



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO RURAL

**ENSAIOS SOBRE OS MERCADOS DE ETANOL E
GASOLINA - UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE SVAR**

LUANA VANESSA SILVEIRA RODRIGUES

RECIFE, ABRIL/2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO RURAL

**ENSAIOS SOBRE OS MERCADOS DE ETANOL E
GASOLINA - UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE SVAR**

LUANA VANESSA SILVEIRA RODRIGUES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural como exigência parcial à obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. André de Souza Melo, DSc

RECIFE, ABRIL/2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO RURAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DE

Luana Vanessa Silveira Rodrigues

***ENSAIOS SOBRE OS MERCADOS DE ETANOL E GASOLINA - UMA ANÁLISE
ATRAVÉS DE SVAR***

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato **Luana Vanessa Silveira Rodrigues**

Orientador:

Prof. André, de Souza Melo, DSc
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:

Prof. Leonardo Ferraz Xavier, DSc
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Yony de Sá Barreto Sampaio, DSc
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela dádiva da vida. Agradeço a minha família pelo amor e apoio durante toda minha caminhada, em especial aos meus pais, sou eternamente grata por sempre acreditarem e por fazerem o impossível e possível para que eu realize meus sonhos. Agradeço aos meus sobrinhos, principalmente Anthony e Maria, que mesmo não entendendo a importância de um mestrado, e dos esforços que se fazem necessário para estar aqui, sempre me abençoaram com o seu amor, com o sorriso sincero e um abraço cheio de saudades.

Agradeço também aos meus amigos, que mesmo longe sempre me deram suporte nas horas boas e ruins, especialmente Raquel, Luisa e André. Agradeço a Taylan por todo amor, amizade e amparo durante essa jornada, sem ela os dias seriam menos alegres e a caminhada seria mais dura. Ainda, agradeço a sua família por todo suporte, amor e cafés. Agradeço aos amigos que conheci durante o mestrado, em especial João, Sebá, Mayara, Murilo, Natália, Alê, Ana, Amanda e demais, por todas as horas que passamos juntos e pelos desafios aqui superados, meu muito obrigada!

Aos professores deste programa de Pós-Graduação e também a tia Mauriceia e a Luisa por todo apoio dado durante esse tempo, deixo aqui meu agradecimento. Ao professor André Melo, meu orientador, minha gratidão pelos ensinamentos, paciência e pelas conversas animadas durante a orientação. A Capes pelo auxílio financeiro durante o desenvolver do mestrado, agradeço. A todos que direta ou indiretamente contribuíram em toda minha jornada acadêmica, obrigada!

“Ninguém que é curioso é idiota. As pessoas que não fazem perguntas permanecem ignorantes para o resto de suas vidas.”

Neil DeGrasse Tyson

RESUMO

Esse estudo é dividido em dois ensaios sobre o nexos etanol-gasolina e sobre as flutuações de preços da gasolina C. O primeiro analisa como o mercado da gasolina reage a choques de oferta e demanda do etanol hidratado. Esse estudo é motivado pelo papel que o etanol hidratado exerce no mercado de combustíveis e pela lacuna apontada pela literatura no que tange à modelagem de séries temporais que capturem o efeito dinâmico de choques distintos do mercado de etanol sobre o da gasolina. Sendo assim, estimou-se um modelo de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR), projetado para captar as diferentes dinâmicas e as interações entre os setores. A principal descoberta foi a de que choques de demanda por etanol, impulsionados por alterações de políticas, são significativos no impacto da demanda e oferta de gasolina no Brasil. Por sua vez, choques de oferta de etanol, motivados por menores custos de produção, não desempenham papel significativo no mercado de gasolina, em detrimento dos choques de demanda.

O segundo ensaio analisa como as flutuações de preço da gasolina reagem a choques de demanda e oferta específicos desse mercado, bem como ao preço do petróleo e a variáveis econômicas. Também, verifica como a contenção de preços entre 2011 e 2015 afetou o preço da gasolina. A motivação deste estudo se dá pelo papel que a gasolina exerce no país - sobretudo por ser uma variável importante em termos de política econômica para o governo -, sendo a análise desenvolvida por meio de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR). O resultado evidenciou o controle dos preços por parte do governo a fim de conter pressões inflacionárias no curto e no longo prazo, e que a atividade econômica e a demanda por gasolina exercem impacto nos preços no curto prazo. Isso indica que a gasolina segue comportamento do índice de preços, não refletindo completamente as forças desse mercado.

Palavras-chave: Etanol. Gasolina. Choques de Demanda. Choques de Oferta. Preço da Gasolina. SVAR.

ABSTRACT

This study is divided into two essays on the ethanol-gasoline nexus and on the price fluctuations of gasoline C. The first one analyzes how the gasoline market reacts to shocks of supply and demand of hydrated ethanol. This study is motivated by the role of hydrated ethanol in the fuel market and by the literature gap regarding the modeling of time series that capture the dynamic effect of different shocks from the ethanol market over that of gasoline. Therefore, it was estimated a Structural Autoregressive Vectors model, designed to capture the different dynamics and interactions between the sectors. The main finding was that demand shocks for ethanol, driven by policy changes, are significant in the impact of demand and supply of gasoline in Brazil. Therefore, supply shocks to ethanol, driven by lower production costs, do not play a significant role in the gasoline market, to the detriment of demand shocks.

The second essay examines how gasoline price fluctuations react to market demand and supply shocks, as well as oil prices and economic variables. Also, it verifies how the price containment between 2011 and 2015 affected the price of gasoline. The motivation of this study is due to the role that gasoline plays in Brazil - mainly because it is an important variable in terms of economic policy for the government -, and the analysis is developed through Authors' Structural Autoregressive Vectors (SVAR). The result evidenced government control of prices in order to contain inflationary pressures in the short and long term, and that economic activity and demand for gasoline have an impact on prices in the short term. This indicates that the gasoline follows behavior of the price index, not reflecting the forces of that market.

