



Conectividade dinâmica de retornos entre commodities agropecuárias e petróleo WTI: Aplicação dos modelos VAR e TVP-VAR no período de 2013 a 2022

Dynamic return connectedness between agricultural commodities and WTI oil: Application of VAR and TVP-VAR models from 2013 to 2022

 Alexandra Kelly de Moraes¹,  Paulo Sergio Ceretta²

RESUMO

Este artigo investiga a conectividade dinâmica dos retornos entre mercados agropecuários e o mercado de petróleo West Texas Intermediate (WTI). Utilizaram-se os modelos VAR e TVP-VAR, conforme Ready (2018) e Antonakakis e Gabauer (2017). Os resultados mostram que variações nos preços do petróleo impactam significativamente os retornos das commodities agropecuárias. Observou-se que essas conexões dinâmicas variam entre os mercados analisados. Trigo, milho e soja exibem altos níveis de conexão com os choques do petróleo, enquanto outras commodities agrícolas e pecuárias apresentam baixos níveis de conexão.

Palavras-chave: Análise de séries temporais, Conectividade Dinâmica, Retorno, Commodities Agropecuárias, Petróleo WTI.

ABSTRACT

This article investigates the dynamic return connectedness between agricultural markets and the West Texas Intermediate (WTI) oil market. The VAR and TVP-VAR models were employed, following Ready (2018) and Antonakakis and Gabauer (2017). The results show that fluctuations in oil prices significantly affect the returns of agricultural commodities. It was observed that these dynamic connections vary across the analyzed markets. Wheat, corn, and soybeans exhibit high levels of connectedness with oil price shocks, while other agricultural and livestock commodities present lower levels of connectedness.

Keywords: Time Series Analysis, Dynamic Connectivity, Return, Agricultural Commodities, WTI Oil.

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco;

² Universidade Federal de Santa Maria.

Autor correspondente: akmoraes.am@gmail.com

Recebido em: 01/01/2026. Aceito em: 18/03/2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado. 

1 INTRODUÇÃO

O impacto dos choques no preço do petróleo sobre as *commodities* agrícolas é um tema amplamente debatido na literatura econômica, devido à interdependência entre esses mercados. O petróleo, sendo uma das principais fontes de energia utilizadas na produção agrícola, influencia significativamente os custos de fertilizantes, transporte e maquinário, além de ser um insumo essencial para a produção de biocombustíveis (Hamilton, 2003; Ahmed; Sarkodie, 2021). Assim, flutuações no preço do petróleo podem gerar efeitos notáveis sobre os preços das *commodities* agrícolas, especialmente em períodos de crise (Ready, 2018; Moraes; Ceretta, 2023).

Commodities como trigo, milho, soja, açúcar e café são particularmente suscetíveis a esses choques, dada sua relevância no comércio internacional e sua ampla utilização na produção de alimentos e energia (Umar *et al.*, 2021; Ahmed; Sarkodie, 2021). Esses choques podem se originar de eventos geopolíticos, como tensões no Oriente Médio, ou de crises globais, como a pandemia da Covid-19, que alteraram drasticamente a demanda por energia e impactaram os preços do petróleo e das *commodities* agrícolas (World Bank, 2020).

É importante destacar que os choques no mercado de petróleo impactam diretamente os retornos das *commodities*. Choques de oferta, como interrupções na produção, elevam os custos de produção e transporte, reduzindo as margens de lucro dos produtores e afetando negativamente os retornos (Ready, 2018; Umar *et al.*, 2021; Moraes; Castro Júnior, 2025). Em contrapartida, choques de demanda, especialmente em um cenário de expansão econômica global, podem impulsionar simultaneamente os preços do petróleo e das *commodities* relacionadas, aumentando seus retornos (Ready, 2018; Umar *et al.*, 2021).

No entanto, durante choques de risco, como crises financeiras, a especulação nos mercados tende a aumentar, intensificando a volatilidade e tornando os retornos mais imprevisíveis (Ready, 2018; Umar *et al.*, 2021). Dessa forma, os choques no mercado de petróleo não apenas afetam a volatilidade, mas também alteram as expectativas de lucratividade e o comportamento dos investidores.

Nesse contexto, este estudo se concentra no período de 2013 a 2022, que inclui eventos críticos como a queda nos preços do petróleo em 2014 e a crise da Covid-19 em 2020. O objetivo é examinar como esses choques no mercado de petróleo afetaram as principais *commodities* agrícolas e analisar a dinâmica das interconexões entre eles ao longo do tempo.

A investigação incluiu a estimação da conectividade dinâmica entre o retorno das *commodities* agropecuárias e os choques do petróleo, utilizando métricas como a conectividade dinâmica total, o índice de conectividade dinâmica específico e a conectividade dinâmica líquida, que revelam a influência dos choques do petróleo sobre os retornos das *commodities* agrícolas (Umar *et al.*, 2021; Moraes; Castro Júnior; Ceretta, 2026).

Essa análise proporciona uma compreensão mais aprofundada das interconexões entre os mercados, especialmente durante períodos de crise, contribuindo para o entendimento de como as flutuações no preço do petróleo impactam diretamente o setor agropecuário. O uso de um modelo VAR com *Time-Varying Parameter Vector Autoregression* (TVP-VAR) o que permite capturar a evolução dessas relações durante diferentes fases de crises globais, oferecendo uma visão mais detalhada e precisa sobre a

co-movimentação entre os mercados de petróleo e agrícolas (Antonakakis; Gabauer, 2017; Moraes; Ceretta, 2023).

A lacuna na literatura reside na falta de estudos que abordem de forma dinâmica as interações entre o petróleo e as *commodities* agrícolas ao longo da pandemia da Covid-19. A maioria das pesquisas anteriores se concentra em análises estáticas ou em períodos específicos, sem capturar adequadamente as mudanças na intensidade e na direção da conectividade entre esses mercados durante choques externos (Hung, 2021; Balcilar; Gabauer; Umar, 2021). Este trabalho preenche essa lacuna ao investigar como as variações no preço do petróleo influenciam os preços das *commodities* agrícolas de maneira dinâmica e temporal.

Do ponto de vista prático, os resultados deste estudo são de grande importância para investidores, gestores de risco e formuladores de políticas, que podem usar essas informações para criar estratégias mais eficazes em relação à alocação de portfólios, cobertura de riscos e políticas agrícolas em momentos de crise (Ready, 2018; Moraes; Ceretta, 2023). No plano teórico, a análise contribui para um entendimento mais profundo sobre como choques externos afetam a interdependência entre os mercados das *commodities* e do petróleo, oferecendo informações relevantes sobre a eficiência de mercado em tempos de instabilidade.

