumento de 0,6% no Índice de Qualidade do Ar (que é maior quanto piores forem as condições ambientais). No segundo, um aumento de 1% na descentralização fiscal faz com que as cidades brasileiras emitam, em média, 4,7 quilogramas de gás carbônico adicionais por ano na atmosfera. Nesse sentido, os achados deste trabalho corroboram a hipótese de pesquisa de que municípios com maior autonomia orçamentária, i.e., municípios que têm mais independência de outras esferas de governo, tendem a ser menos poluentes, haja vista que possuem maior capacidade de incorporar as preferências dos moradores por bem-estar ambiental em suas funções de utilidade.

Descritores: federalismo ecológico, meio ambiente, economia do setor público

ABSTRACT

IMPACT OF FISCAL DECENTRALIZATION ON THE ENVIRONMENT IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES

This paper seeks to evaluate the impact of fiscal decentralization on air pollution and carbon dioxide (CO₂) emissions in Brazilian municipalities. Through an econometric approach, two fixed effects models are built for different panels of cities in Brazil. In the first, the dependent variable, used to measure air pollution, consists of an index composed through data of atmospheric concentrations, while, in the second, the explained variable measures the equivalent emissions of carbon dioxide (CO_{2e}) derived from economic activity in each municipality. In both cases, the variable of interest measures the percentage of the municipality's public revenue that comes from government transfers.

In both models a positive and statistically significant relationship was found between fiscal decentralization and environmental pollution. In the first model, a 1% increase in the share of government transfers in the revenues of Brazilian municipalities leads, on average, to a 0.6% increase in the Air Quality Index (which is higher the worse the environmental conditions are). In the second, an increase of 1% in fiscal decentralization causes Brazilian cities to emit, on average, 4.7 kilograms of additional carbon dioxide per year into the atmosphere. Thus, the findings of this paper corroborate the research hypothesis that municipalities with greater budgetary autonomy, i.e., municipalities that face fewer constraints in the execution of local policies, tend to be less polluting and less attentive to environmental issues.

Key words: ecological federalism, environment, public sector economics

1 INTRODUÇÃO

Em economia do setor público, assume-se que a função primordial de um governo é a de corrigir falhas de mercado, garantindo o provimento de bens públicos em um nível socialmente ótimo. Para tal, um governo usualmente organiza-se através de uma autoridade central, que concentra e unifica certas políticas adotadas em todo o território, e de autoridades subnacionais, que desempenham atividades e políticas focalizadas somente em seus respectivos distritos. A este arranjo organizacional denomina-se federalismo, que Bednar define como “um sistema de governo caracterizado por estados semi-autônomos em um regime com um governo central comum”¹.

A decisão entre prover determinado bem público centralmente ou delegá-lo às autoridades subnacionais acaba por impactar a eficiência dessa política. Em se tratando de um serviço público que gere externalidades, por exemplo, imagina-se que o governo federal seja capaz de atender à demanda de maneira mais eficaz, haja vista que este possui a capacidade de internalizar essas externalidades. Já, em um contexto de assimetria de informação, em que o governo central não observa perfeitamente as demandas locais, supõe-se que o governo federal acabe por subprover este serviço.

Os estudos em federalismo, portanto, buscam fornecer evidências que possam subsidiar uma repartição racional das responsabilidades ao longo das esferas da administração pública. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o impacto, no contexto brasileiro, da descentralização dos compromissos ambientais, o chamado federalismo ecológico, sobre os indicadores locais de poluição.

O trabalho organiza-se em seis seções. Esta primeira introduz o tema do estudo, sua motivação, bem como seu objetivo. Na segunda seção realiza-se uma ampla revisão da literatura por meio da análise dos trabalhos mais relevantes da área de federalismo,

¹ Bedner, J. *The Political Science of Federalism. Annual Review of Law and Social Science*, v. 7, p. 269-288, 2011.

passando pelos artigos inaugurais, até os trabalhos recentes, que envolvem as discussões de federalismo ecológico. Na terceira seção descreve-se os modelos a serem estimados, as variáveis empregadas, bem como as técnicas estatístico-econométricas utilizadas para garantir a devida especificação do fenômeno estudado. A quarta seção é reservada para a apresentação dos resultados das estimações. Na seção cinco discute-se os principais resultados do modelo, suas limitações e potenciais implicações. Na última seção realiza-se uma breve revisão de todo o trabalho e analisa-se suas principais contribuições para a literatura empírica da área, bem como potenciais incrementos que possam ser feitos em estudos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Boa parte das discussões teóricas em federalismo baseia-se em modelos que buscam encontrar um mix distributivo de bens públicos, ao longo dos níveis de governo, que maximize a eficiência alocativa de uma economia, sendo o mais famoso deles o seminal modelo de Tiebout (1956)². Segundo o autor, em uma economia sem fricções³, as autoridades subnacionais (ou, o que é o mesmo, os municípios) competiriam por moradores, que, uma vez tendo relações de preferência heterogêneas, “votariam com os pés”, escolhendo suas residências com base na comparação entre os preços e quantidades de bens públicos oferecidos por cada município. Sendo assim, o resultado do modelo seria um equilíbrio competitivo maximizador de bem-estar social.

O corolário mais importante do modelo de Tiebout refere-se à forma como os níveis de governo se organizam para prover determinadas categorias de bens e serviços. Uma vez que os moradores tomam suas decisões com base nas quantidades providas localmente, espera-se que seja mais eficiente delegar às autoridades subnacionais o provimento de bens públicos com alta relação benefício-imposto, isto é, que sejam sensíveis à maior parte da população (aquí pode-se pensar, por exemplo, em políticas de reparo de ruas, de coleta de lixo, e de fornecimento de saúde e educação básicas). Em contrapartida, políticas públicas com objetivos focalizados (e.g. políticas educacionais específicas (como programas de treinamento), ou programas de

² Tiebout, C. M. *A Pure Theory of Local Expenditures*. ***Journal of Political Economy***, v. 64, p. 416-424, 1956

³ Algumas das principais hipóteses que o modelo de Tiebout assume são: i) plena mobilidade dos indivíduos entre municípios (de tal forma que, por exemplo, o trabalho não afeta a decisão de moradia), ii) inexistência de ruído informacional, em um ambiente em que todos os indivíduos conhecem os pares de preço (imposto, tipicamente do tipo *lump-sum*) e quantidade de bens públicos ofertados por todos os municípios da economia e iii) bens públicos não geram externalidades, como efeitos que transbordam para municípios vizinhos.

transferência de renda), que não agregam utilidade à maior parcela dos consumidores, bem como políticas com externalidades e economias de escala (e.g. defesa nacional), geralmente subprovidas em situações de competição de mercado, devem ser delegadas aos governos centrais, capazes de internalizar externalidades e corrigir as falhas tipicamente acarretadas por modelos de concorrência perfeita.

