

Impacto do biodiesel no Índice de Inflação brasileiro: Uma análise exploratória*

Impact of Biodiesel on the Brazilian Inflation Index: An Exploratory Analysis

Aniela Fagundes Carrara e Claudia Regina Heck**

Resumo: A implantação da política nacional de biodiesel, no contexto da política energética brasileira, possuía entre seus objetivos iniciais garantir a produção de energias renováveis, diversificar as fontes de matérias-primas e promover o desenvolvimento rural. Atualmente, as questões ambientais têm assumido a centralidade das políticas públicas. Todavia, o crescimento da produção tem reforçado a necessidade de compreender, além destas questões, outras como a interligação entre mercados globais e seus efeitos de transmissão de preços sobre a economia nacional. Neste sentido, a pesquisa se propõe a avaliar se o comportamento dos preços do biodiesel tem impacto sobre os índices de inflação no Brasil. A justificativa para esta investigação encontra-se no fato de que a produção de biodiesel pode ter seu preço afetado por fatores exógenos e ao ser incorporado ao setor energético, ser capaz de influenciar variáveis macroeconômicas, como a inflação. Cabe destacar que se trata de uma análise exploratória, a fim de ampliar a compreensão sobre os diferentes aspectos da política energética nacional. Para tanto, utilizou-se um modelo de séries temporais, através do método de estimação de Autorregressão Vetorial com Correção de Erro (VEC). Como resultado, foi identificado que o biodiesel tem uma contribuição relevante no nível geral de preços da economia, cujos efeitos perduram consideravelmente.

Palavras-chave: Biodiesel. Inflação. *Commodities* Agrícolas.

Abstract: The implementation of the national biodiesel policy, in the context of the Brazilian energy policy, originally aimed to ensure renewable energy, diversify the sources of raw materials, and promote rural development. Currently, environmental issues are the focus of public policies. However, production growth has increased the need to understand, in addition to these issues, others such as the interconnection between global markets and their price transmission effects on the national economy. In this sense, the research aims to assess whether the behavior of biodiesel prices has an impact on inflation rates in Brazil. The justification for this investigation lies in the fact that the price of biodiesel production can be affected by exogenous factors and, when

* Submissão: 04/10/2021 | Aprovação: 14/04/2022 | DOI: 10.5380/re.v44i83.83158

** Respectivamente: (1) Departamento de Economia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil | ORCID: 0000-0002-3131-2344 | E-mail: anielacarrara@ufscar.br | (2) Faculdade de Economia, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil | ORCID: 0000-0002-1581-3333 | E-mail: claudia.heck@ufmt.br



incorporated into the energy sector, is able to influence macroeconomic variables, such as inflation. It is worth noting that this is an exploratory analysis to broaden the understanding of different aspects of the national energy policy. For that, a time series model was used, through the estimation method of Vector Autoregression with Error Correction (VEC). As a result, it was identified that biodiesel has a relevant contribution to the general price level of the economy, whose effects last considerably.

Keywords: Biodiesel. Inflation. Agricultural Commodities.

JEL: Q11. Q16. C32.

1. Introdução

O Brasil é considerado um país com relevante experiência no desenvolvimento de biocombustíveis, desde a implantação da política do Pró-álcool, na década de 1970. Apesar disso, preocupações globais com o efeito das emissões de gases na atmosfera associadas ao aumento do consumo de combustíveis fósseis, a elevação de seus preços e os impasses desse modelo energético no mundo levaram alguns países, dentre eles o Brasil, a desenhar políticas de incentivo a novas fontes de geração de energias renováveis e de menor impacto sobre o meio ambiente (Mattei, 2010; Silva, 2013).

Neste sentido, com intuito de ampliar a produção de biocombustíveis a partir de outras fontes de energia renováveis, o governo federal lançou, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e, desde então, tem atuado no fortalecimento do setor. A política foi concebida com ênfase em aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento rural, tendo como elementos marcantes a obrigatoriedade e o aumento gradual da adição de biodiesel ao óleo diesel fóssil comercializado no país; a criação do Selo de Combustível Social que ampliava a aquisição de matérias-primas de agricultores familiares, permitindo isenções fiscais às indústrias, de acordo com a sua localização territorial no país e do tipo de matéria-prima utilizada; e a organização de um sistema de aquisição através de leilões públicos organizados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) (Mattei, 2010; Sorda; Banse; Kemfert, 2011; Silva, 2013). No período recente, novas políticas para o setor têm reforçado o papel ambiental do biodiesel na transição para uma matriz energética sustentável. Na esteira da política nacional, o mercado doméstico tem se expandido rapidamente, com a imposição do uso de biodiesel atingindo, em 2021, o percentual de 13%, com previsão o aumento de 1% ao ano até 2023.

Atualmente, o Centro-Oeste é a principal região produtora de biodiesel do país, sendo que o Estado de Mato Grosso é o maior produtor regional e o segundo estado em volume de produção nacional, seguido de Goiás, que ocupa a segunda posição regional e terceira no país (ANP, 2020). Um dos fatores que contribui para a posição regional é a elevada produção de *commodities* agrícolas, das quais a soja representa a principal matéria-prima na transformação do biodiesel no país.

Com efeito, a literatura tem demonstrado os limites da PNPB em fomentar a diversificação no uso de matérias primas. Por seu turno, a produção de biodiesel

tem uma relação importante com as *commodities* agrícolas e seus subprodutos, por estes serem as matérias primas de tal biocombustível, gerando assim características relevantes de integração e de transmissão de preços. Margarido, Bueno e Turolla (2014), destacam que tal relação pode afetar os preços das *commodities* agrícolas de duas formas: a) elevando os custos de produção do segmento agropecuário; e b) pelo efeito substituição da produção de alimentos por biocombustíveis, em função do comportamento dos preços.

Deste contexto, depreende-se que as características de integração dos mercados de combustíveis e de *commodities* agropecuárias, bem como sua relevância tanto para a matriz energética nacional, quanto para o mercado interno e externo de alimentos, podem fomentar os efeitos de transmissão de preços estudados pela literatura para com o índice geral de preços da economia brasileira.

No que se refere à investigação da relação do preço do biodiesel sobre a inflação brasileira, ainda são poucos os estudos, Guilhoto *et al.* (2012) dedicou-se a avaliar os efeitos positivos e negativos da incorporação do biodiesel no sistema de distribuição do diesel mineral e identificou o efeito inflacionário provocado pelo preço do produto, como resultado negativo de sua incorporação ao óleo diesel. De outro lado, Dutra *et al.* (2014), ao analisarem a evolução dos preços do biodiesel após aumento da mistura obrigatória, concluíram que não houve efeito significativo deste sobre os índices de preço.

Recentemente, Barros *et al.* (2020) identificaram que o preço do diesel tem relação tanto direta, quanto indireta – via preços agropecuários e expectativa da inflação – para com o nível geral de preços da economia, o que pode indicar uma relação também por parte do biodiesel, já que este é um dos componentes do combustível acima citado, porém os autores não tratam do biocombustível aqui em questão, apenas do diesel.

De modo geral, os principais trabalhos que se dedicam à análise das políticas de biocombustíveis têm como foco avaliar a segurança energética e a descarbonização do setor de transportes, como fazem Ebadian *et al.* (2020), ou entender as questões expectacionais dos indivíduos ou de grupos de interesse que contribuem ou não para a efetivação das políticas de biocombustíveis, como propõem Hunsberger, German e Goetz (2017). E quando a questão de preços é investigada, o foco é o impacto do biodiesel no preço de *commodities* agrícolas, como em Koizume (2015). Com efeito, a literatura, principalmente a voltada para

o cenário brasileiro, carece de estudos que aprofundem a investigação sobre uma possível relação do preço do biodiesel para com a inflação do país.

Logo, o objetivo da pesquisa é avaliar se o comportamento dos preços do biodiesel tem impacto relevante e duradouro sobre o índice geral de inflação do Brasil. A justificativa para esta investigação, além da existência de poucos trabalhos com tal finalidade, como apontado acima, encontra-se no fato de que a produção de biodiesel, amparada pelo apoio estatal, pode ter seu preço afetado por fatores exógenos e, ao ser incorporado ao setor energético, tal biocombustível pode ser capaz influenciar variáveis macroeconômicas, com impacto inflacionário.

Destaca-se que se trata de uma análise exploratória, a fim de ampliar a compreensão sobre diferentes aspectos da política energética nacional. Para tanto, adicionalmente as análises descritivas que proporcionam um melhor entendimento sobre a formação do mercado de biodiesel no Brasil e o comportamento dos preços, será estimado um modelo de séries temporais através do método de estimação de Autorregressão Vetorial com Correção de Erro (VEC), que por meio das decomposições da variância do erro de previsão, das funções de impulso resposta e das decomposições históricas, contemplará o objetivo proposto.

Assim, além da presente introdução, o trabalho conta com mais cinco seções, sendo que na de número dois será feita uma breve apresentação da política nacional para o setor de biocombustíveis, bem como das principais características da produção no período recente, na terceira seção faz-se uma breve revisão da literatura sobre as interações e transmissões de preços entre mercados de biodiesel, combustíveis fósseis e alimentos. Já na seção de número quatro será exposto o modelo a ser estimado, as variáveis que o compõem, bem como a metodologia empregada. Na quinta seção serão discutidos os resultados obtidos com a estimação empírica e por fim, na sexta seção, serão apresentadas as considerações finais do estudo.

