

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**Willian Rocha Neves**

**Análise do impacto da volatilidade cambial sobre as exportações brasileiras do complexo milho, complexo soja e petróleo entre 2002 e 2022**

Juiz De Fora  
2023

**Willian Rocha Neves**

**Análise do impacto da volatilidade cambial sobre as exportações brasileiras do complexo milho, complexo soja e petróleo entre 2002 e 2022**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em economia aplicada da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia. Área de concentração: Economia Internacional.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Roberto Fóffano Vasconcelos

Juiz De Fora  
2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Neves, Willian Rocha.

Análise do Impacto da Volatilidade Cambial sobre as Exportações Brasileiras Do Complexo Milho, Complexo Soja e Petróleo entre 2002 e 2022 / Willian Rocha Neves. -- 2023.

40 p.

Orientador: Cláudio Roberto Foffano Vasconcelos

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2023.

1. Assimetria cambial real bilateral. 2. Comércio de commodities. 3. Volatilidade da taxa de câmbio bilateral real. 4. Modelo de estimação NARDL. 5. Economia internacional. I. Vasconcelos, Cláudio Roberto Foffano, orient. II. Título.

**Willian Rocha Neves**

**Análise do impacto da volatilidade cambial sobre as exportações brasileiras do complexo milho, complexo soja e petróleo entre 2002 e 2022**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada. Área de concentração: Economia

Aprovada em 20 de junho de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. Cláudio Roberto Foffano Vasconcelos** - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Dr<sup>a</sup>. Flaviane Souza Santiago**

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Dr<sup>a</sup>. Rosa Livia Gonçalves Montenegro**

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Dr. Alex Sander Souza do Carmo**

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Juiz de Fora, 22/05/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Roberto Foffano Vasconcelos, Professor(a)**, em 20/06/2023, às 17:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosa Lívia Gonçalves Montenegro, Professor(a)**, em 21/06/2023, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Alex Sander Souza do Carmo, Usuário Externo**, em 21/06/2023, às 14:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Flaviane Souza Santiago, Professor(a)**, em 22/06/2023, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1294089** e o código CRC **094B7C22**.

---

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me presenteado com a dádiva da vida. Também agradeço à toda a minha família que me ajudou durante esta caminhada, em especial, minha mãe Marli, meu pai Reginaldo †, meu padrasto Maurício, Dona Gilda †, Sr. Manoel † e minha namorada Nayara.

Aos meus grandes amigos que sempre estiveram comigo e me apoiaram também agradeço.

À UFJF e à Faculdade de Economia, especialmente aos economistas do ECONS e os professores, que desde o primeiro dia ofereceram toda estrutura necessária para eu me tornar um bom economista.

E um agradecimento especial ao Professor Doutor Cláudio R. Foffano Vasconcelos por ter me apresentado esta inspiradora área de estudo, também agradeço pelo conhecimento compartilhado comigo no desenvolvimento desse trabalho e pela dedicação durante a orientação.

## RESUMO

No mercado internacional, os fluxos de comércio de diversos produtos são afetados profundamente pela volatilidade da taxa de câmbio real. Este efeito no volume comercializado pode ser simétrico, isto é, um aumento de volatilidade cambial tem o mesmo efeito de uma diminuição de volatilidade cambial, ou assimétrico, que ocorre quando um aumento de volatilidade cambial afeta os fluxos comerciais de maneira diferente de uma diminuição de volatilidade cambial. O objetivo deste estudo foi investigar a existência de efeitos assimétricos da volatilidade da taxa de câmbio real nos fluxos comerciais de três das principais commodities comercializadas pelo Brasil: soja, petróleo bruto e milho. Com relação ao milho e soja, foram considerados seus respectivos complexos durante a análise, já o petróleo foi analisado como um produto único. Para termos um estudo mais objetivo, optou-se por restringir a análise aos fluxos comerciais de exportação entre o Brasil e seus dois principais parceiros comerciais: China e Estados Unidos. Para esta investigação, utilizou-se como metodologia a abordagem de cointegração não linear baseado no modelo *NARDL - nonlinear Autoregressive Distributed Lag* de *Shin et al. (2014)* com duas formas de volatilidade, uma paramétrica e uma não-paramétrica. As séries históricas utilizadas contêm dados do período 2002-2022. Para controlar os efeitos da pandemia da COVID, foi utilizada uma variável dummy para quando há restrições governamentais causadas pela COVID-19 em pelo menos um dos dois países envolvidos no comércio. Os principais resultados encontrados demonstram a existência de efeito assimétrico da volatilidade cambial em algumas das exportações analisadas. As estimativas foram mais significativas estatisticamente nos *NARDL's* associados a China e menos significativas estatisticamente nos *NARDL's* associados aos Estados Unidos. No que se refere aos efeitos da pandemia da COVID-19, obtemos resultados interessantes ao analisar as exportações para a China. Para esta relação comercial, a variável utilizada para isolar os efeitos da pandemia da COVID-19 teve seu efeito estimado como negativo sobre o volume de comércio, ou seja, obtemos evidência de que a pandemia da COVID-19 prejudicou o fluxo de comércio de todas as commodities analisadas. Ademais, demonstrou-se ser importante considerar a assimetria do efeito cambial nas análises que envolvam as exportações brasileiras do complexo milho, do complexo soja e do petróleo.

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 1 – SÍNTESE DA LITERATURA REVISADA.....	6
QUADRO 2 – SÍNTESE DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS.....	16
QUADRO 3 – DESCRIÇÃO INFORMATIVA DAS SÉRIES UTILIZADAS.....	18
TABELA 1– MODELOS E DIAGNÓSTICOS – CHINA VARIÁVEL DEPENDENTE.....	20
TABELA 2– MODELOS E DIAGNÓSTICOS - EUA.....	20
TABELA 3 – ESTIMAÇÃO NARDL DE CURTO PRAZO REFERENTE ÀS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS (POS).....	23
TABELA 4 – ESTIMAÇÃO NARDL DE CURTO PRAZO REFERENTE ÀS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS (NEG).....	24
TABELA 5 – ESTIMAÇÃO NARDL DE LONGO PRAZO REFERENTE ÀS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS PARA A CHINA.....	26
TABELA 6 – ESTIMAÇÃO NARDL DE LONGO PRAZO REFERENTE ÀS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS PARA OS ESTADOS UNIDOS.....	27
TABELA 7 – TESTE DE ASSIMETRIA DE LP DO EFEITO DA VOLATILIDADE CAMBIAL SOBRE EXPORTAÇÕES.....	28
TABELA 8 – BALANÇA COMERCIAL: TOTAL E AGRONEGÓCIO (2020 E 2021).....	40
TABELA 9 – PRÍNCIPAIS ASPECTOS DAS ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR RELACIONADOS A SOJA, PETRÓLEO E MILHO.....	41
TABELA 10 – EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS (2022) .....	42



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	5
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	9
3	METODOLOGIA .....	14
4	BASE DE DADOS.....	19
5	RESULTADOS.....	23
5.1	MODELOS E DIAGNÓSTICOS .....	23
5.2	ESTIMAÇÃO NARDL DE CURTO-PRAZO E ANÁLISE DE ASSIMETRIA .	26
5.3	ESTIMAÇÃO NARDL DE LONGO-PRAZO E ANÁLISE DE ASSIMETRIA .	29
5.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	33
6	CONCLUSÃO .....	35
7	REFERÊNCIAS .....	37
	APÊNDICE A: TABELAS INFORMATIVAS .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, fatores como a redução das barreiras comerciais, formação de blocos econômicos, o aprofundamento da divisão internacional do trabalho e a redução dos custos de transporte proporcionaram grande expansão do comércio internacional.

Esta intensificação do processo de globalização fez com que se elevasse o grau de internacionalização das economias nacionais, tanto as desenvolvidas quanto as subdesenvolvidas. E isto representou um maior grau de dependência entre os países, o que contribui para um comércio intenso e conectivo.

Nesta atual dinâmica do comércio internacional, cada vez mais os países são dependentes uns dos outros e isto gera novas estruturas organizacionais. Indústrias passam a utilizar componentes e insumos de diversos países, estabelecendo assim as chamadas cadeias globais de valor (CGV).

A economia brasileira não consegue tirar proveito das CGV's de maneira adequada e tem uma inserção caracterizada como fraca nesta nova dinâmica do comércio internacional. Isto porque existe uma concentração do perfil das exportações brasileiras em produtos primários e de baixo nível de processamento. O que representa o fenômeno da “primarização” das exportações brasileiras (Ferreira et al, 2005).

Bonachela (2018), Sturgeon et al (2013) e Ferreira et al (2005) apontam que para reverter este quadro e se inserir de maneira mais concreta nas cadeias globais de valor é preciso que a economia brasileira participe das etapas de produção com maior valor agregado, onde há maior presença de aprendizagem tecnológica, de criação e desenvolvimento de produtos.

Se por um lado a “primarização” das exportações contribui para uma fraca participação da economia brasileira nas CGV's, ela também reforça o papel da economia brasileira de exportadora de produtos baseados em recursos naturais e confirma a preponderância do agronegócio entre os setores econômicos do país.

Na balança comercial brasileira, a importância do agronegócio cresce a cada ano devido a abundância nacional de recursos naturais e seu valor para as economias mundiais. As exportações brasileiras do agronegócio atingiram US\$ 120,6 bilhões em 2021, um recorde histórico que foi impulsionado pela alta dos preços das commodities. Segundo informações do

IPEA,<sup>1</sup> dos 15 principais produtos da pauta de exportações (que representaram 89,5% em 2021), todos tiveram alta nos preços médios. Um estudo de 2021<sup>2</sup> da Confederação nacional das indústrias (CNI) em parceria com a TOTVS e o Massachusetts Institute of Technology (MIT) mostrou que de 2001 a 2020, a participação da soja, petróleo bruto e minerais na pauta exportadora subiu de 11% para 35%.

Por outro lado, as importações brasileiras do agronegócio também vêm apresentando sucessivos aumentos. Dados do IPEA (2022) também mostram que essas importações apresentaram um aumento de 18,9%, contribuindo para que a balança comercial do agronegócio brasileiro fechasse o ano de 2021 com o saldo positivo de US\$ 105,1 bilhões. Superávit este que foi impulsionado pelo comércio de commodities importantes, tais como o milho, a soja e o petróleo.