Keywords: Ethanol. Gasoline. Demand Shocks. Supply shocks. Gasoline Prices. SVAR.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| ENSAIO 1 – CHOQUES DE OFERTA E DEMANDA POR ETANOL IMPACTAM O MERCADO DA GASOLINA? UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE SVAR | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 13 |
| 3. METODOLOGIA | 16 |
| 4. RESULTADOS..... | 19 |
| 5. CONCLUSÕES | 29 |
| REFERÊNCIAS..... | 31 |
| | |
| ENSAIO 2 – ANÁLISE DAS OSCILAÇÕES DE PREÇOS DA GASOLINA NO BRASIL | 34 |
| 1. INTRODUÇÃO | 34 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 36 |
| 3. METODOLOGIA | 40 |
| 4. RESULTADOS..... | 43 |
| 5. CONCLUSÕES | 51 |
| REFERÊNCIAS..... | 53 |
| | |
| ANEXO A..... | 56 |
| | |
| ANEXO B..... | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1: Choques estruturais relacionados aos mercados | 23 |
| Figura 2: Resposta da Produção de Gasolina a choques advindos do mercado de etanol | 24 |
| Figura 3: Resposta dos preços da gasolina a choques advindos do mercado de etanol..... | 24 |
| Figura 4: Resposta da demanda por gasolina a choques advindos do mercado de etanol | 25 |
| Figura 5: Variação percentual mensal dos preços da gasolina C e Petróleo Brent | 35 |
| Figura 6: Choques estruturais relacionados ao Brent, Câmbio, Indústria, Inflação, Demanda e Oferta de Gasolina e Preço | 47 |
| Figura 7: Resposta do Preços a Choques do Petróleo Internacional e Câmbio | 48 |
| Figura 8: Resposta do Preços a Choques de Inflação e Atividade Econômica. | 48 |
| Figura 10: Resposta do Preço a Choques de Demanda e Oferta de Gasolina... | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1: Informações sobre as variáveis do modelo | 19 |
| Tabela 2: Testes de raiz unitária e estacionariedade das variáveis (com tendência e intercepto)..... | 20 |
| Tabela 3: Resultado defasagem ótima do VAR | 21 |
| Tabela 4: Raízes inversas do polinômio AR | 21 |
| Tabela 5: Contribuição percentual de cada choque na variação da Oferta de Gasolina..... | 26 |
| Tabela 6: Contribuição percentual de cada choque na variação dos preços reais da gasolina | 27 |
| Tabela 7: Contribuição percentual de cada choque na variação da demanda por gasolina..... | 28 |
| Tabela 8: Variáveis do modelo | 42 |
| Tabela 9: Testes de raiz unitária e estacionariedade das variáveis (com tendência e intercepto)..... | 43 |
| Tabela 10: Seleção de defasagem ótima do modelo | 44 |
| Tabela 11: Raízes inversas do polinômio AR – VAR (2) | 45 |
| Tabela 12: Decomposição da variância dos preços da gasolina | 50 |
| Tabela 13: Estimação do modelo SVAR do ensaio: “CHOQUES DE OFERTA E DEMANDA POR ETANOL IMPACTAM O MERCADO DA GASOLINA? – UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE SVAR” | 56 |
| Tabela 14: Estimação do modelo SVAR do ensaio: “ANÁLISE DAS OSCILAÇÕES DE PREÇOS DA GASOLINA NO BRASIL” | 58 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| VAR | Vetores Autorregressivos |
| SVAR | Vetores Autorregressivos Estruturais |
| ANP | Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| RFA | RENEWABLE FUELS ASSOCIATION |
| OPEP | Organização dos Países Exportadores de Petróleo |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| ADF | Dickey Fuller Ampliado |
| PP | Phillips-Perron |
| KPSS | Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin |

ENSAIO 1 – CHOQUES DE OFERTA E DEMANDA POR ETANOL IMPACTAM O MERCADO DA GASOLINA? UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE SVAR

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 1970, com o primeiro choque do petróleo e o surgimento do Proálcool, a produção de etanol foi estimulada como meio de atenuar a dependência nacional no uso da gasolina. Essa estratégia foi operacionalizada a partir da imposição de mistura de álcool anidro à gasolina e, posteriormente, pelo aumento da quantidade de veículos que utilizam os dois tipos de combustível, conhecidos como *flex fuel* - inseridos no mercado a partir de 2003 - que possibilitaram livre escolha entre os dois combustíveis na hora de abastecer. Nesse contexto, o etanol passa a se relacionar com a gasolina como bem substituto e/ou complementar (DUTTA, 2018; LAURINI, 2017; BENTIVOGLIO ET AL. 2016; MELO & SAMPAIO, 2014, 2016; FREITAS & KANEKO, 2011).

Aliando o sucesso do Proálcool à maior preocupação com as questões ambientais, o Brasil se destacou na produção desse biocombustível e alcançou diferencial competitivo. Atualmente, o país é o principal produtor de açúcar e o segundo maior de etanol, sendo responsável, no ano de 2017, por 27% do total mundial, perdendo apenas para os Estados Unidos, que possui 58% da fatia (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION, 2018).

O país é também um dos maiores consumidores do etanol (RFA, 2018). Em 2017, os veículos *flex* representaram quase 63% da frota total (Sindipeças, 2018) e consumiram cerca de 13,6 bilhões de litros desse biocombustível (NOVACANA, 2018).

Dada a importância do setor no âmbito mundial e nacional, vários estudos abordaram as relações entre os mercados de combustível fóssil, etanol e açúcar (LAURINI, 2017; BENTIVOGLIO ET AL., 2016; MELO E SAMPAIO 2014, 2016; ARCHER E SZKLO, 2016, BALCOMBE E RAPSOMANIKIS, 2008) e sugerem que essas relações seguem do petróleo/gasolina para o açúcar e do açúcar para o etanol.

Entretanto, outros trabalhos apontam que o biocombustível influencia o mercado de petróleo e gasolina. Nesse sentido, Barros e Szklo (2015) apontam que a incerteza inerente ao suprimento de etanol é capaz de levar a oscilações na demanda

por gasolina, pois um choque de oferta do biocombustível pode submeter a indústria de petróleo a aumentar sua produção ou importar maiores volumes.

Por outro lado, McPhail (2011) e McPhail e Babcock (2012) sugerem que as políticas relacionadas aos biocombustíveis (a exemplo da imposição de mistura à gasolina e de subsídios ao setor) impactam o mercado de petróleo bruto e gasolina, ainda que choques de oferta não possuem importância relativa na explicação das flutuações dos preços do petróleo e da gasolina.

Nesse sentido, Kilian (2010) e McPhail (2011) ressaltam a importância de diferenciar choques de oferta e demanda, uma vez que as forças motrizes que os causam diferem e os seus impactos podem ser discrepantes em magnitude e persistência na qual afetam os demais mercados.

Logo, fazendo uso do arcabouço teórico e metodológico lançado por esses autores, e utilizando de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR), esse estudo se dispõe a responder a seguinte questão: choques de oferta e demanda por etanol hidratado impactam o mercado da gasolina? A contribuição da pesquisa à literatura nacional reside em: sugerir um modelo que seja capaz de captar as repostas dinâmicas desses setores a mudanças na oferta e na demanda por biocombustíveis; e aplicar o método de VAR Estrutural, a fim de explorar o nexos entre esses mercados no âmbito nacional.

As próximas sessões expõem a literatura nacional e internacional sobre o tema e, posteriormente, são tratados os aspectos metodológicos do modelo e a base de dados empregada na análise. Em seguida, explicitam-se os resultados das estimações do SVAR e são tecidos comentários acerca do modelo. Por fim, na última seção, são apresentadas as conclusões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura internacional, são recorrentes estudos que apontam relações entre os mercados de biocombustíveis e combustível fóssil. Nesse sentido, Du e Hayes (2009) verificam como o aumento da produção de etanol norte-americano impacta os preços da gasolina no atacado e varejo. A análise utilizou dados em painel para cada região do país e encontrou que o aumento da oferta de etanol reduz as margens de

lucro das refinarias de petróleo, pois os preços da gasolina são menores - resultado do incremento da oferta de biocombustível.

McPhail (2011) segue linha parecida aos autores anteriores e desenvolve um modelo para examinar se o mercado de etanol dos EUA impacta os mercados globais de petróleo. Para tanto, utiliza VAR Estrutural e decompõe os efeitos de choques distintos de demanda e oferta nesses mercados. A hipótese central é de que a demanda pelo biocombustível sofre influências das políticas de apoio ao setor; enquanto os choques de oferta são explicados por mudanças no preço do insumo. Os resultados evidenciam que choques de demanda por etanol proveniente de alterações nas políticas para o setor provocam distúrbios de longo prazo no mercado de combustíveis fósseis; contudo, choques de oferta não causam o mesmo efeito.