A originalidade da pesquisa reside na investigação da interação entre petróleo e *commodities* agrícolas sob a ótica de múltiplos episódios de crise, incorporando simultaneamente retornos em um mesmo arcabouço analítico. Ao explorar esse contexto, o estudo amplia a compreensão sobre os mecanismos de transmissão de choques entre esses mercados, oferecendo uma contribuição distinta em relação à literatura predominantemente estática. No entanto, como qualquer metodologia, o modelo apresenta limitações, como a sensibilidade à escolha de parâmetros e a necessidade de grandes volumes de dados, particularmente em períodos de volatilidade elevada (Diebold; Yilmaz, 2012). Ainda assim, a metodologia é altamente apropriada para este estudo, dada a natureza complexa e volátil dos mercados analisados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo investiga a conectividade dinâmica entre as variações nos preços de contratos futuros, com foco no retorno das *commodities* agropecuárias frente aos choques do petróleo, durante o período de 2013 a 2022. O intervalo temporal escolhido é relevante devido a eventos econômicos significativos, como a recuperação após a crise financeira de 2008-2009 e as flutuações provocadas pela pandemia da Covid-19 em 2020, que impactaram substancialmente os mercados das *commodities* (Umar *et al.*, 2021; Moraes; Ceretta, 2023).

As variáveis analisadas neste estudo compreendem preços diários do petróleo *West Texas Intermediate* (WTI), o *Integrated Oil & Gas Index* e o índice de volatilidade (VIX), além das principais *commodities* agropecuárias negociadas no mercado derivativos, sendo elas trigo (*wheat*), açúcar (*sugar*), milho (*corn*), aveia (*oat*), arroz (*rice*), cacau (*cocoa*), soja (*soybean*), café (*coffee*), algodão (*cotton*), gado vivo (*live cattle*) e suíno magro (*lean hogs*),

todos expressos em dólares americanos, obtidos na Economatica, resultando em 2.328 observações, foi utilizado um horizonte preditivo de 150 dias.

Dessa forma, essas variáveis foram selecionadas por representarem a interação entre o mercado de energia, a incerteza financeira global e os mercados futuros de *commodities* agrícolas e pecuárias, permitindo analisar a transmissão de choques e a dinâmica de conectividade entre esses mercados (Diebold; Yilmaz, 2012, 2014; Umar *et al.*, 2021).

2.1 MODELOS VAR e TVP-VAR

A proposta de Ready (2018) apresenta uma metodologia fundamentada no modelo VAR para decompor as flutuações do preço diário do petróleo bruto em três tipos de choques distintos: i) risco do preço do petróleo, ii) demanda do petróleo e iii) oferta do petróleo. Essa abordagem é significativa porque permite a identificação das fontes subjacentes das variações diárias do preço do petróleo bruto, bem como a avaliação dos impactos do petróleo em outras variáveis econômicas (Umar *et al.*, 2021).

Conforme apontado por Ready (2018), os choques de oferta (ss_t), de demanda (ds_t), e de risco (rs_t) são ortogonais e podem ser desvinculados na Equação (1):

$$Z_t = A^{-1}X_t \quad (1)$$

Onde Z_t é um vetor de dados que inclui os choques de oferta, demanda e risco do petróleo, definido por (2):

$$Z_t = \begin{bmatrix} ss_t \\ ds_t \\ rs_t \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Em (1), X_t é um vetor de dados que inclui as variações nos preços do petróleo, índice mundial integrado de produtores de petróleo e gás e retorno do ativo. A é uma matriz 3×3 , descrita na formulação (3):

$$X_t = \begin{bmatrix} \Delta p_t \\ R_t^{opf} \\ \Delta R_t \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Segundo Ready (2018), os choques de risco do petróleo bruto são as variações inesperadas dos retornos dos ativos. Os choques de demanda de petróleo são obtidos dos resíduos da regressão do índice dos retornos das empresas de petróleo e gás, e os choques de oferta de petróleo bruto são obtidos das variações dos preços do petróleo bruto e das mudanças na demanda e risco. Essa distinção é essencial para entender como cada choque afeta o mercado.

Em seguida, foi aplicado o modelo TVP-VAR para analisar a conexão entre os choques do petróleo bruto e os retornos das *commodities* agropecuárias. Esse modelo estende a abordagem de conectividade de Diebold e Yilmaz (2012, 2014), permitindo que as variâncias se ajustem por meio de uma estimativa estocástica de volatilidade através

do filtro de Kalman com fatores de esquecimento (Koop; Korobilis, 2014; Antonakakis; Gabauer, 2017). Essa característica é especialmente relevante, pois permite capturar a dinâmica temporal das séries analisadas, evitando o viés introduzido pela seleção arbitrária da janela rolante.

Assim, o TVP-VAR apresenta uma vantagem significativa em relação ao problema do tamanho da janela rolante, que frequentemente é selecionado de forma arbitrária, podendo resultar em viés. Adicionalmente, essa abordagem permite a análise da conectividade dinâmica em frequências mais baixas, sendo especialmente útil em situações de dados de séries temporais limitados (Antonakakis; Gabauer, 2017; Umar *et al.*, 2021). As Equações (4) e (5) descrevem o método TVP-VAR:

$$Y_t = \beta_t Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t | F_{t-1} \sim N(0, S_t), \quad (4)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + v_t \quad v_t | F_{t-1} \sim N(0, R_t). \quad (5)$$

Nas Equações (4) e (5), temos que Y_t representa o vetor dimensional $N \times 1$, enquanto Y_{t-1} representa um vetor dimensional $Np \times 1$, sendo p a ordem de defasagem. É importante ressaltar que a modelagem TVP-VAR é particularmente adequada para capturar a dinâmica temporal dos dados, permitindo que os parâmetros variem ao longo do tempo.

Em seguida, β_t é uma matriz de coeficiente da variação no tempo, dimensional $N \times Np$, e ε_t é um vetor de distúrbio de erro dimensional $N \times 1$, com uma matriz de variância-covariância variável no tempo S_t , de dimensão $N \times N$. O parâmetro β_t é derivado do valor β_{t-1} , uma matriz de erro dimensional $N \times Np$, e v_t uma matriz de erro dimensional $Np \times Np$, representa as variâncias-covariâncias da matriz R_t .

Para interpretar os valores dos coeficientes no modelo TVP-VAR, são necessários dois métodos fundamentais: a função de resposta ao impulso generalizado (GIRF) e a decomposição generalizada da variância do erro de previsão (GFEVD), conforme Koop e Korobilis (2014).