Segundo dados de 2022 da COMEX (Comissão de Comércio Exterior), que estão sumarizados no apêndice A, a soja é hoje o principal produto na pauta de exportações do setor agropecuário e também na pauta de exportações totais. Como reflexo do cenário global desfavorável, o volume total exportado entre janeiro e junho de 2022 diminuiu 7,8% em comparação ao mesmo período de 2021, porém o valor das exportações segue batendo recordes devido à alta dos preços das commodities e chegou a superar os 30 bilhões de dólares no período.

O milho também faz parte de um seleto grupo de produtos do setor agro que impactam de forma significativa a balança comercial. É hoje o 3º produto mais exportado do setor agropecuário. Além de ser uma das principais commodities para importantes players do setor, tais como a Brasil Foods S.A. (BRF) e a JBS.

Além do milho e da soja, outra commodity que figura entre as principais commodities na pauta de exportação brasileira é o petróleo. Este produto possui grande peso na matriz energética mundial e impacta diretamente os aumentos inflacionários nacionais. Conforme exposto no apêndice A, o petróleo é atualmente a segunda commodity mais exportada pelo Brasil e representa mais da metade de todas as exportações do setor extrativista. Sua dinâmica no mercado internacional é de difícil compreensão pois seu preço e volume comercializado sofrem impactos de fatores regionais, tendências globais, variáveis de natureza geopolítica e

---

<sup>1</sup> Comércio exterior do agronegócio: balanço de 2021 e perspectivas para 2022. IPEA/dimac, 2022. (Carta de Conjuntura, n. 54)

<sup>2</sup> O estudo pode ser acessado em <https://conteudo.totvs.com/pt-br/totvs-cni-cadeias-globais-valor>.

econômica, de curto e longo prazos, que afetam a oferta e a demanda de maneira complexa e de difícil análise.

Neste contexto, diversas variáveis se apresentam como determinantes dos fluxos comerciais destas três commodities. Uma das principais é o componente cambial. A taxa de câmbio é variável-chave para entender o desempenho do setor agropecuário no comércio internacional e, em especial, os fluxos comerciais dessas três importantes commodities. Por isto, seu impacto nos fluxos de comércio ainda é frequentemente objeto de estudo e análise, como nos trabalhos de Silva (2016), Souza et al (2021), Ridha Nouira e Sami Saafi (2020).

De um lado, pesquisadores tais como Tarasenko (2021) e Correa et al. (2021) argumentam que o aumento da volatilidade cambial é prejudicial ao comércio por diversos motivos, dentre os quais podemos sumarizar: (i) a tese de que incertezas derivadas da volatilidade cambial corrompem tomada de decisão e planejamento de importadores e exportadores e (ii) a tese de que o risco derivado do aumento da volatilidade cambial aumenta os custos do comércio e reduz os ganhos com o comércio internacional.

Por outro lado, existem estudos tais como Silva, C.B. (2015) e Costa, A.L. (2020) evidenciando a tese de que a maior volatilidade cambial nem sempre reduz o volume de comércio. Os fundamentos que sustentam os argumentos desta ideia versam sobre a musculatura de um mercado financeiro que, em tese, é capaz de absorver grande parte do risco associado a volatilidade cambial e muitas vezes é capaz de promover oportunidades de negócios através desta volatilidade.

Como não há consenso quanto ao sinal da relação entre volatilidade do câmbio e o fluxo de comércio, existe a necessidade de mais pesquisas sobre o tema para melhor entendimento desta relação econômica. Trazer maior clareza sobre estimativas dos efeitos de flutuações na taxa de câmbio pode ajudar a compreender melhor o cenário do comércio internacional, tornar a tomada de decisão dos agentes econômicos menos incerta e favorecer um planejamento mais preciso ao nível da firma, o que representa maiores ganhos para a economia brasileira.

Com base nisto, esta dissertação busca entender o impacto da volatilidade cambial no volume exportado pelo Brasil do complexo milho, do complexo soja e do petróleo. Para tanto, utilizou-se como ferramenta a abordagem de cointegração não linear baseada no modelo NARDL – *nonlinear Autoregressive Distributed Lag* de Shin et al. (2014) e foram testadas duas formas de volatilidade, uma paramétrica através de um processo *GARCH Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* de Bollerslev (1986) e outra não-paramétrica através do desvio-padrão móvel da taxa de câmbio.

Para o desenvolvimento de uma análise mais concisa, o objeto de estudo se restringiu às exportações do Brasil para os dois países que hoje são seus principais parceiros comerciais: China e Estados Unidos.

O restante desta dissertação está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a revisão de literatura, que versa sobre importantes estudos associados a este tema, bem como traz os resultados alcançados pelos autores, metodologias, dificuldades e espaço para complementação. A seção 3 apresenta a metodologia escolhida para testar a existência de efeitos assimétricos da taxa de câmbio no volume exportado. A seção 4 apresenta a base de dados deste trabalho, bem como fontes, e tratamentos dos dados. Na seção 5 são apresentados os resultados encontrados para cada exercício econométrico desta dissertação e na seção 6 são apresentadas as conclusões.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

No que se refere ao impacto da volatilidade cambial no comércio internacional, não existe um consenso nos estudos desenvolvidos até o momento. Nas diversas pesquisas sobre o tema, fica claro que este efeito do câmbio no comércio depende de diversos fatores, tais como o setor, os produtos comercializados, os países envolvidos no comércio, a variável utilizada como proxy para a volatilidade cambial, entre outros.

Por um lado, pesquisadores como Tarasenko (2021) e Correa et al. (2021) argumentam que o aumento da volatilidade cambial é prejudicial ao comércio por diversos motivos, dentre os quais podemos citar como mais frequentes: (i) a tese de que incertezas derivadas da volatilidade cambial corrompem tomada de decisão e planejamento de importadores e exportadores e (ii) a tese de que o risco derivado do aumento da volatilidade cambial aumenta os custos do comércio e reduz os ganhos com o comércio internacional.

Clark (1973) apresenta um modelo teórico cujo objetivo é investigar a relação entre volume de comércio e a taxa de câmbio. O autor define uma fundamentação em hipóteses teóricas tais como concorrência perfeita, produção de bens pelas firmas com pouca possibilidade de hedge, firmas avessas ao risco e contratos firmados em moeda estrangeira. A principal conclusão estabelecida é que aumentos de volatilidade cambial ocasionam aumentos de incerteza por parte da firma. Pelo fato de que as firmas são avessas ao risco, este aumento de volatilidade diminui o volume ofertado de bens. Em suma, este modelo teórico de comércio internacional mostra que a volatilidade cambial é um desincentivo ao comércio. Posteriormente, o mesmo autor no trabalho Clark et al. (2004), apresenta evidências de que as empresas exportadoras e importadoras são incapazes de alterar seus fatores de produção no curto prazo. Isto implica maior vulnerabilidade das firmas a movimentos da taxa de câmbio, o que representa prejuízo ao planejamento das firmas e diminuição de credibilidade junto aos stakeholders.

Rose (2000), ao analisar os efeitos da volatilidade cambial e a união de moedas no comércio internacional, aponta para a existência de uma relação entre a volatilidade da taxa cambial a uma maior incerteza e, conseqüentemente, um maior risco por parte dos agentes econômicos, o que prejudica os fluxos de comércio.

Por outro lado, existem estudos evidenciando a tese de que a maior volatilidade da taxa cambial nem sempre reduz o volume de comércio, Silva, C.B. (2015) e Costa, A.L. (2020)

Côté (1994) aponta que teses contrárias à ideia de que mais volatilidade tende a reduzir o volume de comércio são sustentadas por diversas hipóteses, tais como: (i) técnicas de hedge que possibilitam aos traders evitar grande parte do risco cambial a um baixo custo, (ii)

volatilidade podendo significar oportunidade de negócios e investimentos lucrativos e (iii) a volatilidade da taxa de câmbio podendo ser aceitável devido a outras formas de riscos dos negócios.

De grauwe (1988) procura identificar o quanto a volatilidade cambial foi responsável pela diminuição do volume de comércio internacional, isolando este efeito de outros choques, tais como mudanças de regime cambial e choques nos preços do petróleo. Os resultados encontrados mostram uma associação positiva entre volatilidade cambial e fluxo de comércio. Segundo o autor, isto pode ser explicado pela hipótese de que os exportadores não são avessos ao risco. Sendo assim, uma maior volatilidade cambial esperada pode gerar uma maior oferta de produtos exportados e, conseqüentemente, aumentar as receitas de exportação.

Segundo Héricourt and Poncet (2012), por mais que haja aumento de incerteza causada pela volatilidade cambial, a existência de mercados financeiros bem desenvolvidos, em tese, deveria permitir que os agentes se protegessem do risco causado pelo aumento da volatilidade, mitigando assim os efeitos negativos da volatilidade cambial no comércio.

Na literatura empírica que trata sobre a relação entre taxa cambial e comércio internacional, existem muitas evidências da taxa de câmbio como um determinante do comércio internacional, seja no papel uma incentivadora ou uma desincentivadora do comércio. Aqui traremos estudos mais recentes sobre o tema, com um viés sobre países dos BRICS e do Mercosul. O QUADRO 1 apresenta uma síntese desses trabalhos, destacando seus objetivos, abordagem metodológica e principais resultados encontrados.

QUADRO 1 – SÍNTESE DA LITERATURA REVISADA

Autor	Objetivo	Metodologia	Conclusão
Bahmani-Oskooee e Aftab (2017)	Identificar a existência de efeito assimétrico do câmbio sobre o comércio (EUA-Malásia)	Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)	Existência de assimetria de curto prazo e longo prazo em determinadas indústrias.
Danilo Pires (2019)	Identificar a existência de efeito assimétrico do câmbio sobre o comércio (Brasil - China e Brasil - EUA)	Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)	Assimetria encontrada em alguns setores. Maior incidência de resposta assimétrica na relação Brasil-China.
Ridha Nouira e Sami Saafi (2020)	Identificar a existência de efeito assimétrico do câmbio sobre o comércio (Alemanha - EUA)	Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)	Assimetria encontrada em algumas indústrias. Presença do efeito assimétrico em pequenas e grandes indústrias.