2. Biocombustíveis no Brasil

O uso de biocombustíveis tem-se apresentado como uma alternativa atrativa ao uso de combustíveis fósseis por motivos que contemplam desde a redução da dependência do petróleo através do uso de fontes renováveis até a minimização dos efeitos da emissão de gases poluentes (Ma; Hanna, 1999; Leite; Leal, 2007).

Vidal (2019) destaca que a partir de meados dos anos 2000, diversos países começaram a estimular a produção de biocombustíveis estabelecendo arcabouços legais, políticos e regulatórios, com regras específicas para o setor.

Neste sentido, Sorda, Banse e Kemfert (2010) destacam que o Brasil possui um dos programas de biocombustíveis mais desenvolvido e integrado do mundo. No país, a história da produção de biocombustíveis foi marcada pelo desenvolvimento da produção de etanol, em meados da década de 1970, quando o primeiro choque do petróleo associado a interesses dos produtores locais (agricultura e indústria) e o apoio governamental impulsionaram através do Proálcool o aumento significativo do uso deste biocombustível (Paulillo *et al.*, 2007). Os EUA e o Brasil figuram, atualmente, como os maiores produtores mundiais de etanol. Já na produção de biodiesel destacam-se os países europeus, sobretudo Alemanha e a França, assim como o EUA e o Brasil. No caso brasileiro, o potencial de ampliação da produção pela disponibilidade de matéria-prima é fator determinante para o seu crescimento.

O impulso ao desenvolvimento da produção de biodiesel veio com a institucionalização do Programa Nacional de Produção e do Uso do Biodiesel (PNPB), em 2004. Na concepção do programa o desenvolvimento social foi a principal frente assumida, tendo por objetivos ampliar a produção e o consumo sustentável de biodiesel em escala comercial, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, através de um conjunto de ações para a promoção da agricultura familiar nas regiões brasileiras, além da garantia de preços mínimos, qualidade e suprimentos na produção.

A primeira ação a destacar, no escopo de tal programa, foi a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, sob responsabilidades da ANP, através da Lei 11.097/2005, que entre outros aspectos definiu a obrigatoriedade de adição de 2% deste produto ao óleo diesel precedente de petróleo em território nacional, a partir de 2008, elevando esse percentual para 5%, em 2013 (Mattei, 2010). Desta forma, o governo buscou garantir uma demanda previsível e viabilizar a expansão e a diversificação da capacidade produtiva (Dutra; Carpio, 2020). Desde a sua institucionalização, a obrigatoriedade da adição de biodiesel ao óleo diesel tem sido elevada constantemente. Em 2014, esse valor foi elevado a 7% e, desde 2018, o aumento tornou-se anual, sendo que a previsão é de que esse percentual atinja 15%, em 2023 (CNPE, 2018).

A segunda refere-se à inclusão social, que tem como aspecto marcante a criação de um Selo de Combustível Social¹. Trata-se de uma identificação concedida pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Meio Ambiente (Mapa) às unidades industriais que adquirem percentuais mínimos estabelecidos de matérias-primas de origem da agricultura familiar, que variam de acordo com as regiões brasileiras e tem por objetivo promover a inclusão social e regional de produtores enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) (Paulillo *et al.*, 2007; Padula *et al.*, 2012). As indústrias que recebem o Selo garantem a participação nos leilões da ANP e recebem regime tributário diferenciado para alíquotas de PIS/Cofins.

Sob este ponto, Abramovay e Magalhães (2007) colocam que, ao orientar os trabalhos técnicos da política nacional de biodiesel, o governo buscou desenhar uma proposta distinta do Proálcool – que estava baseada na produção em larga escala de cana de açúcar – e, ao mesmo tempo, valorizar a produção da agricultura familiar e de regiões potencialmente produtoras como o Nordeste e o Norte do país. Todavia, apesar da relevante participação inicial da região Nordeste no início do PNPB, com o aumento da demanda impulsionado pelos percentuais obrigatório, a soja assumiu papel de destaque (Sampaio; Bonacelli, 2018).

Ademais, a terceira ação a se ressaltar foi a estruturação de um sistema de aquisição através de leilões públicos, organizados pela ANP, ainda no período em que a adição de biodiesel possuía caráter voluntário, como forma de garantir o abastecimento, a partir do momento que a mistura se tornou obrigatória, garantindo equilíbrio de preços favoráveis a fornecedores e consumidores (Dutra; Carpio, 2020). Além dessas, outras ações foram criadas, como linhas de crédito diferenciadas através de instituições financeiras² (Prates; Pierobon; Costa, 2007).

Nos últimos anos, a questão ambiental assumiu maior relevância no contexto da política energética nacional. Para tanto, o governo federal instituiu programas como o RenovaBio, Lei n° 13.576/2017, que estabeleceu metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis e, ainda, previu a certificação de empresas produtoras de biocombustíveis, levando em conta a origem da biomassa energética da matéria-prima do biocombustível, e criou o

¹ Criado pelo Decreto n° 5.297, de 6 de dezembro de 2004, o programa modificado pelo Decreto n° 10.527, de 22 de outubro de 2020, que alterou a denominação para Selo Biocombustível Social, bem como redefiniu as alíquotas de redução do PIS/PASEP e da COFINS no contexto do programa.

² Instrução Normativa n° 2, Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), de 30 de setembro de 2005.

Programa Combustível do Futuro, em 2021³, que propõe a adoção de medidas para incrementar a utilização de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono, com vistas à descarbonização da matriz energética de transporte nacional (Brasil, 2021). Tal preocupação reflete a atenção mundial com a mudança da matriz energética, considerando o impacto ambiental dos combustíveis fósseis e o esgotamento de suas reservas.

Assim, a produção de biodiesel brasileira passou de 2,4 para 5,9 milhões de m³, entre 2010 e 2019, um aumento de 147%, com efeito no número de plantas industriais que elevaram a capacidade instalada em 57,6%, no mesmo período. Apesar disso, a indústria registrou uma capacidade ociosa de 35,8%, em 2019, distribuída nas cinco regiões do país, o que demonstra o potencial de elevação da oferta no curto prazo. Segundo Silva (2013), a ociosidade da indústria pode ser reflexo da política pública de aquisição do produto e, no longo prazo, servirá para impulsionar o aumento do percentual de mistura.

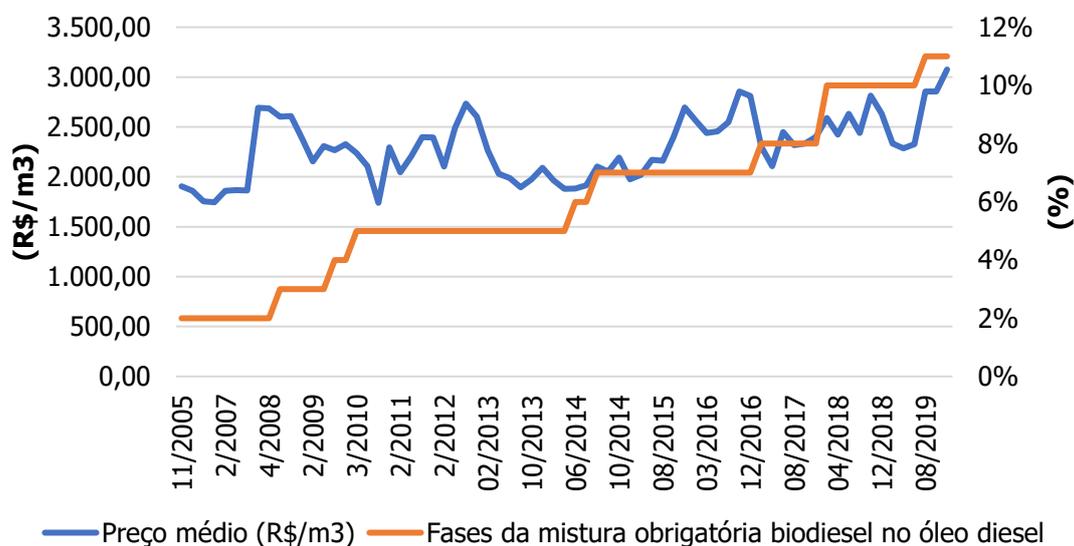
No que se refere ao preço do biodiesel a partir dos leilões de aquisição, Dutra e Carpio (2020) destacam que as importações brasileiras para atender a demanda do setor de transporte são praticamente inexistentes, uma vez que as distribuidoras de combustíveis devem adquirir o biodiesel exclusivamente nos leilões, que possuem restrições normativas aos importadores. Acrescentam ainda, que como as empresas são obrigadas a adquirir o produto para atender o percentual estabelecido pela legislação um preço restritivo, em relação ao custo, acaba não existindo.

Os autores acima citados apontam que os preços do biodiesel no mercado internacional tenderam a seguir os preços do petróleo e seus derivados, especialmente após 2017, quando os preços destes últimos apresentaram tendência de queda. Acredita-se que o comportamento dos preços destacados pelos autores seja explicado pelos mecanismos de transmissão que serão tratados na próxima seção deste artigo. A Figura 1 apresenta a alteração do percentual obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel e o comportamento do preço médio do produto nos leilões (ANP, 2020). Observa-se que a adição do biodiesel não deve ser o único fator a impactar o comportamento dos preços do produto, de tal forma que a

³ Resolução CNPE no 07, de 20 de abril de 2021.

interação com outros mercados pode contribuir para as variações na série de preços.

