MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO DE BENS POLUENTES

Fernanda Fischer Marchiori, Silvio Hong Tiing Tai

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa contribui para a literatura ao estimar o impacto direto das Medidas específicas de Proteção Ambiental (MPA) na produção de bens poluentes. O MPA é constituído por 5 indicadores específicos para restringir a produção de bens poluentes: Proteção de Áreas-chave para a Biodiversidade Marinha, Proteção de Hábitats Marinhos, Índice de Representatividade de Áreas Protegidas, Proteção de Biomas Terrestres, Proteção de Áreas-chave para a Biodiversidade Terrestre. Em conjunto, esses indicadores são utilizados neste estudo para representar regulamentações ambientais planejadas de forma eficiente.

A urgência desta análise é reforçada pela atual crise climática, que exige ações restritivas para impedir mais danos irreversíveis à biodiversidade global (IPCC, 2023). Embora a conscientização ambiental seja valiosa, pode não ser suficiente para resolver as externalidades climáticas, exigindo intervenções institucionais robustas para moldar as escolhas econômicas e reestruturar os sistemas produtivos (Paavola & Adger, 2005).

Neste contexto, a adoção e o impacto econômico destas regulamentações permanecem no centro de um debate teórico, o que torna a sua estimação empírica fundamental. Se por um lado essas medidas impostas aos produtores estimulam a inovação e a eficiência (Ambec et al., 2013; Porter & van der Linde, 1995), por outro elas representam um custo, o que pode ser um entrave à competitividade (Copeland & Taylor, 2004; Levinson & Taylor, 2008).

Ao examinar a capacidade de medidas restritivas de reduzir a produção interna, este estudo contribui para orientar os decisores políticos na formulação de ações mais eficazes na interface entre a produção poluente e o meio ambiente.

METODOLOGIA

A variável MPA, relacionada às restrições regulatórias impostas *ex-ante* de poluição, é extraída do Índice de Performance Ambiental (Wendling et al., 2026). Com o objetivo de entender o seu impacto no comércio poluente, como caracterizado por Low e Yeats (1992), propõe-se o modelo econométrico a seguir, que abrange 70 países no período de 2011 a 2023. Para lidar com a presença de valores de produção iguais a zero na base de dados, adotam-se duas especificações funcionais distintas para a variável dependente (Y_{ist}): primeiramente, a transformação logarítmica $Y_{ist} = \ln(y_{ist} + 1)$, discutida por Wooldridge (2020), onde Y_{ist} é a produção de bens poluentes; em seguida, a transformação por arco-seno hiperbólico $Y_{ist} = asenh(y_{ist})$, analisada por Burbidge, Magee e Robb (1988) que aproxima a forma logarítmica prescindindo a soma *ad-hoc* da unidade. Assim, a produção do setor s, no país i, no ano t é estimada segundo a equação (1).

$$Y_{ist} = \beta_0 + \beta_1 MPA_{it} + \beta_2 Prop_s + \beta_3 (MPA_{it} \times Prop_s) + \alpha_i + \tau_t + \delta_s + \varepsilon_{ist} \quad (1)$$

Onde α_i representa o efeito fixo de país, τ_t o efeito fixo de tempo, δ_s o efeito fixo de setor. Como a classificação original de Low e Yeats (1992) é estruturada em SITC , foi necessário convertê-la primeiramente em HS92 (Sistema Harmonizado de 1992) e, em seguida, em ISIC (Classificação Industrial Internacional Padrão de Todas as Atividades Econômicas), dada a ausência de uma tabela de correspondência direta entre SITC e ISIC. Esse procedimento permitiu compatibilizar a classificação com a base de dados de produção do INDSTAT

