

Fluxo de informações no mercado brasileiro de alimentos: A influência da crise financeira de 2008

Information flow in brazilian food market: The influence of the 2008 financial crisis

Flujo de información en el mercado brasileño de alimentos: La influencia de la crisis financiera de 2008

Recebido: 11/05/2021 | Revisado: 18/05/2021 | Aceito: 27/05/2021 | Publicado: 12/06/2021

Thiago Matheus Paiva do Passo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4569-374X>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: thiagopasso@gmail.com

Joelma Mayara da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2354-6068>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: jms.estat@gmail.com

Lidiane da Silva Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3111-7925>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: lidiane_sac@hotmail.com

Tatijana Stosic

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5691-945X>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: tastosic@gmail.com

Resumo

O agronegócio brasileiro vem ganhando cada vez mais destaque internacional graças à relevante produção e exportação de *commodities* agrícolas, bem como ao grande potencial de desenvolvimento que esse setor econômico possui no País. O assunto tem atraído a atenção de diversos pesquisadores porque, à medida que o setor de exportação cresce, tendem a subir os preços dessas *commodities* para o consumo interno, afetando assim o preço de outros alimentos. Entender a dinâmica da relação de preços entre esses produtos é, portanto, de grande valia para se evitar que possíveis crises financeiras levem também a crises alimentares como a de 2008. Visando contribuir nesse sentido, analisou-se aqui o comportamento dos preços da soja, açúcar, café e boi gordo, por serem *commodities* agrícolas produzidas em larga escala e comercializadas mundialmente. O estudo teve como base os preços registrados entre 01/1997 e 12/2019, no CEPEA/ESALQ/USP, considerando os períodos anterior (07/1997 - 06/2007) e o posterior (07/2007 - 12/2019) à crise de 2008. A técnica de análise utilizada foi a Entropia de Transferência (*Transfer Entropy* - TE), que serve para quantificar o fluxo de informação entre pares de séries temporais, bem como para obter a direção desse fluxo. A técnica foi, então, aplicada para cada par de séries de preços considerando os períodos pré-crise e pós-crise. Resultados mostraram que a crise afetou a direção de transferência de informação entre os pares açúcar-boi, açúcar-soja e boi-soja. A série de preços do café, por sua vez, transmitiu informação para as outras *commodities* em ambos os períodos.

Palavras-chave: *Commodities* agrícolas; Entropia de transferência; Crise alimentar.

Abstract

Brazilian agribusiness is gaining more and more international prominence thanks to the relevant production and export of agricultural commodities, as well as the great potential for development that this economic sector has in the country. The subject has attracted the attention of several researchers because, as the export sector grows, prices of these commodities for domestic consumption tend to rise, affecting the price of other foods. Understanding the dynamics of the price relation between these products is, therefore, of great value in order to avoid that possible financial crises also lead to food crises such as that of 2008. In order to contribute in this sense, the prices behavior of soybean, sugar, coffee and live cattle were analyzed here, as they are agricultural commodities produced on a large scale and traded worldwide. The study was based on the prices registered between 01/1997 and 12/2019, at CEPEA/ESALQ/USP, considering the periods before (07/1997 - 06/2007) and after (07/2007 - 12/2019) the 2008 crisis. The technique of analysis used was the Transfer Entropy - TE, that serves to quantify the flow of information between pairs of time series, as well as to obtain the direction of that flow. The technique was then applied to each pair of time series considering the pre-crisis and post-crisis periods. Results showed that the crisis affected the direction of information transfer between the pairs sugar-cattle, sugar-soybean and cattle-soybean. The time series prices of coffee, in turn, transmitted information to the other commodities in both periods.

Keywords: Agricultural commodities; Transfer entropy; Food crisis.

