

Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

Mestrado Profissional em Economia

Alessandro Freitas Soares

Commodity Currency Hypothesis

Influência do Câmbio Brasileiro sobre o Preço do Açúcar

Orientador: Marco Túlio Lyrio, PhD

São Paulo

2018

Inspere Instituto de Ensino e Pesquisa

Mestrado Profissional em Economia

Alessandro Freitas Soares

Commodity Currency Hypothesis

Influência do Câmbio Brasileiro sobre o Preço do Açúcar

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia do Inspere Instituto de Ensino e Pesquisa, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Finanças Internacionais

Orientador: Prof. Marco Túlio Lyrio, PhD

São Paulo

2018

Soares, Alessandro Freitas

Commodity Currency Hypothesis – Influência do Câmbio Brasileiro sobre o Preço do Açúcar / Alessandro Freitas Soares; orientador Prof. Marco Túlio Lyrio, PhD – São Paulo: Insper Instituto de Pesquisa e Ensino, 2018.

49 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Mestrado Profissional em Economia. Área de Concentração: Finanças Internacionais) – Insper Instituto de Pesquisa e Ensino.

1. *Commodity Currency Hypothesis*. 2. Causalidade de Granger. 3. Preços internacionais do açúcar. 4. Taxa de câmbio BRL/USD. 5. Cointegração

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alessandro Freitas Soares

Commodity Currency Hypothesis – Influência do Câmbio Brasileiro sobre o Preço do Açúcar

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia do Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Finanças Internacionais

Data de aprovação: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marco Túlio Lyrio, PhD

Orientador

Instituição: INSPER Assinatura: _____

Prof. Dra. Priscila Fernandes Ribeiro

Instituição: INSPER Assinatura: _____

Prof. Dr. Clemens Vinícius de Azevedo Nunes

Instituição: FGV Assinatura: _____

À minha esposa Fabiane.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ana Maria e Norton, pelos valores transferidos, pelo exemplo de vida e pelos sacrifícios empenhados em minha formação como ser humano. Essa conquista é, acima de tudo, de vocês. Obrigado.

Agradeço ao Prof. Dr. Marco Túlio Lyrio, orientador e grande mestre nessa jornada, cujas provocações inspiraram a busca constante pelo aprimoramento. Obrigado pelo conhecimento compartilhado, dedicação e profissionalismo na construção desse trabalho.

Obrigado à Prof. Dra. Priscila Fernandes Ribeiro, por ter avaliado esse trabalho e se disponibilizado a participar da banca examinadora. Seu direcionamento foi fundamental para a definição do tratamento econométrico aplicado.

Agradeço ao Prof. Dr. Clemens Vinícius de Azevedo Nunes, por dedicar seu tempo para avaliar esse trabalho e participar na banca examinadora.

Agradeço aos Profs. Ms. André Ng e Vinícius Magnani, pela disponibilidade para discutir e compartilhar valiosas ideias que foram determinantes nesse trabalho.

Obrigado à São Martinho pelo investimento na formação e valorização de seus profissionais, através do suporte financeiro e concessão do tempo necessário ao cumprimento deste desafio.

Agradeço, finalmente, à Fabiane, pelo cuidado e apoio incondicionais. Sua companhia em todos os momentos, especialmente nas horas duras e difíceis, quando poderia estar em qualquer outro lugar mais agradável, foi crucial para essa conquista, a qual teria sido infinitamente mais difícil se não fosse por você. Obrigado.

RESUMO

Este trabalho estuda a relação entre o comportamento dos preços de uma commodity e a taxa de câmbio da moeda de seu país exportador, estruturando o caso para o açúcar no Brasil. Ao testar a *Commodity Currency Hypothesis* definida em Chen, Rogoff e Rossi (2010) para uma commodity pouco representativa na pauta de exportações do país estudado, mas que, por sua vez, este país é um agente importante no mercado global da commodity, busca-se propor um modelo capaz de prever movimentos no preço internacional do açúcar através de variações ocorridas no comportamento da taxa de câmbio BRL/USD. A ausência de causalidade no sentido de Granger e a inexistência de um vetor de cointegração linear entre as variáveis, resultados obtidos neste trabalho através da análise de um modelo VAR e após controlar pela instabilidade dos parâmetros nas séries de dados, tornam ineficaz a especificação deste modelo preditivo e comprovam que a correlação existente entre os preços internacionais do açúcar e a taxa de câmbio BRL/USD não se traduz em causalidade para o horizonte de tempo analisado, que é de 20 anos.

Palavras-chave: Commodity Currency Hypothesis, causalidade de Granger, preços internacionais do açúcar, taxa de câmbio BRL/USD, cointegração.

ABSTRACT

This paper studies the relationship between a commodity's price behavior and the exchange rate for the currency of its exporting country, structuring the case for sugar in Brazil. When testing the Commodity Currency Hypothesis defined in Chen, Rogoff and Rossi (2010) for a commodity which has a small share in a country's exports, but which country is, in turn, an important player in the global market for such commodity, this paper is an attempt to propose a model with the capacity to predict movements in sugar's international price through changes in the behavior of the BRL/USD exchange rate. The absence of Granger-causality and the lack of a linear cointegration vector between the variables, both results obtained in this paper through the analysis of a VAR model and after controlling for parameter instability in the series, render the ineffectiveness of the specification of such predictive model and prove that the existing correlation between international sugar prices and the BRL/USD exchange rate does not translate into causality for the time frame analyzed, which is 20 years.

Key words: Commodity Currency Hypothesis, Granger causality, sugar international prices, BRL/USD exchange rate, cointegration.

RESUMO EXECUTIVO

O mercado mundial de açúcar transacionou, no ano de 2017, cerca de USD 26 bilhões. Desse total, o Brasil respondeu por aproximadamente 44%, ou o equivalente a USD 11,5 bilhões, o que representa aproximadamente 5% das exportações totais do país. Esses volumes fazem do país o maior exportador mundial de açúcar e, portanto, agente fundamental nesse mercado.

Os preços do açúcar para comercialização internacional são definidos na bolsa de Nova Iorque e, portanto, cotados em USD, ao passo que a estrutura de custos da cadeia produtiva do açúcar brasileiro é majoritariamente determinada em BRL. Dessa forma, a margem de lucro do produtor brasileiro depende da relação entre essas duas moedas, sendo que, maiores rentabilidades são obtidas quando o BRL está desvalorizado frente ao USD. Com isso, e devido à importância do Brasil no fornecimento global de açúcar, uma maior rentabilidade do produtor brasileiro tem grande potencial de impactar a oferta global desse produto e, conseqüentemente, seus preços.

Assim sendo, essa dinâmica dos fluxos de transferência de valor no comércio mundial de açúcar definem a correlação existente entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, estabelecendo sua importância para o mercado global desta commodity. Neste contexto, o presente trabalho estuda a relação entre o comportamento da taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, com o objetivo de encontrar causalidade entre essas variáveis, uma relação estatisticamente mais forte do que a simples correlação, no sentido de entender se o comportamento da taxa de câmbio BRL/USD causa os preços internacionais do açúcar.

A identificação dessa causalidade e conseqüente definição de um modelo capaz de antecipar movimentos no preço internacional do açúcar, através de variações no comportamento da taxa de câmbio BRL/USD, é de fundamental importância no auxílio ao produtor brasileiro em seu planejamento de safra e maximização de lucros neste mercado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	2
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE GRÁFICOS	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS	12
3.1 Enquadramento do Brasil como um <i>Commodity Currency Country</i>	13
3.2 Mecanismo Gerador dos Dados, Estatísticas Descritivas e Estacionariedade das Séries .	15
3.3 Estimação do Modelo VAR	20
4 RESULTADOS.....	23
5 CONCLUSÃO	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
APÊNDICE.....	35
REFERÊNCIAS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas das Variáveis	16
Tabela 2 - Estatísticas Descritivas do Logaritmo das Variáveis	18
Tabela 3 - Resultados dos Testes de Raízes Unitárias.....	19
Tabela 4 - Resultados da Estimação do Modelo VAR	23
Tabela 5 - Decomposição da Variância dos Retornos do Açúcar	27
Tabela 6 - Resultados do Teste de Causalidade de Granger Aplicado ao Modelo VAR	28
Tabela 7 - Resultado do Teste de Cointegração de Engle-Granger.....	31
Tabela 8 - Resultado do Teste de Cointegração de Johansen.....	32
Tabela 9 - Teste QLR de Andrews (1993) para Instabilidade dos Parâmetros da Regressão ..	36
Tabela 10 - Teste de Bai e Perron (1998, 2003a) para Identificação de Quebras Estruturais – Minimizadores Globais	39
Tabela 11 - Teste de Bai e Perron (1998, 2003a) para Identificação de Quebras Estruturais – Duplo Máximo.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultado do Teste de Estabilidade do Modelo VAR: raízes inversas do polinômio característico e círculo unitário.....	24
Figura 2 - Função Resposta a Impulso para o Logaritmo do Retorno do Açúcar e Logaritmo do Retorno da Taxa de Câmbio BRL/USD	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Exportação Brasileira por Categoria de Produto	13
Gráfico 2 - Exportação Brasileira de Commodities Agrícolas	14
Gráfico 3 - Comércio Global de Açúcar.....	15
Gráfico 4 - Preço do Açúcar ⁽¹⁾ e Taxa de Câmbio BRL/USD.....	17
Gráfico 5 - Correlograma Cruzado entre o Logaritmo do Retorno do Açúcar e o Logaritmo do Retorno da Taxa de Câmbio BRL/USD	Erro! Indicador não definido.
Gráfico 6 - Logaritmo dos Preços do Açúcar e da Taxa de Câmbio BRL/USD	30

1 INTRODUÇÃO

O comércio mundial de açúcar, transacionado em sua forma bruta que o caracteriza como uma commodity, negociou cerca de USD 26 bilhões no ano de 2017 segundo os dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Desse total, aproximadamente 44% provém de exportações brasileiras, o equivalente a USD 11,5 bilhões, este último dado publicado pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil, um valor equivalente ao PIB de estados como Piauí e Sergipe no mesmo ano, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Transformada em quantidade, essa monta alcança quase 27 milhões de toneladas, o mesmo que 574 navios Panamax enviados anualmente dos portos brasileiros para os mais diferentes destinos como Emirados Árabes Unidos, Canadá, Rússia e Indonésia, numa média de aproximadamente 1,5 embarques por dia.

Historicamente, o Brasil exerce papel importante nesse mercado desde a época dos engenhos e, recentemente, de forma ainda mais evidente, com o crescimento da utilização do etanol combustível na frota de veículos, o que provocou o aumento da área cultivada com cana-de-açúcar no país e, por consequência, uma maior produção do açúcar. Com a possibilidade de arbitrar entre os dois produtos, as usinas brasileiras utilizam-se da liquidez proveniente do mercado futuro do açúcar para reduzir a exposição de sua receita através de estratégias de *hedge* e, dessa forma, torna-se fundamental conhecer os fatores capazes de influenciar os preços internacionais dessa commodity, assim como entender a forma e magnitude dessa influência. Dentre as diversas variáveis possíveis, a taxa de câmbio do real brasileiro (BRL) *versus* o dólar americano (USD) é o foco deste trabalho.

Portanto, esta dissertação estuda a relação de causalidade entre o comportamento da taxa de câmbio BRL/USD e os preços do açúcar no mercado internacional, ou seja, analisa se variações no comportamento do câmbio BRL/USD funcionam como previsores de movimentos no preço internacional do açúcar. Para isso, o encadeamento lógico e a fundamentação teórica deste trabalho têm lastro na literatura de finanças que estuda o relacionamento entre os preços

das commodities e as taxas de câmbio que, apesar de relativamente recente, está fundamentada em um acervo extenso e longo de modelos preditivos de taxas de câmbio¹.