É neste contexto em que estão inseridas as discussões de federalismo ecológico, literatura que tem como objetivo fornecer evidências capazes de subsidiar decisões de centralização ou descentralização de políticas de meio-ambiente e de combate à poluição. Por um lado, qualidade ambiental parece ser um bem público local, haja vista que impacta diretamente, e de forma homogênea, todos os habitantes de um determinado município. Nesse sentido, então, conforme indica a literatura de competição interjurisdicional, a descentralização das responsabilidades ecológicas levaria à provisão eficiente do bem em questão. Entretanto, é plausível imaginar eventuais ineficiências decorrentes desta forma de organização, por exemplo em um contexto em que municípios tomem decisões ambientais levando em conta apenas a utilidade de residentes, e, por conseguinte, desconsiderando o impacto de suas ações sobre o bem-estar de não-residentes.

O ponto de partida de todas as discussões em federalismo ecológico envolve avaliar a hipótese fundamental de todos os modelos de competição interjurisdicional: o pressuposto de que os fatores de produção de uma economia “votam com os pés”, e, portanto, têm plena liberdade para circular entre as jurisdições de acordo com as suas relações de preferência por bens públicos. A maior parte da literatura acerca da mobilidade do trabalho indica que, quanto maior o nível de governo, menor é a capacidade dos moradores de responderem à mudanças em políticas públicas. Long (1991)⁴, ao analisar dados de mudanças de residência nos EUA entre as décadas de 1970 e 1980, encontra que aproximadamente 60% destas foram mudanças intramunicipais, e 80% foram intraestaduais, concluindo assim que dificilmente esses

⁴ Long, L. *Residential Mobility Differences among Developed Countries*. ***International Regional Science Review***, v. 14, p. 133-147, 1991.

movimentos migratórios tenham decorrido de mudanças na condução de políticas de meio-ambiente ou de agravamentos na qualidade ambiental nos municípios de origem dos migrantes.

Outros autores fornecem evidências adicionais que fragilizam essa hipótese. Davies et al. (2001)⁵, ao estudarem os determinantes das migrações interestaduais nos EUA, chegam à conclusão de que a probabilidade de um indivíduo se deslocar de um estado a outro está altamente associada à fatores econômicos, em especial aos níveis de desemprego e renda per capita de cada distrito, e pouco associada, por exemplo, à qualidade de vida (em termos ecológicos) de cada lugar. Molloy et al. (2011)⁶ concluem que, nos EUA, o nível de educação dos indivíduos impacta de maneira heterogênea os deslocamentos interestaduais, sendo que a taxa de migração para indivíduos pós-graduados, por exemplo, é maior que o dobro dessa para indivíduos que não chegaram a concluir o ensino médio (2,1% vs 1,0%). Com base nessas evidências, dificilmente pode-se assumir (como o fazem boa parte dos estudos teóricos em competição federalista) que i) moradores de um determinado município são significativamente sensíveis a mudanças ambientais e de políticas ecológicas e ii) que essa sensibilidade é homogênea entre todos os habitantes, independentemente de suas características socioeconômicas.

Outra hipótese dos modelos de competição interjurisdicional, que deve ser validada no contexto de políticas ambientais, é a de que esses bens públicos locais não geram externalidades, ou seja, seus efeitos não transbordam para municípios/estados vizinhos. Novamente, essa hipótese parece ser suficientemente forte em se tratando de poluição e meio-ambiente, contexto em que é bastante plausível imaginar que, por exemplo, a poluição de um determinado município seja transferida à outros por meio do ar ou dos rios que cruzam mais de uma jurisdição. Boa parte da literatura, de fato,

⁵ Davies, P.S., et al. *A Conditional Logit Approach to U.S. State-to-State Migration*. **Journal of Regional Science**, v. 41, p. 337-360, 2001.

⁶ Molloy, R., et al. *Internal Migration in the United States*. **Journal of Economic Perspectives**, v. 25, p. 173-196, 2011.

sugere que políticas ambientais geram externalidades em alguma medida. Kahn (1999)⁷ avalia o impacto da atividade industrial nos municípios norte-americanos sobre as concentrações atmosféricas de Partículas Totais em Suspensão (PTS) em municípios vizinhos, encontrando resultados positivos e estatisticamente significantes que variaram de acordo com os tipos de indústria considerados no estudo. Sigman (2005)⁸ estuda o impacto de efeitos de carona sobre a emissão de poluentes nos municípios do EUA, utilizando econometria espacial e baseado-se em dados de localização de rios. Os resultados confirmam a hipótese de pesquisa: municípios localizados próximos à margens a montante de rios tendem a emitir mais poluentes, uma vez que sabem que parte desses poluentes será dissipada, através da água, para municípios localizados próximos à margens a jusante.

É no contexto dos modelos e evidências supracitadas que insere-se o presente estudo. A literatura consultada sugere que os resultados da descentralização das políticas ambientais podem ser ambíguos. Por um lado, por se tratar de um serviço com características de bem público local, imagina-se que o fortalecimento da independência das autoridades subnacionais, por meio de um processo de intensa competição interjurisdicional, leve a economia à uma poluição de equilíbrio maximizadora de bem-estar. Por outro lado, porém, dado que existem uma série de falhas atreladas à provisão de qualidade ambiental por meio de mecanismos de mercado, é razoável supor que a delegação dessas atividades aos distritos gere problemas de subprovisão, e que uma maior concentração das responsabilidades nos governos centrais seja capaz de internalizar essas externalidades e de fornecer o bem público ambiental em um nível socialmente ótimo. Assim, dada a escassez de literatura quantitativa em federalismo ecológico, especialmente em se tratando de

⁷ Kahn, M.E. *The Silver Lining of Rust Belt Manufacturing Decline*. **Journal of Urban Economics**, v. 46, p. 360-376, 1999.