Jérôme Héricourt e Sandra Poncet (2012)	Examinar como as exportações ao nível da firma são afetadas pela volatilidade cambial. (China-Mundo)	Modelo linear para comércio internacional	Firmas tendem a exportar menos para países com maior volatilidade cambial e este efeito negativo tende a ser mitigado com um mercado financeiro nacional bem desenvolvido.
Bittencourt, Larsson e Thompson (2007)	Investigar como o comércio no Mercosul é afetado pela volatilidade cambial	Modelo gravitacional setorial	Redução na volatilidade da taxa de câmbio é um dos fatores que contribuem para aumentar o volume de comércio bilateral no Mercosul.
Silva, C.B. (2015)	Analisar o efeito da volatilidade cambial sobre o comércio intra-industrial no Mercosul.	Modelo Gravitacional	O comércio intra-industrial no Mercosul foi afetado positivamente pela volatilidade cambial durante o período de 2003 à 2013.
Tarasenko (2021)	Analisar o impacto da volatilidade cambial sobre exportações (Rússia – 70 principais parceiros comerciais)	Modelo Gravitacional	Evidências de assimetria no impacto negativo da volatilidade sobre comércio, variando de acordo com os produtos analisados.
Souza, D.M. et al (2021)	Examinar o efeito da volatilidade cambial sobre as exportações. (Brasil – EUA)	Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)	Assimetria identificada em alguns setores.
Correa et al. (2021)	Investigar o efeito de longo-prazo da volatilidade cambial sobre os produtos básicos, semifaturados e manufaturados exportados pelo Brasil.	Cointegração via modelo ARDL	Impacto negativo da volatilidade sobre o comércio para os países do Mercosul e da União Européia. Resultados inconclusivos quando se considerou as exportações para os Estados Unidos.
Silva, F.A. (2016)	Analisar o impacto da volatilidade cambial bilateral sobre o fluxo de comércio entre os países da América do Sul.	Modelo gravitacional	Instabilidade cambial prejudica o comércio na América do Sul.



Costa, A.L. (2020)	Examinar a relação entre diferentes níveis de sofisticação dos produtos exportados pelo Brasil e a volatilidade cambial	Modelo linear para comércio internacional	Existe uma associação negativa entre sofisticação das exportações e volatilidade cambial. À medida que a sofisticação das exportações aumenta, os produtos respondem menos a desequilíbrios da taxa de câmbio.
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Elaboração própria

Realizando estimações com dados de cem mil exportadores chineses entre 2000 e 2006, Héricourt e Poncet (2012) investigaram o impacto da volatilidade cambial no comércio de firmas chinesas e buscaram entender como restrições financeiras moldam este efeito no nível da firma. Os autores encontraram evidências de que as firmas tendem a exportar menos para localidades onde há maior volatilidade cambial. E a magnitude destes efeitos nas exportações chinesas depende da extensão da vulnerabilidade financeira das empresas, representada pelas restrições de crédito das firmas. Desta maneira, o desenvolvimento dos mercados de crédito seria crucial para ajudar as empresas a superarem o custo das exportações relacionado à volatilidade da taxa de câmbio real.

Por sua vez, Silva, C.B. (2015) investigou o impacto da volatilidade cambial sobre o comércio entre os países do Mercosul, no estudo a autora focou nos efeitos observados no comércio intra-industrial. Utilizando um modelo gravitacional, os resultados encontrados sugerem que o comércio intra-industrial no Mercosul foi afetado positivamente pela volatilidade cambial durante o período de 2003 à 2013.

Agregando os produtos exportados pela Rússia em oito blocos, Tarasenko (2021) analisou os efeitos da volatilidade cambial sobre o fluxo comercial entre a Rússia e setenta de seus parceiros comerciais durante o período de 2004 a 2018. O estudo concluiu que a volatilidade cambial teve um impacto negativo nas exportações de matérias-primas agrícolas, manufaturados e máquinas e equipamentos de transporte. Por outro lado, um efeito positivo significativo foi encontrado para o comércio de combustíveis e importação de produtos químicos e têxteis.

Bittencourt, Larsson e Thompson (2007) utilizaram um modelo gravitacional setorial para investigar como o comércio setorial do Mercosul é afetado por duas formas de volatilidade cambial: a medida tradicional de desvio-padrão móvel e a volatilidade de Pereg e Steinherr

(P&S). Os resultados mostraram que uma redução na volatilidade da taxa de câmbio é um dos fatores que contribuem para aumentar o volume de comércio bilateral no Mercosul. Motivo pelo qual os autores sugerem a implementação de políticas comuns entre os países do Mercosul para reduzir os impactos adversos da volatilidade cambial sobre o comércio.

Souza, D.M. et al (2021) analisou o efeito da volatilidade cambial sobre as exportações brasileiras para os Estados Unidos entre janeiro de 1999 a fevereiro de 2017. Os autores aplicaram o teste de fronteira de Pesaran em uma estrutura ARDL a fim de investigar a existência de assimetria na influência da volatilidade cambial sobre o comércio. Os principais resultados apresentados mostram que 37 setores apresentaram relação de longo prazo com todas as medidas de volatilidade do câmbio e, quando mais de uma medida de volatilidade foi significativa na relação cointegrante, sempre houve concordância com o sinal desta relação. Com relação ao sinal, os resultados não são unânimes, variando de acordo com os setores analisados e os produtos envolvidos no comércio. Os setores negativamente afetados foram de produtos com dependência do capital externo e produtos manufaturados ou com baixo valor agregado. Os setores positivamente afetados foram de produtos sem dependência do capital externo ou com demanda altamente elástica.

Com um objetivo semelhante, mas utilizando uma abordagem diferente, Silva F.A. et al (2016) buscou analisar o impacto da volatilidade cambial bilateral sobre o fluxo de comércio entre os países da América do Sul. A abordagem metodológica escolhida foi um modelo gravitacional estimado com Poisson-Pseudo Maximum Likelihood (PPML) utilizando os dados entre 1998 e 2012. As evidências encontradas sugerem que a instabilidade cambial prejudica o comércio na América do Sul, reforçando a tese presente nos trabalhos Rose (2000) e Clark et al. (2004). Além disto, assim como nesta dissertação, os autores investigaram os impactos da crise do subprime em 2008, e encontraram resultados indicando que a crise impactou positivamente o comércio entre os países da América do Sul.

Correa et al. (2021) também buscou analisar o efeito de longo prazo da volatilidade da taxa de câmbio real efetiva sobre os produtos básicos, semifaturados e manufaturados exportados pelo Brasil. Para tanto, foi empregada a abordagem de cointegração via modelo ARDL sobre os fluxos de comércio entre o Brasil e os importadores Estados Unidos, Mercosul e União Européia. Os principais resultados são de um impacto negativo da volatilidade sobre o comércio para os países do Mercosul e da União Européia. Conclusão esta que vai de encontro a tese de aumentos de volatilidade como um desincentivo ao comércio. Com relação ao comércio com os Estados Unidos, os resultados se mostraram inconclusivos.

Com um enfoque na importância da sofisticação de importações para a economia, COSTA A.L. (2020) examinou a relação entre diferentes níveis de sofisticação dos produtos exportados pelo Brasil e a volatilidade cambial. Para medir a sofisticação das exportações, a autora utilizou uma medida-índice que considera os níveis reais do PIB per capita de seus exportadores, com ajuste para a variação na qualidade dos bens. A abordagem metodológica aplicada foi um modelo linear de comércio internacional que considera o volume de comércio, a distância até maior centro econômico local, a sofisticação, o crescimento da renda per capita do país e a volatilidade cambial. Os principais resultados encontrados mostraram que existe uma associação negativa entre sofisticação das exportações e volatilidade cambial, sendo que à medida que a sofisticação das exportações aumenta, os produtos respondem menos a desequilíbrios da taxa de câmbio.

### 3 METODOLOGIA

#### O MODELO NARDL

Seguindo os trabalhos que analisam a relação entre câmbio e comércio utilizando um NARDL, em especial Bahmani-Oskooee e Aftab (2017), Pires, D.L. (2019), Ridha Nouira e Sami Saafi (2020) e Shin et al. (2014), assumimos que os níveis de exportação ( $X$ ) de cada commodity ( $i$ ) entre o Brasil e cada país estrangeiro ( $s$ ) são determinados pelo nível de atividade da economia ( $IP$ )<sup>3</sup>, a taxa de câmbio real ( $\theta$ ) e sua volatilidade ( $V$ ). Deste modo, é apresentado o seguinte modelo:

$$\ln X_{i,t}^{BR} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln IP_t^{PAIS_s} + \alpha_2 \ln \theta_t^s + \alpha_3 \ln V_t^s + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde:

- $\ln X_{i,t}^{BR}$  é o logaritmo natural das exportações brasileiras da commodity  $i$  no instante  $t$
- $\ln IP_t^{PAIS_s}$  é o logaritmo natural do índice de produção industrial do país  $s$

---

<sup>3</sup> O índice de produção industrial (IP) é utilizado como proxy para nível de atividade econômica pois são utilizados dados na frequência mensal. O que representa um impedimento na utilização do produto interno bruto (PIB) como variável.

-  $\text{Ln}\theta_t^s$  é o logaritmo natural da taxa de câmbio real, definida como reais por unidade de moeda do país  $s$

-  $\text{Ln}V_t^s$  é o logaritmo natural da série de volatilidade cambial referente a taxa de câmbio real

-  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  e  $\alpha_3$  são os parâmetros a serem estimados

-  $\varepsilon_t$  é o termo de erro

Seguindo a estratégia empírica adotada nos trabalhos citados no começo desta seção, definiremos duas formas de volatilidade: uma paramétrica obtida via processo Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity (GARCh) como em Pires, D.L. (2019), e uma volatilidade não-paramétrica obtida através do desvio-padrão móvel da log-diferença mensal da taxa de câmbio real, onde esta última é calculada pela razão das taxas de câmbio nominal do real em relação a moeda do parceiro comercial, dividida pelo nível de preços do parceiro comercial, como nos trabalhos de Héricourt and Poncet (2012) e Silva, C.B. (2015).

Esta abordagem nos permite realizar um teste de robustez sobre duas especificações do modelo final, também torna os resultados desta dissertação comparáveis com uma gama maior de trabalhos e, principalmente, nos permite investigar os efeitos assimétricos da volatilidade da taxa de câmbio.