A análise de Du e Carriquiry (2013), por sua vez, tem foco na dinâmica dos preços relativos do etanol e da gasolina. Eles estimam um modelo de ajuste parcial, considerando o aumento da frota de veículos *flex-fuel* no Brasil. Os resultados mostram que, quando os consumidores têm o poder de escolha entre os combustíveis, os preços do etanol e da gasolina convergem no longo prazo. Além disso, eles observam que a oferta e demanda determinam as dinâmicas dos preços nos dois setores. Porém, o impacto de choques de demanda advindos do aumento das exportações de etanol depende do tamanho da frota de veículos *flex*.

Koto (2015) pesquisa como os preços do etanol, gasolina e gás natural são cointegrados, utilizando um modelo não linear. Descobre-se que existe causalidade bidirecional entre as variáveis e que choques no etanol repercutem de forma duradoura sobre os preços da gasolina; porém, choques correspondentes à gasolina não persistem com mesma intensidade.

Ainda buscando investigar as relações entre esses mercados, Chiu et al. (2016) encontram que o aumento do consumo de álcool em 1% reduziria o preço do petróleo em 6% nos EUA. Já Natanelov et al. (2013) também ressaltam que existe uma forte relação entre o petróleo bruto e o etanol nos EUA. Nesse mesmo contexto, Debnath et al. (2017) simulam como os preços mais altos do petróleo impactam na demanda por etanol e os resultados indicam que a demanda pelo biocombustível aumenta nesse cenário. Complementarmente, Fernandez-Perez et al. (2016) destacam que os efeitos contemporâneos vão depender do nível de preços do petróleo bruto - quanto maior o preço do petróleo, mais forte o impacto.

Na literatura nacional, por seu turno, diversos estudos analisam a dinâmica açúcar-etanol-gasolina. Bentivoglio et al. (2016) estimam essas relações e os resultados sugerem que os preços do etanol sofrem impactos dos preços dos alimentos e dos combustíveis. Já Melo e Sampaio (2014, 2016) encontram que o preço do biocombustível é afetado pelos preços do açúcar e da gasolina; entretanto, com o aumento do preço da gasolina, a demanda por etanol tende a aumentar.

Outras pesquisas inserem na análise alguns fatores externos, como a de Archer e Szklo (2016), que relaciona a produção interna de etanol com o fornecimento de gasolina nos Estados Unidos. Os autores mostram que, a partir de 2010, com a política de preços do combustível fóssil no Brasil, a indústria de biocombustível foi afetada pela menor competitividade do açúcar.

Em consonância com tais resultados, Laurini (2017) se debruça sobre a dinâmica da razão preço etanol/gasolina no país e observa que a eliminação da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE – Combustível) e controle dos preços da gasolina impactaram negativamente o setor, causando a redução da produção de etanol.

Seguindo a temática de abordar políticas e simular seus impactos nos mercados de gasolina e etanol, Moncada et al. (2018) exploram opções de políticas que proporcionem aumento da produção e do consumo do biocombustível. A abordagem que utilizam é baseada em agentes e o principal resultado da pesquisa é de que elevações de imposto sobre a gasolina aumentariam a capacidade de processar cana-de-açúcar. Além disso, sugerem que impostos acima de R\$ 1,23/L para a gasolina, em um cenário de isenção fiscal para o etanol hidratado, levariam a aumentos de 100% na produção desse bem.

Os resultados encontrados por Balcombe e Rapsomanikis (2008) são corroborados por Silva e Almeida (2010) e Finco e Bacchi (2016). Esses trabalhos apontam a influência do mercado de combustíveis fósseis no mercado interno sucroalcooleiro, sugerindo que as relações de causalidade seguem do petróleo para o açúcar e deste para o etanol. Tal fato é explicado porque o etanol brasileiro é feito a partir da cana-de-açúcar, mesma matéria prima do açúcar. Essas deliberações vão de encontro aos achados por Chen et al. (2015), que indicam que o preço do petróleo não possui relação de longo prazo com o mercado sucroalcooleiro.

Ainda que a literatura sobre o tema estabeleça associações de correlação e causalidade entre os mercados de petróleo bruto, gasolina e etanol, os modelos não

explicitam conjuntamente as interações entre oferta e demanda nesse mercado. Além disso, os estudos voltados ao Brasil que abarcam essas questões não são desenvolvidos através de séries temporais.

Sendo assim, a contribuição deste trabalho à literatura está na proposição de um modelo que capte as inter-relações entre os mercados de etanol e gasolina, a partir de choques de demanda e oferta. Para tanto, utiliza-se um modelo de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR).

3. METODOLOGIA

No intuito de analisar os efeitos de choques de demanda e oferta por etanol no mercado da gasolina, utiliza-se a estratégia sugerida por McPhail (2011), fazendo-se uso da metodologia de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR) para identificar as inter-relações entre os setores.

O modelo está estruturado de modo a fornecer estimativas dos impactos dos choques de oferta e demanda no mercado de gasolina. Para tanto, o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) é empregado. O VAR foi introduzido por Sims (1980) e examina relações lineares entre cada variável e os valores defasados dela própria e de todas as demais, impondo como restrições a estrutura da economia, bem como a escolha do conjunto relevante de variáveis e do número máximo de defasagens envolvidas nas relações entre elas. O VAR de ordem p pode ser descrito como:

$$Bx_t = \Gamma_0 + \sum_{i=1}^p \Gamma_1 x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Em que B é a matriz ($n \times n$) das restrições contemporâneas das variáveis que compõe o vetor x_t , Γ_0 é o vetor ($n \times 1$) dos parâmetros, Γ_1 é uma matriz ($n \times n$) dos parâmetros das variáveis defasadas e ε_t é o vetor colunas ($n \times 1$) dos distúrbios estruturais.

A equação (1) não pode ser estimada via MQO, pois o pressuposto de não-correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas é violado. Sendo assim, multiplica-se essa equação por sua matriz inversa B^{-1} , transformando o VAR padrão em um VAR estrutural, representado abaixo (ENDERS, 2004):

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Em que: $A_0 = B^{-1}\Gamma_0$; $A_1 = B^{-1}\Gamma_1$; $u_t = B^{-1}\varepsilon_t$; e $E[u_t' u_t] = (AA')^{-1}$, conhecido como a matriz de covariância dos resíduos na forma reduzida.

A equação (2) passa a não violar os pressupostos do MQO e pode ser estimada. Portanto, estima-se o VAR em sua forma reduzida e, posteriormente, os parâmetros são recuperados pela forma estrutural. A decomposição de Cholesky impõe restrições à forma estrutural para que os parâmetros possam ser recuperados. A primeira restrição supõe que os choques contemporâneos (ε_t) não são correlacionados, enquanto a segunda impõe que a primeira variável ordenada não seja afetada por choques contemporâneos das demais variáveis, mas os seus choques impactam nas demais.

Essas restrições tornam possível investigar os co-movimentos entre as variáveis por meio das funções de impulso-resposta e decomposição da variância, que são o objetivo principal do VAR (ENDERS, 2004).