⁸ Sigman, H. *Transboundary Spillovers and Decentralization of Environmental Policies*. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 50, p. 82-101, 2005.

Brasil (haja vista que a maior parte dos trabalhos de avaliação de impacto na área referem-se a China e EUA), o presente trabalho cumpre um importante papel.

A maior parte da literatura específica consultada mensura o grau de autonomia que um determinado município/distrito possui na condução de suas políticas ambientais por meio das transferências governamentais. É um fato estilizado de economia do setor público que autoridades subnacionais têm mais dificuldade em financiar bens públicos locais, muito por conta da maior sensibilidade dos fatores capital e trabalho à tributação no nível local em comparação ao nível nacional. Nesse sentido, as transferências realizadas pelo governo central surgem com o intuito de reforçar a arrecadação dos municípios. Como ver-se-á, municípios que conseguem se financiar com mais facilidade têm maior autonomia para prover bens e serviços (inclusive os ambientais), enquanto que municípios que são mais dependentes do governo central tendem a ter mais restrições impostas à execução de seus orçamentos.

As transferências governamentais podem ser de três tipos: transferências incondicionais sem contrapartida (ou *unconditional block grants*), transferências condicionais sem contrapartida (ou *conditional block grants*) e transferências condicionais com contrapartida (ou *conditional matching grants*). As *unconditional block grants* funcionam como um simples complemento orçamentário, uma vez que consistem em repasses de recursos sobre os quais os municípios detêm total autonomia. No Brasil, a principal transferência dessa categoria, em se tratando de transferências união-municípios, é o FPM, Fundo de Participação dos Municípios. As *conditional block grants*, por sua vez, são repasses que devem ser destinados à uma determinada política pública específica (por exemplo, gastos com saúde básica ou com políticas de segurança pública). Os dois principais exemplos de transferências desse tipo no país são as transferências da saúde (SUS) e da educação (FUNDEB). Por fim, as *matching grants* são também transferências condicionadas, mas que além disso exigem do município uma contrapartida fiscal própria. Apesar de ser a categoria de transferências governamentais que melhor gera incentivos para a provisão de um

bem público específico⁹, as transferências condicionais com contrapartida são pouco utilizadas no Brasil.

É nesse sentido que assume-se a hipótese de que, quanto maior o percentual de arrecadação de um município oriundo de transferências governamentais (a chamada descentralização fiscal), menor é o seu grau de autonomia para a provisão de bens públicos locais e maior sua suscetibilidade às demandas pressões do governo federal. Dado esse grau de indexação da transferência, quanto maior for sua participação no orçamento do governo local, menor será a disponibilidade de verbas locais para gastos discricionários.

Conforme dito anteriormente, grande parte da literatura empírica consultada refere-se à China, o que se deve ao fato de que o modelo de desenvolvimento econômico chinês é fortemente baseado na descentralização de recursos e na autonomia orçamentária concedida a governantes locais.

Hongying et al. 2022¹⁰, buscam avaliar o impacto da descentralização fiscal sobre os indicadores de poluição na China. Para tal, os autores constroem dois modelos econométricos de efeitos fixos, para um painel compostos de observações dos municípios chineses entre os anos de 2014 e 2018. No primeiro, a variável dependente mede as concentrações atmosféricas de dióxido de enxofre (SO₂), enquanto no segundo, a variável explicada mede o grau de concentração atmosférica de material particulado com tamanho inferior a 2.5 µg (PM_{2.5}). A variável de interesse, em ambos

⁹ Em um exemplo ilustrativo, sob a hipótese de que os governos têm relações de preferência homotéticas, tanto as transferências incondicionais quanto as condicionais sem contrapartida geram apenas um efeito renda sob a restrição orçamentária do município, sem efeito sobre a combinação de bens públicos ofertados. Alternativamente, as transferências condicionais com contrapartida, ao condicionarem as transferências a uma contrapartida financeira, fazem com que a percepção de preços relativos dos bens públicos por parte dos governos municipais sofra alterações, de tal forma a mudar o mix ofertado (em prol do serviço focalizado pela transferência em questão), ou seja, gerando assim tanto um efeito renda quanto um efeito substituição.

¹⁰ Hongying C. et al. *Fiscal Decentralization and Environmental Pollution*. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, p. 1-12, 2022

os modelos, mede o grau de federalismo fiscal de cada lugar (receita oriunda de transferências divida pela receita municipal total), e, como variáveis de controle, os autores utilizam a densidade populacional, o PIB per capita, indicadores de atividade industrial, de desenvolvimento de ciência e tecnologia, e de preservação da natureza. Ainda, para corrigir eventuais problemas de endogeneidade (em especial algum viés de variável omitida), os autores constroem também um modelo de variáveis instrumentais, em que a média de descentralização fiscal da província em que o município está inserido (excluída a observação do próprio município) serve como instrumento (haja vista que é uma medida que guarda correlação com o nível de descentralização fiscal do município (municípios de uma mesma província tendem a ter níveis de descentralização semelhantes) e é independente dos níveis de poluição naquele município). Em ambos os modelos, os autores encontram resultados positivos, estatisticamente significantes, e heterogêneos ao longo da amostra (em que municípios localizados no lado leste do país, historicamente mais identificados com a cultura confucionista, tendem a ser menos poluentes que os demais).

Em artigo semelhante, Shufen et al. 2020¹¹, valendo-se de uma abordagem econométrica parecida, também buscam avaliar, por meio da construção de um modelo de efeitos fixos, o impacto da descentralização fiscal sobre a poluição nos municípios chineses, com base em um painel de dados entre 2007 e 2015. A variável dependente do modelo empregado pelos autores mede as concentrações atmosféricas de dióxido de enxofre (SO₂) em cada cidade (já que a matriz energética chinesa é altamente dependente do carvão, que tem no SO₂ um de seus principais poluentes), e a variável de interesse também mensura o percentual da arrecadação municipal total oriunda de transferências governamentais. A grande contribuição do trabalho em questão frente ao artigo supracitado refere-se à incorporação, na equação estrutural do modelo, de uma variável de interesse resultante da interação entre a variável de descentralização fiscal e uma outra variável, chamada de “preferências

¹¹ Shufen G. et al. *Fiscal Decentralization and Local Environmental Pollution in China*. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, p. 1-17, 2020.