Para aprimorar esta metodologia, podemos adicionar a (1) uma modelagem de correção de erros. Esta abordagem nos dá a possibilidade de obter as estimativas dos efeitos de curto prazo também, onde curto prazo é entendido como um horizonte de tempo menor do que 12 meses. Pesaran et al. (2001) apresenta a metodologia que é utilizada para esse objetivo, ela é conhecida como autoregressive distributed lag (ARDL) e modifica (1) de maneira que o modelo passa a tomar a seguinte especificação:

$$\begin{aligned} \Delta \text{Ln}X_{i,t}^{BR} = & \alpha_1 + \sum_{j=1}^{n_1} \alpha_{2,j} \Delta \text{Ln}X_{i,t-j}^{BR} + \sum_{j=0}^{n_2} \alpha_{3,j} \Delta \text{Ln}IP_{t-j}^{PAISs} + \sum_{j=0}^{n_3} \alpha_{4,j} \Delta \text{Ln}\theta_{t-j}^s + \\ & + \sum_{j=0}^{n_4} \alpha_{5,j} \Delta \text{Ln}V_{t-j}^s + \gamma_0 X_{i,t-1}^{BR} + \gamma_1 \text{Ln}IP_{t-1}^{PAISs} + \gamma_2 \text{Ln}\theta_{t-1}^s + \gamma_3 \text{Ln}V_{t-1}^s + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

Onde:

-  $\Delta \text{Ln}X_{i,t-j}^{BR}$  é a variação do logaritmo natural das exportações brasileiras da commodity  $i$  no instante  $t - j$

-  $\Delta \text{Ln}IP_{t-j}^{PAISs}$  é a variação do logaritmo natural do índice de produção industrial do país  $s$  no instante  $t - j$

- $\Delta \text{Ln}\theta_{t-j}^s$  é a variação do logaritmo natural da taxa de câmbio real, definida como reais por unidade de moeda do país  $s$  no instante  $t - j$
- $\Delta \text{Ln}V_{t-j}^s$  é a variação do logaritmo natural da série de volatilidade cambial referente a taxa de câmbio real no instante  $t - j$
- $\text{Ln}X_{i,t-1}^{BR}$  é o logaritmo natural das exportações brasileiras da commodity  $i$  no instante  $t - 1$
- $\text{LnIP}_{t-1}^{PAISs}$  é o logaritmo natural do índice de produção industrial do país  $s$  no instante  $t - 1$
- $\text{Ln}\theta_{t-1}^s$  é o logaritmo natural da taxa de câmbio real, definida como reais por unidade de moeda do país  $s$  no instante  $t - 1$
- $\text{Ln}V_{t-1}^s$  é o logaritmo natural da série de volatilidade cambial referente a taxa de câmbio real no instante  $t - 1$
- $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, \gamma_0, \gamma_1, \gamma_2$  e  $\gamma_3$  são os parâmetros a serem estimados.
- $\varepsilon_t$  é o termo de erro.

No modelo acima, os coeficientes das variáveis em primeiras-diferenças ( $a_2, a_3, a_4$  e  $a_5$ ) representam os efeitos de curto prazo, enquanto que os coeficientes  $\gamma_1, \gamma_2$  e  $\gamma_3$  normalizados em  $\gamma_0$  em (2) refletem os efeitos de longo prazo. Entretanto, para que as estimativas dos coeficientes de longo prazo sejam significativas, é necessário estabilizar a cointegração, conforme apontam Ridha Nouira e Sami Saafi (2020) e Correa et al. (2021). Em Pesaran et al. (2001) recomenda-se utilizar o teste F para estabilizar a significância conjunta das variáveis em nível defasadas no modelo da equação (2). Os autores mostraram que a distribuição da estatística F neste contexto não é padrão, por isto eles tabularam novos valores críticos que levam em conta graus de integração das variáveis. Esta adaptação é bastante útil para fins práticos pois com ela passa a ser possível combinar variáveis que seguem um processo integrado de ordem um - I(1) - com variáveis estacionárias, que seguem um processo integrado de ordem zero - I(0) - sem a necessidade de testes para checagem de presença de raiz unitária nas séries temporais.

Finalmente, a fim de ser possível analisar a assimétrica do impacto da volatilidade cambial nas exportações, Shin et. al. (2014) traz mais uma inovação no modelo da equação (2). Nesta nova caracterização, a variável de volatilidade é reformulada de tal modo que é possível capturar efeitos assimétricos da volatilidade, seja de curto prazo ou de longo prazo. A abordagem proposta pelo autor se baseia na separação entre as variações positivas de

volatilidade e as variações negativas de volatilidade. Para este propósito, a série de volatilidade é decomposta em duas:

$$POS_t = \sum_{j=1}^t \max(\Delta \ln V_{j,t}^s, 0) \text{ e } NEG_t = \sum_{j=1}^t \min(\Delta \ln V_{j,t}^s, 0) \quad (3)$$

Onde:

-  $POS_t$  representa a soma parcial de variações positivas da volatilidade, e, portanto, aumentos de volatilidade

-  $NEG_t$  representa a soma parcial de variações negativas da volatilidade, e, portanto, diminuições de volatilidade.

-  $\Delta \ln V_{t-j}^s$  é a variação do logaritmo natural da série de volatilidade cambial referente a taxa de câmbio real no instante  $t - j$

Com base nesta caracterização existente dos modelos NARDL, propomos a adição de duas dummies para capturar efeitos da pandemia da COVID-19 e da crise de 2008 no fluxo comercial. Desta maneira, o modelo da equação (2) é reformulado de tal modo que passa a assumir a forma:

$$\begin{aligned} \Delta \ln X_{i,t}^{BR} = & c_1 + \sum_{j=1}^{n1} c_{2,j} \Delta \ln X_{i,t-j}^{BR} + \sum_{j=0}^{n2} c_{3,j} \Delta \ln IP_{t-j}^{PAISs} + \sum_{j=0}^{n3} c_{4,j} \Delta \ln \theta_{t-j}^s + \\ & + \sum_{j=0}^{n4} c_{5,j} \Delta POS_{t-j}^s + \sum_{j=0}^{n5} c_{6,j} \Delta NEG_{t-j}^s + \tau_1 \ln X_{i,t-1}^{BR} + \tau_2 \ln IP_{t-1}^{PAISs} + \tau_3 \ln \theta_{t-1}^s + \\ & \tau_4 POS_{t-1}^s + \tau_5 NEG_{t-1}^s + \delta_1 * restricoes\_covid + \delta_2 * crise\_2008 + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (4)$$

Onde:

-  $\Delta \ln X_{i,t-j}^{BR}$  é a variação do logaritmo natural das exportações brasileiras da commodity  $i$  no instante  $t - j$

-  $\Delta \ln IP_{t-j}^{PAISs}$  é a variação do logaritmo natural do índice de produção industrial do país  $S$  no instante  $t - j$

-  $\Delta \ln \theta_{t-j}^s$  é a variação do logaritmo natural da taxa de câmbio real, definida como reais por unidade de moeda do país  $s$  no instante  $t - j$

-  $\Delta POS_{t-j}^s$  é a variação do logaritmo natural da série que representa a soma parcial de variações positivas da volatilidade, e, portanto, aumentos de volatilidade cambial

-  $\Delta NEG_{t-j}^S$  é a variação do logaritmo natural da série que representa a soma parcial de variações negativas da volatilidade, e, portanto, reduções de volatilidade cambial

-  $\ln X_{i,t}^{BR}$  é o logaritmo natural das exportações brasileiras da commodity  $i$  no instante  $t$

-  $\ln IP_{t-1}^{PAIS_S}$  é o logaritmo natural do índice de produção industrial do país  $S$  no instante  $t - 1$

-  $\ln \theta_{t-1}^S$  é o logaritmo natural da taxa de câmbio real, definida como reais por unidade de moeda do país  $s$  no instante  $t - 1$

-  $POS_{t-1}^S$  é logaritmo natural da série que representa a soma parcial de variações positivas da volatilidade, e, portanto, aumentos de volatilidade cambial relativo ao país  $S$  no instante  $t - 1$

-  $NEG_{t-1}^S$  é logaritmo natural da série que representa a soma parcial de variações negativas da volatilidade, e, portanto, reduções de volatilidade cambial relativo ao país  $S$  no instante  $t - 1$

- *restricoes\_covid* é uma dummy que identifica períodos onde houveram restrições governamentais causadas pela pandemia da COVID-19 em pelo menos um dos dois países envolvidos na transação comercial.

- *crise\_2008* é uma dummy utilizada para capturar os efeitos da crise financeira de 2008.

-  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5, \delta_1$  e  $\delta_2$  são os parâmetros a serem estimados.

-  $\varepsilon_t$  é o termo de erro.

O modelo (4) é definido como um modelo ARDL não-linear ou simplesmente NARDL. Uma vez estimados os coeficientes, hipóteses que ajudam a detectar assimetria podem ser testadas sobre os parâmetros estimados. Estimativas de efeitos assimétricos de curto prazo da volatilidade cambial nas exportações brasileiras do produto  $i$  são obtidas se, dado um lag  $j$ , a estimativa de  $c_5$  se diferir da estimativa de  $c_6$  na equação (4).

Evidência forte de efeitos cumulativos ou assimétricos de impacto de curto prazo são encontradas se o teste de Wald rejeitar a hipótese nula  $\sum_1^j \hat{c}_{5,j} = \sum_1^j \hat{c}_{6,j}$  em (4). Por fim, efeitos de longo prazo da volatilidade cambial no fluxo internacional de comércio brasileiro serão assimétricos se o teste de Wald rejeitar a hipótese nula de  $\frac{\hat{\tau}_4}{-\hat{\tau}_1} = \frac{\hat{\tau}_5}{-\hat{\tau}_1}$  em (4).

#### 4 BASE DE DADOS

A base de dados utilizada neste estudo foi construída com os dados de volume exportado pelo Brasil do complexo soja, petróleo e do complexo milho aos seus principais parceiros comerciais: China e Estados Unidos. Além disto, foram utilizados dados do portal Our World in Data para construir uma variável dummy da existência de restrições governamentais pela COVID-19 em pelo menos um dos dois países.

Também foram definidos como proxy de renda nacional os índices de produção industrial do Brasil e de países estrangeiros, que é uma proxy comumente utilizada em aplicações de NARDL já que o produto interno bruto (PIB) não é disponibilizado na frequência mensal. Compõem a base de dados também as taxas de câmbio real Brasil-China e Brasil-EUA. O QUADRO 2 traz uma síntese das variáveis utilizadas e como elas foram trabalhadas.

Os dados foram extraídos das seguintes fontes:

- National Bureau of Statistics of China: é uma agência diretamente ligada ao Conselho de Estado da República Popular da China. É responsável pela coleta, investigação, pesquisa e publicação de estatísticas sobre a economia do país, população e outros aspectos da sociedade.
- Our World in Data: criada por Max Roser, é uma publicação digital especializada em expor pesquisas empíricas e dados analíticos sobre mudanças nas condições de qualidade de vida ao redor do mundo.
- Comex Stat: é o portal para acesso das estatísticas de comércio exterior do Brasil. É possível realizar consultas sobre os dados de exportação e importação brasileira e obtê-los em diversos formatos e com a credibilidade de uma fonte nacional.
- Federal Reserve Economic Data (FRED) St. Louis – É um banco de dados de mais de 500.000 séries de dados econômicos de mais de 80 fontes cobrindo questões e informações relacionadas a economia dos EUA.