Esses métodos são essenciais para entender a dinâmica das interações entre as variáveis. Para estimar o vetor médio móvel e calcular o GIRF e GFEVD, é utilizado o modelo VAR descrito na Equação (6):

$$Y_t = \beta_t Y_{t-1} + \varepsilon_t = A_t \varepsilon_t. \quad (6)$$

Na Equação (6), $A_t = (A_{1,t}, A_{2,t} \dots A_{p,t})$ é uma matriz de parâmetros dimensional $Np \times N$. O GIRF, representado por $\psi_{ij,t}^g$, avalia a resposta em todas as variáveis j a um choque na variável i . Conforme Antonakakis e Gabauer (2017), esse cálculo realizado pela diferença das previsões j -passos à frente em duas situações: i) quando a variável i é submetida a um choque, e ii) quando a variável i não é submetida a um choque. Essa metodologia é vital para a interpretação correta dos impactos dos choques nas variáveis de interesse. Assim, a diferença resultante do choque na variável i é calculada através das Equações (7) e (8):

$$GIRF_t(J, \delta_{j,t}, F_{t-1}) = E(Y_{t+j} | \varepsilon_{j,t}, F_{t-1}) - E(Y_{j,t} | F_{t-1}), \quad (7)$$

$$\psi_{ij,t}^g(J) = S_{ij,t}^{-1/2} A_{J,t} S_t \varepsilon_{ij,t}. \quad (8)$$

Nas Equações (7) e (8), o parâmetro J representa o horizonte de previsão, enquanto $\delta_{j,t}$ é um vetor de seleção que é igual a 1 na posição j e 0 nas demais posições. Além disso, F_{t-1} é o conjunto de informação em $t-1$. Essa estrutura permite uma análise dinâmica e aprofundada dos impactos dos choques.

Na Equação (9), o GFEVD, identificado por $\varphi_{ij,t}^g(J)$, para um horizonte de previsão J , indica a parcela da variância que é a variável i exerce sobre a variável j (Antonakakis; Gabauer, 2017).

$$\varphi_{ij,t}^g(J) = \frac{\sum_{h=0}^{J-1} (\Psi_{ij,t+h}^g(J-h))^2}{\sum_{j=1}^N \sum_{h=1}^{J-1} (\Psi_{ij,t+h}^g(J-h))^2}, \quad \sum_{j=1}^N \varphi_{ij,t}^g(J) = 1 \text{ e } \sum_{i,j=1}^N \varphi_{ij,t}^g(J) = N. \quad (9)$$

Após o cálculo do GFEVD e sua normalização (soma = 1), é possível obter o Índice de Conectividade Total (TCI), que revela o grau de transmissão de um choque em uma variável para outras variáveis (Antonakakis; Gabauer, 2017). Essa métrica é importante para compreender como choques em variáveis-chave se propagam pelo sistema. As Equações (10) e (11) expressam o TCI:

$$C_j^g(J) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \varphi_{ij,t}^g(J)}{\sum_{j=1}^N \sum_{h=1}^{J-1} (\Psi_{ij,t+h}^g(J-h))^2} * 100, \quad (10)$$

$$C_j^g(J) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \varphi_{ij,t}^g(J)}{N} * 100. \quad (11)$$

As Equações (10) e (11) ilustram como o TCI é utilizado para medir as interações entre as variáveis ao longo do tempo. Um valor alto de TCI indica uma forte interdependência entre os choques nas variáveis, essencial para a compreensão da dinâmica do mercado das *commodities* agropecuárias em resposta às flutuações no preço do petróleo (Antonakakis; Gabauer, 2017).

Além disso, a ordem de defasagem do modelo VAR neste estudo, foi selecionada com base no Critério de Informação de Akaike (AIC), por sua maior flexibilidade na captura da dinâmica temporal das séries (Antonakakis; Gabauer, 2017; Diebold; Yilmaz, 2014; Ready, 2018; Umar *et al.*, 2021; Moraes; Ceretta, 2023).

2.2 ÍNDICE DA CONECTIVIDADE DINÂMICA

A seguir, são apresentadas as estimativas do modelo TVP-VAR para os índices de conectividade: *TO*, *FROM* e *NET*. Essas métricas medem a direção e a magnitude das interações entre as variáveis ao longo do tempo, conforme a metodologia desenvolvida por Diebold e Yilmaz (2012).

Para estimar a Conectividade Direcional para outros (*TO*), emprega-se a Equação (12), que mede a transmissão de um choque na variável i para todas as outras variáveis j , sendo calculada da seguinte forma:

$$C_{i \rightarrow j, t}^g(J) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \varphi_{ji, t}^g(J)}{\sum_{j=1}^N \varphi_{ji, t}^g(J)} * 100. \quad (12)$$

Esse índice calcula quanto da variação na variável i é transmitida para as outras variáveis j . Para determinar a Conectividade Direcional Recebida de Outros (*FROM*), emprega-se a Equação (13), que mede o quanto da variação da variável i é causada por choques provenientes de todas as outras variáveis j :

$$C_{i \leftarrow j, t}^g(J) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \varphi_{ij, t}^g(J)}{\sum_{j=1}^N \varphi_{ij, t}^g(J)} * 100. \quad (13)$$

Essa fórmula reflete a intensidade dos choques recebidos por i de outras variáveis no sistema. Por fim, a Conectividade Direcional Total Líquida (*NET*), descrita pela Equação (14), mostra a diferença entre a conectividade que a variável i envia para as outras (*TO*) e a que recebe (*FROM*):

$$C_{i, t}^g(J) = C_{i \rightarrow j, t}^g(J) - C_{i \leftarrow j, t}^g(J). \quad (14)$$

Conforme Antonakakis e Gabauer (2017), o índice *NET* pode assumir os seguintes valores: positivo, quando $C_{i, t}^g(J) > 0$, indicando que a variável i transmite mais choques do que recebe, sendo um transmissor líquido; negativo, quando $C_{i, t}^g(J) < 0$, indicando que a variável i , recebe mais choques do que transmite, sendo um receptor líquido; zero, quando $C_{i, t}^g(J) = 0$, indicando que o nível de transmissão e recepção de choques é equilibrado.

As análises realizadas neste estudo foram conduzidas utilizando o *software R* (R Core Team, 2023) em conjunto com o ambiente de desenvolvimento integrado *RStudio* (RStudio Team, 2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONECTIVIDADE DINÂMICA DO RETORNO DAS *COMMODITIES* AGROPECUÁRIAS E DOS CHOQUES DO PETRÓLEO

A Tabela 1 apresenta a conectividade dinâmica média entre os retornos das *commodities* agropecuárias e os choques do petróleo. Os resultados revelam que os choques de *Risk* têm o impacto mais significativo sobre os retornos das *commodities*, contribuindo com 31,87% da variância total e absorvendo 32,90%. Choques de *Demand* e *Supply* também desempenham papéis importantes, com transmissões totais de 30,69% e 28,40%, respectivamente.

Tabela 1. Conectividade dinâmica média do retorno das *commodities* agropecuárias e dos choques nos preços do petróleo.