Resumen

La agroindustria brasileña está ganando cada vez más prominencia internacional gracias a la relevante producción y exportación de *commodities* agrícolas, así como al gran potencial de desarrollo que tiene este sector económico en el país. El tema ha atraído la atención de varios investigadores porque, a medida que crece el sector de exportación, los precios de estos productos básicos para el consumo interno tienden a subir, lo que afecta el precio de otros alimentos. Comprender la dinámica de la relación de precios entre estos productos es, por tanto, de gran valor para evitar que posibles crisis financieras lleven también a crisis alimentarias como la de 2008. Para contribuir en este sentido, fueron analizados aquí el comportamiento de los precios de soja, azúcar, café y buey gordo, que son *commodities* agrícolas producidas a gran escala y comercializadas mundialmente. El estudio se basó en los precios registrados entre 01/1997 y 12/2019, en CEPEA/ESALQ/USP, considerando los períodos antes (07/1997 - 06/2007) y después (07/2007 - 12/2019) de la crisis de 2008. Se utilizó la técnica *Transfer Entropy*, que sirve para cuantificar el flujo de información entre pares de series temporales e obtener la dirección de ese flujo. La técnica se aplicó a cada par de series considerando los períodos anterior y posterior a la crisis. Resultados mostraron que la crisis afectó la dirección de transferencia de información entre los pares azúcar-buey, azúcar-soja y buey-soja. La serie de precios del café, a su vez, transmitió información a las demás *commodities* en ambos períodos.

Palabras clave: *Commodities* agrícolas; Entropía de Transferencia; Crisis alimentaria.

1. Introdução

A agricultura brasileira vem sofrendo grandes transformações na última década, modernizando-se com novas tecnologias e insumos avançados. Desde o ano de 2010, como exportador agrícola, fica atrás apenas dos Estados Unidos e da União Europeia, mas possui grande potencial de desenvolvimento. Condições favoráveis como solo, clima, além da mecanização do campo e expansão da fronteira agrícola colaboram para a produção de uma agricultura diversificada, destacando-se a soja, o açúcar e o café. No que diz respeito à carne bovina, o fator que propicia o aumento na produção dessa *commodity* corresponde ao incremento sucessivo da produtividade (Caliari, 2019; Bojanic, 2017).

O Brasil vem assumindo o posto de grande potência no mercado internacional em relação à produção e exportação de *commodities* (Lima *et al.*, 2019). Esse mercado causa importante impacto econômico no comércio e provoca uma relação de dependência dos preços estabelecidos internacionalmente. Com o aumento da demanda internacional, os preços se elevam e geram lucros para os produtores. Entretanto, num quadro de recessão, ocorre a desvalorização das *commodities*, comprometendo os lucros das empresas. Verifica-se nesse contexto uma padronização reconhecida internacionalmente. A integração do Brasil a esse mercado torna mais eficaz o mecanismo de transmissão de preços das *commodities*.

O comércio de *commodities* agrícolas tem despertado grande cautela na área econômica em razão do aumento dos preços das *commodities* de alimentos ocorrido na última década (Nazlioglu & Soytaş, 2012; Beckmann & Czudaj, 2014). A alta do dólar está diretamente relacionada a esse aumento porque causa alterações nos custos dos alimentos importados. A soja, por exemplo, tem seu valor definido em dólar no mercado internacional. Assim, quando o dólar sobe, esse produto também fica mais caro no mercado interno, afetando o preço de outros alimentos.

Um fato marcante para a economia mundial e cujos efeitos despertaram o interesse da comunidade científica foi a crise financeira de 2008. Ela teve como consequência o aumento dos preços de *commodities* alimentares, ficando por isso também conhecida como a crise alimentar (*food crises*) de 2008, que resultou na insegurança alimentar em países em desenvolvimento (Ivanic, Martin, & Zaman, 2012). Efeitos dessa crise nos preços de *commodities* agrícolas brasileiras foram recentemente investigados. Pessoa *et al.* (2021) identificaram alterações nas correlações entre séries de retorno dos preços de milho, soja e da carne de frango quando comparados os resultados dos períodos anterior e posterior à crise. Farias *et al.* (2020) observaram que, depois da crise, houve uma redução da entropia das flutuações de preços das *commodities* açúcar, algodão, arroz, café, milho, e trigo, indicando maior regularidade de preços e, conseqüentemente, menor eficiência de mercado para essas *commodities* agrícolas nesse período.