QUADRO 2 – SÍNTESE DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS

Variável	Descrição	Denotação	Tratamento	Observação
Exportações	Séries de exportações das commodities analisadas	$X$	Variável utilizada em log-diferença e em logaritmo natural, com e sem defasagens.	É a variável dependente quando utilizada sem defasagem e também são as variáveis independentes quando defasada.
Índice de produção industrial	Séries dos índices de produção industrial dos importadores das commodities	$IP$	Variável utilizada em log-diferença e em logaritmo natural, com e sem defasagens.	Proxy para o nível de atividade econômica. É uma variável utilizada em defasagens.
Taxa de câmbio real	Séries das taxas de câmbio real, definidas como reais por unidade de moeda do país importador	$\theta$	Variável utilizada em log-diferença e em logaritmo natural, de maneira contemporânea e em defasagens.	É uma variável utilizada em defasagens.
Volatilidade da taxa de câmbio real	Séries das volatilidades associadas às taxas de câmbio real	$V$	Variável utilizada em logaritmo natural e decomposta em dois termos.	Variável que é a fonte de não-linearidade do NARDL. É utilizada para decomposição em termos positivos e negativos.
Volatilidade positiva	Componente positivo da volatilidade.	$POS$	Variável derivada no logaritmo natural da volatilidade da taxa de câmbio real.	Representa aumentos de volatilidade.
Volatilidade negativa	Componente negativo da volatilidade.	$NEG$	Variável derivada no logaritmo natural da volatilidade da taxa de câmbio real.	Representa diminuições de volatilidade.
Restrições da COVID-19	Dummy referente aos períodos da COVID-19	<i>restricoes_covid</i>	Variável binária que varia de acordo com o mês e ano.	Variável que assume 1 nos períodos em que pelo menos um dos dois países envolvidos no comércio enfrentaram restrições governamentais em função da pandemia da COVID-19.
Períodos da Crise de 2008	Dummy referente aos períodos da crise financeira de 2008	<i>crise_2008</i>	Variável binária que varia de acordo com o mês e ano.	Variável que assume valor 1 no período de 2007-08-01 a 2008-12-01

Fonte: elaboração própria.

Durante o tratamento destes dados tivemos um trade-off relacionado a extensão do período de análise. Tivemos duas opções: utilizar os dados de um longo período de tempo, mas sofrer com quebras estruturais nas séries e flutuações econômicas ou utilizar um período menor no tempo, porém mitigando o efeito negativo de crises e flutuações econômicas nas estimativas. Pelo fato de a abordagem NARDL derivar da teoria da cointegração e, por isso, uma grande quantidade de dados é aconselhável e recomendado, optou-se por utilizar um período grande (2002-2022), adicionando dummies para tentar controlar o efeito de fenômenos econômicos como a crise de 2008 e a pandemia da COVID-19.

Outras duas dificuldades relacionadas aos dados foram encontradas. A primeira diz respeito a volumes de exportações inexistentes para determinados meses, isto foi mais frequente nos dados de exportação do início do período em análise (2002-2022). A estratégia metodológica utilizada foi a remoção parcimoniosa dos períodos iniciais com dados faltantes para as séries que apresentavam esta dificuldade.

A segunda dificuldade é decorrente da primeira, porém um pouco mais severa no caso do milho. Para esta commodity houveram muitos períodos onde a série exportada do produto milho continha valores zerados, por isso a remoção da parte inicial da série não foi uma solução útil neste caso. A estratégia metodológica para contornar este problema foi considerar não só a série do produto milho, mas também as séries de produtos estritamente relacionados com o milho. Por este motivo a análise se dá sobre o Complexo Milho, o Complexo Soja e o Petróleo.

O QUADRO 3 abaixo apresenta de maneira objetiva as séries utilizadas para cada commodity, bem como informações pertinentes do modo que os dados foram utilizados.

QUADRO 3 – DESCRIÇÃO INFORMATIVA DAS SÉRIES UTILIZADAS

Commodity	Descrição NCM	Período considerado	Agregação necessária
Complexo milho	<p>Milho em grão, exceto para semeadura</p> <p>Milho, exceto em grão</p> <p>Milho para semeadura</p> <p>Milho doce, preparados ou conservados, exceto em vinagre ou em ácido acético, não congelados</p> <p>Milho doce, frescos ou refrigerados, exceto para semeadura</p> <p>Milho doce congelado, não cozidos ou cozidos em água ou vapor, congelados</p> <p>Milho doce, frescos ou refrigerados, para semeadura</p> <p>Farinha de milho</p> <p>Grumos e sêmolos, de milho</p> <p>Amido de milho</p> <p>Outros grãos trabalhados de milho</p>	04/2003 - 06/2022	Sim
Complexo soja	<p>Soja, mesmo triturada, exceto para semeadura</p> <p>Soja, mesmo triturada, para semeadura</p> <p>Soja para semeadura</p> <p>Óleo de soja, refinado, em recipientes com capacidade inferior ou igual a 5 litros</p> <p>Óleo de soja, em bruto, mesmo degomado</p> <p>Óleo de soja, refinado, em recipientes com capacidade menor que 5 litros</p> <p>Outros óleos de soja</p> <p>Outros grãos de soja, mesmo triturados</p> <p>Óleo de soja, refinado</p>	06/2002 - 06/2022	Sim
Petróleo	Óleos brutos de petróleo ou de minerais betuminosos	01/2002 - 06/2022	Não

Fonte: elaboração própria.

## 5 RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados das estimações bem como informações pertinentes dos modelos, tais como diagnósticos de estabilidade e de resíduos.

Para a detecção de heterocedasticidade foi utilizado o teste de Breusch-Pagan. Este teste checka a presença de heterocedasticidade ajustando uma regressão com os resíduos do modelo de regressão principal. Sob a hipótese nula de homoscedasticidade dos resíduos, a estatística de teste segue uma distribuição Qui-quadrado  $\chi^2$  com o número de parâmetros de graus de liberdade.

Para detectarmos correlação serial nos resíduos, foi utilizado o teste dos Multiplicadores de Lagrange (LM). Sob a hipótese nula de que os resíduos são serialmente descorrelacionados, este teste nos permite analisar a correlação serial diretamente pelo p-valor da estatística F do teste. A estatística de teste tem distribuição Qui-quadrado  $\chi^2$  com o número de parâmetros de graus de liberdade. Seu valor crítico é 3,84 ao nível de significância de 10% e 2,71 ao nível de significância de 5%.

Para testarmos a qualidade da especificação da forma funcional, foi utilizado o teste dos Teste RESET. O RESET é o teste de Ramsey (1969) para verificar a existência de má especificação funcional. A estatística de teste tem uma distribuição  $\chi^2$  com o número de parâmetros de graus de liberdade. A hipótese nula é de que o modelo foi especificado adequadamente.

Foram testados centenas de modelos NARDL em cada exercício econométrico, com diferentes formas funcionais e diferentes números de lags das variáveis regressoras. Aqui serão apresentados apenas os melhores modelos NARDL, de acordo com o critério de AIC e diagnósticos estatísticos de estabilidade.

### 5.1 Modelos e diagnósticos

Neste tópico serão apresentados os modelos NARDL's estimados bem como os resultados dos testes associados a eles.

As tabelas TABELA 1 e TABELA 2 apresentam de maneira objetiva estes resultados, sendo que a TABELA 1 diz respeito às exportações para a China e TABELA 2 diz respeito às exportações para os Estados Unidos. As colunas trazem respectivamente, o produto exportado, o tipo de proxy para volatilidade utilizada no modelo, o modelo NARDL estimado, o resultado do teste de Breusch-Pagan, o resultado do teste LM, o resultado do teste RESET e resultado do teste F-Bound de Pesaran que atesta a existência de cointegração.

TABELA 1: MODELOS E DIAGNÓSTICOS – CHINA

Variável dependente:  $\Delta \ln X_t^{BR}$ 

Produto	Volatilidade	NARDL	p-valor BP	p-valor LM	p-valor RESET	F- Pesaran
Milho	GARCH	NARDL(2, 0, 6, 4, 1)	0,18	0,77	0,24	18,42***
Milho	SD-móvel	NARDL(3, 8, 8, 1, 8)	0,16	0,18	0,48	10,90***
Soja	GARCH	NARDL(8, 0, 0, 1, 1)	0,001***	0,46	0,001***	14,70***
Soja	SD-móvel	NARDL(8, 1, 1, 2, 1)	0,001***	0,7	0,001***	13,18***
Petróleo	GARCH	NARDL(4, 1, 0, 1, 5)	0,1	0,64	0,85	5,60***
Petróleo	SD-móvel	NARDL(4, 0, 0, 1, 1)	0,1	0,84	0,77	4,64***

Fonte: elaboração própria.

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

TABELA 2: MODELOS E DIAGNÓSTICOS - EUA

Variável dependente:  $\Delta \ln X_t^{BR}$ 

Produto	Volatilidade	NARDL	p-valor BP	p-valor LM	p-valor RESET	F- Pesaran
Milho	GARCH	NARDL(6, 0, 0, 1, 1)	0,004***	0,43	0,001***	4,13**
Milho	SD-móvel	NARDL(6, 0, 0, 1, 1)	0,001***	0,42	0,001***	4,08**
Soja	GARCH	NARDL(6, 0, 0, 1, 1)	0,37	0,96	0,12	3,86**
Soja	SD-móvel	NARDL(6, 0, 0, 1, 1)	0,34	0,71	0,33	3,78**
Petróleo	GARCH	NARDL(1, 0, 2, 0, 4)	0,001***	0,82	0,51	43***
Petróleo	SD -móvel	NARDL (1, 0, 6, 7, 6)	0,05*	0,24	0,86	35***

Fonte: elaboração própria.

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Para fins de entendimento dos resultados e checagem de aderência do modelo, a interpretação dos testes aplicados é a seguinte: para o teste de Breusch-pagan, a hipótese nula é de ausência de heterocedasticidade, portanto um p-valor alto é desejável; para o teste de LM, a hipótese nula é de ausência de correlação serial, portanto um p-valor alto é desejável; para o teste RESET, a hipótese nula é de que o modelo foi especificado adequadamente, portanto um p-valor alto também é desejável.