Figura 1 – Preço Médio do Biodiesel Registrado nos Leilões (R\$/m³) (valor nominal) e Fases de Mistura Obrigatória de Biodiesel no Óleo Diesel (%)



Fonte: Anuário Estatístico ANP (2020)

Os maiores produtores regionais de biodiesel são o Centro-Oeste e o Sul, com uma oferta de aproximadamente 82% do volume produzido. Individualmente, o Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor em volume de 1,6 milhões/m³, sendo sua participação de 27,2% no total produzido no país. Nestas regiões a disponibilidade da matéria-prima, especialmente a soja, e a implantação de indústrias que absorvem os subprodutos do esmagamento, como o farelo de soja para ração animal, são fatores que contribuíram para a localização de plantas industriais. No Centro-Oeste, as dificuldades impostas pela falta de um sistema de logística eficiente também contribuem para o aproveitamento local da oleaginosa agregando valor ao produto (ANP, 2020).

Como mencionado anteriormente, o principal produto de fabricação do biodiesel no Brasil atualmente é a soja. Em 2010, a oleaginosa representava 82,9% das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel (B100), no entanto sua participação vem se reduzindo constantemente e, em 2019, representou 68,3%. Abramovay e Magalhães (2007) destacaram que a soja oferece inconvenientes à produção, como o baixo teor de óleo, a concorrência com os óleos comestíveis e a

dependência dos preços do farelo. Além disso, pesa sobre o uso desta oleaginosa o fato de tratar-se de uma *commodity* com preço determinado no mercado internacional e estar diretamente relacionada ao comportamento do mercado de alimentos (Silva, 2013). Todavia, na atual estrutura de mercado é provável que a soja mantenha uma participação relevante. No mesmo sentido, o caroço de algodão também reduziu pouco a sua participação na produção nacional de 2,4% para 1,1%, no período.

De outro lado, entre 2010 e 2019, houve o crescimento na participação de outros óleos vegetais e animais na produção de biodiesel. Os óleos vegetais, como óleo de palma, amendoim, nabo-forrageiro, girassol, mamona, milho além de óleo de fritura usado e outros materiais graxos, passaram de uma contribuição de 2% para 16%, com desempenho mais expressivo a partir de 2017. Ainda, o uso de gordura animal aumentou, passando de 12,7% para 14% em 2019, mas com fortes oscilações no período, chegando a representar 19,8%, em 2014 (ANP, 2020).

Apesar disso, Hunsberger *et al.* (2017) apontam que no Brasil, apesar dos esforços da política governamental em diversificar as fontes de matérias-primas e estimular o desenvolvimento rural, com maior participação dos agricultores familiares, os resultados da produção indicam que os ganhos do setor acabam sendo incorporados pelas grandes empresas, em favor das culturas tradicionais, como a soja, na produção de biodiesel.

Cabe destacar ainda que, dentre os desafios que estão postos à produção no Brasil, a redução do custo de produção é um aspecto fundamental. Silva (2013) destaca que é possível uma queda dos preços do biodiesel, a exemplo da produção de etanol, porém isso irá acontecer à medida que políticas públicas, tecnologia e matérias-primas apropriadas forem adequadamente desenvolvidas.

3. A produção de biocombustíveis e a sua relação com o preço das *Commodities* Agrícolas: revisão da literatura

Conforme exposto, o uso de biocombustíveis tem sido defendido como alternativa sustentável na geração de energia. No entanto, após a crise alimentar mundial em 2007, que resultou na elevação dos preços das *commodities* agrícolas (Belik; Cunha; Costa, 2012), muitos estudos dedicaram-se a compreender a dinâmica que se estabelece entre a produção de biocombustíveis, o comportamento dos preços de outras matérias-primas energéticas e o mercado de alimentos. Ainda,

outros estudos apontam a preocupação com a concorrência no uso da terra para produção de energia e alimentos (Persson, 2015).

O efeito de transmissão de preços tem sido bastante estudado na literatura nacional e estrangeira. Pesquisas em países como Estados Unidos, Alemanha e outros foram divulgados em trabalhos como o de Saghaian (2010), Busse; Brummer e Ihle (2010), Nazlioglu, Erdem e Ugur (2013), que apesar do uso de diferentes metodologias e escopos de análise, de modo geral identificam uma correlação entre os preços do petróleo e dos combustíveis oriundos das *commodities* agrícolas, particularmente o etanol, mas também o biodiesel. Tal efeito acentuou-se após 2007 quando surgiram maiores interrelações dinâmicas entre os mercados energético e agrícola. De outro lado, Fernandez-Perez; Frijns e Tourani-Rad (2016) estudam o mercado dos EUA e identificaram um efeito direto do petróleo sobre as demais *commodities*, todavia, segundo os autores, não foram observados efeitos contemporâneos na direção contrária.

Ainda no escopo internacional, Koizume (2015), de modo a verificar se a produção de biocombustíveis impacta nos preços mundiais das *commodities* agrícolas e por conseguinte na segurança alimentar, avalia que a elasticidade preço da oferta no longo prazo, ou seja, o quanto a oferta de certo produto agrícola é capaz de responder ao preço, é fator-chave na determinação do ajuste nos preços das *commodities* agrícolas frente a uma elevação na demanda por biocombustíveis. O autor cita que a produção brasileira de cana de açúcar e de soja, bem como a produção de soja e de milho dos Estados Unidos, são capazes de responder rápido ao preço, logo, são suficientemente elásticas ao preço e eficazes para o uso no programa nacional de combustíveis.

Por sua vez, Ajanovic (2011) aponta que, pelo menos até o período recente, não há indícios de impacto significativo da produção de biocombustíveis sobre os preços de suas matérias-primas. Mas a autora ressalta a importância de se atentar aos critérios de sustentabilidade e ao fato da impossibilidade de substituir a totalidade de combustíveis fósseis por biocombustíveis.

Em outra perspectiva analítica, Shresthaa, Staaba e Duffieldb (2019) compararam o índice de preços dos alimentos nos EUA antes e depois do crescimento dos biocombustíveis, na década de 2000, para avaliar como o aumento do uso das *commodities* como fonte energética impactou na taxa de inflação de alimentos e não encontraram evidências de inflação neste setor, provocada pelo

aumento da produção de biocombustíveis. Os autores destacam que entre as variáveis testadas o preço do petróleo bruto apresentou maior correlação com os alimentos. Entretanto, os autores atribuem a falta de relação entre os preços ao aumento da produção de alimentos *per capita*, a integração entre mercados, o uso de subprodutos da indústria de biocombustíveis para ração animal entre outros fatores que tornam essa integração mais complexa.

No Brasil, os principais estudos concentram-se na transmissão de preços a partir do etanol. De tal forma que Serra e Zilberman (2011) verificaram forte ligação entre o petróleo bruto internacional, o etanol e o açúcar, tanto em termos de níveis de preços, quanto de volatilidade. Bini, Canever e Denardim (2015), reconhecem o preço do petróleo como uma variável importante na determinação do preço tanto do etanol como das demais *commodities* agrícolas e destacam que a dependência entre esses dois últimos grupos de *commodities* é parcialmente via de mão dupla, dado que variações nos preços da cana de açúcar e da soja são refletidas no preço do etanol. Ainda, para os autores a taxa de câmbio brasileira e a "importação" de condições externas também tem relação com os preços dos combustíveis, dada a elevada inserção externa de sua produção.

Neste sentido, Serra e Zilberman (2013), ao revisarem a literatura de séries temporais sobre os biocombustíveis, constataram que os estudos dedicados a análise de preços apontam que os preços de matérias-primas energéticas impulsionam os níveis de preços agrícolas (particularmente cana de açúcar, soja e milho) de longo prazo, sendo que as instabilidades do primeiro acabam sendo transferidas ao segundo. Da mesma forma, Janda e Kristoufek (2018) colocam que a produção científica tem evidenciado na introdução de políticas de estímulo à produção de biocombustíveis o aumento da transmissão de preços entre combustíveis fósseis e as *commodities* alimentares, com papel intuitivamente esperado sobre o preço dos alimentos.

Poucos estudos dedicaram-se a avaliar o impacto do preço do biodiesel sobre agregados macroeconômicos como a inflação. Estudo realizado por Guilhoto *et al.* (2012) identificou impactos positivos e negativos da incorporação de biodiesel ao óleo diesel mineral, sendo a inflação considerada um efeito negativo desta política. A pesquisa adotou metodologia de insumo-produto e criou cenários para avaliar o impacto inflacionário, indicando que em caso de aumento de preço

do óleo diesel importado e nacional, o impacto atribuído ao biodiesel sobre a inflação seria menor.

De outro lado, Dutra *et al.* (2014), ao analisarem a evolução do preço do biodiesel, após aumento da mistura obrigatória, concluíram que não houve efeito significativo deste sobre os índices de preço. Os autores estimaram o impacto do aumento do percentual de adição do biodiesel ao óleo diesel sobre os preços e argumentam que a redução dos preços do biodiesel no período anterior contribuiu para que o efeito inflacionário não fosse percebido.

Já Barros *et al.* (2020), dentro de um escopo maior de verificação dos efeitos inflacionários dos preços agropecuários, encontram uma relação positiva tanto direta, quanto indireta do preço do diesel sobre o IPCA. Os autores mostram como movimentações não antecipadas no preço de tal combustível têm influência no nível geral de preços da economia. Este estudo não trata do biodiesel diretamente, mas, ao analisar o impacto na inflação por parte de um combustível do qual o biodiesel é um dos componentes, enseja investigações específicas, tais como a proposta pelo presente estudo.