Em consonância com a literatura que analisa o comportamento desses mercados, adota-se a estratégia de identificação recursiva e assume-se que algumas variáveis não responderão contemporaneamente a choques. Tais suposições são explicitadas a seguir:

$$\varepsilon_t = \begin{bmatrix} Prod^{GAS}_t \\ Pr^{GAS}_t \\ Dem^{GAS}_t \\ Prod^{ET}_t \\ Dem^{ET}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & 1 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Prod^{GAS_choque}_t \\ Pr^{GAS_choque}_t \\ Dem^{GAS_choque}_t \\ Prod^{ET_choque}_t \\ Dem^{ET_choque}_t \end{bmatrix} \quad (3)$$

A partir da equação (3), propõe-se que a ordem de entrada das variáveis no modelo esteja sujeita ao modelo econômico. A oferta de gasolina A ($Prod^{GAS}_t$) não responde contemporaneamente a choques das demais variáveis, por ser uma indústria de grande porte, menos ágil e, de acordo com o estudo de Barros (2014) sobre a defasagem de resposta dessa indústria a choques de demanda desse mercado, faz-se necessário supor que a produção do combustível leva ao menos um mês para responder a choques nas demais variáveis.

Em seguida entra o preço real da gasolina C¹ na bomba (Pr^{GAS}_t), assumindo-se que o preço é definido pelas refinarias. No caso do Brasil, este é definido pela Petrobras, maior produtor de gasolina A. A demanda por gasolina C (Dem^{GAS}_t), por outro lado, responde a choques contemporâneos do preço da gasolina, pressupondo-se que a demanda, dentro de um mês, é função apenas do preço bem.

Após as variáveis relativas ao mercado de gasolina, colocam-se as variáveis relacionados ao mercado de etanol. A produção de etanol hidratado $Prod^{ET}_t$ responde a choques contemporâneos do mercado da gasolina, tendo em vista que o produtor de etanol decide entre produzir o tipo anidro (complementar em relação à gasolina) e o hidratado (combustível substituto da gasolina). Por fim, entra a demanda por etanol hidratado (Dem^{ET}_t), respondendo contemporaneamente a todas variáveis do modelo.

Os choques explicitados na equação (3) são conceitualmente definidos e refletem mudanças nas curvas de oferta e demanda. Os choques relacionados à produção de etanol ($Prod^{ET_choque}_t$) refletem os custos de matéria prima (cana-de-açúcar), bem como a preferência entre produzir açúcar ou biocombustível. Já os choques de demanda por etanol ($Dem^{ET_choque}_t$) são definidos como mudanças nas políticas relacionadas ao setor, a exemplo de alterações na legislação, subsídios ao setor e impostos.

Sobre a base de dados, ressalta-se que a amostra tem periodicidade mensal e corresponde ao intervalo de julho de 2001 até setembro de 2018, em função do início das séries de preços disponíveis da gasolina C. A tabela abaixo traz informações sobre as fontes dos dados.

¹ A gasolina C é produzida a partir da mistura do Etanol Anidro (27%) e da Gasolina A (73%) (PETROBRAS, 2019).

Tabela 1: Informações sobre as variáveis do modelo

| Variável | Fonte |
|---|---|
| Produção Gasolina A (m ³) - $Prod^{GAS}$ | Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) |
| Preço Gasolina C (R\$/L) - Pr^{GAS} | ANP |
| Vendas Gasolina C (m ³) - Dem^{GAS} | ANP |
| Produção Etanol Hidratado (m ³) - $Prod^{ET}$ | Melo (2012) e ANP |
| Vendas Etanol Hidratado (m ³) - Dem^{ET} | ANP |

Fonte: Elaboração própria.

A série histórica da produção de etanol está disponível no site da ANP somente a partir do ano de 2012. Devido a isso, os dados utilizados por Melo (2012) foram cedidos a fim de completar a série entre julho de 2001 a dezembro de 2011. Todas as variáveis foram dessazonalizadas a partir do método Censo – X12 (desenvolvido por *United States Census Bureau*) e disponível no programa econométrico E-Views. Ademais, a séries de preço da gasolina C foi deflacionada a partir do índice geral de preços IGP-DI, calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Ressalta-se que o preço do etanol hidratado² não foi incluído porque, em sua estrutura de formação, estão inclusos a realização do produtor, PIS/Cofins e ICMS que recaem sobre o produtor e o distribuidor. Nesse caso, como as forças motrizes que impactam os choques de oferta e demanda de etanol já estão inseridas no modelo, o preço do etanol é implicitamente captado.

4. RESULTADOS

Antes da estimação do VAR Estrutural, testou-se a hipótese de estacionariedade das séries. Para tanto, foram aplicados o teste de raiz unitária de Dickey Fuller Ampliado (ADF) e o teste de Phillips-Perron, em que a hipótese nula dos dois é a existência de raiz unitária, apontando para uma série não estacionária. Ainda, aplicou-se o teste de estacionariedade KPSS, cuja hipótese nula não rejeita que a série seja estacionária. A tabela a seguir expõe tais resultados.

² Para detalhamento, ver ANP (2019) <http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrencia/precos/composicao-e-estruturas-de-formacao-dos-precos>

Tabela 2: Testes de raiz unitária e estacionariedade das variáveis (com tendência e intercepto)

| Variável | ADF (-3.41) | Lags | KPSS (0.146 – 5%) | Phillips-Perron (-5.08) |
|---------------------------|-------------|------|----------------------|----------------------------|
| <i>Prod^{GAS}</i> | -1.7760 | 2 | 0.1641 | -3.0713 |
| <i>Dem^{GAS}</i> | -0.5795 | 2 | 0.2095 | -1.7162 |
| <i>Pr^{GAS}</i> | -1.5630 | 0 | 0.2550 | -1.5559 |
| <i>Prod^{ET}</i> | -4.4032 | 1 | 0.2664 | -7.1851 |
| <i>Dem^{ET}</i> | -2.3200 | 0 | 0.1753 | -2.3281 |

Fonte: Elaboração própria.

Apesar de algumas variáveis presentes no modelo não serem identificadas como estacionárias, bem como foram encontrados resultados discrepantes entre os testes realizados, optou-se por estimar o modelo com as variáveis em nível, dado que a estimação em diferença impossibilitaria detectar efeitos de persistência nos choques (ENDERS, 2004).

Ainda, as variáveis estimadas foram expressas em logaritmo com exceção da série de preço, que foi transformada em desvio percentual médio, seguindo Kilian (2010). Ainda, foram consideradas variáveis *dummy* para captar a crise de 2008 e a inserção dos carros *flex-fuel*.

Após a etapa anterior, definiu-se a defasagem ótima do VAR por meio dos critérios de seleção de Akaike (AIC), Hanna-Quinn (HQ), Schwarz (SC) e *Final Prediction Error* (FPE). A Tabela 3 mostra os resultados desses testes.

Tabela 3: Resultado defasagem ótima do VAR

| Lag | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | 6.04e-10 | -7.037460 | -6.788348 | -6.936628 |
| 1 | 9.08e-13 | -13.53819 | -12.87390* | -13.26931 |
| 2 | 6.89e-13 | -13.81448 | -12.73500 | -13.37754 |
| 3 | 4.77e-13* | -14.18541* | -12.69074 | -13.58042* |
| 4 | 5.35e-13 | -14.07219 | -12.16234 | -13.29915 |
| 5 | 5.77e-13 | -14.00051 | -11.67547 | -13.05941 |
| 6 | 6.31e-13 | -13.91825 | -11.17803 | -12.80910 |
| 7 | 6.50e-13 | -13.89608 | -10.74067 | -12.61887 |
| 8 | 7.20e-13 | -13.80579 | -10.23519 | -12.36053 |

Fonte: Elaboração própria. * Indica a ordem de *lag* selecionado por cada critério.