Desde Meese e Rogoff (1983a, 1983b), sabe-se que o passeio aleatório é, na maioria das vezes, o melhor previsor para o comportamento de taxas de câmbio do que qualquer outro modelo econômico, o que é conhecido como *The Meese & Rogoff Puzzle*, e intriga estudiosos do tema. Engel e West (2005) propõem um novo ângulo de análise sobre essa questão ao argumentar que a taxa de câmbio de determinada moeda possui informações capazes de prever o comportamento dos fundamentos da economia do respectivo país. A comprovada robustez dessa teoria deu origem a uma nova linha de pesquisa que utiliza o comportamento do câmbio para prever os fundamentos de uma economia e, nessa vertente, merecem destaque os resultados obtidos por Chen, Rogoff e Rossi (2010a, 2010b)² para os chamados *Commodity Currency Countries*, países em que a comercialização de commodities é um fundamento.

É nesse contexto e arcabouço histórico da bibliografia que se insere esta dissertação, um estudo que tem como motivação (i) a notória percepção dos agentes do mercado sucroenergético brasileiro a respeito da existência de correlação entre os preços internacionais do açúcar e a taxa de câmbio BRL/USD e (ii) a ausência de resultados empíricos na literatura que comprovem uma relação de causalidade entre essas variáveis.

Para tanto, foram utilizadas as séries temporais dos preços do açúcar no mercado internacional e da taxa de câmbio BRL/USD, em frequência mensal³, para o período compreendido entre janeiro/1999 e junho/2018. A escolha do período amostral leva em consideração características como a maturidade da economia brasileira no comércio global e, principalmente, a liberdade de flutuação de sua taxa de câmbio.

A partir disso, verifica-se a existência de evidências quanto à causalidade de Granger entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, controlando a série quanto à instabilidade dos parâmetros e, se identificada essa causalidade, analisa-se o poder de

¹ Ver Rossi (2013) para uma revisão da literatura sobre previsibilidade da taxa de câmbio.

² Deste ponto em diante denominados CRR (2010a) e CRR (2010b).

³ Estudos com os dados em frequência trimestral apresentam resultados similares aos mensais e estão disponíveis mediante solicitação, não sendo abordados nesta dissertação para melhor fluidez e visando objetividade.

previsibilidade de uma variável sobre a outra, com o objetivo de definir um modelo que antecipe os movimentos no preço do açúcar através do comportamento da taxa de câmbio BRL/USD.

Assim, esta dissertação reproduz os estudos de CRR (2010a, 2010b) em continuidade a Bevilaqua (2009) e Rosolen, Araújo e Lyrio (2013) para o caso do Brasil, mas com a especificidade da análise de uma única commodity, o açúcar neste caso, ao invés de uma cesta de produtos, numa abordagem similar à que Pincheira e Hardy (2018) realizam para o caso do Chile e os preços do cobre e outras commodities metálicas individualmente.

O principal resultado deste trabalho é a comprovação da não existência de causalidade no sentido de Granger entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar para o período compreendido entre janeiro de 1999 e junho de 2018, mediante análises com dados mensais e após estudo quanto ao controle sobre a instabilidade dos parâmetros.

O restante deste trabalho divide-se da seguinte forma: na próxima seção está descrito o referencial teórico que fundamenta esta dissertação no contexto da literatura existente. A terceira seção detalha a base de dados analisada e a metodologia utilizada para tal, com a especificação do modelo proposto. Os resultados das análises e o detalhamento dos testes realizados estão descritos na quarta seção. A quinta seção traz a conclusão do trabalho, seguida da sexta e, última, na qual são feitas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O histórico da linha de pesquisa em que está inserido este trabalho tem um grande marco com Meese e Rogoff (1983a), no qual os autores concluem que os fundamentos de uma economia (como taxa de inflação, Produto Interno Bruto (PIB), taxa de juros, entre outros) não explicam o comportamento da taxa de câmbio de um país, resultado obtido através de testes com modelos estruturais de previsão de taxas de câmbio. Ao “alimentar” diversos modelos com informações *ex-post* e verificar os resultados sugeridos por cada um deles, comparativamente à realidade ocorrida, os autores concluem que nenhum desses modelos oferece resposta melhor para a projeção de taxas de câmbio do que o comportamento ditado pelo passeio aleatório, o que ficou conhecido como *The Meese & Rogoff Puzzle*.

Ainda naquele ano, os mesmos Meese e Rogoff (1983b) estudam as possíveis causas para a inesperada conclusão obtida em seu estudo anterior e investigam as premissas utilizadas na “alimentação” dos modelos analisados, escrutinando, inclusive, a metodologia aplicada na construção do modelo proposto. Fatores como erros de amostragem, ineficiência ou inconsistência dos parâmetros estimados, viés na utilização de equações simultâneas, potenciais distúrbios na base de dados por consequência de fatores macroeconômicos ocorridos, volatilidade e variabilidade de prêmios de risco e de taxas reais de câmbio figuram entre as possíveis causas, mas os autores não conseguem apontar de forma assertiva as efetivas razões para o fraco desempenho dos modelos preditivos.

Motivados pelo *puzzle* de Meese e Rogoff (1983a, 1983b), uma série de modelos foram propostos na tentativa de prever o comportamento das taxas de câmbio, os quais podem ser divididos em três principais grupos, segundo Rossi (2013): (i) modelos de equação simples, (ii) modelos de múltiplas equações e (iii) modelos em painel, sendo que, em cada grupo, os modelos ainda podem ser lineares ou não-lineares, além de permitirem ou não a co-integração dos parâmetros ou sua variação temporal. Apesar dessa extensa fundamentação e estrutura de pesquisa sobre o comportamento das taxas de câmbio, Rossi (2013) conclui que não há um modelo único que resolva de forma completa, convincente e definitiva os achados de Meese e Rogoff (1983a, 1983b).

Na evolução da análise sobre o tema e buscando uma alternativa para sua solução, Engel e West (2005) propõem uma lógica inversa à utilizada nos modelos preditivos de câmbio considerados como referência. Ou seja, já que nenhum modelo consegue resultados robustos que expliquem o comportamento da taxa de câmbio através dos fundamentos de sua respectiva economia, será que, inversamente, a taxa de câmbio possui informações que ajudem na previsão do comportamento e causalidade dos fundamentos econômicos? A resposta encontrada pelos autores é que sim. Utilizando modelos de valor presente para a precificação de ativos em um mundo com expectativas racionais, e baseados no conceito de Frenkel e Mussa (1985) e Obstfeld e Rogoff (1996, p.529) no qual a taxa de câmbio nominal deve ser interpretada como um ativo, Engel e West (2005) concluem que informações sobre movimentos futuros dos fundamentos de uma economia podem estar contidas no comportamento de sua taxa de câmbio.

Esse enfoque trouxe uma nova perspectiva para os estudiosos da relação entre taxas de câmbio e fundamentos econômicos, com destaque para as análises dos chamados *Commodity Currency Countries*, países nos quais a receita com a exportação de commodities constitui uma parcela importante do total de exportações, acima de 50% conforme definido em Chen e Rogoff (2003) e também em Cashin et al. (2004). Essa nova linha de pesquisa é notadamente explorada por CRR (2010a) ao demonstrar que, para os *Commodity Currency Countries*, a taxa de câmbio tem poder explicativo sobre o preço internacional das commodities que compõem sua pauta de exportação e, portanto, seus fundamentos econômicos.

Esta conclusão é fundamentada por CRR (2010a) em duas definições⁴: (i) o preço mundial das commodities é um fundamento determinante para as taxas de câmbio nominais nos chamados *Commodity Currency Countries*, dado que é uma aproximação para os termos de troca desses países, pois variações nos preços das commodities impactam seus resultados de exportação, sua balança comercial e, por consequência, suas taxas de câmbio; e (ii) a taxa de câmbio nominal de um país, por ser interpretada como o preço de um ativo (*asset pricing approach*), incorpora expectativas sobre os valores futuros de seus fundamentos, que, no caso dos chamados *Commodity Currency Countries*, são os preços das commodities.

Assim, CRR (2010a) desenvolvem um modelo de equação linear simples no qual, após controlar pela instabilidade dos parâmetros, demonstram haver evidências da causalidade de

⁴ O detalhamento do arcabouço teórico e a evolução da literatura que resulta nestas definições encontra-se em CRR (2010a, página 1150).

Granger para dados dentro da amostra entre a taxa de câmbio de um país e o preço das commodities que ele exporta, organizadas em forma de índice de acordo com sua representatividade na pauta de exportações desse país. Além disso, comprovam que essa causalidade se mantém para resultados preditivos com dados fora da amostra, testados contra os modelos de passeio aleatório, com e sem tendência, e contra o modelo autoregressivo de primeira ordem.

Em continuidade a este trabalho e utilizando-se da abordagem de precificação de ativos nele desenvolvida (*asset pricing approach*), os mesmos autores aprofundam seus estudos em CRR (2010b) e mostram que a taxa de câmbio nos *Commodity Currency Countries* possui informações capazes de ajudar na previsão do preço internacional de uma única commodity exportada pelo referido país, analisada individualmente. Ou seja, enquanto em CRR (2010a) fica comprovado que a taxa de câmbio de um determinado país exportador de commodities tem poder explicativo sobre o preço da cesta de commodities que compõem sua pauta de exportações, em CRR (2010b) aprofunda-se essa análise no sentido de individualizar a relação de causalidade e verificar se a taxa de câmbio de um determinado país exportador de commodities contém informação capaz de auxiliar na explicação do comportamento do preço de uma única commodity que ele exporta.

O presente trabalho expande os estudos de CRR (2010a, 2010b) para o caso brasileiro do açúcar, ao analisar especificamente a relação de causalidade entre a taxa de câmbio BRL/USD e o comportamento dos preços dessa commodity, abordagem ainda não identificada na literatura.

Outros três trabalhos são importantes referências para a elaboração desta dissertação e têm como fundamento a mesma linha de pesquisa desbravada por CRR (2010a, 2010b). Ainda quando CRR (2010a) era um *working paper* nos arquivos da Universidade Duke⁵, Bevilaqua (2009) estruturou sua tese de doutorado ao replicar as análises daqueles autores para o Brasil, adaptando algumas particularidades do caso brasileiro e adicionando o estudo da taxa de câmbio em termos reais ao seu trabalho. Em Rosolen, Araújo e Lyrio (2013), as análises de CRR (2010a) são reproduzidas com dados atualizados e expandidas para Argentina, Colômbia e Brasil, com foco neste último e com resultados positivos no que tange às análises de causalidade

⁵ Arquivado sob o número 08-03, 2008 no Departamento de Economia.

no período compreendido dentro da amostra, porém, sem o mesmo sucesso no dimensionamento de um modelo de previsão para dados fora da amostra. Pincheira e Hardy (2018) replicam as análises de CRR (2010a, 2010b) para o caso específico do Chile e expandem os dados originais, que consideraram somente a análise sobre o cobre, para outras seis commodities minerais representativas na pauta de exportações chilena. Assim, de forma inédita na literatura, testam a causalidade de Granger e a capacidade preditiva do comportamento do peso chileno (CHP) sobre o preço de cada commodity individualmente e sobre o índice da Bolsa de Metais de Londres, a LME (*London Metal Exchange*), que possui os referidos metais em sua composição, com resultados positivos em ambas as análises.

Esta dissertação acrescenta à literatura o mesmo ineditismo de Pincheira e Hardy (2018), mas para o caso brasileiro sobre o poder explicativo do preço internacional do açúcar através da taxa de câmbio BRL/USD.