Diante da visível relevância que o mercado das *commodities* agrícolas tem para a economia do Brasil e dada a importância de prever alguns dos possíveis efeitos causados por crises financeiras mundiais como a de 2008, investiga-se neste trabalho a relação entre os preços de *commodities* agrícolas produzidas em larga escala e comercializadas em nível mundial. Foram, então, analisados os preços das *commodities*: açúcar, soja, café e boi gordo, registrados entre os anos de 1997 e 2019, visando à comparação dessas relações nos períodos anterior e posterior à crise mundial de 2008. Para isso, utilizou-se o método Entropia de Transferência (*Transfer Entropy* – TE) (Schreiber, 2000), que tem origem na Teoria da Informação e serve para quantificar a direção do fluxo de informação entre séries temporais. Ele foi utilizado em estudos de diversos fenômenos como redes cerebrais (Vincente *et al.*, 2011; Ursino *et al.*, 2020), comportamento animal (Orange & Abaid, 2015; Shaffer & Abaid, 2020), vento solar (Wing *et al.*, 2016), plasma de fusão (Van Milligen *et al.*, 2014), e finanças (Sensoy *et al.*, 2014; Jale *et al.*, 2019).

2. Metodologia

2.1 Descrição dos dados

Os dados analisados foram os preços diários das *commodities* agrícolas brasileiras açúcar, boi gordo, café e soja, registrados entre janeiro de 1997 e dezembro de 2019 pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada / Escola de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo - CEPEA / ESALQ / USP e disponíveis em <http://www.cepea.esalq.usp.br/>. A moeda de interesse e a unidade de medida utilizada na cotação de cada uma das *commodities* agrícolas aqui consideradas encontram-se listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Nome das *commodities* agrícolas sob análise, moeda considerada e as respectivas unidades de medida utilizadas nas cotações.

<i>Commodity</i> agrícola	Moeda/Unidade de medida
Boi gordo	R\$/arropa
Soja	R\$/saca de 60 kg
Açúcar	R\$/saca de 50 kg
Café	R\$/tonelada

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do CEPEA (2020).

2.2 Entropia de transferência (*Transfer Entropy* – TE)

Thomas Schreiber (2000) introduziu uma medida da quantidade de fluxo de informação entre duas séries temporais denominada Entropia de transferência (*Transfer Entropy* - TE). Essa medida é assim calculada: supondo que X_i e Y_i sejam variáveis aleatórias discretas, pode-se definir as variáveis aleatórias de comprimento k e l : $X_i^{(k)} = (X_i, X_{i-1}, \dots, X_{i-k+1})$ e $Y_i^{(l)} = (Y_i, Y_{i-1}, \dots, Y_{i-l+1})$ e, em seguida, as probabilidades de transição:

$$p(x_{i+1}|x_i^{(k)}, y_i^{(l)}) = \text{prob}(X_{i+1} = x_{i+1} | X_i^{(k)} = x_i^{(k)}, Y_i^{(l)} = y_i^{(l)}), \quad (1)$$

em que $x_i^{(k)} = (x_i, x_{i-1}, \dots, x_{i-k+1})$ e $y_i^{(l)} = (y_i, y_{i-1}, \dots, y_{i-l+1})$ são os estados de $X_i^{(k)}$ e $Y_i^{(l)}$, respectivamente. A equação (1) denota a probabilidade de se encontrar X_{i+1} no estado x_{i+1} quando $X_i^{(k)}$ e $Y_i^{(l)}$ estão no estado $x_i^{(k)}$ e $y_i^{(l)}$, respectivamente. Se o estado futuro x_{i+1} de X_i depende dos k -ésimos estados $x_i^{(k)}$ e os l -ésimos estados $y_i^{(l)}$, a entropia de transferência TE é definida como

$$TE_{Y \rightarrow X}(k, l) = \sum p(x_{i+1}, x_i^{(k)}, y_i^{(l)}) \log \frac{p(x_{i+1} | x_i^{(k)}, y_i^{(l)})}{p(x_{i+1} | x_i^{(k)})}. \quad (2)$$