A defasagem ótima é sempre aquela na qual o critério apresenta menor valor. Nesse caso, os resultados dos testes convergiram, em sua maioria, para a estimação do modelo VAR de ordem 3 – VAR (3). Para verificar a estabilidade do VAR estimado, são apresentadas as raízes inversas do polinômio AR característico.

Tabela 4: Raízes inversas do polinômio AR

| Raiz | Módulos |
|-----------------------|----------|
| 0.987243 | 0.987243 |
| 0.947526 | 0.947526 |
| 0.895765 | 0.895765 |
| -0.406140 - 0.654571i | 0.770333 |
| -0.406140 + 0.654571i | 0.770333 |
| 0.482598 - 0.371195i | 0.608840 |
| 0.482598 + 0.371195i | 0.608840 |
| -0.241684 - 0.551278i | 0.601929 |
| -0.241684 + 0.551278i | 0.601929 |
| 0.188470 - 0.539017i | 0.571017 |
| 0.188470 + 0.539017i | 0.571017 |
| 0.074507 - 0.429305i | 0.435722 |
| 0.074507 + 0.429305i | 0.435722 |
| -0.384518 - 0.024702i | 0.385310 |
| -0.384518 + 0.024702i | 0.385310 |

Fonte: Elaboração própria.

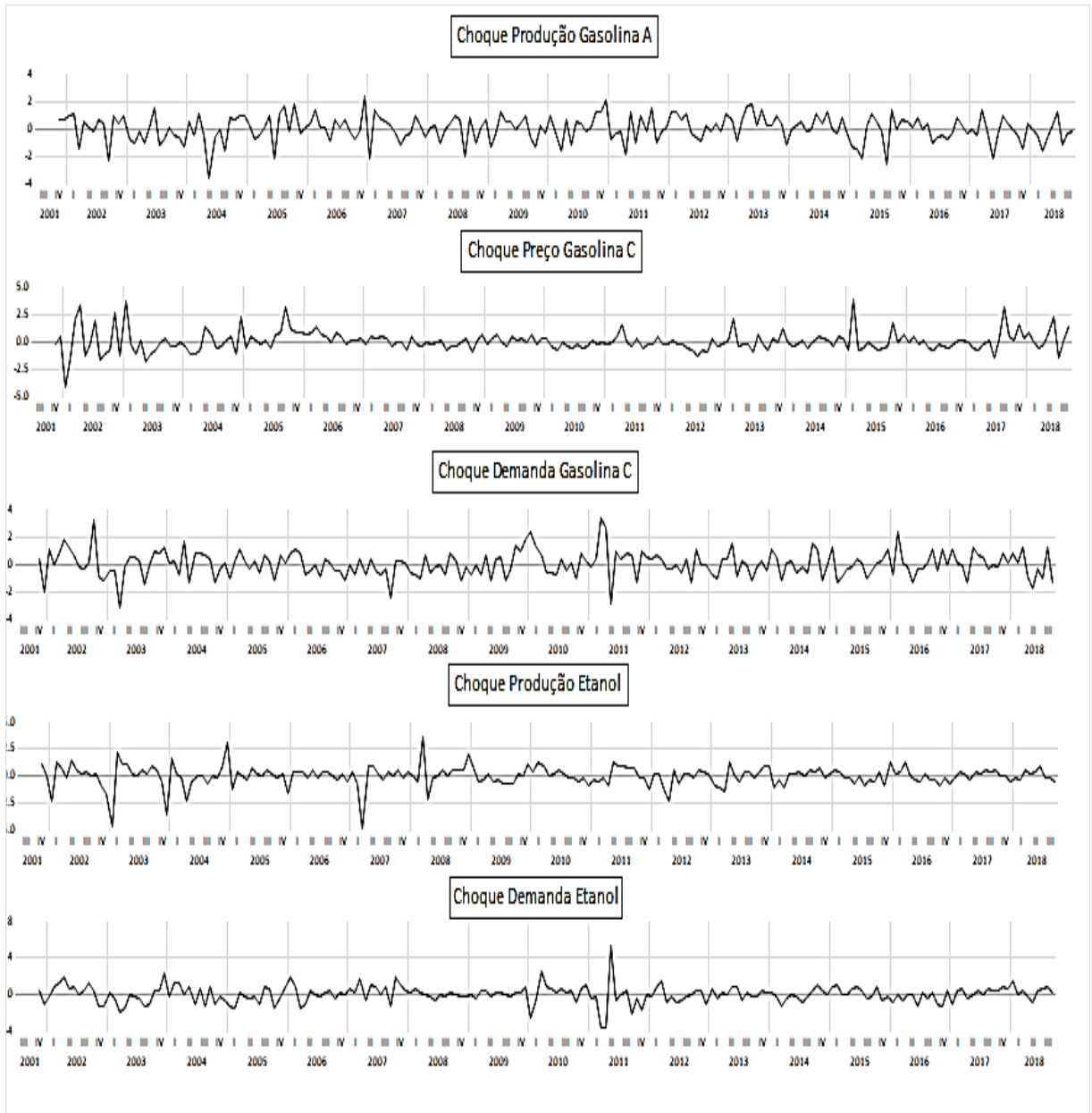
Para Lütkepohl (1991), o VAR estimado é estável se as raízes possuírem módulo menor que um e estiverem dentro do círculo unitário. Como os valores em módulo satisfazem essa condição, os resultados das funções impulso-resposta são válidas.

Antes da análise da função impulso-resposta, apresentam-se os choques estruturais relacionados a cada variável do modelo. Percebe-se na Figura 1 a presença de vários eventos, a exemplo do choque negativo no mercado da gasolina em 2004, entre outros.

Quanto aos choques de desvio do preço real da gasolina, explicitam os reajustes de preços que ocorreram em 2005. Já os choques ocorridos a partir de 2015 evidenciam a decisão do governo de diminuir a intervenção no mercado e repassar as oscilações dos preços internacionais do petróleo ao consumidor final.

O maior choque de demanda por gasolina ocorreu devido ao reaquecimento da economia em 2011 e início da política de represamento dos preços da gasolina por parte do governo, o que possivelmente foi refletido nos choques de demanda do etanol, pois o comportamento nesse período seguiu na direção contrária. Os choques de produção de etanol mais importantes, por sua vez, ocorreram em 2006 e 2008, explicados respectivamente pela quebra de safra e seca e, posteriormente, pelo aumento da produção de etanol para exportação, devido à crise econômica (COMTRADE, 2011).