3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Neste capítulo, detalha-se o processo de coleta e as metodologias escolhidas para o preparo e a análise dos dados utilizados neste trabalho, bem como as premissas adotadas, testes e tratamentos econométricos aplicados, a fim de esclarecer quanto ao sequenciamento lógico da abordagem e garantir que as respostas obtidas sejam confiáveis e conclusivas.

Assim, antes de detalhar as especificidades dos testes econométricos, faz-se importante uma caracterização geral das análises realizadas, que tem início com (i) o enquadramento do Brasil como um *Commodity Currency Country*, de forma a possibilitar a aplicação da *Commodity Currency Hypothesis*⁶ como fundamentação teórica deste trabalho. Uma vez comprovada a aplicabilidade da teoria, é necessário testar (ii) a estacionariedade das séries de dados utilizadas, o que é realizado através de testes de raiz unitária. O passo seguinte consiste em caracterizar a relação entre as variáveis, através das análises de (iii) função resposta a impulso e (iv) decomposição da variância. Para isso, é necessário (v) estimar um modelo, primeiramente pelo método de *Vector Autoregression* (VAR), com o objetivo de identificar a relação de curto prazo entre as variáveis e, sequencialmente, testar o modelo estimado quanto à existência de cointegração de longo prazo que, caso seja identificada, demanda a especificação de um *Vector Error Correction Model* (VECM), que é utilizado para verificar a convergência do conjunto de variáveis, sua estabilidade e relação de longo prazo.

Uma vez caracterizada a relação entre as variáveis através do modelo VAR especificado, este é utilizado também para verificar se há relação de (vi) causalidade no sentido de Granger entre as variáveis e, conforme evidenciado em CRR (2010a), faz-se necessária (vii) a análise das séries de dados quanto à presença de quebras estruturais que, caso identificadas, demandam ajustes para a correta interpretação e condução do teste de causalidade de Granger, de forma robusta à instabilidade dos parâmetros.

Após proceder às etapas (i) a (vii), dá-se por concluída a análise dos dados dentro da amostra e, caso seja comprovada a existência de causalidade no sentido de Granger nesse universo, evolui-se para a (viii) verificação da manutenção desta relação para dados fora da

⁶ Conforme definido em CRR (2010a, 2010b) e toda linha de pesquisa que os sucede.

amostra. Para isso, a análise da existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis é feita através do modelo VECM estimado e a comprovação do poder preditivo desse modelo decorre da comparação de seus resultados aos de outros modelos considerados referências pela literatura que estuda o comportamento das taxas de câmbio, como modelo do passeio aleatório (com e sem tendência) e o modelo autorregressivo de primeira ordem, AR(1).

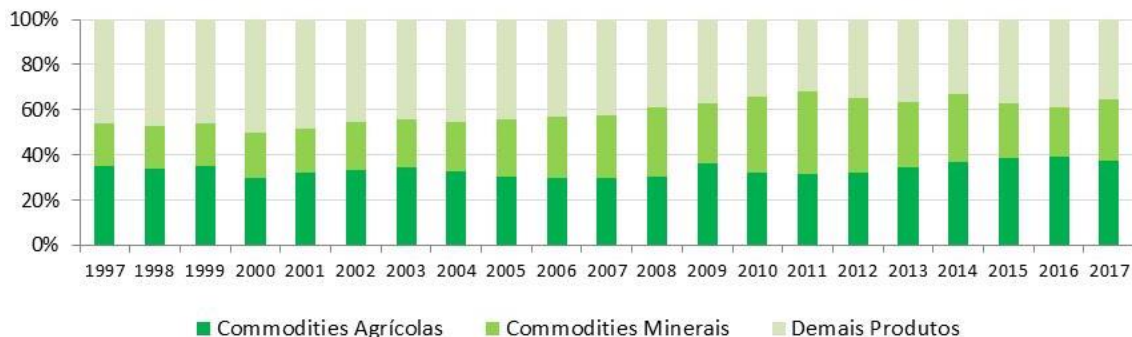
Portanto, após definida a estrutura metodológica da análise a ser realizada nesta dissertação, inicia-se o detalhamento específico dos testes econométricos que compõem o processo descrito nos parágrafos anteriores.

3.1 Enquadramento do Brasil como um *Commodity Currency Country*

A fundamentação teórica das análises realizadas nesta dissertação decorre da aplicação da *Commodity Currency Hypothesis* e só pode ser utilizada mediante o enquadramento do Brasil como um *Commodity Currency Country*.

Isto significa que a receita brasileira com a exportação de commodities deve representar, no mínimo, 50%⁷ de suas receitas totais de exportação, o que pode ser verificado através da análise das informações contidas no Gráfico 1, construído com dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil (MDIC)⁸.

Gráfico 1 - Exportação Brasileira por Categoria de Produto



Fonte: MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil

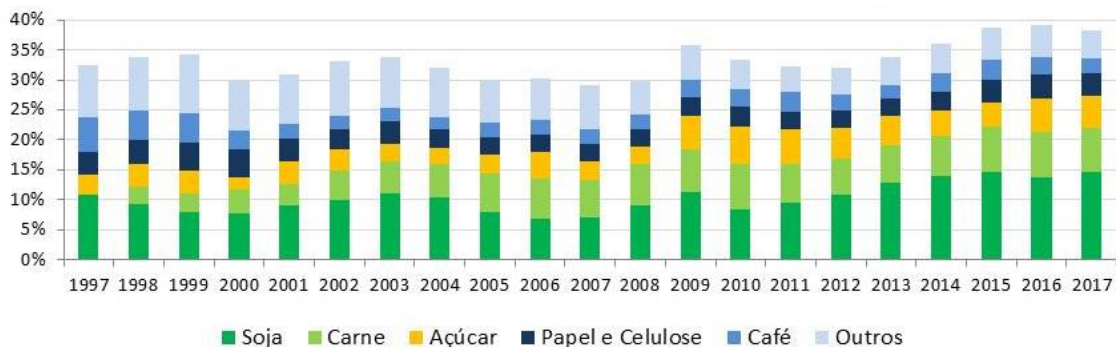
⁷ Conforme definido em Chen e Rogoff (2003) e Cashin et al. (2004).

⁸ Informações coletadas em setembro de 2018 no site www.mdic.gov.br.

Ao observar os dados das exportações brasileiras, divididas por categoria de produto com informações anuais desde 1997, percebe-se que as commodities representam, em média, cerca de 60% do valor total exportado desde o referido ano. Tais valores foram compilados em USD, de forma líquida e em termos comparáveis, conforme descrição metodológica constante da página do MDIC.

Numa análise mais aprofundada dos dados, percebe-se que as commodities agrícolas representaram cerca de 34% das exportações brasileiras na média dos últimos 21 anos, sendo que, nos últimos três, esta representatividade foi ainda maior, de 39% aproximadamente. Para melhor identificação dessa importante categoria de produtos na pauta de exportações brasileira, foi construído o Gráfico 2, no qual fica destacada a representatividade do açúcar, produto objeto desta dissertação.

Gráfico 2 - Exportação Brasileira de Commodities Agrícolas

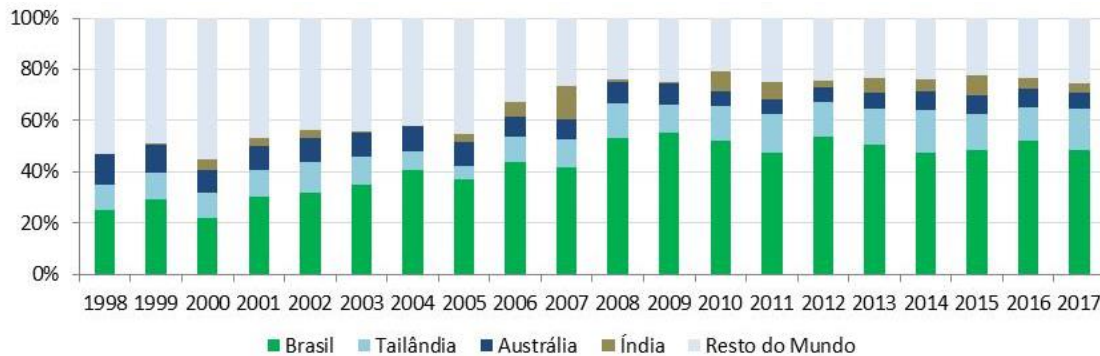


Fonte: MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil

Com participação de aproximadamente 5% no total das exportações e 15% no comércio brasileiro de commodities agrícolas no último triênio, o açúcar é o terceiro maior produto exportado pelo agronegócio do país, atrás da soja e da carne, com 37% e 19%, respectivamente. Em termos absolutos, o Brasil vendeu aproximadamente USD 11,5 bilhões em açúcar para o mercado global no ano de 2017.

Segundo dados do Departamento de Agricultura dos EUA, esse valor representou aproximadamente 44% do volume total comercializado no mundo sendo que, nos últimos vinte anos, o Brasil exportou cerca de 40% de todo o volume negociado globalmente. Tais informações podem ser observadas no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Comércio Global de Açúcar



Fonte: United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service

A interpretação dessas informações conduz à conclusão de que, apesar de o Brasil ser um importante agente no comércio mundial de açúcar, com cerca de 40% do volume histórico comercializado nos últimos 20 anos, este produto representa somente 5% da pauta de exportações brasileira. Esta conclusão é importante pois, neste aspecto, o presente trabalho é diferente dos estudos que o fundamentam, uma vez que, nestes últimos, as commodities analisadas em forma de índice ou individualmente, têm alta representatividade na pauta de exportações do país sujeito à *Commodity Currency Hypothesis*.

Assim, testa-se a *Commodity Currency Hypothesis* para um produto com menor representatividade na pauta de exportações de um país, mas cujo exportador possui grande participação no mercado mundial.

3.2 Mecanismo Gerador dos Dados, Estatísticas Descritivas e Estacionariedade das Séries

Os preços do açúcar e a taxa de câmbio BRL/USD são analisados sob a égide teórica das séries temporais, com os dados utilizados em frequência mensal no período compreendido entre janeiro de 1999 e junho de 2018, totalizando 234 observações⁹. A escolha do período amostral deu-se conforme as condições necessárias para aplicação da teoria pertinente e, dessa forma, os dados têm início em janeiro de 1999, quando da adoção do regime de câmbio flutuante pelo governo brasileiro. Naquele momento, passou a ser praticada, no Brasil, a não intervenção

⁹ Em termos de retorno por período, são 233 observações mensais.

governamental e política no câmbio que, juntamente com a consolidação do país no comércio global (iniciada em 1990 a partir de sua abertura econômica) e a estabilidade monetária trazida pelo Plano Real, são condições relevantes e necessárias para a correta execução das análises contidas neste estudo e interpretação dos seus resultados.

A Tabela 1 apresenta a análise descritiva das variáveis estudadas nesta dissertação e informa os valores das estatísticas de média, mediana, desvio-padrão, máximo, mínimo e quantidade de observações coletadas.

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas das Variáveis

Estatística	Preço Internacional do Açúcar	Taxa de Câmbio BRL/USD
1. Média	13,71	2,41
2. Mediana	12,40	2,23
3. Desvio-padrão	6,38	0,64
4. Máximo	33,97	4,04
5. Mínimo	4,65	1,56
6. Número de observações	234	234

Notas: (i) valores referentes ao preço internacional do açúcar descritos em centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar, exceto no item "6."; (ii) valores de preço e taxa em termos nominais.

Sobre o preço internacional do açúcar, é possível observar uma grande amplitude entre o valor máximo de 33,97 centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar, atingido em 31 de janeiro de 2011, e a média da série, cujo valor é 13,71 centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar. Esta diferença corresponde a aproximadamente 3,2 desvios-padrão, cujo valor é de 6,38 centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar cada. A amplitude não é tão representativa quando comparamos o valor mínimo da série à sua média, e corresponde a, aproximadamente, 1,4 desvios-padrão.

