AQUECIMENTO GLOBAL E COMÉRCIO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

Karel Rodriguez Valido, Silvio Hong Tiing Tai

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas podem afetar não apenas o meio ambiente, mas também a produção, a especialização econômica e o comércio internacional. No setor agrícola, a temperatura é especialmente relevante, pois alterações nas condições climáticas podem modificar a produtividade e as vantagens comparativas dos países. Estudos mostram que essa relação pode ser não linear, com temperaturas elevadas gerando efeitos negativos sobre a produtividade agrícola (SCHLENKER; ROBERTS, 2009; SCHLENKER; LOBELL, 2010). Esses impactos podem ser transmitidos internacionalmente por meio do comércio, alterando os fluxos de produtos agrícolas entre países (COSTINOT; DONALDSON; SMITH, 2016; GOUEL; LABORDE, 2021). Além disso, países mais afetados pelo aumento da temperatura podem apresentar maior necessidade de importação de alimentos (NATH, 2025).

Este trabalho analisa os efeitos do nível e das defasagens da temperatura sobre o comércio bilateral de produtos agrícolas, identificando relações lineares, não lineares e defasadas entre as condições térmicas e os fluxos comerciais.

DESENVOLVIMENTO

Foi utilizado um modelo gravitacional de comércio bilateral, tendo como variável dependente os fluxos comerciais de produtos agrícolas e como principais variáveis explicativas as temperaturas médias dos países exportadores e importadores. A análise de impactos climáticos sobre o comércio por meio de modelos gravitacionais encontra respaldo na literatura recente, que evidencia a relação entre condições climáticas e fluxos de comércio internacional (MARTÍNEZ-MARTÍNEZ et al., 2023; VITAL et al., 2022). A estimação foi realizada pelo método de Pseudo Máxima Verossimilhança de Poisson (PPML), permitindo lidar com valores nulos de comércio e com a heterocedasticidade dos dados. O modelo também incorpora efeitos fixos para controlar características específicas dos países, dos pares de países e do tempo.

A análise considera o período de 1995 a 2024 e combina os fluxos bilaterais de comércio da base BACI, disponibilizada pelo CEPII (GAULIER; ZIGNAGO, 2010), com dados de temperatura da base CRU TS, da University of East Anglia (HARRIS ET AL., 2020). As temperaturas são agregadas ao nível nacional a partir de uma grade global de 0,5° × 0,5°, obtendo-se a temperatura média de cada país. O Gráfico 1 mostra evidencias de um aquecimento global com aumento da média da temperatura dos países da amostra ao longo do ano. O comércio analisado corresponde exclusivamente aos produtos agrícolas classificados segundo a metodologia do CEPII e os códigos HS 1992. A evolução da temperatura média ao longo do período analisado é apresentada no Gráfico 1, evidenciando a tendência de aumento das temperaturas ao longo do tempo.

Foram consideradas defasagens da temperatura para avaliar sua persistência entre períodos, e também foram incluídos termos quadráticos para identificar possíveis relações não lineares entre temperatura e comércio (BARUA; NEWTH; VALENZUELA, 2020; BOZZOLA; LAMONACA; SANTERAMO, 2023; BURKE; HSIANG; MIGUEL, 2015).

RESULTADOS

Os resultados mostram diferenças entre exportadores e importadores. Na especificação linear, a temperatura dos exportadores não apresenta efeitos estatisticamente significativos,

enquanto a temperatura dos importadores apresenta efeitos positivos e significativos no período corrente e nos dois primeiros períodos defasados. A terceira defasagem da temperatura apresenta um coeficiente positivo, mas não estatisticamente significativo. O Gráfico 2 (B) ilustra essa relação dos importadores, destacando especialmente o comportamento de redução dos efeitos das temperaturas defasadas sobre o comercio. Por exemplo, se a temperatura contemporânea aumenta 1°C, o comércio aumenta em 0,331%.

Na especificação não linear, os resultados são mais expressivos para os exportadores. A temperatura corrente apresenta coeficiente positivo enquanto o termo quadrático apresenta estimador negativo, ambos significativos a 5%. Isso indica que a relação é inicialmente positiva, mas diminui conforme a temperatura aumenta tal qual apresentado no Gráfico 2 (A) que expõe esse formato de "U" invertido, tornando-se negativa a partir de aproximadamente 10,09 °C. Assim, um aumento da temperatura contemporânea aumenta as exportações dos países que tem temperatura média até 10,09°C e diminui as exportações dos países que tem temperatura média a partir de 10,09°C. Resultados semelhantes são observados nas duas primeiras defasagens, a terceira defasagem da temperatura e do seu quadrado apresentam coeficientes que não são estatisticamente significativos. Para os importadores, não foram encontradas evidências estatísticas fortes de não linearidade.