	<i>Risk</i>	<i>Demand</i>	<i>Supply</i>	<i>Wheat</i>	<i>Sugar</i>	<i>Corn</i>	<i>Oat</i>	<i>Rice</i>	<i>Cocoa</i>	<i>Soy</i>	<i>Coffee</i>	<i>Cotton</i>	<i>LiveCattle</i>	<i>LeanHogs</i>	<i>FROM</i>
<i>Risk</i>	67,10	5,54	2,56	1,84	2,26	1,68	2,13	1,47	2,44	2,58	2,55	4,09	2,22	1,53	32,90
<i>Demand</i>	6,00	67,57	4,33	1,33	2,12	2,09	2,30	1,70	2,65	1,96	2,04	2,20	1,91	1,79	32,43
<i>Supply</i>	2,51	4,57	70,48	1,64	2,86	2,37	1,43	1,89	2,46	2,22	2,05	1,89	1,79	1,86	29,52
<i>Wheat</i>	1,46	1,45	1,39	51,14	2,65	16,80	6,46	2,40	1,51	7,00	2,29	2,38	1,69	1,40	48,86
<i>Sugar</i>	2,18	2,06	2,83	3,16	65,59	2,99	2,58	1,89	2,33	2,93	5,24	2,69	2,13	1,40	34,41
<i>Corn</i>	1,21	1,26	1,65	15,16	2,24	46,18	6,35	2,70	1,29	14,10	2,35	2,77	1,35	1,39	53,82
<i>Oat</i>	1,79	2,05	1,63	7,03	2,35	8,31	58,68	3,22	1,62	5,73	1,91	2,01	1,64	2,04	41,32
<i>Rice</i>	1,53	1,43	1,70	3,21	2,32	4,00	3,86	69,45	1,35	3,91	2,19	1,57	1,85	1,62	30,55
<i>Cocoa</i>	2,56	2,93	2,56	1,98	2,79	1,91	2,01	1,37	70,52	2,14	3,06	2,42	1,96	1,79	29,48
<i>Soy</i>	2,14	1,35	1,76	6,83	2,52	15,33	4,96	2,98	1,43	50,66	3,16	3,46	1,52	1,88	49,34
<i>Coffee</i>	2,50	1,98	1,99	2,90	5,22	2,71	2,27	1,93	3,00	3,56	65,89	2,37	2,02	1,66	34,11
<i>Cotton</i>	4,15	2,28	2,25	2,86	2,73	4,04	2,53	1,50	2,06	4,13	2,42	66,19	1,58	1,28	33,81
<i>Live_Cattle</i>	2,40	2,04	1,79	2,08	2,48	2,11	2,07	1,72	2,01	2,02	2,21	2,14	73,14	1,80	26,86
<i>Lean_Hogs</i>	1,44	1,73	1,95	1,78	1,66	2,19	2,65	1,73	1,66	2,39	1,72	1,42	1,76	75,91	24,09
<i>TO</i>	31,87	30,69	28,40	51,81	34,19	66,52	41,60	26,48	25,81	54,68	33,18	31,40	23,43	21,44	501,50
<i>NET</i>	-1,03	-1,74	-1,13	2,95	-0,22	12,69	0,29	-4,07	-3,67	5,35	-0,93	-2,41	-3,43	-2,65	35,82

Nota: Utilizou-se um período amostral de 2 de fevereiro de 2013 a 30 de março de 2022, aplicou-se um horizonte preditivo de 150 dias. Os elementos 12×12 do canto superior esquerdo da matriz mostram a conectividade direcional de pares, com uma variância do erro de previsão de 12 dias (%) da variável *i* devido a choques originados da variável *j*. A coluna da extrema direita (*FROM*) dá a conectividade direcional total recebida (soma dos elementos das colunas). A linha acima da parte inferior (*TO*) dá a conectividade direcional total transmitida (soma dos elementos das linhas). A linha inferior (*NET*) mostra a diferença na conectividade direcional total (*TO-FROM*). Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre as *commodities* analisadas, *corn* e *wheat* se destacam pela alta conectividade com os choques do petróleo. O *corn*, em particular, emerge como o principal transmissor de choques, com 66,52% da transmissão total, enquanto o *wheat* contribui com 51,81%. Esse resultado pode ser interpretado considerando o papel do *corn* como insumo essencial na cadeia produtiva, especialmente na alimentação animal, de modo que variações em seu preço tendem a se propagar para outras *commodities*, como *live cattle* e *lean hong*, elevando seus custos de produção.

Além disso, as *commodities* pecuárias, apresentam uma conectividade considerável, sugerindo que essas categorias são também afetadas pelas flutuações do mercado energético e pelos efeitos indiretos provenientes de outras *commodities* agrícolas. Por exemplo, o *live cattle* demonstra uma conectividade moderada, refletindo como choques de *Supply* e *Demand* de energia impactam os custos de produção e transporte. A análise da conectividade líquida (NET) reforça a posição do *corn* como o principal transmissor, com um valor positivo de 12,69. Em contraste, o *rice* (-4,07) e o *cocoa* (-3,67) aparecem como os maiores receptores de choques. As *commodities* pecuárias, como o *live cattle*, apresentam um perfil equilibrado, absorvendo choques sem se tornarem os principais transmissores de volatilidade.

Em síntese, os resultados desta análise evidenciam a complexo interconectividade entre os mercados das *commodities* agropecuárias e os choques nos preços do petróleo. A sensibilidade das *commodities* agrícolas, como *corn* e *wheat*, e das *commodities* pecuárias, como *live cattle* e *lean hogs*, às flutuações dos preços de energia, sublinha a relevância de políticas que visem mitigar os impactos de crises no setor energético sobre a produção agropecuária.

A Figura 1 apresenta o Índice de Conectividade Total (TCI) para o retorno de onze *commodities*, revelando dois picos significativos. O primeiro pico ocorre no final de 2019, refletindo a reação dos mercados das *commodities* à instabilidade econômica global.

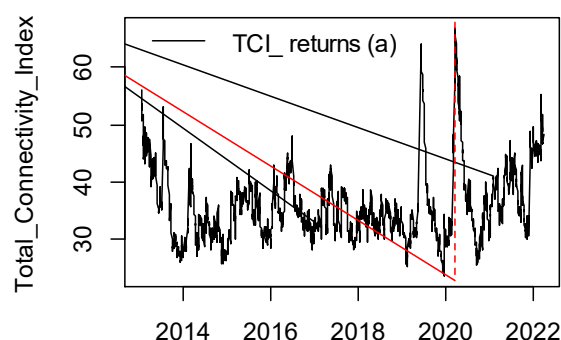


Figura 1. Conectividade dinâmica total para o retorno. Notas: Índice de conectividade para o retorno de onze *commodities*, modelo TVP-VAR. A linha tracejada, destaca o pronunciamento da ONU sobre a crise sanitária da Covid-19 em março de 2020. Fonte: Elaborado pelos autores.