Com relação aos valores da taxa de câmbio BRL/USD, não há qualquer observação que mereça destaque mediante a análise de suas estatísticas descritivas.

Por se tratar de variáveis temporais, é necessário verificar a presença de raiz unitária em cada uma das séries e tratá-las devidamente caso seja identificada a não estacionariedade, conforme define Enders (2008). Antes de detalhar os testes realizados para a identificação da

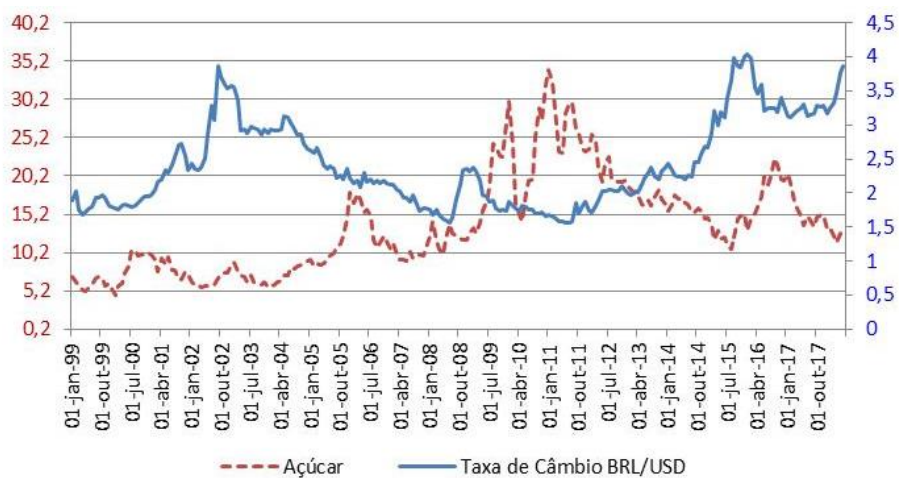
não estacionariedade dos dados, é necessário registrar algumas definições com relação às variáveis estudadas.

Com o objetivo de controlar os resultados empíricos das análises para que estes não sejam influenciados pela possível autocorrelação gerada ao utilizar valores médios mensais com base em dados diários, conforme especificam Bork, Rovira Kaltwasser e Sercu (2014), os preços do açúcar e a taxa de câmbio BRL/USD são coletados em frequência diária e transformados para a base mensal utilizando-se o valor de fechamento referente ao último dia do mês.

Para o preço internacional do açúcar, utilizam-se as cotações disponibilizadas na plataforma de dados da Bloomberg que refletem o preço de fechamento diário da commodity na bolsa de futuros de Nova Iorque (ICE - *Intercontinental Exchange*). O preço do contrato é definido em centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar (USD cts/lb), sendo que cada contrato compreende 112.000 lbs do produto, aproximadamente cinquenta toneladas.

Para a taxa de câmbio BRL/USD, são utilizados os valores constantes na plataforma de dados da Bloomberg, referentes ao último preço do dia, em valores nominais, que reflete a cotação definida na bolsa de mercadorias, futuros e valores de São Paulo. O gráfico abaixo mostra o comportamento das variáveis distribuídas ao longo do tempo.

Gráfico 4 - Preço do Açúcar⁽¹⁾ e Taxa de Câmbio BRL/USD



⁽¹⁾ Preço do açúcar no eixo esquerdo em centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar (cts/lb).

Fonte: Bloomberg

Para suavizar a distribuição das variáveis e conforme tratativas adotadas em Pincheira e Hardy (2018), utiliza-se, neste estudo, o logaritmo do preço do açúcar e da taxa de câmbio BRL/USD como referência em nível dessas variáveis, cujas estatísticas descritivas estão mostradas abaixo.

Tabela 2 - Estatísticas Descritivas do Logaritmo das Variáveis

Estatística	Logaritmo do Preço Internacional do Açúcar	Logaritmo da Taxa de Câmbio BRL/USD
1. Média	2,51	0,85
2. Mediana	2,52	0,80
3. Desvio-padrão	0,47	0,25
4. Máximo	3,53	1,40
5. Mínimo	1,54	0,44
6. Número de observações	234	234

Notas: (i) valores referentes ao preço internacional do açúcar descritos em centavos de dólar americano por libra-peso de açúcar, exceto no item "6."; (ii) valores de preço e taxa em termos nominais.

Para identificar a existência de estacionariedade no comportamento das séries de dados, aplica-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) de raízes unitárias, proposto inicialmente por Dickey e Fuller (1979) e evoluído com as estatísticas de Mackinnon (1991, 1996). Sem a intenção de discutir a potência do referido teste, mas com o objetivo de ratificar a efetividade dos resultados, outros dois testes são realizados para verificar a ordem de integração das séries de dados: o teste de Phillips e Perron (1988) que, por ser um teste não paramétrico, corrige a série de dados quanto à heterocedasticidade da variável e, outro teste, um pouco mais atual, proposto por Kwiatkowski et al. (1992), elaborado em conjunto com Phillips, Schmidt e Shin, denominado KPSS.

As estatísticas-t resultantes da aplicação dos testes acima relacionados estão descritas na Tabela 3, através da qual é possível concluir quanto à existência de raízes unitárias nas séries dos logaritmos do preço internacional do açúcar e da taxa de câmbio BRL/USD, dado que a hipótese nula dos testes de ADF e de Phillips e Perron é de existência de raiz unitária e, portanto, não estacionariedade e, para o teste KPSS, a hipótese nula é de não existência de raiz unitária e, portanto, estacionariedade.

Tabela 3 - Resultados dos Testes de Raízes Unitárias

Variável	ADF	Phillips e Perron	KPSS
Logaritmo do preço do açúcar	-0,0283	-0,0438	1,3786***
Logaritmo da taxa de câmbio BRL/USD	0,4969	0,4624	0,3873*
Valores críticos			
1% de nível de significância	-2,5750	-2,5750	0,739
5% de nível de significância	-1,9422	-1,9422	0,463
10% de nível de significância	-1,6158	-1,6158	0,347

Notas: (i) a hipótese nula dos testes de ADF e Phillips e Perron é de existência de raiz unitária e, portanto, não estacionariedade; (ii) a hipótese nula do teste KPSS é de não existência de raiz unitária e, portanto, estacionariedade.

* Rejeita-se a hipótese nula com 10% de nível de significância.

** Rejeita-se a hipótese nula com 5% de nível de significância.

*** Rejeita-se a hipótese nula com 1% de nível de significância.

Dessa forma, as análises constantes neste trabalho são desenvolvidas utilizando variáveis diferenciadas em primeira ordem¹⁰, ou seja, com os retornos mensais destas variáveis.

Existe uma discussão na literatura quanto à necessidade de se utilizar as variáveis em diferença na estimação de modelos VAR, mesmo quando essas variáveis contêm raízes unitárias¹¹, como é o caso deste trabalho. Entretanto, não se pretende discorrer sobre as vantagens e desvantagens de cada método neste estudo e, em consonância com a literatura que o fundamenta, procede-se a estimação do modelo VAR com as séries dos logaritmos dos preços mensais do açúcar e da taxa de câmbio diferenciadas em primeira ordem, ou seja, com o logaritmo do retorno do açúcar e o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD.

¹⁰ Conforme definido em Enders (2008, p. 7).

¹¹ Para maior fundamentação desta recomendação, ver Enders (2008), Sims (1980) e Sims, Stock e Watson (1990).

3.3 Estimação do Modelo VAR

Na sequência da metodologia econométrica utilizada para verificar se a taxa de câmbio BRL/USD é capaz de impactar os preços internacionais do açúcar, objeto deste estudo, o seguinte modelo é proposto em sua forma genérica e simplificada.

$$\vec{Z}_t = \delta + \theta \vec{Z}_{t-i} + \vec{\varepsilon}_t \quad (1)$$

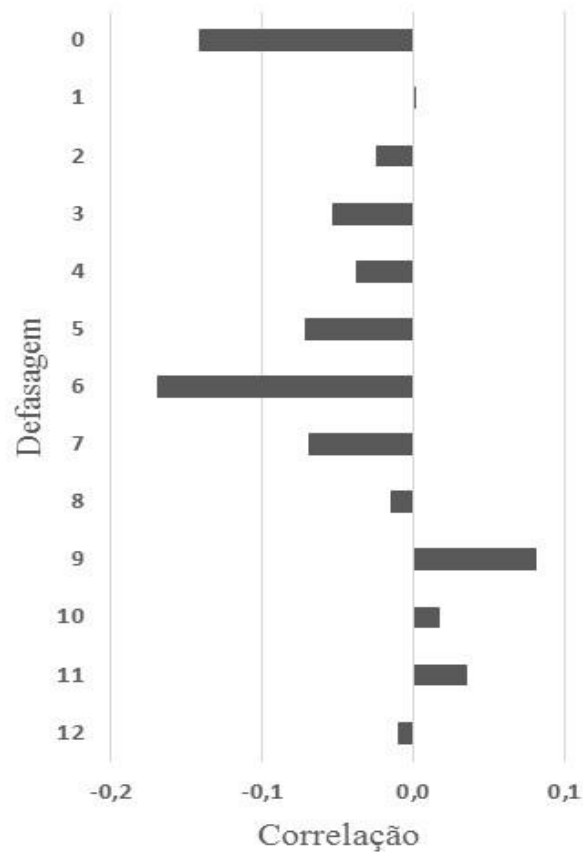
onde “ i ” é o período de defasagens com relação ao período corrente “ t ”, $\vec{Z}_t = (\Delta \ln CP_t, \Delta \ln FX_t)'$ representa o vetor formado pelo logaritmo do retorno dos preços internacionais do açúcar ($\Delta \ln CP_t$) e pelo logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD ($\Delta \ln FX_t$), e $\vec{\varepsilon}_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t})'$ é o vetor de erros do modelo no momento “ t ”.

A representação genérica do modelo descrita pela equação (1) tem o objetivo de simplificar o entendimento e traduzir de maneira direta a relação que este trabalho pretende caracterizar: se a taxa de câmbio de um país é capaz de influenciar o preço de uma commodity que ele exporta, sob a fundamentação teórica da *Commodity Currency Hypothesis* que, neste caso, é aplicada ao Brasil com o açúcar.

Dessa forma, o modelo genérico proposto na equação (1) será estimado através de um VAR e, antes disso, duas caracterizações são importantes: a primeira é o estudo do correlograma cruzado entre as variáveis, que especifica o grau de correlação entre elas para diferentes defasagens e, a segunda, é a determinação do número de defasagens, ou *lags*, que serão considerados.

O Gráfico 5 mostra, para até 12 defasagens, e em cada uma delas, a magnitude da correlação entre o logaritmo do retorno do açúcar e o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD, através do qual percebe-se valores entre 8% e -16%, sendo que, este de maior magnitude, ocorre no sexto *lag*.

Gráfico 5 - Correlograma Cruzado entre o Logaritmo do Retorno do Açúcar e o Logaritmo do Retorno da Taxa de Câmbio BRL/USD



Em adição a esta análise preliminar, bem como para a definição do número de defasagens a serem utilizadas e, ainda, seguindo a metodologia de séries temporais, este trabalho fundamenta-se no teste AIC¹² para escolha ótima de *lags* em modelos autorregressivos com séries de dados em frequência mensal, conforme recomendado em Ivanov e Kilian (2001), e de acordo com as características dos dados. Sob os critérios desse teste, a indicação é pela utilização de duas defasagens na estimação do VAR.