ambientais do governo”, que mede o quanto o governo local gasta (em termos per capita) com políticas de proteção ambiental (e que pode ser interpretada como as preferências de cada governo municipal por proteção ao meio ambiente). Nesse sentido, essa nova variável mede o impacto atenuante das preferências ambientais dos governos sobre a poluição ambiental acarretada pela descentralização fiscal. Os resultados encontrados pelos autores são estatisticamente significantes e confirmam as hipóteses iniciais: descentralização fiscal gera aumento de poluição no nível dos municípios, e as preferências ambientais do governo são capazes de diminuir o impacto desse efeito.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODO

A metodologia empregada neste trabalho tem por objetivo estudar o impacto da descentralização fiscal sobre indicadores de poluição e de qualidade ambiental nos municípios brasileiros. A literatura relevante, apesar de abordar o problema sob óticas diferentes, apresenta equações estruturais para os modelos estatístico-econométricos estimados bastante semelhantes:

$$poluic_{it} = \beta_0 + \beta_1 Desc_{it} + \beta_k X_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

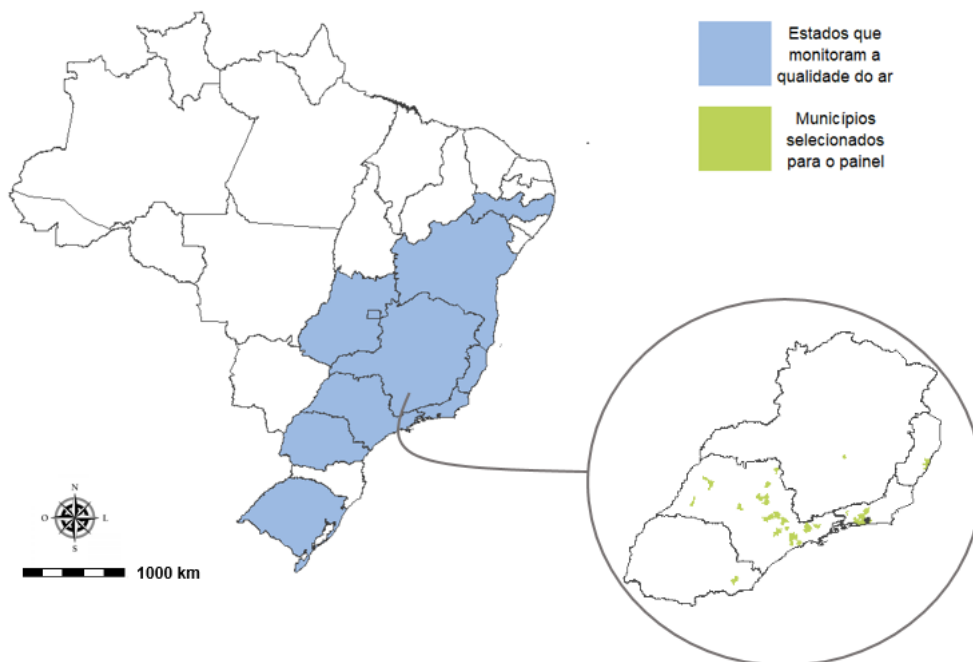
Os trabalhos geralmente empregam como estratégia estatística os modelos de dados em painel, utilizando indicadores de poluição (*poluic*) como variável dependente, de descentralização fiscal (*Desc*) como variável de interesse, além de uma matriz de variáveis de controle regional. No presente artigo, foram construídos dois modelos, utilizando variáveis dependentes diferentes. No primeiro, utiliza-se dados de concentrações atmosféricas, enquanto no segundo, emprega-se dados de estimativas de emissões de gás carbônico.

3.2 MODELO I

O primeiro modelo utiliza como variável dependente a poluição do ar, no nível do município, mensurada por meio da concentração atmosférica de poluentes. Nesse sentido, este modelo enfrenta uma importante restrição quantitativa, dada a escassez de dados disponíveis. No Brasil, a responsabilidade pelo monitoramento do ar é delegada aos estados, que financiam seus próprios institutos para realizar tais atividades. Entretanto, atualmente apenas 10 unidades da federação prestam esse

tipo de serviço¹², e, dentro desse grupo, não há padronização de medidas, muitas das séries temporais são insuficientes (alguns estados iniciaram este tipo de atividade somente em 2017, por exemplo), além de haver também descontinuidades ao longo do tempo. Assim, optou-se, no modelo, por utilizar, como variável explicada, as informações de concentrações atmosféricas de 46 municípios localizados nos 5 estados pioneiros na atividade de monitoramento de qualidade do ar no país (SP, RJ, PR, ES e MG), com base em um painel de dados entre os anos de 2000 e 2019. O limite inferior do painel (ano de 2000) refere-se ao primeiro ano no qual os cinco estados, conjuntamente, passaram a divulgar este tipo de informação. O limite superior (ano de 2019), refere-se ao último ano para o qual importantes variáveis de controle foram divulgadas no nível de desagregação municipal (como por exemplo o PIB per capita).

Figura 1: Estados que monitoram emissões atmosféricas e municípios do painel



¹² IEMA: Instituto de Energia e Meio Ambiente. Disponível em: <http://energiaeambiente.org.br/>. Visto por último em 06/10/2022

Fonte: IEMA. Elaboração própria

A equação estrutural do modelo estimado pode ser observada na equação 2:

$$IQA_{it} = \beta_0 + \beta_1 Desc_{it} + \beta_2 Dens_{pop_{it}} + \beta_3 PIB_{PC_{it}} + \beta_4 Indust_{PC_{it}} + Di_t + a_i + D_t + \mu_{it} \quad (2)$$

A variável de interesse, que mede a descentralização fiscal do município i no ano t ($Desc$), foi obtida através de dados do Finbra e do Siconfi (ambos sistemas atrelados à Secretaria do Tesouro Nacional), e mede o percentual das receitas municipais oriundo de transferências governamentais (de todas as naturezas e origens). A variável de controle $Dens$ mede a densidade populacional dos municípios, e foi obtida através de informes anuais de área e população disponibilizados pelo IBGE. PIB_{PC} representa o PIB per capita de cada município, em reais de 2019, e foi construída com base em informações disponibilizadas pelo IpeaData. A variável $Indust_{PC}$ representa o nº de estabelecimentos industriais per capita em cada cidade, e foi obtida através de dados da RAIS, considerando as CNAEs B (indústrias extrativas) e C (indústrias de transformação).