A entropia de transferência é uma medida assimétrica ($TE_{Y \rightarrow X} \neq TE_{X \rightarrow Y}$), gerando a *Net Transfer Entropy*:

$$TE_{net}(Y \rightarrow X) = TE(Y \rightarrow X) - TE(X \rightarrow Y). \quad (3)$$

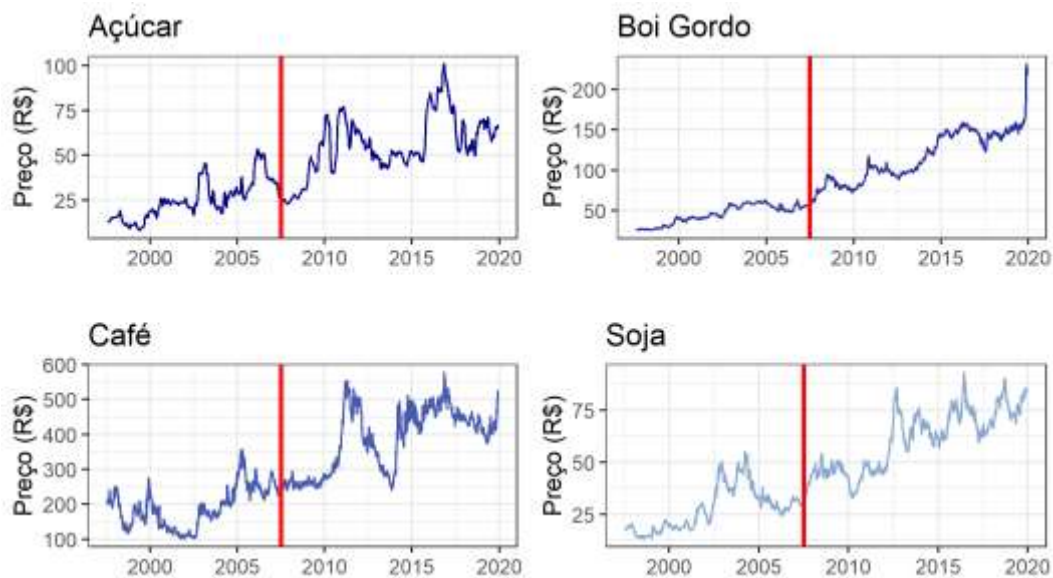
Se $TE_{net}(Y \rightarrow X) > 0$, considera-se que o fluxo de informação acontece de Y para X; caso contrário, de X para Y (He & Shang, 2017).

3. Resultados e Discussão

Transfer Entropy (TE) e *Net Transfer Entropy* (Net TE) foram aplicadas nas séries de preços das *commodities* agrícolas nos períodos: pré-crise, que vai de julho de 1997 até junho de 2007, e pós-crise, de julho de 2007 a dezembro de 2019. Esses períodos foram assim definidos de acordo com a literatura (Kristoufek, Janda, & Zilberman, 2012).

As séries analisadas são apresentadas na Figura 1, onde se pode observar que os preços de todas as *commodities* aumentaram depois da crise.

Figura 1. Séries temporais dos preços das *commodities* agrícolas: açúcar, boi gordo, café e soja. A linha vermelha separa os períodos pré-crise e pós-crise.



Fonte: Elaborados pelos autores a partir dos dados do CEPEA (2020).