Neste sentido, considerando a literatura de transmissão de preços, a questão colocada por essa pesquisa e que será tratada nas próximas seções é se o preço do biodiesel tem algum efeito relevante e duradouro no nível geral de preços do Brasil.

4. Metodologia e dados

Nesta seção serão expostos o método principal utilizado, bem como os testes que serão aplicados, além do sistema de equações e das variáveis que dele fazem parte.

4.1 Metodologia principal e testes auxiliares

De modo a contemplar o objetivo proposto, a metodologia empregada pelo presente estudo será a de Vetores Autorregressivos (VAR), desenvolvida primeiramente por Sims (1980). Tal método é basicamente constituído por um sistema de k regressões de séries de tempo, em que os regressores são valores defasados de todas as k séries. A estimação pelo método VAR não impõe que seja feita a diferenciação das variáveis entre endógenas e exógenas, o que permite a

livre manifestação da simultaneidade entre estas. Logo, todas as variáveis envolvidas na estimação são influenciadas pelos seus valores passados e pelos valores presentes e passados das outras variáveis (Enders, 2009).

Um ponto importante de tal método de estimação diz respeito a sua configuração estrutural, que pode ser obtida por meio da imposição de restrições na matriz de relações contemporâneas, o que pode ser feito de acordo com Sims (1986) seguindo a decomposição de Cholesky, que se dá quando a parte superior triangular da matriz é composta por zeros ou quando se seguem relações teóricas. Neste último caso gera-se um VAR estrutural, conforme Sims (1986) e Bernanke (1986). No presente estudo será utilizada a ordenação de Cholesky.

Outra questão crucial quando se trata da metodologia VAR é a execução de alguns testes auxiliares básicos que têm a função de identificar determinadas características nas séries de tempo utilizadas na investigação ou no conjunto delas. A primeira é a estacionariedade ou não de cada série. Basicamente uma série é dita estacionária quando dissipa ao longo do tempo os efeitos de um choque sofrido, voltando assim para seu valor histórico e então mantendo a sua média, variância e autocovariância estáveis, conforme postula Enders (2009). Para verificar tal característica serão aplicados em cada série os testes ADG-GLS (Elliot, Rothenberg e Stock, 1996), Phillips – Perron (Phillips e Perron, 1988) e KPSS (Kwiatkowski *et al.*, 1992), sendo este último um teste confirmatório, de acordo com Maddala e Kim (1998), já que os dois primeiros apresentam dificuldades (baixo poder) em rejeitar a hipótese de não estacionariedade (hipótese nula) para algumas séries econômicas.

A segunda característica a ser verificada é a cointegração, mas neste caso a verificação ocorre para o conjunto das séries e não de modo individualizado. Quando é dito que as séries que compõem um modelo são cointegradas, significa que estas possuem uma relação de longo prazo e, se for este o caso, é necessário agregar à estimação VAR um mecanismo de correção de erros, o que consiste na inserção do resíduo do teste de cointegração na estimação do modelo tomado nas diferenças, que então passa a se chamar VEC, como será o caso do modelo proposto pelo presente estudo (Johansen, 2000).

Para identificar a presença de cointegração será aplicado o teste de cointegração de Johansen (1988), que é um teste amplamente aplicado quando há a possibilidade de existência de mais de um vetor de cointegração (Enders, 2009).

4.2 Modelo e dados

As variáveis utilizadas seguem explicitadas abaixo, todas com periodicidade mensal, entre janeiro de 2013 e dezembro de 2020. Ressalta-se que a escolha do período inicial se deu com base no fato de que o ano de 2013 foi o primeiro ano cuja totalidade dos leilões de biodiesel foram realizados com a periodicidade bimestral, seguindo Portaria MME n. 476, de 15 de agosto de 2012:

- i) *BIOD* - Preço médio mensal do biodiesel a nível de Brasil nos leilões (R\$/litro). Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Como os leilões são bimestrais, a série varia a cada dois meses, já que para os meses que compreendem cada leilão o preço médio é igual.
- ii) *CAMBIO* - Taxa de câmbio - R\$ / US\$ - comercial - venda - média - R\$. Fonte: Ipeadata;
- iii) *HIATO* - Hiato do produto, calculado por meio da seguinte razão: $\text{Hiato} = (\text{PIB real} - \text{PIB potencial}) / \text{PIB potencial}$. Como *proxy* para o PIB real foi utilizada a projeção mensal em valores correntes para o PIB feita pelo Banco Central (Fonte: Série nº 4380 do Sistema de Séries Temporais do Banco Central). Já o PIB potencial foi obtido via aplicação do filtro HP, com “ λ ” igual a 14.400, valor este que é o padrão sugerido na literatura para séries mensais, como é o caso da série utilizada pelo presente estudo (Hodrick; Prescott, 1997);
- iv) *EXPECT* – Expectativa presente para a inflação no próximo período (mês). Fonte: Sistema de Expectativas de Mercado do Banco Central do Brasil;
- v) *IPCA* - Índice de Preços ao Consumidor Amplo. Fonte: Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor – SNIPC – IBGE;

É importante ressaltar que a escolha das variáveis foi feita de modo a contemplar o objetivo principal de captar um possível impacto do preço do biodiesel na inflação do país. Logo, foram selecionadas variáveis que a literatura mostra como de grande relevância para a inflação, tais como a expectativa, o hiato do produto e o câmbio, de modo a garantir um bom ajuste para o modelo, além do próprio preço do biodiesel. Por fim, é importante frisar que todas as séries foram empregadas na forma de índice, com base em janeiro de 2013.

Utilizando as variáveis acima expostas e em conformidade com a metodologia VAR o seguinte sistema de equações foi estimado:

$$\begin{aligned}
 BIOD_t &= \sum_{j=1}^n \alpha_{1j} BIOD_{t-j} + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} CAMBIO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \delta_{1j} HIATO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \varphi_{1j} EXPECT_{t-j} + \sum_{j=1}^n \vartheta_{1j} IPCA_{t-j} + \varepsilon_t \\
 CAMBIO_t &= \sum_{j=1}^n \alpha_{1j} CAMBIO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} BIOD_{t-j} + \sum_{j=1}^n \delta_{1j} HIATO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \varphi_{1j} EXPECT_{t-j} + \sum_{j=1}^n \vartheta_{1j} IPCA_{t-j} + \varepsilon_t \\
 HIATO_t &= \sum_{j=1}^n \alpha_{1j} HIATO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} BIOD_{t-j} + \sum_{j=1}^n \delta_{1j} CAMBIO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \varphi_{1j} EXPECT_{t-j} + \sum_{j=1}^n \vartheta_{1j} IPCA_{t-j} + \varepsilon_t \\
 EXPECT_t &= \sum_{j=1}^n \alpha_{1j} EXPECT_{t-j} + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} BIOD_{t-j} + \sum_{j=1}^n \delta_{1j} CAMBIO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \varphi_{1j} HIATO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \vartheta_{1j} IPCA_{t-j} \\
 &\quad + \varepsilon_t \\
 IPCA_t &= \sum_{j=1}^n \alpha_{1j} IPCA_{t-j} + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} BIOD_{t-j} + \sum_{j=1}^n \delta_{1j} CAMBIO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \varphi_{1j} HIATO_{t-j} + \sum_{j=1}^n \vartheta_{1j} EXPECT_{t-j} + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{1}$$

E, como já foi ressaltado, a ordenação utilizada na estimação será a de Cholesky, na qual a ordem das variáveis é importante, logo a organização utilizada foi, em termos das relações econômicas, da variável mais exógena para a menos exógena: *BIOD*, *CAMBIO*, *HIATO*, *EXPECT* e *IPCA*.

5. Resultados e discussão

Nesta seção serão apresentados os principais resultados obtidos e a discussão suscitada. Inicialmente são expostos os resultados dos testes auxiliares e em seguida da estimação principal.

5.1 Resultados dos testes de estacionariedade

Os testes de raiz unitária utilizados foram implementados com constante e com constante e tendência. Para os testes ADF-GLS e KPSS que necessitam da especificação do número de defasagens, este foi selecionado pelo critério de informação de Akaike modificado (Maic), que, considerando um número máximo, aponta a quantidade de defasagens mais indicada para cada variável.

Como pode ser visualizado por meio da tabela 1, a maioria das variáveis se mostraram não estacionárias em nível para todos os testes realizados, considerando 5% de significância. A exceção foi a expectativa que se mostrou estacionária em nível apenas para o teste PP com constante, logo será considerada como não estacionária em nível. E o hiato do produto que para as duas versões dos testes PP

e KPSS se mostrou estacionário, o que já era esperado, posto que esta variável foi construída por meio da diferença entre o produto real e potencial da economia.

Tabela 1 – Resultados dos testes ADF-GLS, Phillips – Perron (PP) e KPSS

Variável		Teste ADF-GLS		Teste Phillips Perron		Teste KPSS	
		Valor do teste ^A	Res. ^B	Valor do teste ^C	Res. ^B	Valor do teste ^D	Res. ^B
<i>IBIOD</i>	Const	-0,59	N.E.	0,54	N.E.	1,44	N.E.
	Const.+ Tend.	-0,64	N.E.	-1,51	N.E.	0,21	N.E.
<i>ICAMBIO</i>	Const	0,29	N.E.	-0,95	N.E.	2,00	N.E.
	Const.+ Tend.	-1,91	N.E.	-1,98	N.E.	0,21	N.E.
<i>IHIATO</i>	Const	-1,47	N.E.	-6,51	E.	0,048	E.
	Const.+ Tend.	-1,29	N.E.	-6,47	E.	0,044	E.
<i>IEXPECT</i>	Const	-1,01	N.E.	-3,56	E.	2,46	N.E.
	Const.+ Tend.	-1,33	N.E.	0,24	N.E.	0,60	N.E.
<i>IIPCA</i>	Const	0,47	N.E.	-1,88	N.E.	2,41	N.E.
	Const.+ Tend.	-1,36	N.E.	-1,06	N.E.	0,57	N.E.