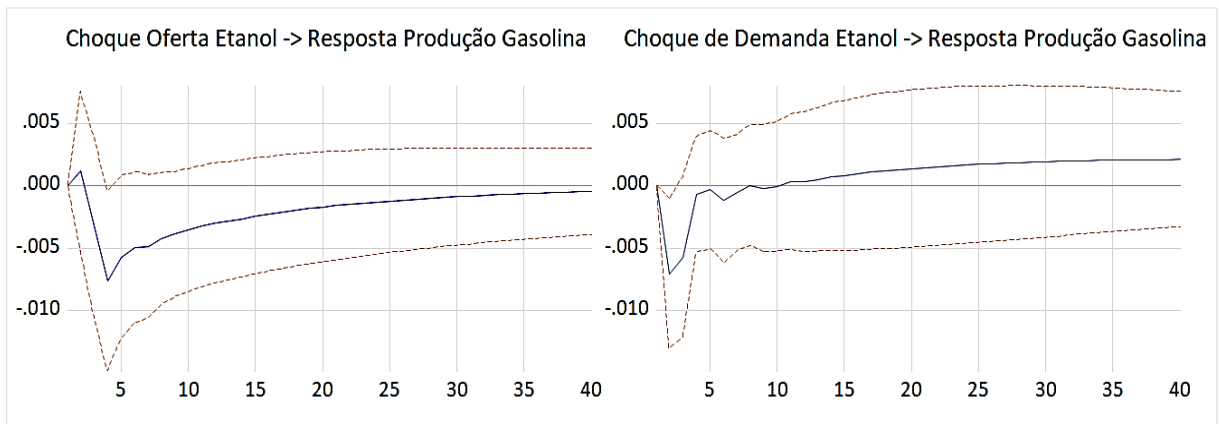
Figura 1: Choques estruturais relacionados aos mercados



Fonte: Elaboração própria.

Após apresentados os choques estruturais, examinam-se agora as respostas dinâmicas das variáveis relacionadas ao mercado de gasolina. A Figura 2 apresenta as respostas da oferta de etanol aos choques de oferta e demanda do mercado de etanol brasileiro para 40 períodos. Os resultados sugerem que o aumento da oferta de etanol, causado por custos de produção menores, não é significativo para impactar a produção de gasolina A. Porém, choques de demanda por etanol, impulsionados por políticas, são significativos e reduzem a produção de gasolina no curto prazo.

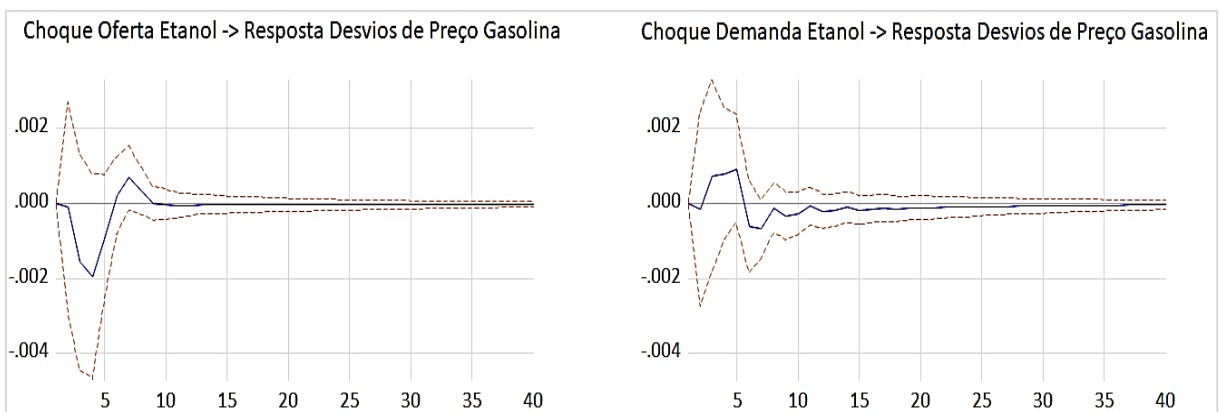
Figura 2: Resposta da Produção de Gasolina a choques advindos do mercado de etanol



Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos preços da gasolina, percebe-se, na Figura 3 abaixo, que choques provenientes do mercado de etanol não são significativos na dinâmica de preço da gasolina. Tal fato pode ser devido ao controle dos preços da gasolina por parte do governo, represamento que acabaria por não refletir claramente as condições do mercado de gasolina, bem como suas relações com o mercado de etanol (SOLOWIEJCZYK E COSTA, 2013; ALMEIDA, OLIVEIRA E LOSEKANN, 2015; COSTA E BURNQUIST, 2016).

Figura 3: Resposta dos preços da gasolina a choques advindos do mercado de etanol

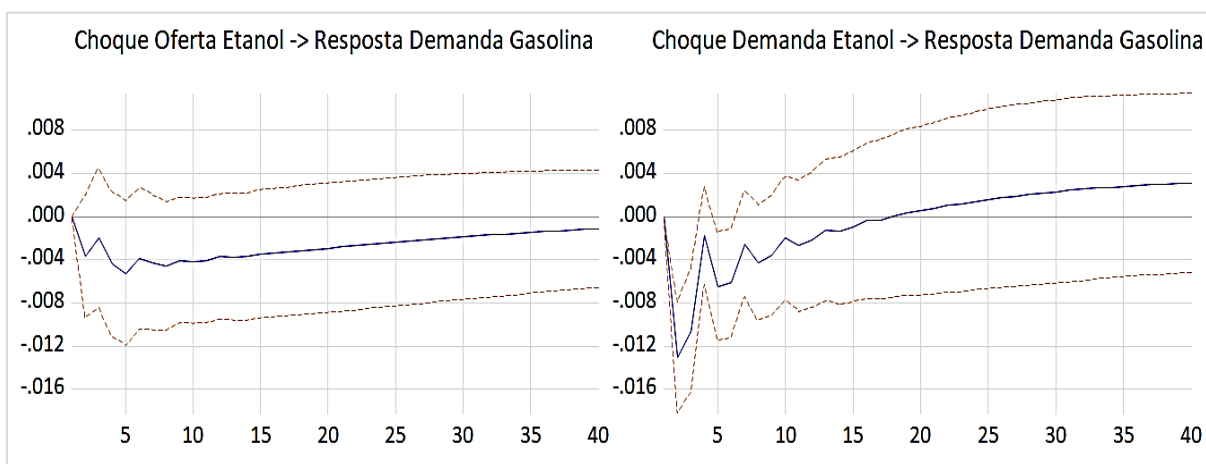


Fonte: Elaboração própria.

Quanto à resposta da demanda por gasolina a choques de demanda por etanol, observa-se na Figura 4 que esta é significativa no curto prazo. Porém, após quatro

meses os efeitos desses choques tornam-se nulos. Esses resultados são esperados, dado que a demanda por etanol e por gasolina é quase completamente composta por carros *flex-fuel*, cujos consumidores têm a possibilidade direta para arbitrar o consumo entre esses tipos de combustível na hora de abastecer. Frisa-se que as respostas diferentes advêm das distintas causas para esses dois choques.

Figura 4: Resposta da demanda por gasolina a choques advindos do mercado de etanol



Fonte: Elaboração própria.

Ainda, a estimação do VAR possibilita ver qual a importância de cada choque para explicar as flutuações das demais variáveis no curto e no longo prazo. Para tanto, calcula-se a decomposição da variância do erro de previsão. A Tabela 5 explicita que a variação da produção de gasolina é explicada em cerca de 80% por choques provenientes da própria variável, evidenciando natureza autorregressiva. Quanto à capacidade de explicação dos choques relacionados ao etanol, vê-se que seus impactos são distintos em magnitude, porém choques de demanda exercem maior importância relativa do que choques de oferta.