Os valores de TE (na direção das *commodities* listadas na primeira coluna para as da primeira linha) para as séries de preços no período pré-crise são apresentados na Tabelas 2 e, para período pós-crise, nas Tabela 3.

Tabela 2. TE entre as séries de preço das *commodities* para o período pré-crise (07/1997 - 06/2007). A direção da informação é das *commodities* listadas na primeira coluna para as da primeira linha.

<i>Commodity</i>	Açúcar	Boi Gordo	Café	Soja
Açúcar		0,1593	0,0881	0,1242
Boi Gordo	0,1509		0,0766	0,1265
Café	0,1039	0,0963		0,1041
Soja	0,1644	0,1525	0,0673	

Fonte: Autores.

Tabela 3. TE entre as séries de preço das *commodities* para o período pós-crise (07/2007 - 12/2019). A direção da informação é das *commodities* listadas na primeira coluna para as da primeira linha.

<i>Commodity</i>	Açúcar	Boi Gordo	Café	Soja
Açúcar		0,1274	0,0768	0,1568
Boi Gordo	0,1340		0,0906	0,1482
Café	0,1278	0,1157		0,1295
Soja	0,1535	0,1416	0,0764	

Fonte: Autores.

Subtraindo os valores de TE apresentados nas Tabelas 2 e 3, obtiveram-se os valores de Net TE para cada par de *commodities*, para avaliar a direção do fluxo de informação em cada um dos períodos, pré e pós-crise. Estes valores são apresentados na Tabela 4 e graficamente na Figura 2. Observa-se para as séries dos preços, que: após a crise (Figura 2), houve alteração de fluxo de informação entre açúcar e boi (de Açúcar → Boi para Boi → Açúcar), Açúcar e Soja (de Soja → Açúcar para Açúcar → Soja) e boi e soja (de Soja → Boi para Boi → Soja), enquanto a série de preços de café transmitiu informação para as das outras *commodities* em ambos os períodos, antes e depois da crise (Café → Açúcar, Café → Boi, Café → Soja). Nota-se também que a maior transferência de informação (maior valor de NET TE) foi da série de preços de café para os de soja no período pós crise (TE = 0,0531), enquanto a menor transferência de informação foi da série de preços de açúcar para os de soja, também no período pós-crise (TE = 0,0033).

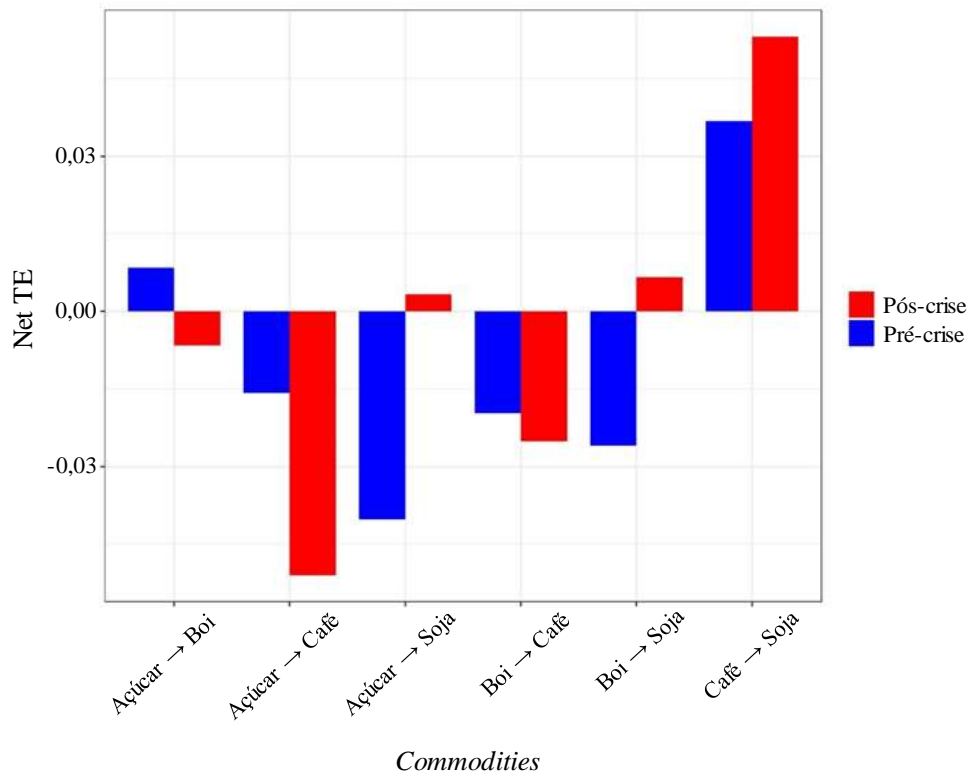
A transferência total (soma dos valores absolutos de Net TE para todos os pares de *commodities*) antes da crise foi 0,1469 e depois da crise, 0,1457, indicando que o mercado dessas *commodities* foi um pouco mais eficiente depois da crise (menor valor de TE total).