(Estatísticas Industriais), disponibilizada pela Organização das Nações Unidas. É importante destacar que a utilização das tabelas de correspondência disponíveis resultou em uma classificação ISIC de 4 dígitos, mais agregada que a classificação HS92 de 6 dígitos. Em decorrência dessa compatibilização, resultam 108 setores no ISIC, com 35 pelo menos parcialmente poluentes, sendo apenas 6 integralmente compostos de bens poluentes no nível HS92, representando 5,55% de compatibilidade integral. Para se considerar essa heterogeneidade, adiciona-se o termo de interação $MPA_{it} \times Prop_s$, no qual a variável contínua $Prop_s$ expressa a proporção de produtos poluentes dentro de cada setor ISIC, para analisar se uma maior intensidade poluente do setor afeta ainda mais a sua produção doméstica, dada a presença do MPA.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das estimações do modelo econométrico. A coluna (1.1) reporta o modelo estimado sob as transformações logarítmica, $\ln(y_{ist} + 1)$, e a coluna (1.2) registra o modelo estimado com arco-seno hiperbólico, $\text{asenh}(y_{ist})$. O coeficiente associado à variável MPA e à sua interação com a variável proporção poluente do setor ($MPA_{it} \times Prop_s$) são negativos e estatisticamente significativos a 5% e a 1%, respectivamente, indicando que a elevação da restrição ambiental induz uma retração no volume de produção doméstica, reflexo da imposição de medidas que visam proteger o meio ambiente. Esses coeficientes mostram que o efeito do MPA é progressivamente intensificado à medida que se eleva a intensidade poluidora do setor analisado; isto é, setores com maior concentração de bens de alto custo de abatimento da poluição sofrem uma redução produtiva mais acentuada. Esses achados evidenciam a relevância de regulamentações formais para mitigação da crise climática (Paavola & Adger, 2005).

Por fim, as limitações deste estudo concentram-se na ausência de uma tabela de correspondência direta entre as classificações SITC e ISIC, o que comprometeu a categorização original de bens poluentes. Adicionalmente, a abrangência temporal relativamente curta dos dados disponíveis constitui uma restrição à análise.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados empíricos demonstraram que a existência de medidas de proteção ambiental específicas diminui significativamente a produção, com efeitos maiores nos setores ao menos parcialmente compostos de produtos poluentes. Essa evidência pode fornecer indícios práticos às preocupações da Hipótese do Paraíso de Poluição quanto à perda de competitividade de países mais regulados em setores com altos custos de abatimento da poluição e à potencial especialização de países menos regulados nessas indústrias. Conclui-se que o planejamento ambiental eficaz é capaz de reduzir a produção poluente doméstica, embora exija políticas complementares para inovação setorial. Como passos futuros, encontrar uma classificação de bens poluentes em ISIC diretamente será importante para elevar a precisão da análise empírica, bem como a análise da produção conjuntamente com o comércio para contribuir integralmente para a investigação da Hipótese do Paraíso de Poluição.

Palavras-chave: produção de bens poluentes; medidas de proteção ambiental; dados em painel.

ANEXOS

Tabela 1. Estimações do modelo econométrico

	(1.1) Produção - $Y_{ist} = \ln(y_{ist} + 1)$	(1.2) Produção - $Y_{ist} = asenh(y_{ist})$
MPA_{it}	-0.22**	-0.23**
	(0.09)	(0.09)
$(MPA_{it} \times Prop_s)$	-0.44***	-0.49***
	(0.10)	(0.11)
_cons	20.40***	21.09***
	(0.02)	(0.02)
Observações	16773	16773

Erros-padrões entre parênteses, * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Tabela incompleta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBEC, Stefan *et al.* The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 7, n. 1, p. 2–22, jan. 2013.

BURBIDGE, John B.; MAGEE, Lonnie; ROBB, A. Leslie. Alternative Transformations to Handle Extreme Values of the Dependent Variable. **Journal of the American Statistical Association**, v. 83, n. 401, p. 123–127, 1 mar. 1988.

COPELAND, Brian R.; TAYLOR, M. Scott. Trade, Growth, and the Environment. **Journal of Economic Literature**, v. 42, n. 1, p. 7–71, mar. 2004.

IPCC. **Summary for Policymakers**: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 25 jul. 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

LEVINSON, Arik; TAYLOR, M. Scott. Unmasking the Pollution Haven Effect. **International Economic Review**, v. 49, n. 1, p. 223–254, 2008.

LOW, P.; YEATS, A. Do "dirty' industries migrate? **World Bank Discussion Papers**, v. 159, p. 89–103, 1992.

PAAVOLA, Jouni; ADGER, W. Neil. Institutional ecological economics. **Ecological Economics**, v. 53, n. 3, p. 353–368, 15 maio 2005.

PORTER, Michael E.; VAN DER LINDE, Claas. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97–118, dez. 1995.

WENDLING, Zachary A. *et al.* **2026 Environmental Performance Index**. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy: Yale Center for Environmental Law & Policy., 2026. Disponível em: <epi.yale.edu>.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. 6. Análise de regressões múltiplas: problemas adicionais. *In*: **Introdução à econometria : uma abordagem moderna**. 7. ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2020.