Fonte: elaboração própria com dados da pesquisa

^A Valor crítico com constante a 5% de significância: -1,94. Valor crítico com constante e tendência a 5%: -2,93 (Elliot, Rothenberg e Stock (1996)).

^B Resultados: N.E = não estacionário e E.= estacionário, considerando 5% de significância.

^C Valor crítico com constante a 5% de significância: -2,86. Valor crítico com constante e tendência a 5% de significância: -3,42 (Phillips e Perron (988)).

^D Valor crítico com constante a 5% de significância: 0,463. Valor crítico com constante e tendência a 5% de significância: 0,146 (em Kwiatkowski *et al.* (1992)).

Frente à identificação da não estacionariedade para a maioria das variáveis do modelo, os testes foram refeitos com as variáveis na primeira diferença, que então se mostraram estacionárias, a 5% de significância, podendo assim serem consideradas como integradas de ordem um.

5.2 Resultados do teste de cointegração

Como forma de identificar a existência de relação de longo prazo entre as variáveis do modelo proposto e desta forma a viabilidade destas comporem o mesmo modelo sem gerar uma regressão espúria, foi realizado o teste de cointegração de Johansen com duas defasagens, de acordo com o critério de seleção de Akaike. Conforme é exposto na tabela 2, foi identificada a presença de dois vetores de cointegração no modelo, considerando um nível de 5% de significância, logo, para a estimação proposta por meio de Vetores

Autorregressivos foi necessário agregar os termos de correção de erro ao modelo, compondo então uma estimação VEC.

Tabela 2 – Resultado do teste de cointegração de Johansen

Hipótese nula (H ₀)	Hipótese alternativa	Estatística traço	Valores críticos a 5%*
r=0	r>0	111,358	69,611
r=1	r>1	50,349	47,707
r=2	r>2	25,447	29,804

Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa

5.3 Resultados da estimação do modelo

Conforme identificado acima, foi estimado um modelo de Autorregressão Vetorial com correção de erros e como o objetivo do presente estudo é identificar se há impacto relevante e duradouro do preço do biodiesel sobre a inflação do país, serão expostos a seguir apenas os resultados que contribuem de maneira direta para o foco da investigação.

A tabela 3 expõe a decomposição da variância do erro de previsão do IPCA, por meio dela é possível identificar que a expectativa de inflação é a variável do modelo que mais explica as movimentações do IPCA ao longo dos períodos, o que está em linha com diversos trabalhos que investigam a importância das expectativas no nível de geral de preços da economia, como o de Reis, Ferreira Junior e Silva (2020).

Tabela 3 – Decomposição da variância do erro de previsão do IPCA

Período	Desvio - padrão	DLBIOD	DLCAMBIO	DLHIATO	DLEXPECT	DLIPCA
1	0,00220501	5,483	0,361	9,559	2,285	82,311
2	0,00268294	3,705	0,405	8,993	24,368	62,53
3	0,00284225	8,368	1,591	8,205	26,094	55,742
4	0,00298199	12,55	1,704	7,866	25,838	52,042
5	0,00304368	13,067	1,67	7,837	25,055	52,371
6	0,00308645	13,149	1,949	7,87	24,378	52,653
7	0,00310476	13,041	2,237	7,889	24,107	52,725
8	0,00311062	12,992	2,379	7,883	24,031	52,714
9	0,00311187	12,986	2,421	7,878	24,019	52,695
10	0,00311205	12,988	2,428	7,877	24,017	52,689
11	0,00311209	12,989	2,429	7,877	24,017	52,689
12	0,00311212	12,989	2,429	7,877	24,017	52,689

Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa.

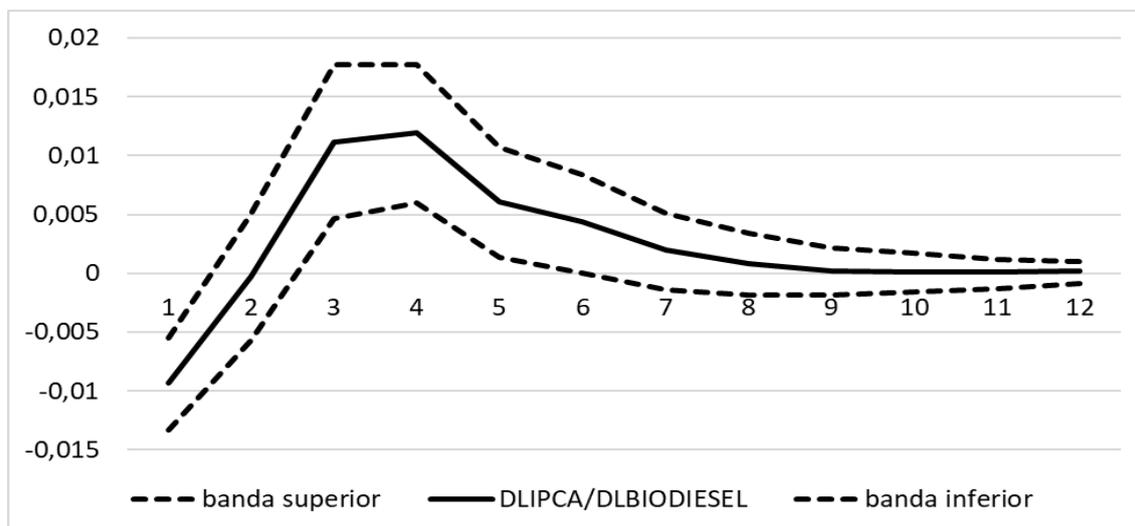
Ainda de acordo com a tabela 3, a segunda variável com maior relevância nas movimentações do IPCA é o preço do biodiesel. Tal variável ganha importância ao longo dos períodos, explicando assim, em média, 11,19% da variância do nível geral de preços do país, o que é bastante significativo, uma vez que o modelo é composto por variáveis macroeconômicas de extrema expressão quando se trata de análise inflacionária, tais como hiato do produto e câmbio, colocando assim, o preço do biodiesel como um elemento que merece maior atenção.

Com base nos resultados da decomposição da variância do erro de previsão do IPCA discutidos acima, faz-se importante entender se as relações identificadas são duradouras e qual o sentido – se positivo ou negativo - destas. Para tanto foram utilizadas funções impulso resposta que são capazes de simular choques e respostas entre as variáveis do modelo proposto.

A figura 2 traz a resposta do índice geral de preços a um choque positivo e exógeno de 1% no preço do biodiesel. Como pode ser observado, logo após o estímulo inicial a resposta do IPCA é positiva e crescente a partir do segundo período (mês) até atingir seu ponto máximo no quarto mês (0,012%), a partir do qual o efeito do choque começa a se dissipar, porém de modo lento, tendendo a zero apenas a partir do sétimo mês. Assim, tem-se que elevações no preço do biodiesel, como tem ocorrido recentemente, impactam o IPCA de modo gradativo,

levando até quatro meses para o choque gerar seu efeito completo e este é carregado por certo tempo, contribuindo assim para elevação da inflação no período.

Figura 2 – Resposta do IPCA a um choque no preço do biodiesel

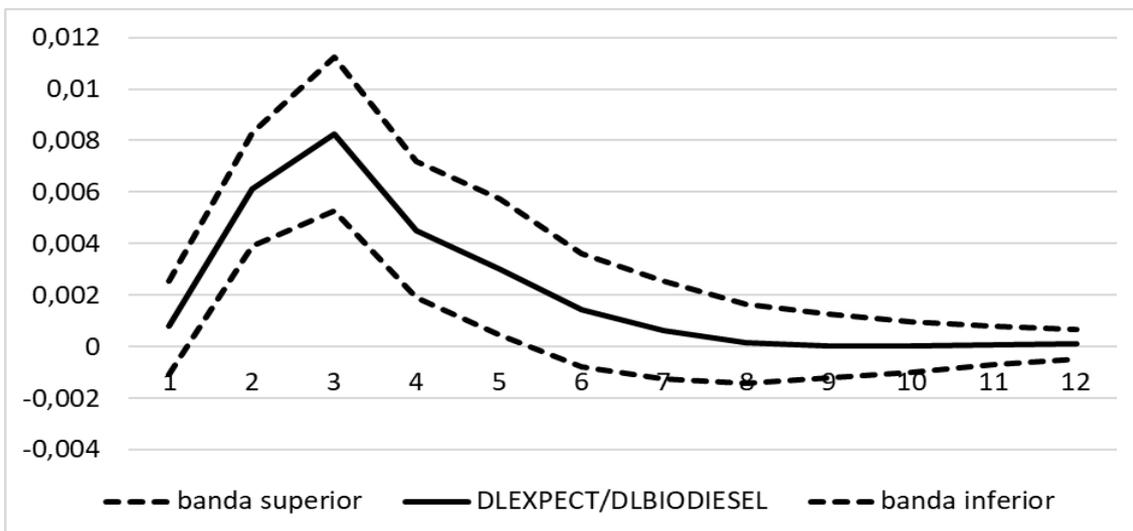


Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa.