Di_t é uma dummy que controla pela unidade da federação a qual o município está vinculado. Conforme mencionado acima, a variável dependente é resultado da consolidação de dados estaduais. Para alguns institutos de monitoramento específicos (SP, RJ e PR), foi possível perceber algumas heterogeneidades ao longo do tempo (por exemplo, no Paraná, a partir de 2016, os dados estão disponibilizados em médias das máximas diárias), que foram controladas no modelo por meio dessas dummies. a_i é uma variável que controla pelos efeitos fixos dos municípios, não observados ao longo do tempo, enquanto D_t é uma dummy de ano.

Por fim, a variável dependente, IQA , representa a média anual da concentração de poluentes na atmosfera em cada cidade. Como as bases estaduais monitoram poluentes diferentes (CO, CO₂, NO₂, SO₂...), todas as médias anuais, de todos os poluentes monitorados, e em todos os municípios, foram transformadas em um

número índice, universal, chamado Índice de Qualidade do Ar (IQA)¹³, desenvolvido por autoridades ambientais internacionais justamente com o intuito de permitir maior comparabilidade entre concentrações atmosféricas de poluentes diferentes. Em municípios que monitoraram mais de um poluente em um determinado ano, a variável dependente refere-se à média dos índices. A equação 3 mostra a fórmula de cálculo do IQA.

$$IQA = \frac{I_{Sup} - I_{Inf}}{C_{Sup} - C_{Inf}} (C - C_{Inf}) + I_{Inf} \quad (3)$$

Em que C representa a concentração atmosférica do poluente em questão (em microgramas por metro cúbico (ug/m³) ou em partes por milhão (ppm)), C_{Inf} e C_{Sup} representam os limiares de concentração que determinam a faixa de periculosidade à saúde em que cada nível concentração (C) se encontra, e I_{Inf} e I_{Sup} representam os limiares do IQA também de acordo com o nível de periculosidade à saúde de cada concentração C . Os limiares estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: limiares do Índice de Qualidade do Ar (IQA) para cada poluente

Qualidade	Índice $I_{Inf} - I_{Sup}$	MP10	MP2,5	O3	CO	NO2	SO2
		(ug/m ³) $C_{Inf} - C_{Sup}$	(ug/m ³) $C_{Inf} - C_{Sup}$	(ug/m ³) $C_{Inf} - C_{Sup}$	(ppm) $C_{Inf} - C_{Sup}$	(ug/m ³) $C_{Inf} - C_{Sup}$	(ug/m ³) $C_{Inf} - C_{Sup}$
N1 – Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200	0 – 20
N2 – Moderada	41 – 80	>50 – 100	>25 – 50	>100 – 130	>9 – 11	>200 – 240	>20 – 40
N3 – Ruim	81 – 120	>100 – 150	>50 – 75	>130 – 160	>11 – 13	>240 – 320	>40 – 365
N4 – Muito Ruim	121 – 200	>150 – 250	>75 – 125	>160 – 200	>13 – 15	>320 – 1130	>365 – 800
N5 – Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Fonte: CETESB. Elaboração própria

As estatísticas descritivas do primeiro modelo estão dispostas na tabela 2

¹³ Qualidade do Ar. CETESB. Disponível em; <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/padrees-de-qualidade-do-ar/>>. Visto por último em 06/10/2022

Tabela 2: Estatísticas descritivas do modelo I

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
IQA	855	192.5543	7.610.707	.1692689	9.463.607
DESC	855	.6063975	.145104	.2666113	.9896893
DENS_POP	855	2.683.388	3.554.952	9.174.893	14006.77
PIB_R	855	3.98e+07	1.08e+08	12595.3	8.15e+08
PIB_PERCAP	855	6.427.153	1.052.965	.0191962	1.184.386
INDUST_PC	855	.0026237	.0059748	.0002892	.0686699

3.3 MODELO II

No segundo modelo, a variável dependente representa as emissões de carbono equivalente (CO_{2e}) per capita em cada cidade i , entre os anos de 2015 e 2019. Os dados foram obtidos por meio do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa (SEEG - Brasil), que calcula, com base em fatores de emissão calculados pela ONU e em indicadores de atividade econômica municipal, estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa.

A equação estrutural do modelo II é apresentada na equação 3:

$$CO_{2e_{it}} = \beta_0 + \beta_1 Desc_{it} + \beta_2 Dens_{pop_{it}} + \beta_3 PIB_{PC_{it}} + \beta_4 Indust_{PC_{it}} + \beta_5 Amb_{PC_{it}} + \beta_6 (Amb_{PC_{it}} * Desc_{it}) + a_i + D_t + \mu_{it} \quad (3)$$

Há uma semelhança com o modelo anterior. Neste caso, porém, adiciona-se à equação duas novas variáveis explicativas, associadas aos parâmetros β_5 e β_6 . Amb_{PC} , obtida através de dados da Secretaria do Tesouro Nacional, representa o orçamento per capita (em R\$ de 2019) destinado por cada município à gestão ambiental. Esta variável, conforme proposto por Shufen G. et al. (2020), pode ser interpretada como as preferências dos governos locais por proteção ambiental. Assim, em linha com a prática adotada pelos autores supracitados, a variável de interação entre a descentralização fiscal e os gastos com gestão ambiental ($Amb_{PC} * Desc$) mede o quanto as preferências dos governos locais por proteção ambiental são capazes de atenuar (ou eventualmente intensificar) os efeitos da descentralização fiscal sobre o meio ambiente.

As estatísticas descritivas do modelo II estão dispostas na tabela 3

Tabela 3: Estatísticas descritivas do modelo II

Variable	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min	Max
DESC	14,372	.8004101	.1227676	.0006366	.9995705
CO2e	14,372	1.569.471	4.235.649	-6.343.206	6.758.689
DENS_POP	14,372	146.398	6.879.632	.1446039	13696.93
PIB_R	14,372	1955994	1.68e+07	13010.94	7.74e+08
PIB_PERCAP	14,372	3.063.708	5.228.316	.2097111	1.526.021
INDUST_PC	14,372	.0019707	.0025624	0	.0685777
AMB_PERCAP	14,372	4.349.164	2.019.287	1.000.208	10383.86

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste trabalho, foram considerados como estratégias estatísticas os modelos de dados em painel, que acompanham observações de uma mesma amostra (dimensão transversal, nesse caso os municípios brasileiros) ao longo do tempo (dimensão temporal). As principais vantagens de se utilizar dados em painel são o aumento do poder informacional do modelo (dado o aumento no tamanho da amostra), a diminuição na sua variabilidade, além da possibilidade de análises de dinâmicas evolutivas.

