

Choques internacionais nos preços de fertilizantes e vulnerabilidade econômica da soja e do milho safrinha no Paraná, Brasil

International Fertilizer Price Shocks and the Economic Vulnerability of Soybean and Second-Crop Maize in Paraná, Brazil

Giovanna Nanzeri Boldarini

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, Brasil

Lúcia Cardoso Moron Rodrigues

Esalq/USP. Piracicaba, SP, Brasil

Renan Caldas Umburanas

Esalq/USP. Piracicaba, SP, Brasil

Roberto Arruda de Souza Lima

Esalq/USP. Piracicaba, SP, Brasil

Carlos Eduardo de Freitas Vian

Esalq/USP. Piracicaba, SP, Brasil

GT01 - Mercados agrícolas e comércio exterior

Resumo: O trabalho analisa a vulnerabilidade econômica da soja e do milho safrinha no Paraná frente ao choque internacional dos preços dos fertilizantes (2021–2022), mesmo período de enfrentamento de guerras no Oriente Médio, Ucrânia e impactos do COVID-19, por exemplo. Utilizaram-se dados mensais (2016–2023) de preços (CEPEA/ESALQ; CONAB). A estratégia combinou Trade Ratio, volatilidade (CV móvel), CUSUM e regressões em diferenças logarítmicas. A soja demandou 3,31 sacas/ha para adubação e o milho 13,42 sacas/ha. Após 2021, a relação de troca aumentou 23% e 28%, com quebra estrutural ($p < 0,01$) e maior volatilidade. A margem caiu 7,9% e 13,1%, respectivamente. As regressões indicaram efeito significativo do KCl na soja ($\beta = 0,13$; $p < 0,05$), mas não no milho ($p > 0,10$). Os resultados evidenciam maior vulnerabilidade econômica no milho safrinha frente a acontecimentos globais.

Palavras-chave: dependência de insumos, termos de troca, volatilidade, exposição econômica, transmissão de preços.

Abstract: This study analyzes the economic vulnerability of soybeans and second-crop corn in Paraná in the face of the international fertilizer price shock (2021–2022), a period that also saw conflicts in the Middle East and Ukraine, as well as the impacts of COVID-19, for example. Monthly price data (2016–2023) from CEPEA/ESALQ and CONAB were used. The strategy combined the Trade Ratio, volatility (moving CV), CUSUM, and log-difference regressions. Soybeans required 3.31 bags/ha for fertilization, and corn required 13.42 bags/ha. After 2021, the trade ratio increased by 23% and 28%, with a structural break ($p < 0.01$) and higher volatility. The margin fell by 7.9% and 13.1%, respectively. The regressions indicated a significant effect of KCl on soybeans ($\beta = 0.13$; $p < 0.05$), but not on corn ($p > 0.10$). The results highlight greater economic vulnerability in the second-crop corn season in the face of global events.

Keywords: input dependence, terms of trade, volatility, economic exposure, price transmission.

1. Introdução

A produção de grãos no Brasil depende de insumos importados, especialmente fertilizantes, o que amplia a sensibilidade do setor a choques externos de preços, energia, logística e geopolítica, por mais que após tempos de crise há a procurando e crescente adesão de outras fontes, como os biológicos, orgânicos e organo-minerais ou fontes advindas de reciclagem e tratamento de esgoto e compostagem. (BRASIL, 2022; OLIVEIRA, et al. 2023;

VOS et al., 2025). Entre 2021 e 2022, esse quadro se intensificou com a alta internacional dos fertilizantes, afetando rentabilidade, previsibilidade de custos e poder de compra do produtor (WORLD BANK, 2022; MORÃO, 2025). No Paraná, onde a sucessão soja-milho safrinha organiza parte importante do sistema de produção de grãos, a deterioração da relação de troca ganha relevância econômica por atingir culturas com intensidades técnicas distintas (OGINO et al., 2021). O objetivo deste resumo expandido é avaliar, de forma comparativa, a vulnerabilidade econômica da soja e do milho safrinha no Paraná frente ao choque internacional dos fertilizantes, com ênfase na dinâmica da relação de troca, volatilidade e transmissão de preços, essa análise feita durante um período de instabilidade global, proveniente do impacto de Guerras na Ucrânia, Guerras no Oriente Médio e COVID-19, por exemplo.

2. Revisão da Literatura

A relação de troca é medida clássica do poder de compra do produtor, pois expressa quantas unidades de produto são necessárias para adquirir determinado insumo (SOUZA; STULP, 2005; CONAB, 2019). No caso dos fertilizantes, a literatura recente enfatiza três dimensões complementares: i) sua centralidade para produtividade e custos agrícolas; ii) sua conexão com mercados globais de energia e transporte; e iii) a concentração internacional da oferta, que amplia a propagação de choques e a vulnerabilidade dos países importadores (ETIENNE, et al. 2016; YANG et al., 2022; VOS et al., 2025). Em economias como a brasileira, a dependência externa de potássio e nitrogenados converte oscilações internacionais em risco econômico doméstico, sobretudo em sistemas mais intensivos em fertilização (BRASIL, 2022; OLIVEIRA, et al. 2023; ASSEFA et al., 2025).