Como foi identificado por meio dos resultados da tabela 3 que as expectativas que se tem sobre a inflação do próximo período são relevantes para o nível geral de preços presente, a figura 3 traz o comportamento de tais expectativas frente a um choque positivo e exógeno de 1% no preço do biodiesel, no sentido de mostrar que o impacto do preço deste biocombustível no IPCA não acontece apenas de modo direto.

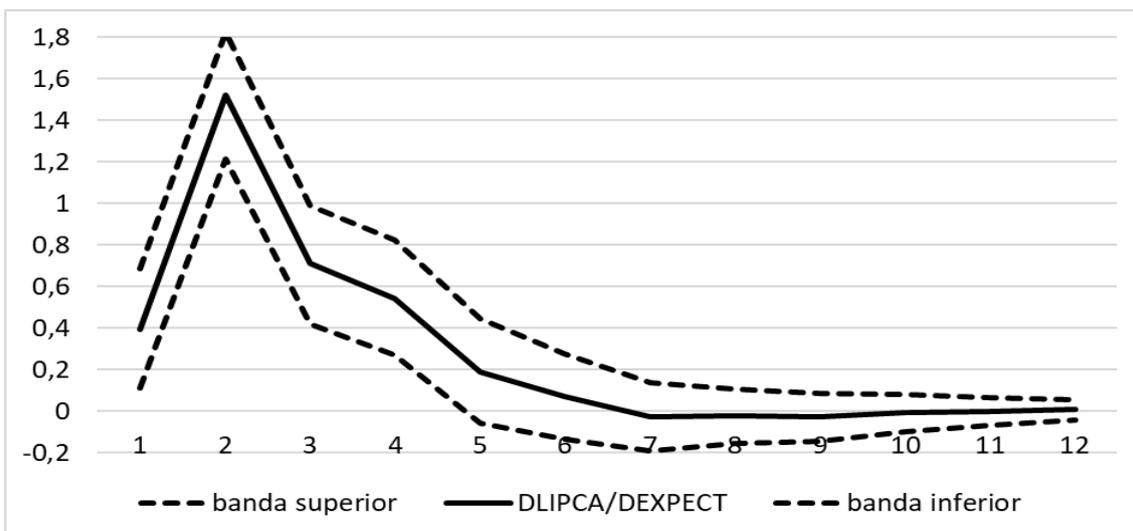
Por meio da figura 3 identifica-se que frente ao choque acima descrito, as expectativas respondem positivamente e em torno de três meses chegam ao seu ponto máximo (0,008%), indicando que os agentes econômicos que formulam tais expectativas incorporam de modo gradativo a elevação de preço do biodiesel, o que faz com que tal perspectiva se eleve e demore em torno de seis meses para retornar aos patamares pré choque, o que sugere uma relação indireta via expectativas, entre o preço do biodiesel e o IPCA, já que conforme a figura 4 os choques sofridos pelas expectativas são repassados para o IPCA de modo bastante rápido.

Figura 3 – Resposta da expectativa de inflação para o próximo período a um choque no preço do biodiesel



Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa.

Figura 4 – Resposta do IPCA a um choque na expectativa de inflação para o próximo período



Fonte: Elaboração própria com os dados da pesquisa.

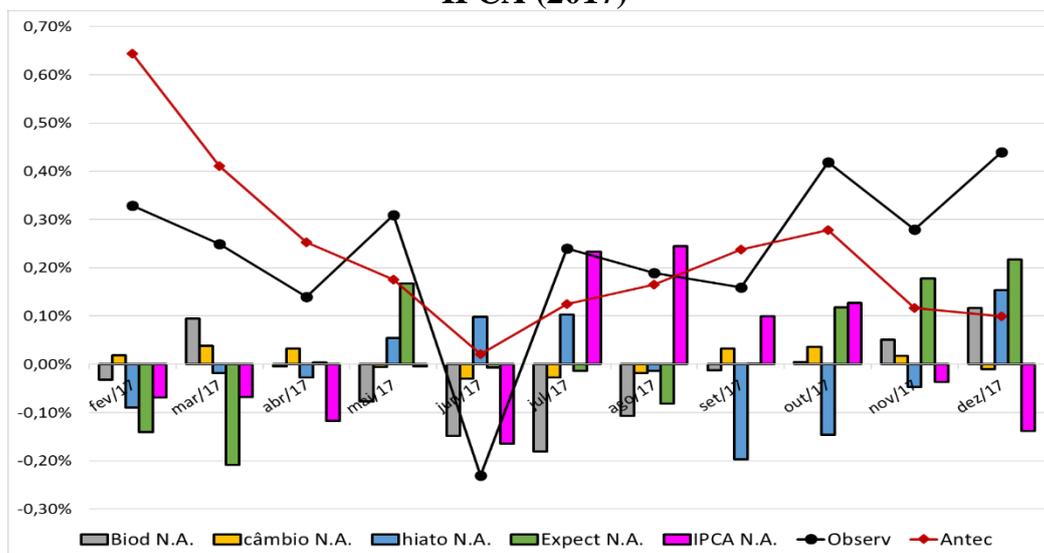
Assim, com a análise das funções impulso respostas, tem-se que eventuais choques no preço do biodiesel são repassados para o IPCA, que carrega por um período considerável tais efeitos, que não acontecem apenas diretamente, mas também de maneira indireta via expectativas de inflação. Desta forma, é possível dizer, por exemplo, que os aumentos observados no ano de 2020 no preço do

biocombustível aqui em questão contribuíram para o IPCA acima do centro da meta em tal ano.

Como forma de proporcionar um entendimento pormenorizado de tal contribuição, serão utilizadas as decomposições históricas do IPCA, ano a ano, desde 2017, a partir de quando a porcentagem de biodiesel no diesel fóssil passou a aumentar regularmente: 2017 (8%); 2018 (10%); 2019 (11%) e 2020 (12%), sempre com base no primeiro mês de cada ano. Por meio de tal instrumento é possível observar o erro do modelo proposto (a diferença entre o IPCA observado de fato e o previsto pelo modelo) e as variáveis que contribuíram para este erro por meio de movimentações não previstas, bem como a magnitude da contribuição (choque).

A figura 5 expõe a decomposição histórica do IPCA para o ano de 2017. Como se pode observar, até junho o erro de previsão foi majoritariamente negativo, indicando que o IPCA observado foi menor do que o previsto pelo modelo e do meio do ano para o final a tendência foi invertida. Em ambas as situações é bastante claro que movimentos não esperados do próprio IPCA contribuíram para o erro de previsão, mas também fica evidente uma participação significativa de movimentações não antecipadas no preço do biodiesel. Observa-se que movimentações negativas não antecipadas no preço deste combustível contribuíram para um erro negativo e aumentos não previstos para o erro positivo (IPCA observado maior do que o previsto). Ainda sobre o ano de 2017, o mês de junho foi o mês em que a oscilação não esperada no preço do biodiesel, no caso uma queda, mais impactou (-0,14 p.p.) a trajetória da inflação.

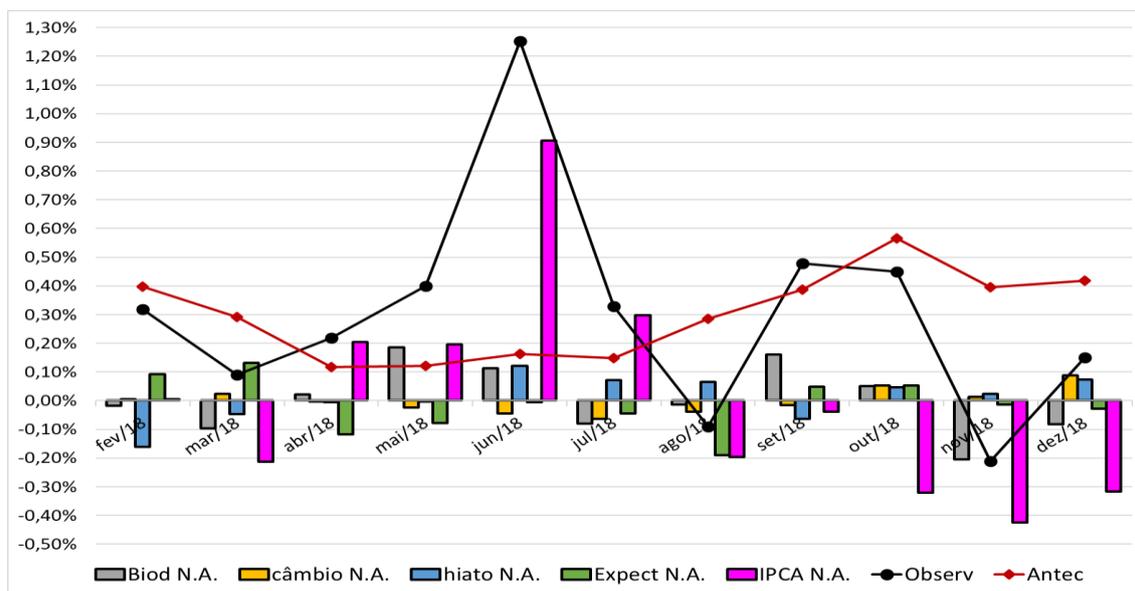
Figura 5 – Decomposição histórica da variância do erro de previsão do IPCA (2017)



Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa

A figura 6 apresenta a decomposição histórica do IPCA para o ano de 2018. Como é possível verificar, para este ano os erros do modelo são menores, exceto para o mês de junho, sendo que boa parte provocada pelas movimentações não previstas do próprio IPCA, mas ainda assim o preço do biodiesel se destaca entre as demais variáveis, como uma das que mais contribui para o erro de previsão, depois do próprio índice de preço. Tal fato fica claro no mês de maio quando uma elevação inesperada no preço do biodiesel contribuiu com a elevação do IPCA observado (participação de 0,19 p.p. em um choque total de 0,28 p.p.) e em novembro quando uma queda não antecipada ajudou a reduzir o nível geral de preços, quando o previsto era uma inflação maior (o choque total para novembro foi de -0,60 p.p., dos quais -0,20 p.p. são devidos ao biodiesel). Desta forma, para o ano de 2018, assim como foi constatado para 2017, tem-se que movimentações não antecipadas do preço do biodiesel exerceram influência na inflação do período.