No longo prazo, o preço da gasolina e a demanda por etanol é que relativamente ajudam na previsão da oferta de gasolina. Tal fato corrobora a hipótese de que mudanças nas políticas que estimulam a demanda por etanol são mais importantes que mudanças nos preços das matérias primas.

Tabela 5: Contribuição percentual de cada choque na variação da Oferta de Gasolina

| Período | Choque de Oferta de Gasolina | Choque Desvio Preço Gasolina | Choque de Demanda de Gasolina | Choque de Oferta de Etanol | Choque de Demanda de Etanol |
|---------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 100,0000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| 2 | 92,93061 | 0,100636 | 5,725078 | 0,092939 | 1,150735 |
| 3 | 90,17613 | 1,007569 | 6,367423 | 0,227511 | 2,221365 |
| 4 | 89,17560 | 1,078223 | 5,352919 | 0,954594 | 3,438662 |
| 5 | 89,07325 | 1,027294 | 5,448359 | 0,922038 | 3,529063 |
| 6 | 87,56077 | 0,908099 | 4,788503 | 1,065779 | 5,676846 |
| 7 | 85,68088 | 2,631854 | 4,278109 | 0,957662 | 6,451494 |
| 8 | 85,65519 | 2,678407 | 4,364455 | 0,974254 | 6,327690 |
| 9 | 85,06176 | 3,514474 | 4,274962 | 1,002246 | 6,146559 |
| 10 | 83,56666 | 5,508861 | 4,120459 | 0,946388 | 5,857628 |
| 20 | 82,16506 | 7,831875 | 3,848950 | 0,857114 | 5,296996 |
| 30 | 81,83221 | 8,558403 | 3,490002 | 0,937025 | 5,182363 |
| 40 | 81,35758 | 8,146877 | 3,346440 | 0,898729 | 6,250376 |

Fonte: Elaboração própria.

A contribuição de cada choque nas flutuações dos preços reais da gasolina C é visto, por sua vez, na Tabela 6. Aqui, torna-se claro a autorregressividade dos preços, mas ressalta-se que no curto e no longo prazo, choques de demanda específicos do mercado de gasolina exercem maior influência nos preços do que a oferta de gasolina A. Além disso, choques de demanda de etanol são relativamente mais importantes que choques de oferta do biocombustível.

Tabela 6: Contribuição percentual de cada choque na variação dos preços reais da gasolina

| Período | Choque de Oferta de Gasolina | Choque Desvio Preço Gasolina | Choque de Demanda de Gasolina | Choque de Oferta de Etanol | Choque de Demanda de Etanol |
|---------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 3,027321 | 96,97268 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| 2 | 3,182181 | 86,03774 | 10,60003 | 0,000344 | 0,179712 |
| 3 | 3,150538 | 85,06862 | 10,47035 | 0,059864 | 1,250624 |
| 4 | 3,167721 | 83,97463 | 11,05226 | 0,080463 | 1,724920 |
| 5 | 3,491653 | 82,88245 | 11,48310 | 0,164459 | 1,978337 |
| 6 | 3,644247 | 82,14246 | 11,23392 | 0,170041 | 2,809339 |
| 7 | 3,607915 | 81,43970 | 11,10157 | 1,034810 | 2,816013 |
| 8 | 4,741432 | 80,36602 | 10,86332 | 1,199902 | 2,829320 |
| 9 | 4,961789 | 79,90889 | 10,92362 | 1,197652 | 3,008048 |
| 10 | 5,029626 | 79,37868 | 10,80359 | 1,803540 | 2,984564 |
| 20 | 6,999130 | 73,07029 | 14,05938 | 2,289676 | 3,581527 |
| 30 | 7,994816 | 71,50012 | 14,14477 | 2,304484 | 4,055818 |
| 40 | 8,203111 | 70,94043 | 14,28395 | 2,443558 | 4,128951 |

Fonte: Elaboração própria.

Partindo-se à análise das flutuações da demanda por gasolina, destaca-se que, nos primeiros dez períodos, os choques de demanda de etanol são os que mais contribuem na decomposição de sua variância, depois da influência da própria variável. Em seguida, contribuem o preço da gasolina e o da oferta do combustível fóssil, conforme mostra a Tabela 7. No longo prazo, a choques de produção são os que mais impactam a demanda da gasolina (33%), seguido de seu preço (28%) e da demanda de etanol (12%). Os resultados das decomposições das variâncias atestam a hipótese da importância que os choques de demanda de etanol exercem no mercado de gasolina brasileiro.

Tabela 7: Contribuição percentual de cada choque na variação da demanda por gasolina

| Período | Choque de Oferta de Gasolina | Choque de Desvio Preço Gasolina | Choque de Demanda de Gasolina | Choque de Oferta de Etanol | Choque de Demanda de Etanol |
|---------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1,787403 | 4,831516 | 93,38108 | 0,000000 | 0,000000 |
| 2 | 3,287601 | 6,446265 | 80,56150 | 0,648203 | 9,056431 |
| 3 | 3,605443 | 8,948609 | 75,89083 | 0,590191 | 10,96493 |
| 4 | 4,697878 | 10,26504 | 73,69309 | 1,318809 | 10,02519 |
| 5 | 6,668763 | 12,30673 | 68,16306 | 3,271880 | 9,589563 |
| 6 | 8,592956 | 13,42730 | 63,99480 | 3,955153 | 10,02980 |
| 7 | 11,84034 | 13,31965 | 59,60325 | 3,607154 | 11,62961 |
| 8 | 14,43421 | 14,48056 | 55,06859 | 3,938962 | 12,07767 |
| 9 | 16,04078 | 18,22599 | 49,98992 | 4,017821 | 11,72549 |
| 10 | 16,00350 | 21,19010 | 47,47702 | 3,715315 | 11,61406 |
| 20 | 19,61995 | 33,43712 | 32,13837 | 3,263767 | 11,54079 |
| 30 | 26,60757 | 32,89452 | 26,99973 | 2,951147 | 10,54703 |
| 40 | 33,25194 | 28,45539 | 23,03070 | 2,575904 | 12,68606 |

Fonte: Elaboração própria.

Em suma, os resultados sugerem que choques de demanda por etanol, influenciados por políticas, geram efeitos no mercado da gasolina. Já a expansão da oferta de etanol, portanto, custos de produção menores, que podem ser resultados de um menor preço da cana-de-açúcar, não desempenham grandes influências na demanda e na oferta de gasolina. Os resultados aqui encontrados vão de encontro a Du e Hayes (2009), a Barros (2014) e a Barros e Szkalo (2014), que encontraram que choques de oferta são capazes de atingir o mercado da gasolina. Porém, é necessário frisar que esses estudos possuem limitações quanto à diferenciação das forças motrizes desses choques.

Nesse sentido, Kilian (2010), McPhail (2011) e McPhail e Babcock (2012) recomendam que é necessário distinguir tais choques nos mercados do etanol e da gasolina. Os resultados aqui encontrados corroboram que as forças causadoras de oscilações desses choques são distintas e causam respostas diferentes em

magnitude, persistência e padrão. Novamente, as políticas relacionadas à demanda de etanol são significativas e causam flutuações no mercado da gasolina.