Por fim, para o teste F-Bound de Pesaran, testa-se a hipótese conjunta de que os coeficientes de longo prazo das variáveis defasadas em um período na equação (2) são todos iguais a zero, contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma variável tem coeficiente diferente de 0. Se a estatística F for menor que o valor crítico inferior, não há evidência da existência de cointegração; se estiver entre os valores críticos, o teste se torna inconclusivo; e, se a estatística for maior que o valor crítico superior, então tem-se evidência da existência de cointegração. Nas tabelas acima são apresentadas as estatísticas-F do teste. O valor crítico de maior interesse é o do caso onde podemos ter séries do tipo I(1). Para este caso, o valor crítico a 1% é de 4,37, a 5% é de 3,49 e a 10% é de 3,09. Sendo assim, quando a estatística de teste apresentada na tabela é maior do que 3,09 já se configura como uma evidência da relação de cointegração, e então temos embasamento teórico para seguir com as análises de longo prazo.

De maneira geral, foram detectadas cointegrações com significância estatística expressiva em todos os NARDL's estimados. No caso das exportações para a China, temos cointegração para todos os produtos e todas as variações de proxy para volatilidade. Já no caso da análise para os Estados Unidos, obtemos cointegração com significância estatística para todas as três commodities, porém com menos força estatística para o caso do complexo soja.

Com relação aos diagnósticos de estabilidade e de resíduos para o cenário das exportações para a China, podemos ver que quando se refere ao complexo milho e petróleo temos bons resultados. Não são rejeitadas as hipóteses de descorrelação serial, de homocedasticidade e de boa especificação da forma funcional do modelo. Porém, ao analisar o comércio do complexo soja, os resultados encontrados sugerem que pode haver outra forma funcional mais adequada e também que nossas estimativas podem estar sendo enviesadas pela heterocedasticidade. Mesmo considerando o fato de que o teste LM traz evidências da ausência de autocorrelação serial, os resultados para o complexo soja são menos confiáveis do que os resultados encontrados para o petróleo e complexo milho.

Com relação aos diagnósticos de estabilidade e de resíduos para o cenário das exportações para os Estados Unidos, podemos afirmar que os modelos estimados para os produtos complexo milho e petróleo têm algum ponto fraco, se formos rigorosos do ponto de vista teórico. Para o

caso do Complexo milho, os testes sobre os NARDL estimados indicam que temos ausência de autocorrelação serial, porém temos evidências da presença de heterocedasticidade e de má especificação da forma funcional. Para o caso do petróleo, os testes sobre os NARDL estimados indicam que temos ausência de autocorrelação serial e boa especificação da forma funcional, porém a níveis de significância mais rigorosos (1% e 5%) detectou-se a presença de heterocedasticidade. Por fim, analisando os resultados para o Complexo Soja, podemos ver que os testes trazem resultados positivos para os dois modelos estimados, indicando ausência de heterocedasticidade, boa especificação funcional e ausência de correlação serial.

## 5.2 Estimação NARDL de curto-prazo e análise de assimetria

Estimativas de efeitos assimétricos de **curto prazo** da volatilidade cambial nas exportações brasileiras das commodities são obtidas se, dado um lag  $p$ , a estimativa do coeficiente de  $\Delta POS_{t-p}$  se diferir da estimativa do coeficiente de  $\Delta NEG_{t-p}$ .

Evidência forte de efeitos cumulativos ou assimétricos de impacto de **curto prazo** são encontradas se o teste de Wald rejeitar a hipótese nula  $\sum_1^t \hat{c}_{5,t} = \sum_1^t \hat{c}_{6,t}$ , onde  $\hat{c}_{5,t}$  é o coeficiente de  $\Delta POS_t$  e  $\hat{c}_{6,t}$  é o coeficiente estimado de  $\Delta NEG_t$ .

As tabelas TABELA 3 e TABELA 4 apresentam uma descrição dos modelos estimados e seus respectivos coeficientes de curto prazo.

TABELA 3: Estimação NARDL de Curto Prazo referente às exportações brasileiras (POS)

Variável dependente:  $\Delta \ln X_t^{BR}$ 

Modelo	$\Delta POS_t$	$\Delta POS_{t-1}$	$\Delta POS_{t-2}$	$\Delta POS_{t-3}$	$\Delta POS_{t-4}$	$\Delta POS_{t-5}$	$\Delta POS_{t-6}$
CHI-Milho-GARCH	-2,69	0,23	4,38*	4,85**	-	-	-
CHI-Milho-SD-móvel	-0,67	-	-	-	-	-	-
CHI-Soja-GARCH	-0,01	-	-	-	-	-	-
CHI-Soja-SD-móvel	0,35	-1,30*					
CHI-Petróleo-GARCH	0,13	-	-	-	-	-	-
CHI-Petróleo-SD-móvel	0,11	-	-	-	-	-	-
EUA-Milho-GARCH	0,05	-	-	-	-	-	-
EUA -Milho-SD-móvel	0,35	-	-	-	-	-	-
EUA -Soja-GARCH	4,85**	-	-	-	-	-	-
EUA -Soja-SD-móvel	0,72	-	-	-	-	-	-
EUA -Petróleo-GARCH	-1,02	-	-	-	-	-	-
EUA -Petróleo-SD-móvel	-2,85	1,44	-0,91	-2,90	5,35**	-11***	4,29**

Fonte: elaboração própria.

Nota: modelos descritos da forma SIGLA\_PAIS-PRODUTO\_EXPORTADO-PROXY\_VOLATILIDADE

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.



TABELA 4: Estimação NARDL de Curto Prazo referente às exportações brasileiras (NEG)

Variável dependente:  $\Delta \ln X_t^{BR}$ 

Modelo	$\Delta NEG_t$	$\Delta NEG_{t-1}$	$\Delta NEG_{t-2}$	$\Delta NEG_{t-3}$	$\Delta NEG_{t-4}$	$\Delta NEG_{t-5}$	$\Delta NEG_{t-6}$
CHI-Milho-GARCH	-0,21	-	-	-	-	-	-
CHI-Milho-SD-móvel	-3,08	-6,87**	-1,55	-1,40	-5,54***	-1,40	-5***
CHI-Soja-GARCH	-0,82	-	-	-	-	-	-
CHI-Soja-SD-móvel	-1,15	-	-	-	-	-	-
CHI-Petróleo-GARCH	0,58	0,44	0,74	0,75*	-0,76		
CHI-Petróleo-SD-móvel	-0,85**	-	-	-	-	-	-
EUA-Milho-GARCH	-0,79	-	-	-	-	-	-
EUA -Milho-SD-móvel	-0,39	-	-	-	-	-	-
EUA -Soja-GARCH	-1,18	-	-	-	-	-	-
EUA -Soja-SD-móvel	-0,74	-	-	-	-	-	-
EUA -Petróleo-GARCH	3,34	-2,29	-1,27	7,71***	-	-	-
EUA -Petróleo-SD-móvel	7,47***	-0,10	0,14	-4,08***	6,01***	-	-

Fonte: elaboração própria.

Nota: modelos descritos da forma SIGLA\_PAIS-PRODUTO\_EXPORTADO-PROXY\_VOLATILIDADE

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Comparando as tabelas TABELA 3 e TABELA 4 podemos ver que a assimetria foi detectada em dois casos: para o produto complexo soja exportado para os Estados Unidos com volatilidade aproximada via processo GARCH e para o produto petróleo exportado para a China com volatilidade aproximada via desvio-padrão móvel. No primeiro caso a assimetria é positiva, ou seja, aumentos de volatilidade impactam o volume de exportações e as reduções de volatilidade não demonstraram significância estatística. No segundo caso a assimetria é negativa, ou seja, diminuições de volatilidade impactam o volume de exportações e aumentos de volatilidade não tem efeito significativo estatisticamente sobre o fluxo comercial.

Como não obtemos significância estatística dos coeficientes positivos e negativos para um mesmo produto, então o teste de Wald não é necessário. Desta forma, concluímos a análise de curto prazo com evidências de assimetria do impacto da volatilidade cambial nas exportações apenas para o caso das exportações do complexo soja para os Estados Unidos e petróleo para a China, no primeiro caso com volatilidade via processo GARCH e no segundo caso com volatilidade aproximada pelo desvio padrão móvel da taxa cambial.

### 5.3 Estimação NARDL de longo-prazo e análise de assimetria

Estimativas de efeitos assimétricos de longo prazo da volatilidade cambial nas exportações brasileiras são obtidas se a estimativa do coeficiente de  $POS_{t-1}$  se diferir da estimativa do coeficiente de  $NEG_{t-1}$  na equação (4). Quando ambos os coeficientes são estatisticamente significantes, estimativas fortes destes efeitos assimétricos de longo prazo são encontradas se o teste de Wald rejeitar a hipótese nula de  $\frac{\hat{\tau}_4}{-\hat{\tau}_1} = \frac{\hat{\tau}_5}{-\hat{\tau}_1}$  na equação (4).

A TABELA 5 apresenta as estimativas dos coeficientes de longo prazo dos modelos relacionados a China onde a cointegração foi detectada. Também são apresentados os coeficientes das variáveis utilizadas para controlar os efeitos da pandemia da COVID-19 e da Crise de 2008.

TABELA 5: Estimação NARDL de Longo Prazo referente às exportações brasileiras para a CHINA

Variável dependente:  $\Delta \ln X_t^{BR}$

Modelo	$\ln IP_{t-1}^{Chi}$	$\ln \theta_{t-1}^{Chi}$	$POS_{t-1}^S$	$NEG_{t-1}^S$	<i>restricoes_covid</i>	<i>crise_2008</i>
Milho-GARCH	4,7	-1,7	-0,29	0,13	-3,9***	-2
Milho-SD-móvel	28	-1,77	2,11***	2,39***	-6,2***	0,1
Soja-GARCH	-3,32	0,68	-0,49*	-0,71**	-0,64**	0,25
Soja-SD-móvel	-4,59	0,78*	-0,23*	-0,43***	-0,06	0,36
Petróleo-GARCH	2,88*	-0,56	0,04	-0,15	-0,48***	0,03
Petróleo-SD-móvel	2,45*	-0,37	0,02	-0,16*	0	0,10

Fonte: elaboração própria.

Nota: modelos descritos da forma PRODUTO\_EXPORTADO-PROXY\_VOLATILIDADE

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Analisando somente os coeficientes de  $POS_{t-1}$  e  $NEG_{t-1}$  podemos ver que foi detectada assimetria no impacto da volatilidade cambial no comércio somente para o caso do petróleo com volatilidade via desvio-padrão móvel. A assimetria de longo prazo detectada é negativa, isto é, reduções de volatilidade impactaram o fluxo de exportação de petróleo e aumentos de volatilidade não tiveram efeito estatisticamente significante detectado.