O segundo pico, mais notável, ocorre em março de 2020, coincidindo com a declaração da OMS de que a Covid-19 era uma pandemia global. Este período foi caracterizado por uma acentuada volatilidade nos mercados, indicando que os choques globais impactaram simultaneamente o mercado de petróleo e o setor agropecuário, amplificando os efeitos de contágio entre as *commodities*.

Esses resultados ressaltam a importância de monitorar os choques que podem impactar significativamente a volatilidade das *commodities*, influenciando decisões de investidores e políticas econômicas. A análise evidencia que crises globais intensificam a interdependência entre os mercados, sendo essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes que protejam os setores agropecuário e energético.

3.2 CONECTIVIDADE DINÂMICA DO RETORNO DAS *COMMODITIES* E DO PETRÓLEO BRUTO

Nesta seção, explora-se a evolução da conectividade dinâmica dos retornos de onze *commodities* agrícolas, utilizando o modelo TVP-VAR (*Vector Autoregression with Time-Varying Parameters*). A Figura 2 apresenta a análise do índice de conectividade dinâmica dos retornos das *commodities* agropecuárias e do petróleo.

Os dados revelam que o *wheat* apresenta flutuações *TO* (transmissão) (de 40 a 90) e *FROM* (recepção) (de 40 a 70), o que indica sua capacidade significativa de influenciar outros mercados, especialmente em cenários de alta nos custos de produção, como durante choques no petróleo. O *sugar*, com flutuações *TO* (de 20 a 90) e *FROM* (de 20 a 60), também demonstra uma ampla capacidade de influência, embora sua recepção de inovações seja mais limitada.

O *corn*, por sua vez, com flutuações *TO* (de 20 a 100) e *FROM* (de 20 a 80), emerge como uma das *commodities* mais influentes, destacando-se como um ativo estratégico no mercado global. Embora a *oat* e o *rice* apresentem flutuações *TO* (de 20 a 70 e 20 a 80), respectivamente, e desempenhem papéis relevantes, não ocupam uma posição central nas interações do mercado. O *cocoa*, com flutuações *TO* (de 20 a 60) e *FROM* (de 20 a 70), demonstra menor potencial de influência, mas continua a ser impactado por inovações de outras *commodities*.

A *soy* se destaca com flutuações *TO* (de 20 a 100) e *FROM* (de 20 a 80), revelando sua importância nas interações globais. O *coffee* apresenta flutuações *TO* e *FROM* (de 20 a 60), refletindo equilíbrio em sua capacidade de influenciar e ser influenciado. Em contrapartida, o *cotton*, com flutuações *TO* (de 10 a 70) e *FROM* (de 10 a 60), apresenta menor capacidade de transmissão e recepção de inovações, indicando um papel relativamente mais limitado.

Os *lean hogs* e o *live cattle*, com flutuações *TO* e *FROM* variando (de 10 a 60 e 10 a 80), respectivamente, mostram impactos limitados. Esses resultados ilustram a complexidade das interações no mercado agrícola, em que *corn*, *soy* e *wheat* se destacam como *commodities* mais influentes. A interdependência entre os ativos se intensifica em períodos de crise, como evidenciado pela pandemia da Covid-19, quando a conectividade entre *commodities* aumenta, ampliando a transmissão de choques e impactando diretamente as decisões de investimento e estratégias de *hedge* em um ambiente de alta volatilidade.

A análise da conectividade dinâmica líquida (*NET*) dos retornos das *commodities* em resposta aos choques do petróleo, apresentada na Figura 3, revela comportamentos distintos entre os ativos.