Assim, o modelo representado em sua forma genérica pela equação (1) é decomposto nas equações (2) e (3) que, em conjunto, constituem o modelo VAR de segunda ordem utilizado para realizar as estimações deste trabalho.

¹² Akaike Information Criterion.

$$\Delta \ln(CP_t) = \delta_1 + \beta_1 \Delta \ln(CP_{t-1}) + \beta_2 \Delta \ln(CP_{t-2}) + \beta_3 \Delta \ln(FX_{t-1}) + \beta_4 \Delta \ln(FX_{t-2}) + \varepsilon_{1,t} \quad (2)$$

$$\Delta \ln(FX_t) = \delta_2 + \varphi_1 \Delta \ln(CP_{t-1}) + \varphi_2 \Delta \ln(CP_{t-2}) + \varphi_3 \Delta \ln(FX_{t-1}) + \varphi_4 \Delta \ln(FX_{t-2}) + \varepsilon_{2,t} \quad (3)$$

sendo que,

$$\Delta \ln(CP_t) \equiv \ln(CP_t) - \ln(CP_{t-1}) \quad (4)$$

$$\Delta \ln(FX_t) \equiv \ln(FX_t) - \ln(FX_{t-1}) \quad (5)$$

Algumas razões prevalecem na escolha do método VAR para a realização das estimações deste trabalho. Dentre as mais importantes, segundo Verbeek (2008), é o fato de que, ao considerar os componentes de forma simultânea, o modelo resultante é mais parcimonioso e inclui uma menor quantidade de *lags*, o que contribui para uma maior precisão das estimativas do modelo.

Outro argumento a favor da utilização do método VAR, dessa vez apresentado por Sims (1980), é que a distinção entre variáveis endógenas e exógenas não precisa ser realizada *a priori*, não sendo necessária a imposição de restrições arbitrárias a fim de garantir a identificação do modelo, uma vez que o VAR é sempre identificado (Verbeek, 2008)¹³, aumentando, assim, o poder de estimação do modelo VAR.

¹³ Segundo o autor, um modelo ser identificado significa reproduzir de forma fiel a realidade do mecanismo gerador de dados.

4 RESULTADOS

Uma vez especificado o modelo VAR representado pelas equações (2) e (3), procede-se sua estimação através do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) aplicado a cada uma dessas equações, cujo resultado é mostrado na Tabela 4. A estimação dos coeficientes de cada variável independente, e das constantes, é apresentada nas linhas da tabela e composta por um conjunto de resultados que compreende o valor estimado do coeficiente, o erro-padrão e a estatística-t das estimações. As duas últimas colunas da tabela identificam a equação na qual essas variáveis foram estimadas, (2) e (3) respectivamente, e as duas últimas linhas da tabela mostram o R^2 e R^2 ajustado para cada equação avaliada.

Tabela 4 - Resultados da Estimação do Modelo VAR

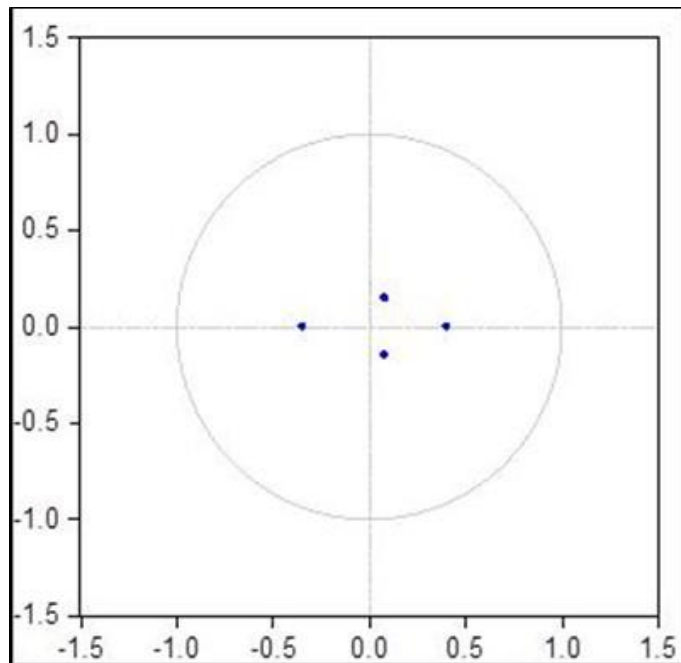
Estimação do modelo VAR		$\Delta \ln (CP_t)$	$\Delta \ln (FX_t)$
$\Delta \ln(CP_{t-1})$	<i>coeficiente estimado</i>	0,16257	-0,00615
	<i>erro-padrão</i>	0,06725	0,03286
	<i>estatística-t</i>	2,41732**	-0,18712
$\Delta \ln(CP_{t-2})$	<i>coeficiente estimado</i>	-0,02882	-0,00097
	<i>erro-padrão</i>	0,06726	0,03287
	<i>estatística-t</i>	-0,42845	-0,02955
$\Delta \ln(FX_{t-1})$	<i>coeficiente estimado</i>	0,127605	0,05737
	<i>erro-padrão</i>	0,13324	0,06511
	<i>estatística-t</i>	0,95773	0,88114
$\Delta \ln(FX_{t-2})$	<i>coeficiente estimado</i>	0,00359	0,14035
	<i>erro-padrão</i>	0,13391	0,06544
	<i>estatística-t</i>	0,02677	2,14470**
δ_1, δ_2	<i>coeficiente estimado</i>	0,00224	0,00292
	<i>erro-padrão</i>	0,00639	0,00312
	<i>estatística-t</i>	0,34967	0,93272
R²		0,0271	0,024908
R² ajustado		0,00988	0,007650

A análise dos resultados da estimação do modelo VAR especificado permite concluir que não há relação de curto prazo entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, para um ou dois períodos de defasagem, uma vez que não foi observada significância

estatística na estimação dos coeficientes do modelo, exceção para β_1 em (2) e φ_4 em (3). Estes, por serem coeficientes relativos aos *lags* das próprias variáveis dependentes em cada equação, são menos importantes para as análises deste estudo, que tem especial interesse na relação “cruzada” entre as variáveis.

Entretanto, para a validação dos resultados estimados, é necessário verificar a estabilidade do modelo VAR especificado, o que é realizado através da análise das raízes inversas do polinômio característico do modelo, conforme definido em Enders (2008). Para isso, foi construída a Figura 1 com o círculo unitário que mostra, de forma gráfica, o posicionamento de todas as raízes inversas do polinômio característico do modelo situadas dentro do círculo de raio unitário, satisfazendo, assim, a condição de estabilidade do modelo VAR estimado.

Figura 1 - Resultado do Teste de Estabilidade do Modelo VAR: raízes inversas do polinômio característico e círculo unitário



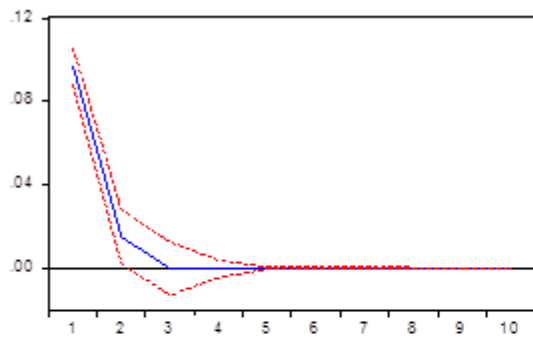
Esse resultado valida as estimações produzidas pelo modelo VAR especificado e confirma a conclusão anterior de que não é identificada qualquer relação de curto prazo entre as variáveis estudadas. Uma vez especificado o modelo VAR, estimados seus coeficientes e confirmada sua estabilidade, o entendimento da relação entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar torna-se completo mediante a execução de 3 procedimentos

sobre o modelo, conforme definido em Enders (2008) e aplicados neste trabalho: (i) a função resposta a impulso, (ii). a decomposição da variância e (iii) a causalidade de Granger.

A aplicação deste último teste, ainda que já tenha sido realizada a estimação dos coeficientes pelo modelo VAR sem a identificação de significância estatística, o que já é um indicador da não causalidade no sentido de Granger, visa manter a coerência entre a metodologia utilizada nesta dissertação e as melhores práticas encontradas na literatura.

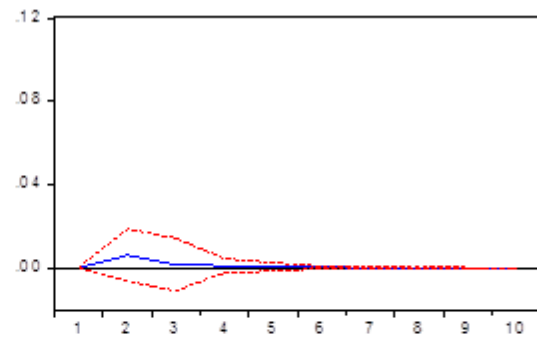
A função resposta a impulso registra os efeitos da realização de um choque sobre uma das variáveis do modelo no comportamento de todas as variáveis, incluindo aquela submetida ao choque. Esse estímulo é denominado impulso, tem a magnitude de um desvio-padrão e, seus efeitos, juntamente com os respectivos intervalos de confiança, são contabilizados para um horizonte de até 10 períodos neste trabalho. O Painel (a) da Figura 2 mostra o comportamento do logaritmo do retorno do açúcar quando um impulso é fornecido sobre o próprio logaritmo do retorno do açúcar, no qual se observa que os efeitos são sentidos no mesmo período em que é realizado o choque, e se dissipam rapidamente, chegando a zero a partir do terceiro período. No Painel (b), o impulso é fornecido, dessa vez, sobre o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD, e os efeitos são mostrados sobre o comportamento do logaritmo do retorno do açúcar, que responde de forma branda no segundo período somente, já dissipando os efeitos do choque no período seguinte.

Figura 2 - Função Resposta a Impulso para o Logaritmo do Retorno do Açúcar e Logaritmo do Retorno da Taxa de Câmbio BRL/USD



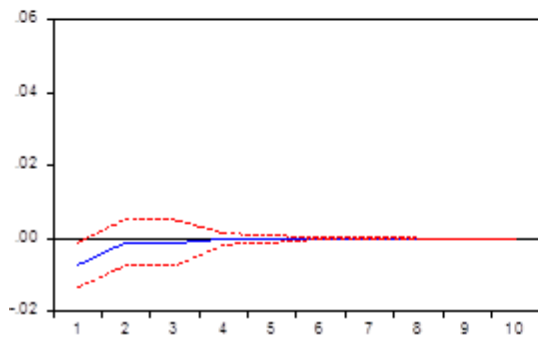
Painel (a)

Comportamento do logaritmo do retorno do açúcar mediante impulso sobre o próprio logaritmo do retorno do açúcar



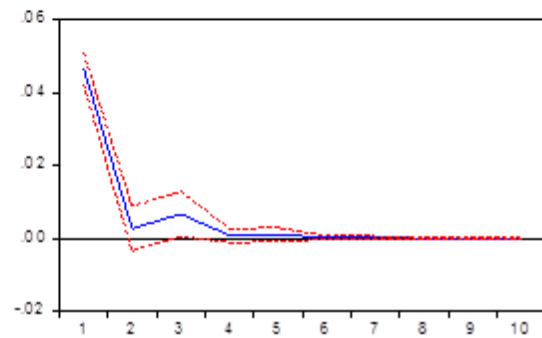
Painel (b)

Comportamento do logaritmo do retorno do açúcar mediante impulso sobre o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD



Painel (c)

Comportamento do logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD mediante impulso sobre o logaritmo do retorno do açúcar



Painel (d)

Comportamento do logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD mediante impulso sobre o próprio logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD

Apesar de não ser o foco deste trabalho, os painéis (c) e (d) mostram o resultado da aplicação do método de função resposta a impulso sobre o comportamento do logaritmo do retorno da taxa de câmbio, quando o impulso é fornecido sobre o logaritmo do retorno do açúcar, no painel (c), e, no painel (d), quando o impulso é dado sobre o logaritmo do retorno da própria taxa de câmbio BRL/USD.