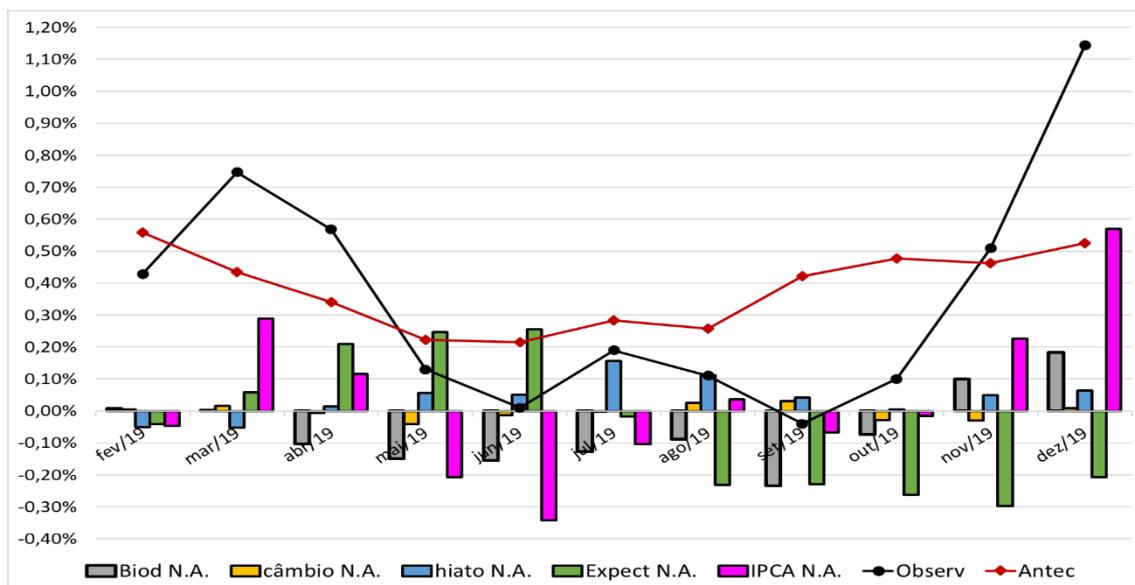
Figura 6 – Decomposição histórica da variância do erro de previsão do IPCA (2018)



Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa

Para 2019 também é possível verificar a contribuição de movimentações não previstas no preço do biodiesel no IPCA observado, principalmente entre os meses de abril e outubro, quando quedas inesperadas no preço do biocombustível aqui em questão contribuíram para que a inflação do período ficasse abaixo da prevista pelo modelo, com destaque para o mês de setembro, quando do choque negativo total de -0,46 p.p., que fez com que o IPCA verificado fosse menor do que o antecipado, em que a queda não prevista no preço do biodiesel foi responsável por 0,23 p.p. da redução não esperada.

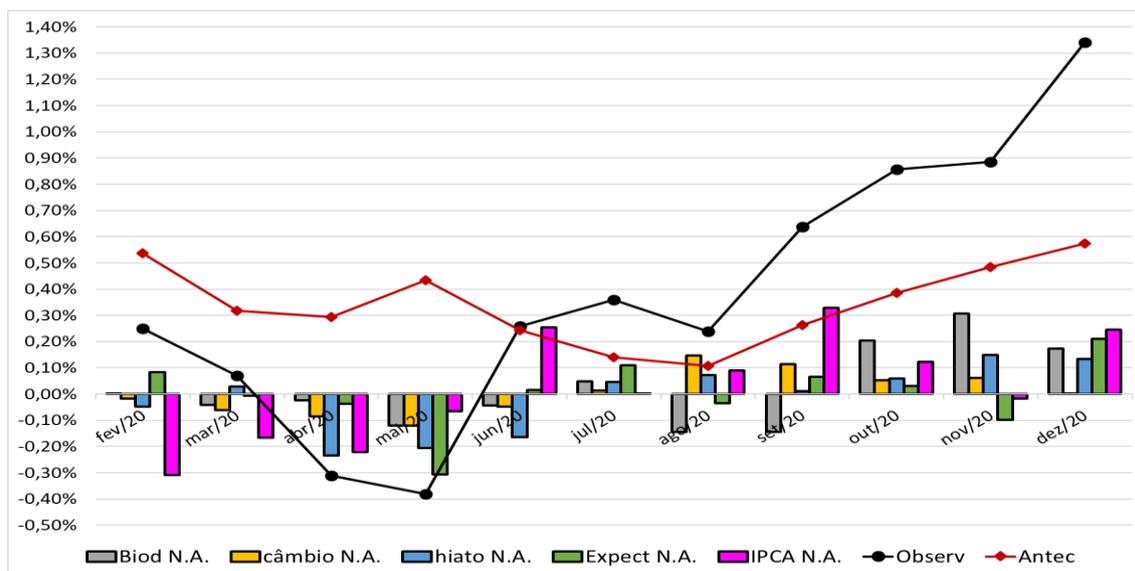
Figura 7 – Decomposição histórica da variância do erro de previsão do IPCA (2019)



Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa

Por fim, no ano de 2020 a influência de movimentos não antecipados no preço do biodiesel no IPCA continuou presente, como pode ser visualizado por meio da figura 8. Este ano foi marcado pela pandemia da Covid-19, assim nos primeiros meses a diferença entre o IPCA observado e o previsto foi pequena, por conta da redução da atividade econômica frente às medidas de distanciamento social. A partir de maio, movimentações não previstas do preço do biodiesel começam a parecer mais relevantes para o erro de previsão e essa preponderância fica bastante marcada nos últimos meses do ano, quando elevações não esperadas contribuem para que a inflação fique acima do previsto. No mês de novembro, por exemplo, o choque positivo que provocou o erro de previsão totalizou 0,40 p.p. Destes 0,31 p.p. foram devidos à elevação não esperada no preço do biodiesel.

Figura 8 – Decomposição histórica da variância do erro de previsão do IPCA (2020)



Fonte: elaboração própria com os dados da pesquisa

Em síntese, os resultados apresentados indicam o preço do biodiesel como uma variável que, pelo menos para o período de investigação proposto, é importante para a trajetória inflacionária do país, tanto no que diz respeito à magnitude do impacto, quanto no que tange a durabilidade. Para os anos em que a proporção de mistura deste biocombustível no diesel aumentou, as movimentações inesperadas do preço de tal produto se mostraram relevantes para os erros de previsão, com um indicativo de que esta importância se amplia à medida que a proporção de mistura se eleva.

Ressalta-se que de acordo com os resultados analisados, o preço do biodiesel destaca-se como uma variável relevante para a inflação, tanto quanto elementos que tradicionalmente afetam trajetória do nível geral de preços, como a expectativa de inflação, o que chama atenção e enseja estudos mais detalhados no sentido de entender em que medida tal relevância é devida à transmissão de preços dos combustíveis ou dos preços das *commodities* alimentares, uma vez que o presente estudo, de caráter exploratório, buscou identificar a existência, a relevância e a duração da relação entre o preço do biodiesel e a inflação brasileira, que ao serem observadas dão base para avaliações mais detalhadas.

6. Considerações finais

Os principais produtores mundiais de biocombustíveis contaram (ou ainda contam) com o apoio do Estado na organização do setor de biocombustíveis. No Brasil, a criação da PNPB foi de grande relevância para desenvolver o setor de biodiesel e contribuiu para ampliação do uso de energias renováveis na matriz energética nacional. Tal política foi estruturada a partir de diferentes instrumentos, que buscam contemplar aspectos da produção, como a participação de agricultores familiares com a criação do Selo de Combustível Social, e do consumo, através da adição obrigatória do biocombustível ao óleo diesel fóssil.

No entanto, ao tornar obrigatório o uso do biodiesel, abriu-se espaço para a expansão da utilização de *commodities* agrícolas e seus subprodutos, especialmente a soja, que possuem mercados dinâmicos internacionalmente, onde há um entrelaçamento de preços com outros mercados, como o de alimentos e de petróleo, com características relevantes de integração e de transmissão de preços. A literatura tem intensificado os estudos sobre tais relações de preços na busca de mensurar tais efeitos e, apesar de não haver consenso sobre o seu impacto, - reconhece-se que a maior integração econômica entre países e produtos tem ampliado os efeitos de transmissão.

No Brasil, este é um tema pertinente pela dimensão que os produtos acima citados assumem na geração do produto interno e seus efeitos sobre outros agregados macroeconômicos, como a inflação. Desta forma, a pesquisa teve como objetivo avaliar se o comportamento dos preços do biodiesel tem impacto relevante e duradouro sobre o índice geral de inflação do Brasil. Para tanto, utilizou-se de metodologia de séries temporais através do método de estimação de Autorregressão Vetorial com Correção de Erro (VEC), que por meio das decomposições da variância do erro de previsão, das funções de impulso resposta e das decomposições históricas contemplará o objetivo proposto.