Para o complexo soja, é possível que exista a assimetria, porém é necessário prosseguirmos para o teste de Wald, já que ambos os coeficientes são significativos. No caso do complexo milho, a assimetria é descartada no caso de volatilidade aproximada via processo GARCH e não descartada no caso de volatilidade aproximada via desvio-padrão móvel, sendo necessário o teste de Wald para confirmar a existência de assimetria.

Convém salientar que para o caso da China, diminuições de volatilidade impactam o volume comercializado de maneira mais forte do que aumentos de volatilidade. Isto foi verificado para todas as commodities analisadas. Um outro ponto que chama a atenção é que a variável utilizada para isolar os efeitos da pandemia da COVID-19 teve seu coeficiente significante em cinco dos seis modelos, e seu efeito estimado é negativo sobre o volume de

comércio, ou seja, obtemos evidência de que a pandemia da COVID-19 prejudicou o fluxo de comércio de todas as commodities analisadas no cenário de exportações para a China.

Por sua vez, a TABELA 6 apresenta as estimativas dos coeficientes de longo prazo dos modelos relacionados aos Estados Unidos. Também são apresentados os coeficientes das variáveis utilizadas para controlar os efeitos da pandemia da COVID-19 e da Crise de 2008.

TABELA 6: Estimação NARDL de Longo Prazo referente às exportações brasileiras para os Estados Unidos

Variável dependente:  $\Delta \ln X_t^{BR}$

Modelo	$\ln IP_{t-1}^{Chi}$	$\ln \theta_{t-1}^{Chi}$	$POS_{t-1}^S$	$NEG_{t-1}^S$	<i>restricoes_covid</i>	<i>crise_2008</i>
Milho-GARCH	-0,27	-0,19	-0,12	-0,20	-0,6*	0,33
Milho-SD-móvel	-0,56	-0,26	-0,02	-0,12	-0,47	0,38
Soja-GARCH	7,9	-0,29	-0,99	-0,3	4,58***	-1,92
Soja-SD-móvel	1,03	2,52	-2,02**	-1,42	4,03***	-0,29
Petróleo-GARCH	4,86	-7,46***	1,51*	1,31	-0,48	-0,82
Petróleo-SD-móvel	-0,27	-5,49***	-0,28	-0,52	-0,23	-0,24

Fonte: elaboração própria.

Nota: modelos descritos da forma PRODUTO\_EXPORTADO-PROXY\_VOLATILIDADE

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Examinando os coeficientes de  $POS_{t-1}$  e  $NEG_{t-1}$  podemos ver que foi detectada assimetria positiva sem a necessidade do teste de Wald em dois casos: petróleo com volatilidade aproximada via processo GARCH e para o caso do complexo soja com volatilidade aproximada via desvio-padrão móvel. Para as demais commodities e modelos analisados, o efeito da volatilidade cambial sobre as exportações foi identificado como simétrico.

No que se refere aos efeitos da crise de 2008 nos fluxos comerciais, não obtemos evidência estatisticamente sobre o impacto causado. Uma sugestão para capturar estes efeitos dentro de uma estrutura NARDL seria recriar a variável dummy relativa à crise de uma maneira mais elaborada. Outras opções, menos associadas a proposta desta dissertação, seria utilizar outra

modelagem econométrica ou mesmo desenvolver melhor a base de dados para criar novas variáveis associadas a crise de 2008.

Por fim, ao analisar os coeficientes de longo prazo significantes, podemos observar que as estimativas indicam a pandemia da COVID-19 impactou negativamente o comércio de milho e positivamente no fluxo comercial do complexo soja para os Estados Unidos. Para o produto petróleo não obtivemos coeficientes estatisticamente significantes.

De maneira complementar, a TABELA 7 apresenta uma referência aos modelos e o resultado da análise de assimetria de longo-prazo através do teste de Wald, para cada um dos modelos estimados onde foi necessário aplicar o teste.

TABELA 7: Teste de assimetria de LP do efeito da volatilidade cambial sobre exportações

Modelo	p-valor de $\frac{\hat{\tau}_4}{-\hat{\tau}_1} = \frac{\hat{\tau}_5}{-\hat{\tau}_1}$	Assimetria identificada
CHI-Milho-SD-móvel	0,78	Não
CHI-Soja-GARCH	0,001***	Sim
CHI-Soja-SD-móvel	0,001***	Sim

Fonte: elaboração própria.

Nota: modelos descritos da forma SIGLA\_PAIS-PRODUTO\_EXPORTADO-PROXY\_VOLATILIDADE

Nota: \*\*\*, \*\* e \* significam ser estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Para fins de interpretação de longo prazo, o teste de Wald de significância dos coeficientes testa se  $\frac{\hat{\tau}_4}{-\hat{\tau}_1} = \frac{\hat{\tau}_5}{-\hat{\tau}_1}$  na equação (4). No caso onde é rejeitada esta hipótese, conclui-se que o efeito de aumentos de volatilidade é diferente do efeito de diminuições de volatilidade, isto é, existe a identificação da assimetria.

Como podemos ver na TABELA 7, obtemos evidências de assimetria do impacto da volatilidade cambial nas exportações do complexo soja para a China. As evidências encontradas são significantes mesmo a rigorosos níveis de significância, independente da maneira que a volatilidade foi aproximada. Convém salientar que este teste checa a igualdade dos coeficientes, então um p-valor baixo nos fornece evidência de que os efeitos não são iguais. Entretanto, o teste não nos permite checar o quanto os efeitos são diferentes, o que se mostrou uma limitação da metodologia utilizada.

## 5.4 Discussão dos resultados

De maneira geral, este trabalho foi bem sucedido tendo em vista seu objetivo inicial: examinar a existência de efeitos assimétricos da volatilidade cambial sobre os fluxos de comércio. Os resultados aqui encontrados, de certa forma, se assemelham aos resultados encontrados na literatura e discutidos ao longo deste texto. Durante esta dissertação, vimos que é comum identificar a assimetria para produtos ou setores ou fluxos de comércio específicos. Sendo que em nenhuma das pesquisas estudadas, a assimetria do impacto da volatilidade da taxa de câmbio no comércio foi unânime em todos os setores já analisados. Aqui tivemos conclusões semelhantes, já que a assimetria existiu em alguns casos, a depender da proxy de volatilidade utilizada, do país envolvido no comércio e horizonte de análise (curto ou longo-prazo).

Por outro lado, analisando de maneira desagregada ao nível produto (ou complexo) como foi feito nesta dissertação, não resultou nas mesmas conclusões gerais sobre o impacto da volatilidade em produtos agrícolas como tivemos, por exemplo, em:

- (i) Tarasenko (2021): a volatilidade cambial teve um impacto negativo nas exportações de matérias-primas agrícolas, manufaturados e máquinas e equipamentos de transporte.
- (ii) COSTA A.L. (2020): produtos mais tecnológicos e mais sofisticados sofrem menos com volatilidade em comparação a produtos menos sofisticados.
- (iii) Souza, D.M. et al (2021): os setores negativamente afetados pela volatilidade foram de produtos com dependência do capital externo e produtos manufaturados ou com baixo valor agregado. Os setores positivamente afetados foram de produtos sem dependência do capital externo ou com demanda altamente elástica.

Esta comparação dos resultados encontrados sugere que a resposta dos fluxos de exportação de produtos específicos frente à volatilidade cambial pode não ser a mesma resposta dos agregados aos quais estes produtos pertencem, tais como vimos nas agregações por setores, indústrias e grupos de bens. Sendo assim, quando o objetivo é obter respostas para o volume de comércio de produtos específicos, talvez seja mais adequado analisar a nível mais desagregado para obtermos respostas precisas e utilizar resultados a níveis agregados apenas para fundamentar as conclusões.

As estimativas foram mais significativas estatisticamente nos NARDL's associados a China e menos significativas estatisticamente nos NARDL's associados aos Estados Unidos. Resultado este que vai de encontro a descobertas recentes com NARDL's, como em Correa et

al. (2021), onde a análise do impacto da volatilidade no comércio trouxe resultados inconclusivos, quando foram analisadas as exportações para os Estados Unidos.

No que se refere aos efeitos da pandemia da COVID-19, obtemos resultados interessante ao analisar as exportações para a China. A variável utilizada para isolar os efeitos da pandemia da COVID-19 teve seu coeficiente significativo em cinco dos seis modelos, e seu efeito estimado é negativo sobre o volume de comércio, ou seja, obtemos evidência de que a pandemia da COVID-19 prejudicou o fluxo de comércio de todas as commodities analisadas.

Estes resultados vão de encontro a conclusões de pesquisas recentes sobre a dimensão do impacto da pandemia nos fluxos comerciais globais. Nos trabalhos Arriola, Kowalski and van Tongeren (2021) e OECD (2022) são abordados os efeitos da pandemia no volume de comércio de maneira agregada e desagregada. No que se refere às commodities, é apresentada uma variação negativa no volume do comércio mundial de aproximadamente 15% entre 2019 e 2020.

## 6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou analisar a resposta das exportações brasileiras do complexo milho, do complexo soja e do petróleo frente a variações positivas e negativas da volatilidade da taxa de câmbio real bilateral. Através da implementação de uma abordagem econométrica de cointegração via modelo Autoregressivo de Defasagem Distribuída Não Linear (NARDL), a análise teve como objetivo final investigar a existência de resposta assimétrica dos fluxos comerciais aos aumentos e diminuições de volatilidade cambial.

Optou-se por reduzir o escopo de análise aos dois principais parceiros comerciais do Brasil (China e Estados Unidos) e também por considerar um longo período no tempo (2002-2022), dada a natureza de cointegração da metodologia. Como a crise de 2008 e a pandemia da COVID-19 representaram quebras estruturais nas séries, para controlar os efeitos destes eventos foram utilizadas dummies dentro da estrutura NARDL. Em especial, a dummy utilizada para controlar os efeitos da pandemia é definida com base na presença de restrições governamentais motivadas pela pandemia em pelo menos um dos dois países envolvidos no comércio.

De maneira geral, os resultados encontrados sugerem que existe a resposta assimétrica das exportações frente às variações cambiais, porém esta existência de assimetria depende da commodity analisada, do país e da proxy para volatilidade definida. Esta conclusão geral vai de encontro aos resultados encontrados nas pesquisas mais recentes que aplicaram NARDL, onde a existência de assimetria na resposta dos fluxos comerciais também dependeu de fatores como produto, setor, país e proxy para volatilidade.