3. Metodologia

Foram utilizadas 95 observações mensais, de fevereiro de 2016 a dezembro de 2023, para preços de soja e milho do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA Esalq/USP) e fertilizantes da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). O indicador central foi o *Trade Ratio* (TR), definido como o número de sacas necessárias por hectare para custear a adubação. Para a soja, considerou-se 150 kg/ha de KCl; para o milho safrinha, 120 kg/ha de KCl e 200 kg/ha de ureia. Além do TR, foram calculadas estatísticas descritivas, *rolling coefficient of variation* em janela de 12 meses, testes *CUSUM* de quebra estrutural,

simulação de Monte Carlo para margem bruta proxy e regressões de curto prazo em diferenças logarítmicas (BROWN, et al. 1975; HAMILTON, 1994; HERTZ, 1979).

4. Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados mostram assimetria estrutural entre as culturas, Tabela 1. Em média, a soja exigiu 3,31 sacas/ha para financiar a adubação, enquanto o milho safrinha demandou 13,42 sacas/ha. No período pós-2021, a média do TR aumentou de 3,04 para 3,75 sc/ha na soja (+23%) e de 12,11 para 15,55 sc/ha no milho safrinha (+28%), indicando deterioração da relação de troca e maior pressão relativa dos fertilizantes sobre o sistema mais intensivo em insumos, em linha com Ogino et al. (2021) e Assefa et al. (2025).

Tabela 1. Principais resultados estatísticos do estudo.

Indicador	Soja	Milho safrinha
<i>Trade Ratio</i> médio (sc/ha)	3,31	13,42
Mediana (sc/ha)	3,22	12,59
Mínimo (sc/ha)	1,73	8,07
Máximo (sc/ha)	5,78	23,13
Desvio-padrão (sc/ha)	0,88	3,50
CV total	26,65%	26,08%
<i>Rolling CV</i> máximo	36,98%	33,17%
Pré-2021 - média do TR	3,04	12,11
Pós-2021 - média do TR	3,75	15,55
Variação pós-2021	+23%	+28%
<i>CUSUM</i> (p-valor)	0,0060	0,0047
Compressão da margem <i>proxy</i>	7,9%	13,1%
Efeito dos fertilizantes (β ; p)	0,13 (0,034)	0,17 (0,116); 0,05 (0,660)

A volatilidade também se intensificou. Os *rolling CV* máximos atingiram 36,98% para a soja e 33,17% para o milho safrinha. O teste *CUSUM* confirmou quebra estrutural em ambas as séries ($p = 0,0060$ e $p = 0,0047$), sinalizando mudança de regime no choque de 2021-2022. Na simulação de Monte Carlo, a compressão potencial da margem bruta proxy foi de 7,9% na soja e 13,1% no milho safrinha; para este último, o valor esperado da margem foi de cerca de US\$1.200/ha, com percentil de 5% próximo de US\$1.042/ha. As regressões de curto prazo indicaram co-movimento mensal limitado, sem efeitos estatisticamente significativos no milho ($p > 0,10$) e com efeito positivo e significativo na soja ($\beta = 0,13$; $p = 0,034$), sugerindo que a vulnerabilidade decorre menos de transmissão contemporânea e mais da dependência estrutural de insumos importados.

5. Considerações finais

O choque internacional dos fertilizantes elevou simultaneamente o nível e a volatilidade do risco econômico da produção de grãos no Paraná. O milho safrinha mostrou-se mais vulnerável do que a soja por requerer maior volume de fertilizantes por hectare e apresentar maior compressão potencial de margem. Com isso os resultados reforçam a utilidade dos termos de troca como indicador operacional de exposição econômica em mercados agropecuários dependentes de insumos importados. Como implicação prática, destacam-se a importância de estratégias de compra escalonada, eficiência no uso de nutrientes e políticas voltadas à redução da dependência externa do abastecimento, como utilização de fontes integradoras da economia circular, como adubos orgânicos, organo-minerais, matéria orgânica de compostagem, dentre outros.

Referências

ASSEFA, T. W. et al. Fertilizer demand and profitability amid global fuel-food-fertilizer crisis: evidence from Ethiopia. *Food Policy*, v. 133, 2025.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050. Brasília, 2022.

BROWN, R. L.; DURBIN, J.; EVANS, J. M. Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, v. 37, n. 2, p. 149-192, 1975.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Relação de troca. Brasília, 2019.

ETIENNE, X. L.; TRUJILLO-BARRERA, A.; WIGGINS, S. Price and volatility transmissions between natural gas, fertilizer, and corn markets. *Agricultural Finance Review*, v. 76, n. 1, p. 151-171, 2016.

OGINO, C. M. et al. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o Centro-Oeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, n. 1, 2021.

OLIVEIRA, T. J. A.; DORNER, S. H.; ALMEIDA, R. E. M. A dependência do agronegócio brasileiro em relação aos fertilizantes importados. *Informe GEPEC*, v. 27, n. 1, p. 363-383, 2023.

VOS, R. et al. Global shocks to fertilizer markets: impacts on prices, demand and farm profitability. *Food Policy*, v. 133, 2025.

WORLD BANK. Food and energy price shocks from the war in Ukraine. Washington, DC, 2022.

YANG, Z. et al. Price and volatility transmissions among natural gas, fertilizer, and corn markets: a revisit. *Journal of Risk and Financial Management*, v. 15, n. 2, 2022.