A fim de estabelecer a melhor especificação para os modelos a serem estimados, conduziu-se uma série de análises e testes estatísticos¹⁴. Inicialmente, o teste de especificação de Hausman, que compara o estimador de efeitos fixos ao de efeitos aleatórios (Hausman, 1978) levou à rejeição da hipótese nula em ambos os modelos, de forma que, nos dois, apenas o estimador de efeitos fixos foi considerado consistente (e, portanto, assume-se como hipótese de identificação que os efeitos fixos não observáveis ao longo do tempo (a_i) são correlacionados com a variável de

¹⁴ Os resultados de todos os testes, bem como os gráficos dos resíduos amostrais, para ambos os modelos, estão dispostos no Anexo I.

interesse). Adicionalmente, a fim de verificar a eficiência das estimativas, as amostras foram testadas para a presença de heterocedasticidade (tanto via análise gráfica dos resíduos, quanto via teste de Breusch-Pagan). No modelo I, a análise gráfica sugere que a variabilidade dos resíduos é constante ao longo da amostra. O teste de Breusch-Pagan confirma essa hipótese, de forma que, nesse caso, o estimador de efeitos fixos foi empregado sem a necessidade de correção do erro padrão. Já, no segundo modelo, a análise gráfica claramente sugere a presença de heterocedasticidade ao longo da amostra. Quanto maior a descentralização fiscal do município (eixo x), menor é a capacidade preditiva do modelo, e maior é a variabilidade dos resíduos amostrais (eixo y). O teste de Breusch-Pagan também confirma a intuição apresentada pelo gráfico. Assim, para o modelo II, a regressão foi realizada por meio de erro padrão robusto, de forma a corrigir a perda de eficiência acarretado pela presença de heterocedasticidade.

As variáveis monetárias foram deflacionadas pelo IPCA a valores constantes de 2019. No primeiro modelo, todas as variáveis foram transformadas em logaritmo natural¹⁵, de forma que a especificação adotada fosse do tipo *log-log*, em que os parâmetros estimados podem ser interpretados como elasticidades. No segundo modelo, somente as variáveis explicativas foram transformadas em logaritmo natural, dado que a variável dependente, a emissão de gás carbônico, pode ser negativa em alguns casos (municípios que geram crédito de carbono). Assim, seus coeficientes podem ser interpretados como semi-elasticidades. Por fim, todas as regressões foram realizadas múltiplas vezes, com a introdução gradual das variáveis explicativas. Esta estratégia funciona como um teste de robustez, que permite verificar a consistência dos parâmetros estimados.

¹⁵ Ao transformar as variáveis em logaritmo natural, além de possibilitar a análise de elasticidades e semi-elasticidades, atenua-se o efeito de *outliers* amostrais sobre o parâmetro estimado e sua variância.

4 RESULTADOS

A tabela 4 apresenta os resultados da estimação do primeiro modelo

Tabela 4: Resultados da estimação do modelo I

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	LN_IQA	LN_IQA	LN_IQA	LN_IQA
LN_DESC	0.370* (0.220)	0.516** (0.232)	0.587** (0.234)	0.600** (0.234)
LN_DENS_POP		0.183* (0.0944)	-0.0731 (0.149)	-0.370 (0.282)
LN_PIB_PERCAP			-0.266** (0.120)	-0.257** (0.120)
LN_INDUST_PC				-0.309 (0.249)
Constant	4.190*** (0.163)	2.988*** (0.642)	5.715*** (1.387)	5.766*** (1.387)
Observations	855	855	855	855
R-squared	0.316	0.319	0.323	0.325
Number of CODMUNI	46	46	46	46

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Os coeficientes associados às dummies estaduais e de ano foram excluídos da tabela, haja vista que essas variáveis foram incluídas somente para garantir a hipótese de identificação do modelo. Na versão com a especificação completa (modelo 4), os coeficientes associados às variáveis de densidade populacional (*Ln_Dens_Pop*) e industrial (*Ln_Indust_PC*) foram negativos, o que indica que um aumento em ambas acarreta, em média, uma diminuição da poluição do ar. Estes resultados, apesar de aparentemente contraintuitivo, não devem ser considerados na análise, uma vez que o teste-t levou à não-rejeição da hipótese nula em ambos os casos, o que significa que, a um nível de significância convencional de 5%, não se pode assumir que o impacto de ambas as variáveis explicativas sobre a variável dependente seja estatisticamente diferente de zero. Já o impacto do PIB per capita sobre a poluição do ar foi negativo e estatisticamente significativo, o que pode ser explicado pelo fato de que municípios mais ricos, com menos necessidades urgentes, tendem a se preocupar mais com questões ambientais.

Por fim, o impacto da variável de interesse (descentralização fiscal) sobre a variável dependente foi positivo e estatisticamente significativo, confirmando assim a hipótese da pesquisa: municípios com maior autonomia fiscal tendem a ser menos poluentes. Especificamente, os resultados do modelo indicam que um aumento de 1% no nível de descentralização fiscal de um município brasileiro acarreta, em média, em um aumento de 0,6% no Índice de Qualidade do Ar (IQA), que, conforme visto na seção anterior, é maior quanto maior forem os níveis de concentração de poluentes na atmosfera.