Tabela 4. Net TE entre as séries de preços das *commodities* para os períodos antes e depois da crise.

<i>Commodities</i>	Pré-crise	Pós-crise
Açúcar → Boi	0,0084	-0,0066
Açúcar → Café	-0,0158	-0,0510
Açúcar → Soja	-0,0402	0,0033
Boi → Café	-0,0197	-0,0251
Boi → Soja	-0,0260	0,0066
Café → Soja	0,0368	0,0531

Fonte: Autores.

Figura 2. Net TE entre as séries de preços das *commodities* para os períodos pré-crise (azul) e pós-crise (vermelho).



Fonte: Autores.

A transferência de informação com uso de TE foi estudada para várias séries financeiras. Sensoy, *et al.* (2014) analisaram o fluxo de informações entre taxas de câmbio e preços de ações em vários países emergentes. A análise mostrou que, antes da crise de 2008, apenas existe uma interação de baixo nível entre essas duas variáveis, e as taxas de câmbio dominam os preços das ações em geral. Durante a crise, surge uma forte interação bidirecional e, no período pós-crise, a forte interação continua existindo e, em geral, os preços das ações dominam as taxas de câmbio. Gao e Mei (2019) investigaram a estrutura de correlação entre os mercados dos EUA e os mercados asiáticos durante a crise financeira de 2008 utilizando TE e encontraram uma dependência mais forte após a crise. Os dois estudos citados envolvem mercados internacionais, enquanto neste artigo foi analisado o mercado local, brasileiro, para variáveis financeiras de mesmo tipo: *commodities* agrícolas. Apesar

das diferenças dos mercados estudados, os resultados aqui obtidos também mostraram que a crise de 2008 afetou a relação entre os mercados financeiros, alterando a direção de fluxo de informação entre as séries analisadas.

4. Considerações Finais

Os resultados da análise de *Transfer Entropy* mostraram que a crise de 2008 afetou a direção de transferência de informação entre os pares açúcar-boi, açúcar-soja e boi-soja, enquanto a série de preços do café transmitiu informação para outras *commodities* em ambos os períodos, antes e depois da crise. A maior transferência de informação foi da série de preços de café para soja no período pós-crise, enquanto a menor transferência de informação foi da série de preços de açúcar para soja, também no período pós-crise. A transferência total (soma dos valores absolutos de Net TE para todos os pares de *commodities*) foi pouco menor no período pós-crise, indicando que a crise afetou o mercado dessas *commodities* em direção da maior eficiência, já que a menor transferência entre as *commodities* indica menor correlação entre seus preços, característica de mercados mais eficientes.

Como trabalhos futuros, seria igualmente de interesse analisar outras *commodities* agrícolas do mercado brasileiro e dos mercados agrícolas internacionais, como carne suína, algodão e milho.