O resultado obtido permitiu identificar que, no período investigado, o biodiesel apresentou uma contribuição relevante no nível geral de preços da economia, tanto pela magnitude do impacto, quanto pela sua durabilidade. Da mesma forma, as movimentações inesperadas do preço do biocombustível aqui em questão se mostraram relevantes para os erros de previsão, com um indicativo de que esta importância se amplia à medida que a proporção de mistura se eleva. Outro aspecto a ser destacado é que os preços do biodiesel também têm efeito sobre

outras variáveis que tradicionalmente afetam a trajetória dos preços, como a expectativa de inflação. Neste sentido, ressalta-se a necessidade de estudos mais detalhados no sentido de entender em que medida tal relevância é devida à transmissão de preços dos combustíveis ou dos preços das *commodities* alimentares.

Ainda, a partir dos resultados, observou-se a necessidade de ampliar o debate sobre o tema das políticas públicas para o setor e seus impactos macroeconômicos e destaca-se a importância da recente criação do Programa RenovaBio, a fim de estimular o uso de matérias-primas mais eficientes para a geração energética e que possam ser cultivadas pela agricultura familiar com menor impacto ambiental.

Referências

ABRAMOVAY, R.; MAGALHÃES, R. O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais. *Textos para discussão Fipe*, n. 6, p. 22, 2007.

ANP. Anuário Estatístico – 2020. Disponível em: Publicações - Português (Brasil) (www.gov.br).

AJANOVIC, Amela. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? *Energy*, n. 36, v. 4, p. 2070-2076, 2011.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. Sistema Gerenciador de Séries Temporais. 2020. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

BARROS, G. S. de C. *et al.* Agronegócio e Inflação. *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada*, v. 1, n. 1, jan. 2020.

BELIK, W. B.; CUNHA, A. R. A. de A.; COSTA, L. A. Crise dos alimentos e estratégias para a redução do desperdício no contexto de uma política de segurança alimentar e nutricional no Brasil. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 38, 2012.

BERNANKE, B. S. Alternative explanations of the money-income correlation. *NBER Working Paper*, n. 1842, 1986.

BINI, D. A.; CANEVER, M. D.; DENARDIM, A. A. Correlação e causalidade entre os preços de commodities e energia. *Nova Economia*, v. 25, n. 1, p. 143-160, 2015.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm. Acesso em: 20 dez. 2021.

BUSSE, S.; BRÜMMER, B.; IHLE, R. The pattern of integration between fossil fuel and vegetable oil markets: The case of biodiesel in Germany. *Agricultural and Applied Economics Association*, 2010b.

CNPE. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. Resolução CNPE Nº 16, de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Disponível em: resolucao_16_cnpe_29-10-18.pdf (www.gov.br). Acesso: 10 mar. 2021.

CNPE. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. Resolução CNPE Nº 7, de 20 de outubro de 2021. Institui o Programa Combustível do Futuro, cria o Comitê Técnico Combustível do Futuro e dá outras providências. Disponível em: <https://www.lex.com.br/legislacao-resolucao-cnpe-no-7-20-abril-2021/745>. Acesso: 10 mar. 2021.

DUTRA, R. C. D. *et al.* A Evolução dos Preços do Diesel e do Biodiesel no Brasil: Consequências econômicas da alteração da mistura obrigatória. 2014. *Anais da Rio Oil & Gas Expo and Conference*, 2014.

DUTRA, R. C. D.; CARPIO, L. G. T. Biodiesel auctions in Brazil: Symmetry of bids and informational paradigm. *Renewable and Sustainable Energy Review*, p. 110418, 2020.

EBADIAN, M.; VAN DYK, S.; McMILLAN, J. D.; SADDLER, Jack. Biofuels policies that have encouraged their production and use: An international perspective. *Energy Policy*, 147, 2020.

ELLIOT, G.; ROTHENBERG, T. J.; STOCK, J. H. Efficient test for an autoregressive unit root. *Econometrica*, v. 64, n. 4, p. 813-836, 1996.

ENDERS, W. *Applied Econometric time series*. Nova Iorque: Willey, 2009.

FERNANDEZ-PEREZ, A.; FRIJNS, B.; TOURANI-RAD, A. Contemporaneous interactions among fuel, biofuel and agricultural commodities. *Energy Economics*, v. 58, p. 1-10, 2016.

GILBERT, C. L. Como entender os altos preços dos alimentos. *Journal of Agricultural Economics*, v. 61, n. 2, p. 398-425, 2010.

HUNSBERGER, C.; GERMAN, L.; GOETZ, A. “Unbundling” the biofuel promise: Querying the ability of liquid biofuels to deliver on socio-economic policy expectations. *Energy Policy*, v. 108, p. 791-805, 2017.

GUILHOTO, J. *et al.* Impactos socioeconômicos da indústria de biodiesel no Brasil. *Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (APROBIO)*. São Paulo: Fipe, 2012.

HODRICK, R. J.; PRESCOTT, E. C. Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*, v. 29, n.1, p. 1-16, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor – SNIPC. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/snipc>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

IPEADATA. 2020. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br/> >. Acesso em: 20 jan. 2021.

JANDA, K.; KRIŠTOUFEK, L. The relationship between fuel, biofuel and food prices: Methods and outcomes. Charles University in Prague, Institute of Economic Studies (IES). *IES Working Paper*, n. 32, Prague 2018.

JOHANSEN, S. Modelling of cointegration in the vector autoregressive model. *Economic Modelling*, 17 (2000), p. 359-373, 2000.

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

KOIZUMI, T. Biofuels and food security. *Renewable and Sustainable Energy Review*, n. 52, p. 829-841, 2015.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P. C. B.; SCHMIDT, P.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationary against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, v. 54, 1992.

LEITE, R. C. de C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. *Novos Estudos CEBRAP*, n. 78, p. 15-21, 2007.

MA, F.; HANNA, M. A. Produção de biodiesel: uma revisão. *Tecnologia bioresource*, v. 70, n. 1, p. 1-15, 1999.

MADDALA, G. S.; KIM, I. M. *Units Roots, Cointegration and Structural Change*. Cambridge: MacGraw-Hill, 1998. 505 p.

MARGARIDO, M. A.; BUENO, C. R. F.; TUROLLA, F. A. Análise da transmissão de preços e das volatilidades nos mercados internacionais de petróleo e soja. *Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural*. 2011.

MATTEI, L. Programa nacional para produção e uso do biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e desafios. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 41, n. 4, p. 731-740, 2010.

MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instrução Normativa nº 2, de 28 de setembro de 2005. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao selo combustível social. Brasília, 2005.

NAZLIOGLU, S.; ERDEM, C.; SOYTAS, U. Volatility spillover between oil and agricultural commodity markets. *Energy Economics*, v. 36, p. 658-665, 2013.

PADULA, A. D. *et al.* The emergence of the biodiesel industry in Brazil: Current figures and future prospects. *Energy Policy*, v. 44, p. 395-405, 2012.

PAULILLO, L. F. *et al.* Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis? *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 45, n. 3, p. 531-565, 2007.

PERSSON, U. M. The impact of biofuel demand on agricultural commodity prices: a systematic review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, v. 4, n. 5, p. 410-428, 2015.

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

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. da. *Formação do mercado de biodiesel no Brasil*. Rio de Janeiro: BNDES, 2007.

REIS, E. H. S. do; FERREIRA JUNIOR, R. R.; SILVA, A. D. B. da. Regime de metas de inflação do Brasil: A influência das expectativas inflacionárias. *Economia Aplicada*, v. 24, n. 3, 2020,

SAGHAIAN, S. H. The impact of the oil sector on commodity prices: correlation or causation? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, v. 42, n. 1379, p. 477-485, 2010.

SAMPAIO, R. M.; BONACELLI, M. B. M. Capacidades Estatais e Programas de Promoção dos Biocombustíveis no Brasil. *Revista Gestão & Conexões*, v. 7, n. 1, p. 137-160, 2018.

SERRA, T.; ZILBERMAN, D. Biofuel-related price transmission literature: A review. *Energy Economics*, v. 37, p. 141-151, 2013.

SERRA, T.; ZILBERMAN, D.; GIL, J. Price volatility in ethanol markets. *European Review of Agricultural Economics*, v. 38, n. 2, p. 259-280, 2011.

SHRESTHA, D. S.; STAAB, B. D.; DUFFIELD, J. A. Biofuel impact on food prices index and land use change. *Biomass and Bioenergy*, v. 124, p. 43-53, 2019.

SILVA, J. A. da. Avaliação do programa nacional de produção e uso do biodiesel no Brasil–PNPB. *Revista de Política Agrícola*, v. 22, n. 3, p. 18-31, 2013.

SIMS, Christopher A. Are forecasting models usable for policy analysis? *Quarterly Review*, n. 1, v. 10, 1986.

SIMS, C A. Macroeconomic and Reality. *Econometrica*, n. 48, v.1, 1980.

SORDA, G.; BANSE, M.; KEMFERT, C. An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*, v. 38, n. 11, p. 6977-6988, 2010.

VIDAL, M. de F. Produção e uso de biocombustíveis no Brasil. *Caderno Setorial ETENE*, n. 74, p. 1-13, 2019.