O método de decomposição da variância identifica qual o percentual da variância de uma variável é explicada por ela mesma, e quanto é devido à variância das outras variáveis do modelo. A Tabela 5 mostra os resultados desta técnica aplicada ao logaritmo do retorno do açúcar, para um horizonte de 10 períodos. Pela análise desses resultados, percebe-se que a partir

do sexto período a variância do logaritmo do retorno do açúcar é explicada em 99,5983% por ela mesma, sendo os restantes 0,4017% explicados pela variância do logaritmo do retorno do câmbio BRL/USD. Estes percentuais se mantêm estáveis até o final do horizonte analisado, o que indica a consolidação da decomposição calculada.

Tabela 5 - Decomposição da Variância dos Retornos do Açúcar

Período	$\Delta \ln(CP)$	$\Delta \ln(FX)$
t+1	100,0000%	0,0000%
t+2	99,6306%	0,3694%
t+3	99,6080%	0,3920%
t+4	99,5991%	0,4009%
t+5	99,5985%	0,4015%
t+6	99,5983%	0,4017%
t+7	99,5983%	0,4017%
t+8	99,5983%	0,4017%
t+9	99,5983%	0,4017%
t+10	99,5983%	0,4017%

Enders (2008) define que os testes de função resposta a impulso e decomposição da variância constituem, conjuntamente, o que ele chama de contabilidade da inovação e são ferramentas úteis na caracterização da relação entre variáveis econômicas. No presente trabalho, a análise da contabilidade da inovação sobre o modelo proposto permite concluir que não há relação significativa entre o logaritmo do retorno do açúcar e o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD, o que corrobora a baixa significância encontrada para os coeficientes do modelo VAR estimado.

Uma vez caracterizada a relação entre as variáveis, o passo seguinte é analisar a relação de causalidade entre o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD e o logaritmo do retorno do açúcar, através da aplicação do teste de causalidade de Granger para os dados dentro da amostra. Segundo Stock e Watson (2003), dizer que uma variável “X” Granger causa outra variável “Y” é o mesmo que dizer que “X” é um bom predictor de “Y”. O teste é baseado nos parâmetros estimados pelo VAR e na análise da estatística χ^2 sobre as seguintes hipóteses nulas, referentes às equações (2) e (3) respectivamente:

$$H0_A: \beta_3 = \beta_4 = 0 \quad (6)$$

$$H0_B: \varphi_1 = \varphi_2 = 0 \quad (7)$$

Essas hipóteses indicam, para cada uma das equações (2) e (3), se os coeficientes relativos à variável independente e seus respectivos *lags* são iguais a zero. Portanto, rejeitar $H0_A$ permite concluir que o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD Granger causa o logaritmo do retorno do açúcar, o que significa dizer que há indícios de que os valores passados do logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD contêm informação útil capaz de explicar o comportamento futuro do logaritmo do retorno do açúcar, além daquelas contidas nos valores passados do próprio logaritmo do retorno do açúcar. Adicionalmente, apesar de não ser o objetivo dessa dissertação, vale a análise no sentido oposto, ou seja, se o logaritmo do retorno do açúcar Granger causa o logaritmo do retorno da taxa de câmbio BRL/USD, através do teste da hipótese $H0_B$.

A Tabela 6 mostra os resultados do teste de causalidade de Granger aplicado ao VAR especificado, pela qual é possível concluir, com nível de significância de 5%, que não há materialidade suficiente para rejeitar as hipóteses nulas de não causalidade no sentido de Granger, representadas pelas hipóteses $H0_A$ e $H0_B$ e especificadas em (6) e (7) respectivamente.

Tabela 6 - Resultados do Teste de Causalidade de Granger Aplicado ao Modelo VAR

Hipótese	Estatística – χ^2	Probabilidade
$H0_A$ - câmbio não Granger causa açúcar	0,9235	0,6302
$H0_B$ - açúcar não Granger causa câmbio	0,0388	0,9808

Notas: (i) análises consideram 2 graus de liberdade; (ii) Estatísticas- χ^2 conforme Wald, para um nível de significância de 5%.

O resultado do teste de causalidade de Granger pode sofrer influências decorrentes da existência de quebras estruturais nas séries de dados, como alertam CRR (2010a), evidenciando a necessidade de se controlar pela instabilidade dos parâmetros ao realizar tal teste, uma vez que foram verificadas melhorias significativas em seus resultados ao fazê-lo. Nesta dissertação, entende-se que, pelo fato de as análises realizadas utilizarem um modelo VAR, o qual já teve sua estabilidade comprovada pelo estudo das raízes inversas do polinômio característico em

sessões anteriores, a análise da estabilidade sugerida em CRR (2010a) está cumprida e os resultados obtidos no teste de causalidade de Granger são conclusivos.

Não obstante, o Apêndice desse trabalho detalha a verificação das séries de dados quanto à identificação de quebras estruturais, realizada através dos testes de Andrews (1993) e de Bai e Perron (1998, 2003a, 2003b), cujos resultados corroboram o acima descrito, não sendo encontradas rupturas nas séries analisadas.

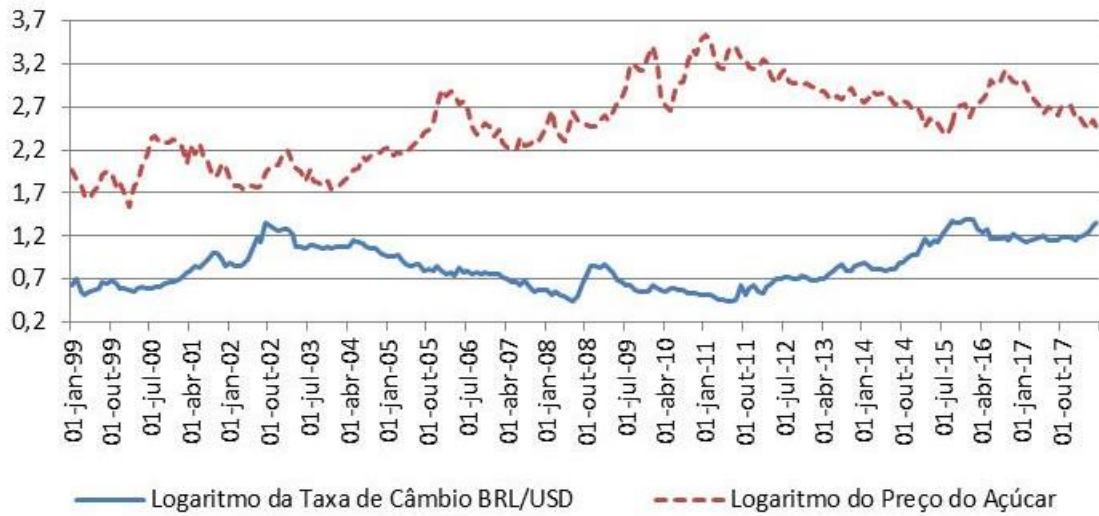
Dessa forma, os resultados obtidos na estimação do modelo VAR, cujos coeficientes foram não significativos, juntamente com a causalidade de Granger e a contabilidade da inovação, concluem o estudo da relação de curto prazo entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, de forma que não há evidências estatísticas suficientes para caracterizar a existência de uma relação de curto prazo entre as variáveis.

Entretanto, a não existência dessa relação de curto prazo não implica, necessariamente, que não haja uma relação de longo prazo entre as variáveis e, por isso, faz-se necessária a análise também dessa alternativa. Portanto, com o objetivo de identificar se existe uma correlação linear de longo prazo entre as variáveis, aplicam-se os testes de Engle-Granger (1987) e de Johansen (1988, 1991, 1995) sobre as séries de dados em sua forma não-estacionária.

Enders (2008) define, baseado nos trabalhos originais de Engle e Granger (1987), que duas variáveis não-estacionárias são consideradas cointegradas se elas possuem a mesma ordem de integração e existe uma combinação linear possível entre elas que, por sua vez, é estacionária.

Portanto, para a correta realização dos testes de cointegração, é necessário que as variáveis estejam em sua forma não estacionária, o que, neste trabalho, é representado pela série de dados referentes ao logaritmo da taxa de câmbio BRL/USD e ao logaritmo dos preços internacionais do açúcar. Dessa forma, o Gráfico 4 mostra o comportamento dessas séries distribuídas ao longo do tempo, sobre as quais serão aplicados os testes de cointegração mencionados.

Gráfico 6 - Logaritmo dos Preços do Açúcar e da Taxa de Câmbio BRL/USD



O primeiro teste aplicado com o objetivo de identificar se existe uma relação linear de longo prazo entre as variáveis é o teste desenvolvido por Engle e Granger (1987). Esta escolha é feita visando objetividade, dado que será verificada a existência de cointegração entre duas séries somente e, portanto, caso haja cointegração, esta se manifestará através de, no máximo, um único vetor. Para isso, estima-se um VECM com as variáveis em nível, ou seja, utilizando o logaritmo da taxa de câmbio BRL/USD e o logaritmo do preço internacional do açúcar.

Verbeek (2008) descreve o teste de Engle-Granger como sendo um teste ADF realizado sobre a regressão linear por MQO dos resíduos do VECM estimado, implicando a não cointegração das variáveis caso seja identificada a presença de raízes unitárias na regressão dos resíduos. Dessa forma, a Tabela 7 mostra a estatística- τ referente ao teste de Engle-Granger e o coeficiente normalizado de autocorrelação dos resíduos (denominado estatística-Z), ambas com valores críticos reportados conforme Mackinnon (1996).

A análise dessa tabela permite concluir que não há materialidade suficiente para rejeitar a hipótese nula de não cointegração entre as séries estudadas e, portanto, que o logaritmo da taxa de câmbio BRL/USD e o logaritmo dos preços internacionais do açúcar são não cointegrados no longo prazo.

Tabela 7 - Resultado do Teste de Cointegração de Engle-Granger

Variável dependente	Estatística- τ	Prob.*	Estatística-Z	Prob.*
Logaritmo do preço do açúcar	-2,2759	0,3872	-8,8425	0,4307
Logaritmo da taxa de câmbio BRL/USD	-1,0403	0,8942	-3,1214	0,8699

Notas: (i) *valores críticos baseados em Mackinnon (1996); (ii) hipótese nula: séries não são cointegradas; (iii) especificação de lags conforme critério de Schwarz (máximo = 14).

Como definido anteriormente, o teste de Engle-Granger assume a existência de, no máximo, um vetor de cointegração entre as séries, premissa razoável de ser aplicada a esta dissertação dado que, neste trabalho, são analisadas somente duas séries de dados. Uma alternativa com menor grau de restrição para a verificação da relação linear de longo prazo entre as variáveis, e por isso também executada nesse trabalho, é o teste proposto por Johansen (1988, 1991, 1995), que desenvolve um procedimento de estimação por máxima verossimilhança capaz de identificar o número de vetores de cointegração existentes no universo de séries analisado.

Os resultados desse teste estão apresentados na Tabela 8, que especifica, em sua parte superior, o tipo de teste realizado, conforme definido em Johansen (1995, p.80-84), e numerado de 1 a 3, de acordo com a alternância de premissas relativas a simulações de tendência dos dados e de intercepto das equações de cointegração.

Na parte inferior da tabela, estão as estatísticas do traço e máximo autovalor, que indicam a quantidade de vetores de cointegração identificada em cada um dos testes realizados, cujos valores críticos se baseiam no trabalho de Mackinnon, Haug e Michelis (1999) e cuja análise permite concluir que não há nenhum vetor de cointegração entre as séries analisadas. Os resultados dos testes são reportados considerando um nível de significância de 5%.