Os resultados do modelo II estão descritos na tabela 5

Tabela 5: Resultados da estimação do modelo II

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	CO ₂ e	CO ₂ e	CO ₂ e	CO ₂ e	CO ₂ e	CO ₂ e
LN_DESC	0.367 (1.081)	0.455 (1.043)	0.456 (1.043)	0.462 (1.043)	0.456 (1.045)	4.713* (2.860)
LN_DENS_POP		13.40 (22.39)	13.88 (22.28)	13.89 (22.29)	13.83 (22.31)	13.67 (22.29)
LN_PIB_PERCAP			0.588 (1.115)	0.599 (1.122)	0.596 (1.123)	0.610 (1.123)
LN_INDUST_PC				-0.00441 (0.0148)	-0.00445 (0.0148)	-0.00466 (0.0148)
LN_AMB_PERCAP					-0.0421 (0.223)	-0.327 (0.349)
LN_AMB_PERCAP*LN_DESC						-1.274 (0.804)
DUMMY_ANO: 2016	-0.188 (0.330)	-0.263 (0.357)	-0.271 (0.354)	-0.270 (0.354)	-0.269 (0.354)	-0.261 (0.354)
DUMMY_ANO: 2017	-1.644*** (0.294)	-1.791*** (0.359)	-1.812*** (0.349)	-1.815*** (0.350)	-1.814*** (0.350)	-1.804*** (0.350)
DUMMY_ANO: 2018	-2.215*** (0.346)	-2.373*** (0.410)	-2.401*** (0.396)	-2.402*** (0.396)	-2.393*** (0.399)	-2.376*** (0.398)
DUMMY_ANO: 2019	-1.863*** (0.458)	-2.001*** (0.504)	-2.034*** (0.477)	-2.037*** (0.477)	-2.025*** (0.475)	-2.016*** (0.475)
Constant	16.99*** (0.320)	-27.70 (74.73)	-31.11 (73.82)	-31.21 (73.84)	-30.90 (73.99)	-29.47 (73.92)
Observations	14,372	14,372	14,372	14,372	14,372	14,372
R-squared	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Number of CODMUNI	3,722	3,722	3,722	3,722	3,722	3,722

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

No modelo 6, mais bem especificado, a densidade populacional e o PIB per capita, conforme esperado, apresentaram resultados positivamente correlacionados com as

emissões de gás carbônico. Entretanto, ambas as variáveis não tiveram impacto estatisticamente significativo sobre a variável dependente, o que também se verificou para outras variáveis de controle, negativamente correlacionadas com a variável dependente, como o número de indústrias per capita (correlação negativa que a princípio é contraintuitiva) e as preferências ambientais dos governos locais (correlação condizente com a literatura). O coeficiente associado à principal variável de interesse do modelo (a descentralização fiscal), porém, foi positivo, estatisticamente significativo e igual a 4,7. Este resultado corrobora a hipótese inicial de pesquisa, de que quanto maior o grau de federalismo fiscal maior tende a ser o nível de poluição local, e indica que, no caso brasileiro, um aumento de 1% no nível de descentralização fiscal acarreta, em média, uma emissão anual adicional de 4,7 toneladas de gás carbônico na atmosfera.

Por fim, o coeficiente associado à variável de interação entre as preferências do governo e a descentralização fiscal foi negativo, o que também era esperado. Cabe ressaltar que este resultado, apesar de ser estatisticamente não significativo sob os padrões de significância pré-estabelecidos na literatura econômica, é estatisticamente significativo a um nível de confiança de 87%, bastante próximo dos 90% usualmente aceitos. Assim, é plausível assumir que, de fato, municípios que se preocupam com a preservação ambiental tendem a atenuar os efeitos perniciosos da descentralização fiscal sobre o meio ambiente.

5 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo convergem com os achados da literatura empírica internacional, que, conforme visto na seção dois, em geral também aponta a existência de uma relação positiva entre descentralização fiscal e poluição. Nesse sentido, o trabalho corrobora a hipótese de que políticas relacionadas à poluição e meio-ambiente, mesmo em se tratando de bens público geradores de efeitos do tipo *spillover*, que transbordam para jurisdições vizinhas, ao serem conduzidas pelos municípios, são providas de maneira mais eficiente, haja vista que estes tendem a ser mais responsivos às preferências da população local por proteção ambiental e qualidade de vida.

Entretanto, existem limitações metodológicas, em ambos os modelos, que fazem com que os resultados encontrados tenham de ser interpretados com cautela. No primeiro modelo, a limitação mais evidente refere-se à amostragem. Ao todo, a estimação foi feita com base em 855 observações de apenas 46 municípios, todos concentrados nas regiões Sul e Sudeste. Essa restrição quantitativa pode explicar, por exemplo, a maior variabilidade associada aos parâmetros de densidade populacional e industrial, que fez com os que esses fossem estatisticamente insignificantes. Além disso, o fato de menos de 1% dos municípios brasileiros estarem representados na amostra faz com os resultados dificilmente possam ser expandidos para todo o país, dado que essa amostra, para além de pequena, é não representativa (visto que concentra-se nas regiões do Centro-Sul do Brasil).

No segundo modelo, existem certas limitações referentes à construção da variável dependente utilizada. Por se tratar de estimativas de emissão de carbono equivalente, o modelo pode incorrer em erros de medida que acabem por aumentar a variância dos coeficientes estimados, diminuindo sua significância. Para além disso, o fato da variável dependente englobar estimativas de emissões em todas as atividades econômicas dos municípios pode gerar algum tipo de viés nos coeficientes estimados, dado que os controles não levam em conta, por exemplo, indicadores de atividade agrícola. Por fim, uma última limitação do modelo II refere-se ao fato de algumas das variáveis explicativas, em específico o número de estabelecimentos industriais e os gastos com proteção ambiental, experimentarem algum tipo de censura, dado que são

iguais a zero para uma parcela significativamente grande de municípios com poucos habitantes.

6 CONCLUSÃO

O principal objetivo do trabalho era estabelecer uma relação causal entre a descentralização fiscal e indicadores de poluição ambiental no contexto dos municípios brasileiros, de forma a capturar a direção e a magnitude do impacto de uma variável sobre a outra. Através de modelos estatístico-econômicos, observou-se, com suficiente robustez e significância estatística, que a descentralização da receita pública nos municípios brasileiros acarreta, em média, em uma piora na qualidade ambiental local.

Nesse sentido, o trabalho fornece contribuições tanto para a literatura empírica da área de federalismo, quanto para os tomadores de decisões em termos de políticas públicas. Em primeiro lugar, o presente estudo passa a incorporar a literatura empírica de federalismo ecológico, que é especialmente relevante no contexto atual de crescente importância das discussões ambientais no debate público internacional. Para além disso, o estudo também é de importante valia do ponto de vista de avaliação de políticas públicas, na medida em que fornece evidências capazes de guiar os *policymakers* brasileiros a uma decisão mais racional acerca da descentralização das responsabilidades ambientais no país.