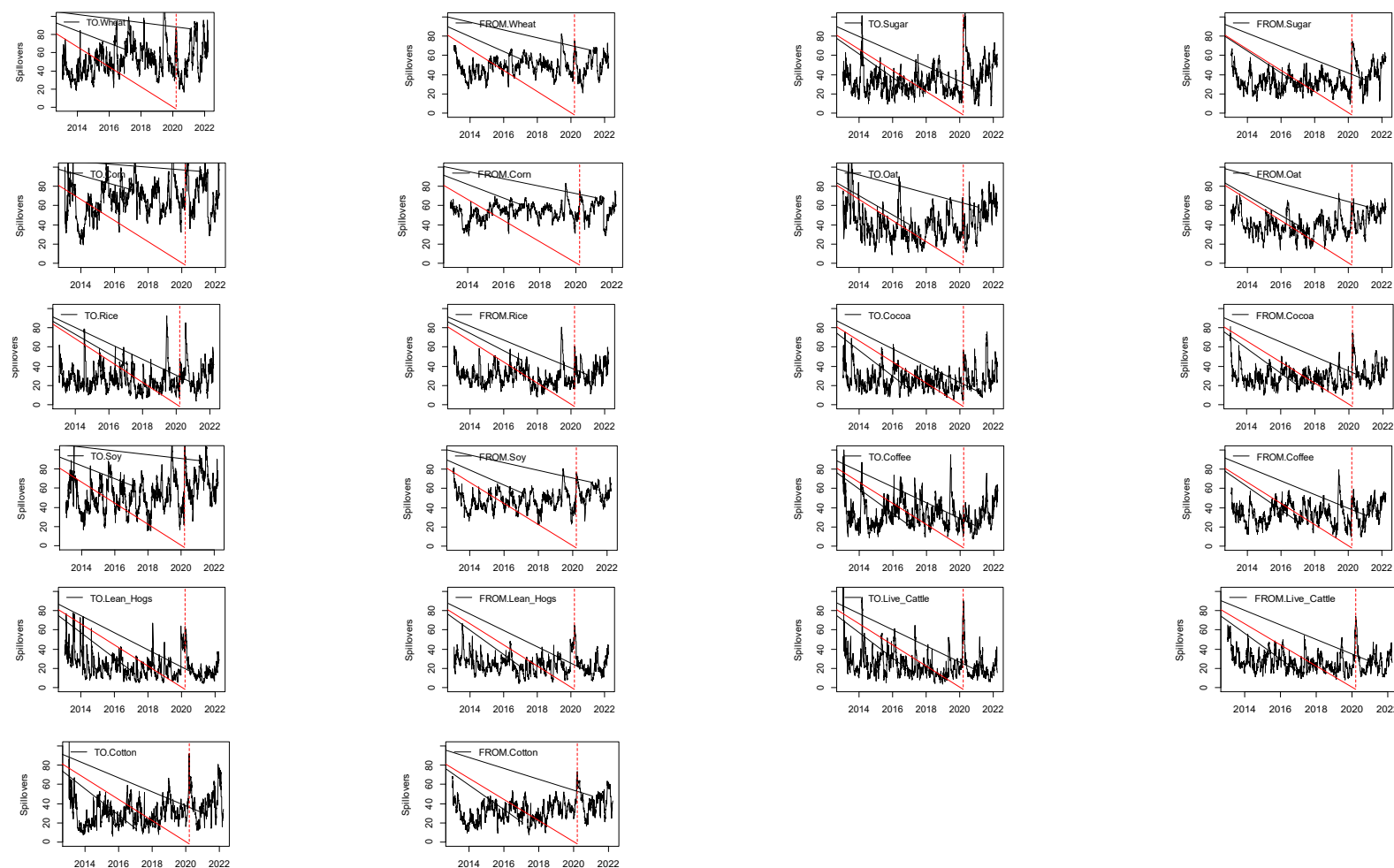


Figura 2. Conexão dinâmica (TO/FROM) do retorno das *commodities* agropecuárias frente aos choques nos do petróleo bruto. Nota: Conexão dinâmica do retorno de onze *commodities*, modelo TVP-VAR. A linha tracejada, destaca o pronunciamento da ONU sobre a crise sanitária da COVID-19 em março de 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores.

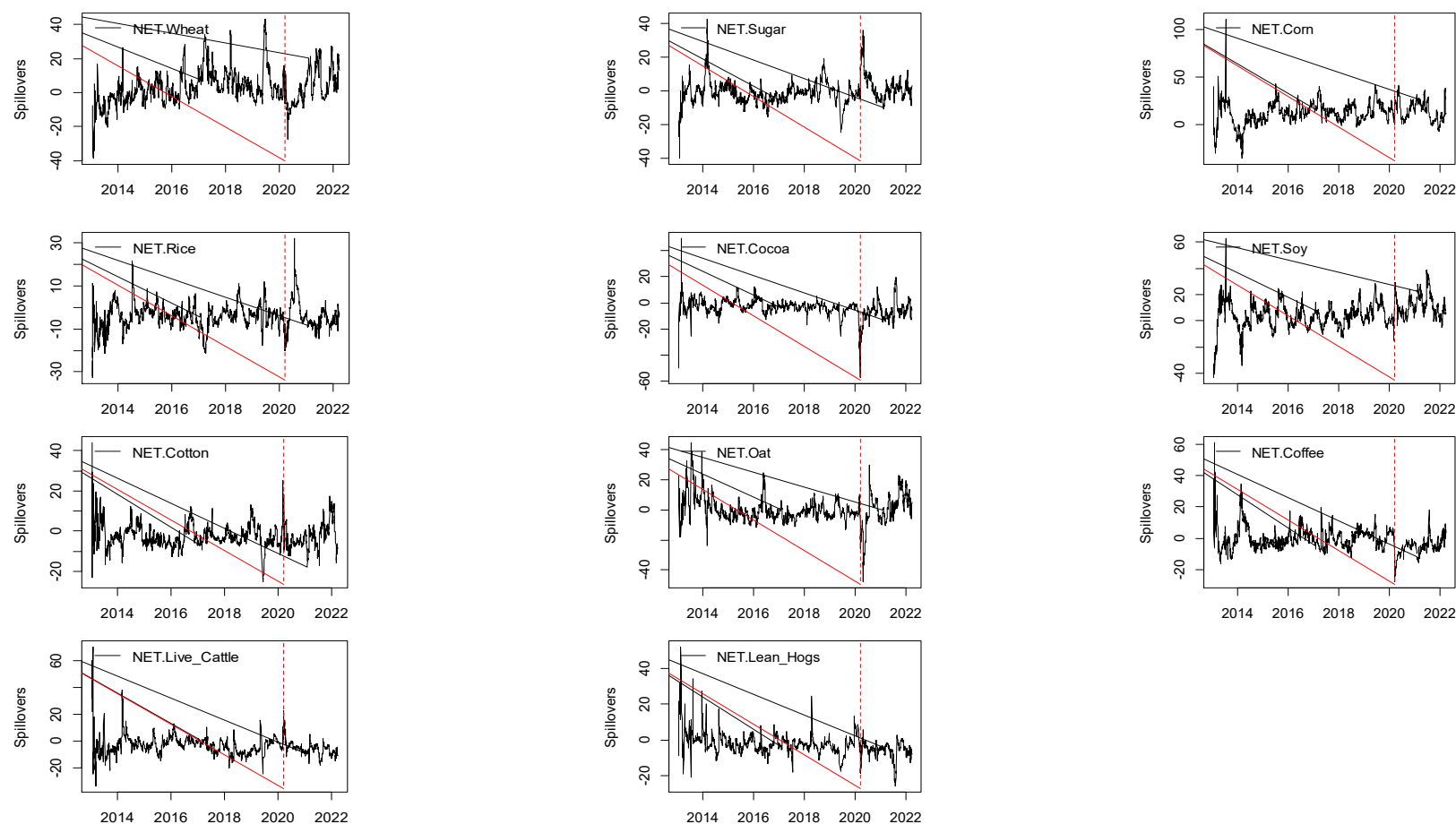


Figura 3. Conectividade dinâmica líquida do retorno frente aos choques do petróleo. Nota: Conexão líquida de retorno de onze *commodities*, modelo TVP-VAR. A linha tracejada, destaca o pronunciamento da ONU sobre a crise sanitária da COVID-19 em março de 2020. Fonte: Elaborado pelos autores.

O *wheat* exibe flutuações líquidas (de -40 a 40), indicando uma influência equilibrada nas interações com o petróleo. O *sugar*, com flutuações líquidas (de -20 a 20), reflete uma conexão moderada com os choques energéticos, enquanto o *corn*, com flutuações líquidas (entre -10 e 50), se destaca como uma *commodity* influente.

A *oat* e o *rice* apresentam flutuações líquidas (de -40 a 40 e de -30 a 30), respectivamente, enquanto o *cocoa* registra flutuações (de -60 a 20), sugerindo menor potencial de influência. A *soy*, com flutuações líquidas (de -40 a 30), demonstra maior capacidade de afetar outros mercados. O *coffee*, com variações (de -20 a 20), mantém equilíbrio entre influência e suscetibilidade às oscilações do mercado.

Com flutuações líquidas (de -20 a 30), o *cotton* e os *lean hogs* exibem menor capacidade de transmissão de inovações, enquanto o *live cattle*, com flutuações (de -20 a 20), apresenta potencial moderado de impacto. Esses resultados reforçam a complexidade das interações no mercado agrícola, com *corn*, *soy* e *wheat* emergindo como variáveis centrais nas dinâmicas de volatilidade. As flutuações *FROM* indicam que o *wheat* recebe impactos (entre 20 e 70), evidenciando sua sensibilidade a inovações em outros mercados. O *sugar* e o *corn*, com flutuações *FROM* (de 20 a 60), também demonstram sensibilidade relevante aos choques externos.