Tabela 8 - Resultado do Teste de Cointegração de Johansen

Premissa de Tendência*	1	2	3
Tendência	Nenhuma	Nenhuma	Linear
Tipo do Teste	Sem intercepto	Com intercepto	Com intercepto
	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência
Número de relações de cointegração indicadas pelo modelo a 5% de nível de significância			
Estatística do Traço	0	0	0
Estatística de Max-Autovalor	0	0	0

*Notas: (i) *premissa de tendência conforme opções definidas em Johansen (1995, p.80-84); (ii) valores críticos baseados em MacKinnon-Haug-Michelis (1999); (iii) intervalo do teste definido para 2 lags.*

Os resultados do teste de Johansen corroboram as conclusões obtidas ao analisar as séries segundo o método definido no teste de Engle-Granger e, com base nesta conclusão, de que as séries não são cointegradas, não é útil, nem necessário, estimar um modelo VECM na tentativa de gerar previsões para os preços internacionais do açúcar com base na sua relação histórica com a taxa de câmbio BRL/USD.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho estuda a relação entre o comportamento da taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, com o objetivo de encontrar causalidade no sentido de Granger entre as variáveis e propor um modelo através do qual seja possível antecipar movimentos no preço internacional do açúcar ao observar as variações ocorridas no comportamento da taxa de câmbio BRL/USD.

Através da estimação de um modelo VAR de segunda ordem, e após a realização de testes econométricos que confirmam a estabilidade do modelo estimado, assim como caracterizam a relação de curto prazo entre as variáveis estudadas, conclui-se que não há relação de curto prazo entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar. Outra conclusão obtida nesta dissertação é que não há relação de causalidade no sentido de Granger entre as variáveis e, portanto, a percepção dos agentes do mercado sucroenergético brasileiro quanto à existência de correlação entre os preços internacionais do açúcar e a taxa de câmbio BRL/USD não se traduz em causalidade. Essa conclusão é obtida de forma robusta à presença de quebras estruturais ao longo das séries de dados analisados, conforme recomendam CRR (2010a) em estudo que serviu como principal referência para elaboração deste trabalho.

Após análise e caracterização da relação de curto prazo entre a taxa de câmbio BRL/USD e os preços internacionais do açúcar, a aplicação de testes de cointegração permite concluir que não há uma relação linear de longo prazo entre as variáveis estudadas. Assim sendo, torna-se inútil qualquer proposição de um modelo com o intuito de prever movimentos nos preços internacionais do açúcar mediante oscilações da taxa de câmbio BRL/USD, dado que este seria ineficaz com base nos resultados apurados nesta dissertação.

Uma variação interessante decorrente deste trabalho, e que fica como oportunidade para desenvolvimento de futuros estudos sobre o tema, é a análise da relação entre os preços internacionais do açúcar com uma cesta de moedas formada por Brasil, Austrália e Tailândia. Juntos, esses países responderam por aproximadamente 66% do valor total da exportação de açúcar na média dos últimos 10 anos e essa representatividade pode ser um direcionador importante na construção do entendimento da influência das taxas de câmbio na formação dos preços internacionais do açúcar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta dissertação e as conclusões decorrentes destes resultados, de que a correlação existente entre os preços internacionais do açúcar e a taxa de câmbio BRL/USD não representam uma relação de causalidade, conforme comprovado nas seções anteriores deste trabalho, induzem à reflexão sobre as possíveis causas que fundamentam o “conhecimento comum” do mercado sucroenergético brasileiro de que “câmbio pra cima é açúcar pra baixo”.

Apesar de não ser a pretensão deste estudo explicar o comportamento do preço do açúcar única exclusivamente através dos movimentos da taxa de câmbio BRL/USD, esperava-se encontrar uma relação mais “forte” e significativa entre as variáveis, do que somente a correlação dos seus preços e, em última análise, dos seus retornos.

Dentre as possibilidades para a existência desse senso comum, ainda que sem uma comprovação científica, conforme mostra este trabalho, podem ser citados *(i)* os impactos na curva de oferta do açúcar causados por movimentos na taxa de câmbio BRL/USD, *(ii)* a estrutura de custos do açúcar dado que o Brasil é o país com menor custo de produção deste produto no mundo, ou, até, *(iii)* o efeito assimétrico e desproporcional sobre a elasticidade-preço da oferta ocasionado pela arbitrariedade entre a produção de açúcar ou etanol com base na mesma matéria prima.

Essas possíveis causas advêm do fato de o açúcar ser precificado em USD quando os principais custos de produção desta commodity são cotados em BRL. Isto indica que, quando a divisa brasileira está desvalorizada (câmbio pra cima), a margem proveniente deste produto é maior do que em situação oposta, o que impulsiona o produtor a destinar sua produção de cana à fabricação do açúcar, aumentando, assim, sua oferta global. Dado que o Brasil é um agente importante neste mercado, com cerca de 44% do abastecimento do comércio mundial, este aumento pode vir a afetar o balanço mundial entre a oferta e a demanda de açúcar e, conseqüentemente, impactar seus preços internacionais (açúcar pra baixo).

APÊNDICE

Teste para Verificação da Existência de Instabilidade nas Séries de Dados

O resultado encontrado de não causalidade entre as variáveis no sentido de Granger pode ser decorrente da existência de quebras estruturais nas séries de dados, conforme mencionado anteriormente nesta dissertação. Estas quebras manifestam-se através da instabilidade dos parâmetros do modelo estimado com base na série em análise e são exemplificadas pelas variações abruptas e relevantes dos dados, decorrentes de fatores macroeconômicos e/ou intervenções políticas sobre a economia.

Esta possibilidade é comprovada em CRR (2010a), quando a relação de causalidade entre as variáveis analisadas melhora significativamente ao tratar as séries de dados contra rupturas encontradas e, por esta razão, os autores alertam para a necessidade de controle sobre a instabilidade dos parâmetros. Naquele caso, a verificação da instabilidade deu-se através de uma generalização dos testes de Máxima Verossimilhança de Quandt (*Quandt Likelihood Ratio* – QLR), (Quandt, 1960), proposta em Andrews (1993), e utilizada na identificação de quebras estruturais em momentos desconhecidos da série de dados. O teste de Andrews (1993) é uma versão modificada do teste de Chow (1960), sendo este último utilizado na identificação de quebras estruturais em momentos previamente conhecidos da série de dados. Dessa forma, CRR (2010a) sofisticam seu modelo inicialmente estimado ao adotar os critérios estabelecidos em Rossi (2005) para controle da instabilidade e, com isso, confirmam a relação de causalidade de Granger para dados dentro da amostra, de forma robusta à variabilidade temporal dos parâmetros.

De maneira análoga a CRR (2010a) e após não ter encontrado causalidade no sentido de Granger entre as variáveis objeto deste estudo, faz-se necessário testar o modelo proposto quanto à estabilidade de seus parâmetros. Com esse intuito, são realizados os testes de Andrews (1993) e de Bai e Perron (1998, 2003a, 2003b).

Para o teste de Andrews (1993), são considerados 5 (cinco) graus de restrição com base na equação (2), referentes ao intercepto e às quatro variáveis independentes da equação, um “corte” de 15% no início da série de dados e outro de mesmo tamanho no final, definindo,

assim, um espaço amostral de 70%, relativo ao “centro” da amostra para realização do teste. A dinâmica do teste consiste em, para cada ponto deste intervalo, realizar-se um teste de Chow (1960) calculando-se, ponto a ponto, as estatísticas-F referentes à hipótese nula de quebra em pelo menos um dos coeficientes ou do intercepto na equação (2).

A estatística QLR do teste proposto por Andrews (1993) é o maior valor dentre as estatísticas-F encontradas individualmente em cada ponto da série compreendido no espaço amostral definido para o teste e, por isso, sua distribuição não é a mesma de uma estatística-F padrão. Ela depende (i) da quantidade de graus de restrição testados em cada estatística-F da equação e (ii) da definição do espaço amostral ou do fracionamento no início e final da série de dados. Os resultados obtidos para diferentes variações dessas condições de teste constam em Andrews (2003) e servem como base comparativa para a determinação da efetividade dos testes realizados no âmbito deste trabalho.

Assim, a Tabela 9 consolida os resultados da aplicação do teste de Andrews (1993) e, ao comparar o valor máximo da estatística-F do teste QLR, ocorrida em abril de 2005 e calculada conforme Hansen (1997), contra os valores críticos definidos em Andrews (2003), é possível concluir que não há instabilidade nos parâmetros do modelo estimado, considerando um nível de significância de 1%.

Tabela 9 - Teste QLR de Andrews (1993) para Instabilidade dos Parâmetros da Regressão

Hipótese nula: não existência de quebra estrutural	Estatística-F	P-valor
Máxima estatística-F encontrada (2004-Q1)	2,1445	0,5345
Valores críticos para $p = 5$; $\pi = 0,15$ em Andrews (2003)		Rejeito H0 ?
1% de nível de significância	20,47	não
5% de nível de significância	16,36	não
10% de nível de significância	14,34	não

Notas: (i) quando o valor máximo obtido no teste é maior do que o valor crítico definido em Andrews (2003), rejeita-se a hipótese nula de não existência de quebras estruturais ao longo da série de dados; (ii) estatísticas-F calculadas conforme Hansen (1997); (iii) ponto de máxima estatística-F evidenciado entre parênteses, ocorrido em março de 2004; (iv) "p" representa o número de graus de restrição e; (v) "π" representa o tamanho do fracionamento no início e final da série de dados.

Para assegurar quanto à robustez destes resultados e confirmar a inexistência de quebras estruturais ao longo das séries de dados, realiza-se o teste proposto por Bai e Perron (1998,

2003a), no qual os autores apresentam resultados teóricos e computacionais capazes de atestar a identificação de múltiplas quebras estruturais em momentos desconhecidos da série de dados. Este teste é considerado uma evolução do teste de Andrews (1993) por conseguir identificar múltiplas quebras, ao invés de uma única.

Através do uso de algoritmos construídos sob princípios de programação dinâmica, Bai e Perron (1998, 2003a) estabelecem um método para estimar pontos globais de quebra ao longo do período amostral. Estes pontos são determinados através da estimação por MQO dos resíduos do modelo e servem para segmentar o período amostral em subperíodos, que devem respeitar um tamanho mínimo definido conforme critérios pré-estabelecidos. O tamanho destes subperíodos é fundamental para a correta execução do teste, pois um número reduzido de observações pode distorcer os resultados. Esta metodologia é denominada pelos autores de Método para Determinação dos Minimizadores Globais.

Após identificados os minimizadores globais, Bai e Perron (1998, 2003a) os utilizam como referências para desenvolver diferentes modalidades de testes de hipótese com o objetivo de confirmar as rupturas estimadas. Esses diversos testes de hipótese, combinados à possibilidade de adoção de distintas premissas com relação à distribuição dos dados e dos erros nos subperíodos da amostra, resultam em uma quantidade enorme de variações para o teste quanto à instabilidade dos parâmetros. Além disso, essa quantidade de variações aumenta ainda mais quando são consideradas as diferentes alternativas de especificação possíveis na construção da matriz de variância-covariância dos parâmetros que estão sujeitos a variações na execução dos testes.