Por fim, o trabalho apresenta algumas limitações, tanto do ponto de vista teórico-metodológico, quanto do ponto de vista da modelagem, que podem ser atenuados e corrigidos por esforços e pesquisas futuras. Primeiramente, pode-se empregar técnicas estatísticas que visem aprimorar os modelos aqui contruídos, de forma a corrigir potenciais vieses de estimação (como por exemplo a utilização de uma variável instrumental para a estimação do principal parâmetro de interesse). Ademais, sugere-se também a futuros pesquisadores a adoção de novas estratégias de modelagem (a temática de federalismo e transferências governamentais é especialmente propícia à modelagens não-paramétricas, através, por exemplo, de desenhos de regressões descontínuas entorno de *cutoffs* populacionais), além do emprego de outras variáveis, especialmente na mensuração da poluição ambiental (por exemplo, por meio de indicadores de poluição de rios), visando testar a robustez dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

Bedner, J. The Political Science of Federalism. **Annual Review of Law and Social Science**, v. 7, p. 269-288, 2011.

Tiebout, C. M. A Pure Theory of Local Expenditures. **Journal of Political Economy**, v. 64, p. 416-424, 1956

Long, L. Residential Mobility Differences among Developed Countries. **International Regional Science Review**, v. 14, p. 133-147, 1991.

Davies, P.S., et al. A Conditional Logit Approach to U.S. State-to-State Migration. **Journal of Regional Science**, v. 41, p. 337-360, 2001.

Molloy, R., et al. Internal Migration in the United States. **Journal of Economic Perspectives**, v. 25, p. 173-196, 2011.

Kahn, M.E. The Silver Lining of Rust Belt Manufacturing Decline. **Journal of Urban Economics**, v. 46, p. 360-376, 1999.

Sigman, H. Transboundary Spillovers and Decentralization of Environmental Policies. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 50, p. 82-101, 2005.

Hongying C. et al. Fiscal Decentralization and Environmental Pollution. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, p. 1-12, 2022

Shufen G. et al. Fiscal Decentralization and Local Environmental Pollution in China. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, p. 1-17, 2020.

APÊNDICE 1

Gráfico 1: resíduos do 1º modelo de efeitos fixos

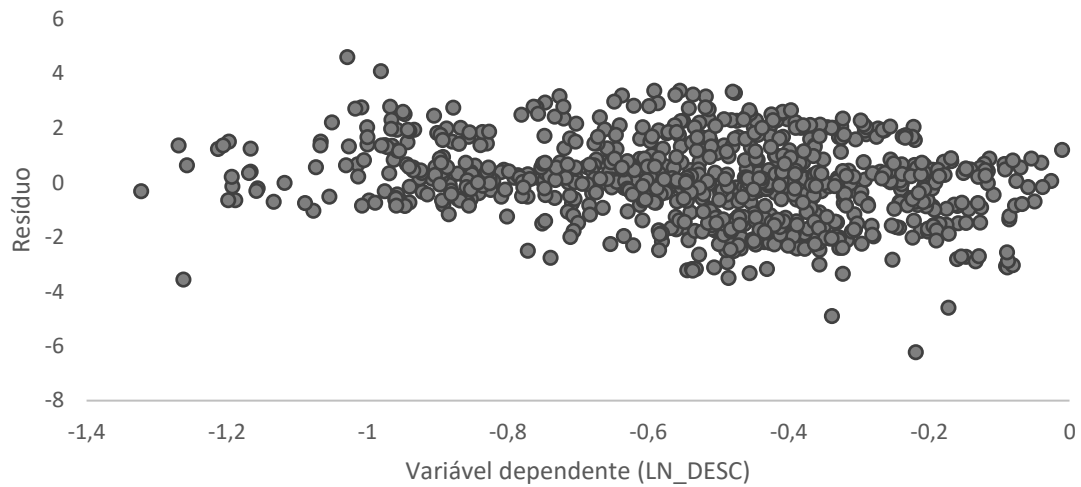


Figura 2: Resultado do teste de Breusch-Pagan sobre o modelo I

```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of LN_IQA

      chi2(1)      =      0.84
      Prob > chi2  =      0.3595
```

Figura 3: Resultado do teste de Hausman sobre o modelo I

```
      b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
      B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

      chi2(26) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
              =      133.24
      Prob>chi2 =      0.0000
      (V_b-V_B is not positive definite)
```

Gráfico 2: resíduos do 2º modelo de efeitos fixos

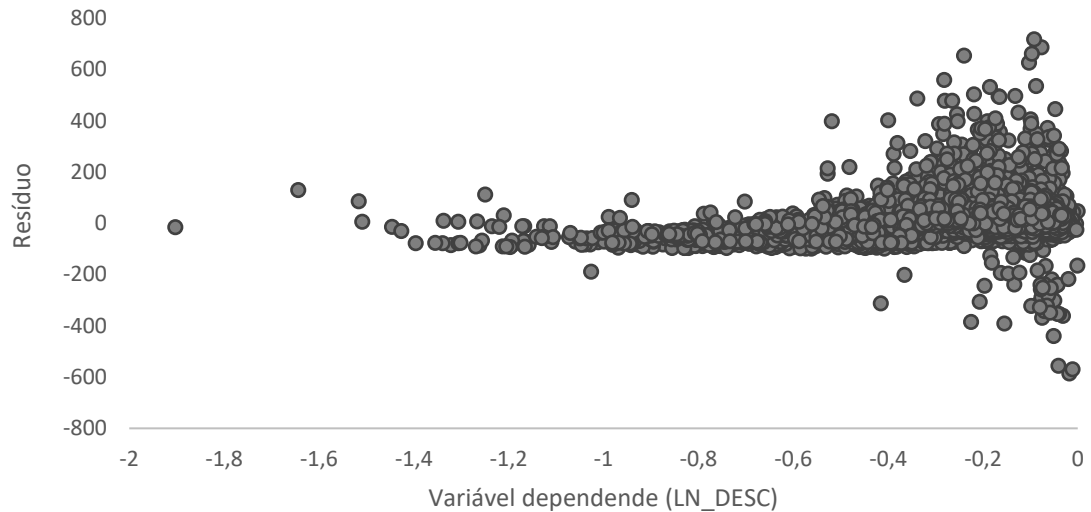


Figura 4: Resultado do teste de Breusch-Pagan sobre o modelo II

```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of CO2e

chi2(1)      =131076.46
Prob > chi2  =  0.0000

```

Figura 5: Resultado do teste de Hausman sobre o modelo II

```

          b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
          B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

      chi2(15) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
              =    1392.44
Prob>chi2 =    0.0000
(V_b-V_B is not positive definite)

```