De modo geral, os resultados sugerem que os efeitos da temperatura sobre o comércio agrícola dependem do nível térmico, da posição do país no comércio e do período analisado. A presença de efeitos defasados indica ainda que condições climáticas podem continuar afetando os fluxos comerciais mesmo após dois anos do período de ocorrência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que o comércio agrícola reage às mudanças nas condições climáticas de maneira distinta para países exportadores e importadores. Para os exportadores, a relação não linear sugere que alterações moderadas nas condições térmicas podem estar associadas a maiores fluxos comerciais, enquanto níveis mais elevados de temperatura tendem a reduzir esses fluxos. Para os importadores, predomina uma relação positiva e linear, indicando que mudanças nas condições climáticas estão associadas ao aumento da demanda por produtos agrícolas provenientes do comércio internacional.

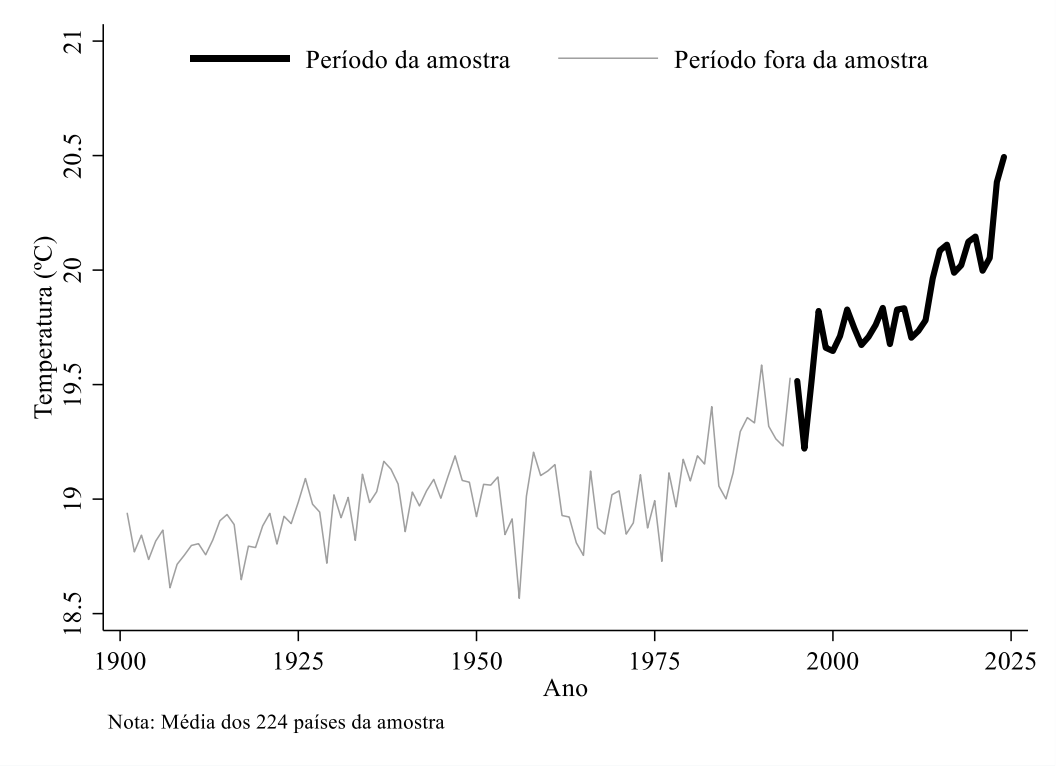
Dessa forma, a literatura sugere que o comércio internacional pode atuar como um mecanismo de adaptação às mudanças climáticas. À medida que as condições climáticas alteram a capacidade produtiva dos países, os fluxos comerciais podem responder com ajustes na oferta e na demanda, permitindo que países mais afetados recorram ao mercado internacional para compensar alterações na produção agrícola, interpretação relacionada à literatura que destaca o papel do comércio e da realocação da atividade econômica na adaptação aos impactos climáticos (GOUEL; LABORDE, 2021; NATH, 2024).

A presença de efeitos defasados reforça que essa adaptação não ocorre necessariamente de forma imediata, mas pode se manifestar ao longo do tempo. Assim, as mudanças climáticas podem modificar não apenas os níveis de produção agrícola, mas também a especialização dos países e a distribuição internacional dos fluxos comerciais (COSTINOT; DONALDSON; SMITH, 2016). Nesse sentido, compreender a resposta do comércio às mudanças climáticas é fundamental para avaliar os mecanismos de adaptação e as transformações futuras na distribuição internacional da produção agrícola.