Os testes de Bai e Perron (1998, 2003a) executados nesta dissertação consideram um modelo puro de quebra estrutural, o que significa que todos os parâmetros do modelo testado estão sujeitos a variações ao longo dos subperíodos da amostra no decorrer da execução do teste, isso porque pretende-se identificar quebras estruturais em todas as séries de dados que compõem o modelo. A matriz de variância-covariância dos parâmetros é especificada de forma robusta à heterocedasticidade e autocorrelação, com uma distribuição comum dos dados e homogeneidade dos erros ao longo dos subperíodos, conforme recomendam Bai e Perron (2003a)¹⁴.

¹⁴ Os autores definem, na página 13, uma parametrização base para execução do teste.

Dessa forma, dentre as modalidades de teste propostas por Bai e Perron (1998, 2003a) para determinação dos minimizadores globais, este trabalho utiliza aquela que considera a hipótese nula de inexistência de quebras estruturais ao longo da série, contra a alternativa de existência de um número fixo de quebras. Para aplicação do teste, definiu-se o valor fixo em 5 (cinco) pontos de quebra, o que corresponde a 6 (seis) subperíodos, com um tamanho mínimo para cada subperíodo equivalente a 15% da amostra ($\epsilon = 0,15$). Nessas condições, a segmentação do espaço amostral acarreta numa quantidade mínima de 34 (trinta e quatro) observações em cada subperíodo, ou o mesmo que 2 anos e 10 meses (2,83 anos) para o caso em estudo.

A Tabela 10 mostra os resultados do teste de Bai e Perron (1998, 2003a) para identificação de quebras estruturais, parametrizado conforme detalhamento descrito no parágrafo anterior. Pelo fato de a distribuição das estatísticas-F resultantes do teste não seguirem uma distribuição F padrão, Bai e Perron (2003b) fornecem os valores críticos e superfícies de respostas para diferentes parametrizações do teste.

A análise dos resultados indica a inexistência de quebras estruturais ao longo das séries de dados, pois a máxima estatística-F encontrada em cada subperíodo estimado é inferior ao respectivo valor crítico definido em Bai e Perron (2003b). Assim, não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de não existência de quebras estruturais. Os resultados do teste são reportados considerando um nível de significância de 1%.

Tabela 10 - Teste de Bai e Perron (1998, 2003a) para Identificação de Quebras Estruturais – Minimizadores Globais

H0: não existência de quebra estrutural	Máx.	Estatística-F	Valor	RejeitoH
H1: existência de 5 pontos de quebra	Estatística-F	Ponderada	Crítico	0 ?
Pontos de quebra estimados				
1: 2004-Q2	19,84	19,84	20,23	não
2: 2002-Q2; 2006-Q2	10,95	13,39	16,55	não
3: 2002-M8; 2005-M6; 2012-M2	11,41	16,18	14,26	não
4: 2002-M8; 2006-M1; 2009-M5; 2012-M3	10,69	17,41	12,42	não
5: 2002-M8; 2006-M1; 2009-M5; 2012-M3; 2015-M8	9,64	18,51	10,53	não

Notas: (i) quando o valor máximo obtido no teste é maior do que o valor crítico definido em Bai e Perron (2003b), rejeita-se a hipótese nula de não existência de quebras estruturais no período analisado; (ii) cinco pontos de quebra resulta em seis subperíodos analisados; (iii) tamanho mínimo por subperíodo equivalente a 15% da amostra resulta em uma quantidade mínima de onze observações por subperíodo, ou 2 anos e 9 meses; (iv) nível de significância de 1%.

Como especificado anteriormente, esta modalidade do teste de Bai-Perron (1998, 2003a) requer a definição de um valor fixo para o número de quebras a serem estimadas na determinação dos minimizadores globais e, alternativamente, há outra modalidade na qual esta restrição não é imposta *a priori*. Neste teste, denominado pelos autores de Duplo Máximo, avalia-se a hipótese nula de inexistência de quebras estruturais ao longo da série de dados contra a hipótese alternativa de existência de um número indefinido de quebras, limitado a uma quantidade máxima. O teste é executado seguindo duas variações possíveis, que mudam conforme o método utilizado para estimar a quantidade máxima de pontos de quebra ao longo da série. Em uma delas, denominada *UDmax*, estima-se a quantidade máxima de rupturas no período amostral ao buscar maximizar as estatísticas-F dentre os diferentes pontos de quebra sendo estimados, enquanto na outra, chamada de *WDmax*, pondera-se as estatísticas-F individuais de cada estimativa dos minimizadores globais de forma que os p-valores implícitos dessas estatísticas sejam iguais antes da estimação do número máximo de pontos de quebra.

Esta dissertação aborda a realização das duas variações do teste de duplo máximo e a Tabela 11 descreve os resultados para ambas as situações, cuja análise permite concluir que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de não existência de quebras estruturais nas séries analisadas em nenhuma das modalidades do teste, considerando um nível de significância de 1%. Esta conclusão provém do fato de que as estatísticas-F de ambos os testes são inferiores aos respectivos valores críticos estabelecidos em Bai e Perron (2003b).

Tabela 11 - Teste de Bai e Perron (1998, 2003a) para Identificação de Quebras Estruturais – Duplo Máximo

H0: não existência de quebra estrutural	Estatística-F	Valor	Rejeito
H1: existência de indefinidos pontos de quebra		Crítico	H0 ?
UDmax	19,84	20,39	não
WDmax	19,84	21,95	não

Notas: (i) quando o valor máximo/ponderado obtido no teste é maior do que o valor crítico definido em Bai e Perron (2003b), rejeita-se a hipótese nula de não existência de quebras estruturais no período analisado; (ii) hipótese alternativa considera uma quantidade indefinida de pontos de quebra, limitada a cinco; (iii) nível de significância de 1%.

Portanto, os resultados dos testes de Bai e Perron (1998, 2003a, 2003b) corroboram a conclusão obtida através da aplicação do teste de Andrews (1993), e reforçam o fato de que não há materialidade suficiente para comprovar a existência de quebras estruturais ao longo das séries de dados. Isto valida os resultados do teste de causalidade de Granger e atesta que o retorno da taxa de câmbio BRL/USD não Granger causa o retorno do açúcar quando são utilizados os dados em frequência mensal para o período compreendido entre janeiro de 1999 e junho de 2018.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, Donald W.K. Tests for parameter instability and structural change with unknown change point. **Econometrica**, p. 821-856, 1993.

ANDREWS, Donald W.K. Tests for parameter instability and structural change with unknown change point: A corrigendum. **Econometrica**, v. 71, n. 1, p. 395-397, 2003.

BAI, Jushan; PERRON, Pierre. Estimating and testing linear models with multiple structural changes. **Econometrica**, p. 47-78, 1998.

BAI, Jushan; PERRON, Pierre. Computation and analysis of multiple structural change models. **Journal of Applied Econometrics**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2003a.

BAI, Jushan; PERRON, Pierre. Critical values for multiple structural change tests. **The Econometrics Journal**, v. 6, n. 1, p. 72-78, 2003b.

BEVILAQUA, Afonso Sant'Anna. **Previsão de câmbio e preços de commodities: Uma análise empírica do caso brasileiro**. 2009. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

BORK, Lasse; ROVIRA KALTWASSER, Pablo; SERCU, Piet. Do Exchange Rates Really Help Forecasting Commodity Prices?. 2014.

CASHIN, Paul; CÉSPÉDES, Luis F.; SAHAY, Ratna. Commodity currencies and the real exchange rate. **Journal of Development Economics**, v. 75, n. 1, p. 239-268, 2004.

CHEN, Yu-chin; ROGOFF, Kenneth. Commodity currencies. **Journal of International Economics**, v. 60, n. 1, p. 133-160, 2003.

CHEN, Yu-Chin; ROGOFF, Kenneth S.; ROSSI, Barbara. Can exchange rates forecast commodity prices?. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 125, n. 3, p. 1145-1194, 2010a.

CHEN, Yu-chin; ROGOFF, Kenneth; ROSSI, Barbara. **Predicting agri-commodity prices: An asset pricing approach**. 2010b.

CHOW, Gregory C. Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. **Econometrica**, p. 591-605, 1960.

DICKEY, David A.; FULLER, Wayne A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366a, p. 427-431, 1979.

ENDERS, Walter. **Applied econometric time series**. John Wiley & Sons, 2008.

ENGEL, Charles; WEST, Kenneth D. Exchange rates and fundamentals. **Journal of Political Economy**, v. 113, n. 3, p. 485-517, 2005.

ENGLE, Robert F.; GRANGER, Clive W.J. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. **Econometrica**, p. 251-276, 1987.

FRENKEL, Jacob A.; MUSSA, Michael L. Asset markets, exchange rates and the balance of payments. **Handbook of International Economics**, v. 2, p. 679-747, 1985.

HANSEN, Bruce E. Approximate asymptotic p values for structural-change tests. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 15, n. 1, p. 60-67, 1997.

IVANOV, Ventsislav; KILIAN, Lutz. **A practitioner's guide to lag-order selection for vector autoregressions**. CEPR Discussion Papers, 2001.

JOHANSEN, Søren. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 12, n. 2-3, p. 231-254, 1988.

JOHANSEN, Søren. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. **Econometrica**, p. 1551-1580, 1991.

JOHANSEN, Søren. **Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models**. Oxford University Press, 1995.

KWIATKOWSKI, Denis; PHILLIPS, Peter C.B.; SCHMIDT, Peter; SHIN, Yongcheol. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. **Journal of Econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, 1992.

MACKINNON, James G. **Critical values for cointegration tests**, Chapter 13 in Long-run Economic Relationships: Readings in Cointegration. 1991.

MACKINNON, James G. Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. **Journal of Applied Econometrics**, v. 11, n. 6, p. 601-618, 1996.

MACKINNON, James G.; HAUG, Alfred A.; MICHELIS, Leo. Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration. **Journal of Applied Econometrics**, v. 14, n. 5, p. 563-577, 1999.

MEESE, Richard A.; ROGOFF, Kenneth. Empirical exchange rate models of the seventies: do they fit out of sample?. **Journal of International Economics**, v. 14, p. 3-24, 1983a.

MEESE, Richard; ROGOFF, Kenneth. The out-of-sample failure of empirical exchange rate models: sampling error or misspecification? **Exchange rates and international macroeconomics**. University of Chicago Press, 1983b. p. 67-112.

OBSTFELD, Maurice; ROGOFF, Kenneth S.; WREN-LEWIS, Simon. **Foundations of international macroeconomics**. Cambridge, MA: MIT press, 1996.

PHILLIPS, Peter C.B; PERRON, Pierre. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v. 75, n. 2, p. 335-346, 1988.

PINCHEIRA, Pablo M.; HARDY, Nicolas. Forecasting Base Metal Prices with Commodity Currencies. 2018.

QUANDT, Richard E. Tests of the hypothesis that a linear regression system obeys two separate regimes. **Journal of the American Statistical Association**, v. 55, n. 290, p. 324-330, 1960.

ROSOLEN, Davi; ARAÚJO, Michael Viriato; LYRIO, Marco. Previsão dos preços de commodities por meio das taxas de câmbio. **Estudos Econômicos**, v. 43, n. 4, p. 813-830, 2013.

ROSSI, Barbara. Optimal tests for nested model selection with underlying parameter instability. **Econometric theory**, v. 21, n. 5, p. 962-990, 2005.

ROSSI, Barbara. Exchange rate predictability. **Journal of Economic Literature**, v. 51, n. 4, p. 1063-1119, 2013.

SIMS, Christopher A. Macroeconomics and reality. **Econometrica**, p. 1-48, 1980.

SIMS, Christopher A.; STOCK, James H.; WATSON, Mark W. Inference in linear time series models with some unit roots. **Econometrica**, p. 113-144, 1990.

STOCK, James H.; WATSON, Mark W. **Introduction to econometrics**. Boston: Addison Wesley, 2003.

VERBEEK, Marno. **A guide to modern econometrics**. John Wiley & Sons, 2008.