Essas interdependências tornam-se ainda mais relevantes em períodos de crise, como observado durante a pandemia da Covid-19, quando a conectividade entre os mercados se intensifica, amplificando a transmissão de choques. A análise da conectividade dinâmica e líquida evidencia a importância de compreender a interação entre os mercados de *commodities* agropecuárias e de energia, especialmente em contextos de elevada volatilidade.

Dessa forma, os resultados confirmam que o mercado de petróleo exerce papel central na dinâmica dos retornos das *commodities* agropecuárias, influenciando de maneira mais intensa *commodities* estratégicas como *corn*, *soy* e *wheat*, que se destacam como principais transmissores e receptores de choques no sistema. A maior sensibilidade dessas *commodities* está associada à sua forte dependência dos custos energéticos, logísticos e produtivos, além de sua relevância no mercado global de alimentos e biocombustíveis.

Nesse sentido, a elevação dos preços do petróleo tende a aumentar os custos de produção e transporte, resultando em pressões sobre os preços das *commodities* agrícolas. Esse efeito impacta não apenas a rentabilidade dos produtores, mas também contribui para o aumento dos preços dos alimentos, especialmente em países em desenvolvimento, onde a demanda é mais sensível às oscilações de preços.

Em contrapartida, ativos como *cocoa*, *cotton*, *lean hogs* e *live cattle* apresentam menor centralidade, assumindo posições mais periféricas na rede de conectividade. Esses achados reforçam que, em períodos de elevada incerteza, como durante a pandemia da Covid-19, a intensificação da conectividade reduz os benefícios da diversificação e amplia os desafios relacionados à gestão de risco e às estratégias de *hedge*, evidenciando a importância do monitoramento das interações entre os mercados de energia e *commodities* agrícolas.

Nesse contexto, os resultados obtidos neste estudo corroboram as conclusões de Ahmed e Sarkodie (2021), que demonstraram que as *commodities*, incluindo as agrícolas, respondem a significativamente aos choques provenientes do mercado de petróleo em

diferentes regimes de mercado, evidenciando a forte interconexão entre esses ativos, especialmente em períodos de instabilidade financeira. De forma complementar, Moraes e Ceretta (2023) identificaram forte correlação condicional dinâmica e *spillover* entre os preços futuros do petróleo e as ações das principais empresas do setor petrolífero, reforçando o papel do petróleo como importante transmissor de choques e como elemento central na propagação de instabilidades entre mercados.

Além disso, a dinâmica dessas interconexões varia ao longo do tempo e é fortemente influenciada por crises econômicas e eventos macroeconômicos. Em períodos de elevada incerteza, como durante a pandemia da Covid-19, as correlações entre os retornos do petróleo e das *commodities* agrícolas tendem a se intensificar, refletindo maior interdependência e ampliando a transmissão de choques entre os mercados.

Portanto, esse resultado é consistente com as evidências de Hau *et al.* (2020), que identificaram forte dependência entre o petróleo e os mercados futuros agrícolas. Adicionalmente, a crescente adoção de biocombustíveis fortalece ainda mais essas conexões, tornando essencial a análise dessas interações para compreender a propagação de choques, seus impactos sobre a economia global e os desafios relacionados à diversificação de portfólio e às estratégias de *hedge*.

4 CONCLUSÃO

A interrelação entre os choques nos preços do petróleo WTI e as *commodities* agropecuárias é fundamental para investidores e formuladores de políticas econômicas. Os resultados desta pesquisa mostram que os choques no petróleo impactam significativamente os retornos das principais *commodities* agrícolas, como *corn*, *wheat*, *rice* e *soy*, evidenciando forte interdependência entre o mercado de energia e o setor agropecuário.

Este estudo avança na compreensão das interconexões entre o mercado de petróleo e as *commodities* agrícolas, especialmente em contextos de instabilidade econômica e choques externos. As evidências apresentadas ampliam o entendimento das dinâmicas de transmissão de choques entre esses mercados e contribuem para preencher lacunas na literatura sobre as relações de causalidade e conectividade entre o setor energético e o mercado agropecuário. Além disso, a pesquisa contribui para o desenvolvimento de discussões teóricas relacionadas à transmissão de choques e à formação de preços das *commodities*.

Os resultados indicam que os preços do petróleo, por representarem um insumo essencial para a produção, o transporte e a logística agrícola, afetam diretamente os custos produtivos e, conseqüentemente, os retornos e preços das *commodities*. A maior sensibilidade de *commodities* como *corn*, *wheat*, *rice* e *soy* está associada à sua elevada dependência energética e à sua relevância no mercado global de alimentos e biocombustíveis, reforçando o papel dessas variáveis na propagação de choques entre os mercados.

A conectividade dinâmica dos retornos evidencia que essa interdependência se intensifica em períodos de crises, como durante a pandemia da Covid-19, quando a transmissão de choques se torna mais forte e persistente. Nesse contexto, *corn*, *wheat* e *soy* se destacam como transmissores e receptores de choques, enquanto *commodities* como *rice* e o *cocoa* apresentam maior sensibilidade às oscilações externas, refletindo posições mais vulneráveis dentro da rede de conectividade.

Esses achados reforçam a importância de compreender a dinâmica entre os preços do petróleo e as *commodities* agropecuárias, especialmente em cenários de elevada incerteza econômica. Recomenda-se que formuladores de políticas e investidores considerem a interconectividade entre esses mercados na elaboração de estratégias de mitigação de riscos, *hedge* e diversificação de portfólio, buscando reduzir os impactos adversos das flutuações de preços e promover maior estabilidade no setor agropecuário.

Os resultados também possuem implicações práticas relevantes para empresas do setor agrícola, que podem utilizar essas informações para aprimorar o gerenciamento de riscos associados às oscilações do mercado de petróleo e seus reflexos sobre os retornos das *commodities*. Da mesma forma, formuladores de políticas públicas podem se beneficiar do monitoramento contínuo dessas interações, subsidiando decisões relacionadas a incentivos, subsídios e regulamentações do setor.

Apesar das contribuições, a pesquisa apresenta limitações, como a concentração em número restrito de *commodities* e no período analisado, o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, o modelo não contempla explicitamente um conjunto mais amplo de determinantes fundamentais da formação de preços das *commodities* agrícolas, como custos de produção (energia e insumo), condições de oferta global e níveis de estoques, variações da demanda internacional, fatores climáticos e eventos extremos, bem como aspectos institucionais e macroeconômicos, como políticas comerciais e variações cambiais. Tais fatores exercem influência relevante sobre a dinâmica dos preços e podem afetar a interpretação dos resultados. Também devem ser consideradas as limitações inerentes aos métodos estatísticos utilizados, especialmente quanto à sensibilidade a pressupostos e à dificuldade de capturar relações não lineares mais complexas.