Palavras-chave: mudanças climáticas; temperatura; comércio agrícola; modelo gravitacional; comércio internacional.

ANEXOS

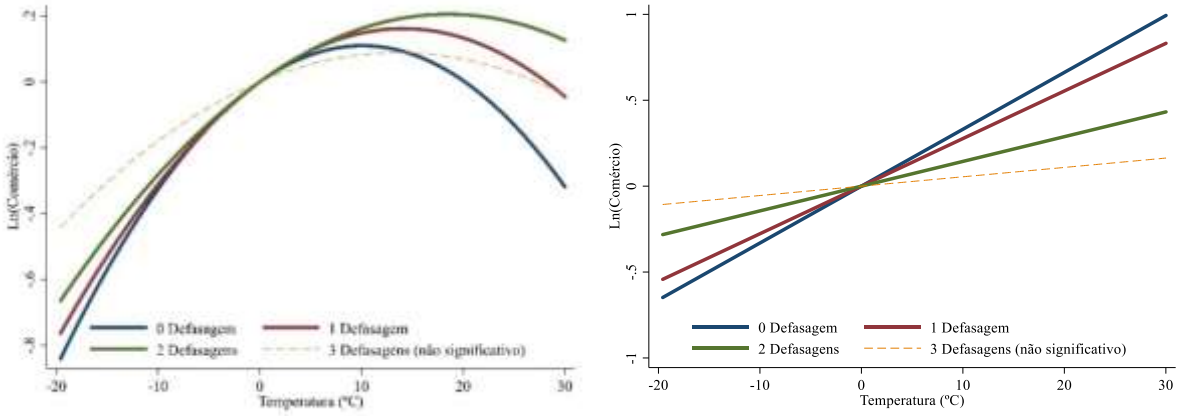
Gráfico 1:



Nota: Média dos 224 países da amostra

Gráfico 2:

(A) **(B)**



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARUA, S.; NEWTH, D.; VALENZUELA, E. Does climate variability affect agricultural trade? 2020.

BOZZOLA, M.; LAMONACA, E.; SANTERAMO, F. G. Impacts of climate change on global agri-food trade. *Ecological Indicators*, v. 154, 110680, 2023.

BURKE, M.; HSIANG, S. M.; MIGUEL, E. Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, v. 527, p. 235–239, 2015. DOI: https://doi.org/10.1038/nature15725.

CONTE, B.; DESMET, K.; NAGY, D. K.; ROSSI-HANSBERG, E. Local sectoral specialization in a warming world. *Journal of Economic Geography*, v. 21, n. 5, p. 693–734, 2021.

COSTINOT, A.; DONALDSON, D.; SMITH, C. Evolving comparative advantage and the impact of climate change in agricultural markets. *Journal of Political Economy*, v. 124, n. 1, p. 205–248, 2016.

GAULIER, G.; ZIGNAGO, S. BACI: International Trade Database at the Product-Level: the 1994–2007 version. *CEPII Working Paper*, n. 2010-23, 2010.

GOUEL, C.; LABORDE, D. The crucial role of domestic and international market-mediated adaptation to climate change. *Nature Climate Change*, v. 11, p. 1128–1134, 2021.

HARRIS, I.; OSBORN, T. J.; JONES, P.; LISTER, D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, v. 7, n. 1, 109, 2020. DOI: https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3.

JONES, B. F.; OLKEN, B. A. Climate shocks and exports. *American Economic Review*, v. 100, n. 2, p. 454–459, 2010.

MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; ESTEVE-PÉREZ, S.; GIL-PAREJA, S.; LLORCA-VIVERO, R. The impact of climate change on international trade: a gravity model estimation. *The World Economy*, v. 46, n. 9, p. 2624–2653, 2023. DOI: https://doi.org/10.1111/twec.13464.

NATH, I. Climate change, the food problem, and the challenge of adaptation through sectoral reallocation. 2024.

ORTIZ-BOBEA, A.; AULT, T. R.; CARRILLO, C. M.; CHAMBERS, R. G.; LOBELL, D. B. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, v. 11, p. 306–312, 2021.

SCHLENKER, W.; LOBELL, D. B. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*, v. 5, n. 1, 014010, 2010.

SCHLENKER, W.; ROBERTS, M. J. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 37, p. 15594–15598, 2009.

VITAL, T. M.; DALL'ERBA, S.; RIDLEY, W.; WANG, X. What do the 235 estimates from the literature tell us about the impact of weather on agricultural and food trade flows? *Global Food Security*, v. 33, 100634, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100634