Agradecimentos

Os autores agradecem, pelo apoio e incentivo, à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

Referências

- Alan Bojanic, H. (2017). The rapid agricultural development of Brazil in the last 20 years.
- Beckmann, J., & Czudaj, R. (2014). Volatility transmission in agricultural futures markets. *Economic Modelling*, 36, 541-546.
- dos Santos Caliari, S. C. (2019). A Exportação De Carne Bovina No Brasil. *CIMATech*, 1(6), 281-292.
- Farias, D. B. C., Silva, A. S. A., Stosic, T., & Stosic, B. (2020). Análise de entropia multiescala da dinâmica de preços de commodities agrícolas brasileiras. *Research, Society and Development*, 9(11), e4739119832.
- Gao, H. L., & Mei, D. C. (2019). The correlation structure in the international stock markets during global financial crisis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 534, 122056.
- He, J., & Shang, P. (2017). Comparison of transfer entropy methods for financial time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 482, 772-785.
- Ivanic, M., Martin, W., & Zaman, H. (2012). Estimating the Short-Run Poverty Impacts of the 2010–11 Surge in Food Prices. *World Development*, 40(11), 2302–2317.
- Jale, J. S., Júnior, S. F., Stošić, T., Stošić, B., & Ferreira, T. A. (2019). Information flow between Ibovespa and constituent companies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 516, 233-239.
- Kristoufek, L., Janda, K., & Zilberman, D. (2012). Correlations between biofuels and related commodities before and during the food crisis: A taxonomy perspective. *Energy Economics*, 34(5), 1380-1391.
- Lima, C. R. A., de Melo, G. R., Stosic, B., & Stosic, T. (2019). Cross-correlations between Brazilian biofuel and food market: Ethanol versus sugar. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 513, 687-693.
- Nazlioglu, S., & Soytaş, U. (2012). Oil price, agricultural commodity prices, and the dollar: A panel cointegration and causality analysis. *Energy Economics*, 34(4), 1098-1104.
- Orange, N., & Abaid, N. (2015). A transfer entropy analysis of leader-follower interactions in flying bats. *The European Physical Journal Special Topics*, 224(17), 3279-3293.

- Pessoa, R. V. S., Barreto, I. D. de C., Araújo, L. da S., Moreira, G. R., Stosic, T., & Stosic, B. (2021). Correlações em séries temporais de preços de frango, soja e milho. *Research, Society and Development*, 10(4), e20610414019.
- Schreiber, T. (2000). Measuring information transfer. *Physical review letters*, 85(2), 461.
- Sensoy, A., Sobaci, C., Sensoy, S., & Alali, F. (2014). Effective transfer entropy approach to information flow between exchange rates and stock markets. *Chaos, solitons & fractals*, 68, 180-185.
- Shaffer, I., & Abaid, N. (2020). Transfer Entropy Analysis of Interactions between Bats Using Position and Echolocation Data. *Entropy*, 22(10), 1176.
- Ursino, M., Ricci, G., & Magosso, E. (2020). Transfer Entropy as a Measure of Brain Connectivity: A Critical Analysis With the Help of Neural Mass Models. *Frontiers in computational neuroscience*, 14, 45.
- Van Milligen, B. P., Birkenmeier, G., Ramisch, M., Estrada, T., Hidalgo, C., & Alonso, A. (2014). Causality detection and turbulence in fusion plasmas. *Nuclear Fusion*, 54(2), 023011.
- Vicente, R., Wibral, M., Lindner, M., & Pipa, G. (2011). Transfer entropy—a model-free measure of effective connectivity for the neurosciences. *Journal of computational neuroscience*, 30(1), 45-67.
- Wing, S., Johnson, J. R., Camporeale, E., & Reeves, G. D. (2016). Information theoretical approach to discovering solar wind drivers of the outer radiation belt. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 121(10), 9378-9399.