No que se refere a análise de curto prazo, a assimetria foi detectada em dois casos: para o produto complexo soja exportado para os Estados Unidos com volatilidade aproximada via processo GARCH e para o produto petróleo exportado para a China com volatilidade aproximada via desvio-padrão móvel. No primeiro caso a assimetria é positiva, ou seja, aumentos de volatilidade impactam o volume de exportações e as reduções de volatilidade não demonstraram significância estatística. No segundo caso a assimetria é negativa, isto é, diminuições de volatilidade impactam o volume de exportações e aumentos de volatilidade não tem efeito significativo sobre o fluxo comercial.

Por sua vez, a análise de longo prazo para a China mostrou que a assimetria foi detectada para o caso do petróleo com volatilidade via desvio-padrão móvel e para o caso do complexo soja, com o auxílio do teste de Wald. Com relação a análise de longo prazo para os Estados Unidos, foi detectada assimetria positiva no caso do petróleo com volatilidade aproximada via



processo GARCH e para o caso do complexo soja com volatilidade aproximada via desvio-padrão móvel.

De maneira geral, as estimativas foram mais significativas estatisticamente nos NARDL's associados a China e menos significativas estatisticamente nos NARDL's associados aos Estados Unidos. No que se refere aos efeitos da pandemia da COVID-19, obtemos resultados interessante ao analisar as exportações para a China. Para esta relação comercial, a variável utilizada para isolar os efeitos da pandemia da COVID-19 teve seu coeficiente significativo em cinco dos seis modelos, e seu efeito estimado é negativo sobre o volume de comércio, ou seja, obtemos evidência de que a pandemia da COVID-19 prejudicou o fluxo de comércio de todas as commodities analisadas.

Finalmente, dadas as necessidades dos agentes econômicos de modelar o comércio internacional e entender o impacto do câmbio no comércio, conclui-se ser importante considerar a assimetria do efeito cambial para mensurarmos ganhos e perdas do comércio, bem como para fundamentar decisões econômicas que envolvam as exportações brasileiras do complexo milho, do complexo soja e do petróleo.

## 7 REFERÊNCIAS

BAHMANI-OSKOOEE, MOHSEN & AFTAB, MUHAMMAD, 2017. "On the asymmetric effects of exchange rate volatility on trade flows: New evidence from US-Malaysia trade at the industry level," *Economic Modelling*, Elsevier, vol. 63(C), pages 86-103.

BITTENCOURT, M. V. L.; LARSON, D. W.; THOMPSON, S. R. Impactos da volatilidade da taxa de câmbio no comércio setorial do mercosul. *Estudos Econômicos*, v. 37, n. 4, p. 791-816, out./dez. 2007.

Board of Governors of the Federal Reserve System (US), Industrial Production: Total Index [INDPRO], retrieved from FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; <https://fred.stlouisfed.org/series/INDPRO>, April 1, 2023.

BONACHELA, F. S. 2018. Cadeia global de valor: a inserção do brasil neste sistema logístico

CLARK, P., N. TAMIRISA; WEI, S. J. A new look at exchange rate volatility and trade flows. *IMF Occasional Paper*, n. 235, 2004.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS (CNI). Reorganização das cadeias globais de valor: riscos e oportunidades para o Brasil resultantes da pandemia de COVID-19 / Confederação Nacional da Indústria, Timothy J. Sturgeon, Mark P. Dallas, tradução de Demaristes Volpa. – Brasília : CNI, 2021. 64 p. : il.

COSTA, A. L. Os efeitos da volatilidade da taxa de câmbio na sofisticação das exportações brasileiras / Ana Laura da Costa. – Viçosa, MG, 2020. CDD 22. ed. 382.0981

COTÉ, A. Exchange rate volatility and trade. Working Paper, Bank of Canada, n. 94-5, 1994

DE SOUZA D. M.; VASCONCELOS, C. R. F.; GAMA, F. J. C.; CARMO J. G. S. Volatilidade do câmbio e seus efeitos sobre a exportação brasileira para os EUA. *Rev. econ. contemp.* 25 (2) – 2021.

FERREIRA J. D. & SCHNEIDER M. B., 2005. As cadeias globais de valor e a inserção da indústria brasileira. *Revista Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 11, n. 23, 2015 11 (23), 106-128

FRANKEL, J. A. & ROSE A.K, 2000, "Estimating the Effect of Currency Unions on Trade and Output," NBER Working Paper 7857, National Bureau of Economic Research.

HÉRICOURT, J.; PONCET, S. Exchange rate volatility, financial constraints, and trade: Empirical evidence from Chinese firms. *The World Bank Economic Review*, v. 29, n. 3, p. 550-578, 2013.

KRETER A.C., & PASTRE, R.. Comércio exterior do agronegócio: balanço de 2021 e perspectivas para 2022. IPEA/dimac, 2022. (Carta de Conjuntura, n. 54).

Organization for Economic Co-operation and Development, Leading Indicators OECD: Reference Series: Gross Domestic Product (GDP): Normalised for China (People's Republic Of) [CHNLORSGPNOSTSAM], retrieved from FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; <https://fred.stlouisfed.org/series/CHNLORSGPNOSTSAM>, April 1, 2023.

Organization for Economic Co-operation and Development, Production: Industry: Total Industry: Total Industry Excluding Construction for China (People's Republic Of) [PRINTO01CNQ663N], retrieved from FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; <https://fred.stlouisfed.org/series/PRINTO01CNQ663N>, September 26, 2022.

PEREE & STEINHERR (1989). Exchange rate uncertainty and foreign trade. *European Economic Review* 33, p.1241-1264, 1989.

PESARAN, M.H., SHIN, Y. & SMITH, R.J. (2001), Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J. Appl. Econ.*, 16: 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>

PIRES, D.L. (2019) Análise do impacto da volatilidade cambial sobre o fluxo comercial entre Brasil, China e EUA (2000-2017) 81 p.

RIDHA NOUIRA & SAMI SAAFI (2020). Exchange-rate volatility and commodity trade between the U.S. and Germany: asymmetry analysis, *International economics and economic policy* Vol. 17.2020, 1, p. 67-124 - Berlin : Springer, ISSN 1612-4804, ZDB-ID 2141405-1.

SHIN, Y. et al. (2014) Modeling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. In: Horrace, W.C. and Sickles, R.C., Eds., *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications*, Springer Science & Business Media, New York, 281-314.

SILVA, C.B. Impactos da volatilidade da taxa de câmbio sobre comércio intra-industrial do mercosul <http://hdl.handle.net/1884/42909>

SILVA, F. A.; FREITAS, C. O.; MATTOS, L. B. Volatilidade da taxa de câmbio e seus efeitos sobre o fluxo de comércio dos países da América do Sul. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 20, n, 2, p. 229-249, mai./ago. 2016.

SOUZA D.M., GAMA F.J.C., CARMO J.C.S., VASCONCELLOS C.R.F. *Revista de Economia Contemporânea* (2021) 25(2): p. 1-28 (Journal of Contemporary Economics) ISSN 1980-5527 <http://dx.doi.org/10.1590/198055272528> eLocation - e212528 <https://revistas.ufrj.br/index.php/rec> | [www.scielo.br/rec](http://www.scielo.br/rec)

SOUZA, D.M.; GAMA, F.J.C.; CARMO, J.G.S.; VASCONCELLOS, C. R. F.; Volatilidade do câmbio e seus efeitos sobre a exportação brasileira para os eua. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 25, n, 2, 2021.

STURGEON, T. et al. Brazil in Global Value Chains: Implications for Industrial Policy and Trade. 2013, *Revista Brasileira De Comércio Exterior*. Vol 115 / Abril-Juhno. Pag 26 – 41.

TARASENKO (2021) The impact of exchange rate volatility on trade: The evidence from Russia. *Russian Journal of Economics* 7(3): 213-232. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.7.57933>

## APÊNDICE A: TABELAS INFORMATIVAS

TABELA 8: BALANÇA COMERCIAL: TOTAL E AGRONEGÓCIO (2020 E 2021)

Setores	Exportações			Importações			Saldo (US\$ bilhões)	
	2020 (US\$ bilhões)	2021 (US\$ bilhões)	Variacã o (%)	2020 (US\$ bilhões)	2021 (US\$ bilhões)	Variacão (%)	2020	2021
<b>Agronegócio</b>	100,7	120,6	19,7	13,1	15,5	18,9	87,6	105,1
<b>Demais Setores</b>	108,5	160,0	47,5	145,7	203,9	39,9	-37,3	-43,8
<b>Total</b>	209,2	280,6	34,2	158,8	219,4	38,2	50,4	61,2
<b>Part. do agronegócio</b>	48,1 %	43,0 %	-5.1 p.p.	8,2 %	7,1 %	-1.2 p.p.	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: Adaptado de Tabela 1 - (Carta de conjuntura Ipea, nº 54, 2022).

TABELA 9: PRÍNCIPAIS ASPECTOS DAS ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR RELACIONADOS A SOJA, PETRÓLEO E MILHO (JANEIRO/22 – JULHO/22)

	Soja		Petróleo		Milho	
	Imp.	Exp.	Imp.	Exp.	Imp.	Exp.
<b>Valor (US\$ Milhões)</b>	169,73	30.496,52	4.026,21	19.301,3	187,7	1.835,76
<b>Valor (Var. Jan-Jun 2022-2021)</b>	-24,5%	+23,7%	+123,8%	+29,3%	+4,8%	+141,3%
<b>Toneladas</b>	369.849	53.071.248	5.539.344	30.675.112	731.884	6.356.653
<b>Toneladas (Var. Jan-Jun 2022-2021)</b>	-29%	-7,8%	+35,8%	-14,6%	-21,9%	+74,1%
<b>Part. nas Imp./Exp. do setor (Agro/Extrat.)</b>	6%	75,6%	34,2%	52,9%	6,64%	4,55%
<b>Rank. nas Imp./Exp. do setor (Agro/Extrat.)</b>	7º	1º	1º	1º	6º	3º
<b>Ranking nas Imp./Exp. Totais</b>	122º	1º	5º	2º	113º	16º

Fonte: os dados foram extraídos através do portal da COMEX, o portal para acesso às estatísticas de comércio exterior do Brasil.

TABELA 10 – EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS (2022)

<b>Países</b>	<b>Valor das importações FOB (US\$)</b>	<b>Países</b>	<b>Valor das exportações FOB (US\$)</b>
China	\$27.979.891.009	China	\$47.141.950.890
Estados Unidos	\$25.044.315.314	Estados Unidos	\$17.631.738.512
Argentina	\$6.157.415.214	Argentina	\$7.506.751.198
Alemanha	\$5.827.114.676	Países Baixos (Holanda)	\$5.767.382.116

Fonte: os dados foram extraídos através do portal da COMEX, o portal para acesso às estatísticas de comércio exterior do Brasil.