Futuras investigações podem ampliar o escopo da pesquisa por meio da inclusão de um conjunto maior de *commodities* e de períodos mais extensos, permitindo verificar a consistência dos resultados ao longo do tempo. A adoção de metodologias complementares, análise de redes mais avançadas ou modelos de *machine learning*, pode oferecer uma compreensão mais aprofundada das interconexões entre petróleo e *commodities* agrícolas. Além disso, investigar a influência de variáveis externas, como políticas climáticas, transições energéticas e eventos geopolíticos, representa uma agenda promissora para o desse campo de estudo.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M.Y.; SARKODIE, S.A. COVID-19 pandemic and economic policy uncertainty regimes affect commodity market volatility. **Resources Policy**. v. 74, 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102303>. 1 4 26
- ANTONAKAKIS, N.; GABAUER, D. Measures of Dynamic Connectedness Based On TVP-VAR. **Technical Report**. Munich: University Library of Munich. 2017. Disponível em: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/78282/1/MPra_paper_78282.pdf. 2 3 8 9 10

- BALCILAR, M.; CHANG, S.; GUPTA, R.; KASONGO, V.; KYEI, C. The relationship between oil and agricultural commodity prices in South Africa: a quantile causality approach. **The Journal of Developing Areas**, Vol. 50, No. 3, 2016. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24737421>. 4
- BALCILAR, M.; GABAUER, D.; UMAR, Z. Crude oil futures contracts and commodity markets: New evidence from a TVP-VAR extended joint connectedness approach. **Resources Policy**, v. 73, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102219>. 3 4
- CAO, Y.; CHENG, S. Impact of COVID-19 outbreak on multi-scale asymmetric spillovers between food and oil prices. **Resources Policy**, v. 74. Pages 1-18, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102364>. 5
- DIEBOLD, F.X.; YILMAZ, K., Better to give than to receive: predictive directional measurement of volatility spillovers. **International Journal Forecast**, v. 28 (1), 57–66, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006>. 3 10
- DIEBOLD, F.X.; YILMAZ, K. On the network topology of variance decompositions: measuring the connectedness of financial firms. **Journal of Econometrics**, v. 182 (1), 119–134, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.04.012>. 7 8
- EZEAKU, H. C.; ASONGU, S. A.; NNANNA, J. Volatility of international commodity prices in times of COVID-19: Effects of oil supply and global demand shocks. **The Extractive Industries and Society**, v. 8, p. 257–270, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.12.013>. 4
- FISHER, T. J.; GALLAGHER, C. M. New weighted portmanteau statistics for time series goodness of fit testing. **Journal of the American Statistical Association**, v.107: 777–87, 2012. <https://doi.org/10.1080/01621459.2012.688465>. 11 14
- HAMILTON, J. D. What is an oil shock? **Journal of Econometrics**. V. 113, Issue 2, Pages 363-398, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00207-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00207-5).
- HUNG, N. T. Oil prices and agricultural commodity markets: Evidence from pre and during COVID-19 outbreak. **Resources Policy**. v.73. Pages 1-10, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102236>. 3
- HAU, L.; ZHU, H.; HUANG, R.; MA, X. Heterogeneous dependence between crude oil price volatility and China's agriculture commodity futures: Evidence from quantile-on-quantile regression. **Energy**, 213, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118781>. 426
- KOOP, G.; KOROBILIS, D. A new index of financial conditions. **European Economic Review**, 71:101–116, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2014.07.002>. 8 9
- MORAES, A. K.; CASTRO JUNIOR, L. G. Deciphering price dynamics: A bibliometric analysis of research trends in the financial market. **Contextus – Contemporary Journal of Economics and Management**, 23, 2025. <https://doi.org/10.36517/contextus.2025.95480>

MORAES, A. K.; CASTRO JÚNIOR, L. G.; CERETTA, P. S. Eficiência de Mercado em *Commodities*: Tendências Emergentes, Avanços Metodológicos e Desafios de Pesquisa em uma Perspectiva Bibliométrica. **Revista De Administração Contabilidade E Sustentabilidade**, 16(2), 198–224, 2026. <https://doi.org/10.18696/reunir.v16i2.1940>

MORAES, A. K.; CERETTA, P. S. Correlação Condicional Dinâmica, *Spillover* de volatilidade e *Hedge* para os Preços do Petróleo Futuro e das Ações das Principais Empresas do Setor Petrolífero. **Estud. Econ.**, São Paulo, vol.53 n.2, p.375-409, 2023. <https://dx.doi.org/10.1590/1980-53575325ampc>

MORAES, A. K.; CERETTA, P. S. Directional volatility spillover between agricultural commodities, oil and financial indices. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, 25, 2023. <https://dx.doi.org/10.48142/2520231903>

NAZLIOGLU, S.; SOYTAS, U.; GUPTA, R. Oil prices and financial stress: A volatility spillover analysis. **Energy Policy**, 82, 278-288, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.003.4>

NAZLIOGLU, S.; SOYTAS, U. World oil prices and agricultural commodity prices: Evidence from an emerging market. **Energy Economics**. V. 33, Issue 3, May 2011, Pages 488-496, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.11.012.45>

READY, R.C. Oil prices and the stock market. **Review Finance**, 22 (1), 155–176, 2018. <https://doi.org/10.1093/rof/rfw071>. <https://doi.org/10.1093/rof/rfw071>. 1 2 3 7 8

REZITIS, A. N. The Relationship between Agricultural Commodity Prices, Crude Oil Prices and US Dollar Exchange Rates: A Panel VAR Approach and Causality Analysis International. **Journal of Applied Economics**. 2014. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2538480.45

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, PBC, Boston, MA. 2023. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SUN, Y.; MIRZA, N.; QADEER, A.; E HSUEH, H. Connectedness between oil and agricultural commodity prices during tranquil and volatile period. Is crude oil a victim indeed? **Resources Policy**, 72:1-8, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102131.5>

UMAR, Z.; JARENO, F.; ESCRIBANO, A. Agricultural commodity markets and oil prices: An analysis of the dynamic return and volatility connectedness. **Resources Policy**, 73:1-14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102147.1,24678>

ZHANG, Y. J.; FAN, Y.; TSAI, H. T.; WEI, Y. M. Spillover effect of US dollar exchange rate on oil prices. **Journal of Policy Modeling**, 30(6), 973-991, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2008.02.002.4>

WORLD BANK, 2020. **A Shock like No Other: The impact of COVID-19 on commodity market.** World Bank. Disponível em:
<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/04/23/coronavirus-shakes-commodity-markets#:~:text=The%20pandemic%20has%20the%20potential,for%20commodities%20related%20to%20transportation>. Acesso em: 2 de março de 2023.