5. CONCLUSÕES

Esse estudo utiliza um modelo de Vetores Autorregressivos Estruturais com a finalidade de estudar como choques diversos relacionados ao mercado do etanol hidratado impactam no mercado da gasolina. A abordagem SVAR é utilizada porque permite analisar todos os impactos como endógenos, impondo apenas um modelo econômico para captar os movimentos contemporâneos das variáveis.

A hipótese que norteia o trabalho é a de que choques relacionados à demanda de etanol, bem como causados por alterações na curva de demanda devido a mudanças nas políticas relacionadas ao setor, impactam o mercado da gasolina em detrimento dos choques de oferta relacionados a alterações no custo da cana-de-açúcar (principal insumo do etanol hidratado).

Os resultados da estimação do SVAR de ordem 3 confirmam a hipótese de que choques causados por alterações no mercado de etanol hidratado são significativos, apesar de pequenos, o que é justificado pelo tamanho do mercado do etanol em relação ao mercado da gasolina (o consumo de etanol hidratado é quase quatro vezes menor que o de gasolina C)³, seja pelo lado da oferta ou demanda. Ademais, salienta-se que as políticas relacionadas a reduzir a dependência de energia de combustível fóssil devem considerar a oferta e a demanda de etanol hidratado conjuntamente.

É evidente que o trabalho possui limitações, a exemplo da não inserção das variáveis relacionadas ao açúcar, já comprovado na literatura seus efeitos sobre a oferta de etanol. Justifica-se a omissão pois a inserção dessa variável dificultaria a distinção dos efeitos de choques de oferta do etanol no mercado de gasolina. Além disso, a própria oferta de etanol, implicitamente, carrega consigo o *trade-off* o qual incorre o produtor.

Por fim, sugere-se que os próximos trabalhos possam inserir em seu escopo as diferenças nos tributos estaduais que incidem sobre o preço do etanol hidratado e da gasolina. Por exemplo, em São Paulo (maior produtor e consumidor de etanol

³ ANP (2018), disponível em: <http://www.anp.gov.br/palestra/4335-seminario-de-avaliacao-de-combustiveis>

hidratado), o ICMS do etanol equivale a R\$/L 0,315, enquanto o da gasolina é de R\$/L 1,102. Já em Pernambuco (maior produtor de etanol hidratado no Nordeste)⁴, o ICMS incidente do etanol é de R\$/L 0,803, e para a gasolina equivale a R\$/L 1,316. Essas estruturas de diferentes alíquotas e considerando as diferentes curvas de demanda, possivelmente provocariam efeitos distintos a depender da região e de suas características.

⁴ A Fecombustíveis disponibiliza a estrutura de alíquotas em cada estado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. L. F.; OLIVEIRA, P. V. ; LOSEKANN, L. Impactos da contenção dos preços de combustíveis no Brasil e opções de mecanismos de precificação. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 35, n. 3, p. 531-556, 2015.

ARCHER, M.; SZKLO, A. Can increasing gasoline supply in the United States affect ethanol production in Brazil? **Renewable Energy**, v. 95, p. 586-596, 2016.

BALCOMBE, K.; RAPSOMANIKIS, G. Bayesian estimation and selection of nonlinear vector error correction models: the case of the sugar-ethanol-oil nexus in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 90, n. 3, p. 658-668, 2008.

BENTIVOGLIO, D.; FINCO, A; BACCHI, M. R. P. Interdependencies between biofuel, fuel and food prices: The case of the Brazilian ethanol market. **Energies**, v. 9, n. 6, p. 464, 2016.

CHEN, B. et al. The relationship among ethanol, sugar and oil prices in Brazil: Cointegration analysis with structural breaks. In: **2015 Annual Meeting, January 31-February 3, 2015, Atlanta, Georgia**. Southern Agricultural Economics Association, 2015.

CHIU, F.P. et al. Modeling the price relationships between crude oil, energy crops and biofuels. **Energy**, v. 109, p. 845-857, 2016.

COMTRADE, U. N. United Nations Statistics Division. **Commodity Trade Statistics Database**, 2011.

COSTA, Cinthia Cabral da; BURNQUIST, Heloisa Lee. Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 46, n. 4, p. 1003-1028, 2016.

DA COSTA, C. C. et al. MODELAGEM DA DEMANDA DE COMBUSTÍVEL NO BRASIL: A IMPORTÂNCIA DOS VEÍCULOS FLEX. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 48, n. 3, p. 113-127, 2017.

DE BARROS, M. M.; SZKLO, A. Petroleum refining flexibility and cost to address the risk of ethanol supply disruptions: The case of Brazil. **Renewable Energy**, v. 77, p. 20-31, 2015.

BARROS, MARISA MAIA. **Análise da flexibilidade do refino de petróleo para lidar com choques de demanda de gasolina no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DE FREITAS, L. C.; KANEKO, S. Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brazil. **Energy Economics**, v. 33, n.6, p. 1146-1154, 2011.

DEBNATH, D. et al. Complement or substitute: Ethanol's uncertain relationship with gasoline under alternative petroleum price and policy scenarios. **Applied energy**, v. 191, p. 385-397, 2017.

DRABIK, D.; CIAIAN, P.; POKRIVČÁK, J. The effect of ethanol policies on the vertical price transmission in corn and food markets. **Energy Economics**, 55, pp.189-199, 2016.

DU, X.; HAYES, D. J. The impact of ethanol production on US and regional gasoline markets. **Energy Policy**, v. 37, n. 8, p. 3227-3234, 2009.

DU, XIAODONG; CARRIQUIRY, Miguel A. Flex-fuel vehicle adoption and dynamics of ethanol prices: lessons from Brazil. **Energy Policy**, v. 59, p. 507-512, 2013.

DUTTA, A. Cointegration and nonlinear causality among ethanol-related prices: evidence from Brazil. **GCB Bioenergy**, v. 10, n. 5, p. 335-342, 2018.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. John Wiley & Sons, 2004.

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

KILIAN, LUTZ. Explaining fluctuations in gasoline prices: a joint model of the global crude oil market and the US retail gasoline market. **The Energy Journal**, p. 87-112, 2010.

KOTO, P. S. Are retail prices of ethanol, gasoline and natural gas in the midwest cointegrated? An asymmetric threshold cointegration analysis. **Journal of Economics and Business**, v. 77, p. 79-93, 2015.

LAURINI, M. P. The spatio-temporal dynamics of ethanol/gasoline price ratio in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1-12, 2017.

LÜTKEPOHL, HELMUT. Periodic VAR Processes and Intervention Models. In: **Introduction to Multiple Time Series Analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1991. p. 391-414.

MARTINS, A. L. ET AL. Ethanol production in Brazil: An assessment of main drivers with MCMC generalized linear mixed models. **Resources Conservation And Recycling**, v. 132, p. 16-27, 2018.

MCPHAIL, LIHONG LU. Assessing the impact of US ethanol on fossil fuel markets: A structural VAR approach. **Energy Economics**, v. 33, n. 6, p. 1177-1185, 2011.

MCPHAIL, LIHONG LU; BABCOCK, BRUCE A. Impact of US biofuel policy on US corn and gasoline price variability. **Energy**, v. 37, n. 1, p. 505-513, 2012.

MELO, A. S.; SAMPAIO, Y. S. B. Uma Nota Sobre o Impacto do Preço do Açúcar, do Etanol e da Gasolina na Produção do Setor Sucrialcooleiro. **Revista Brasileira de Economia**, v. 70, n. 1, p. 61-69, 2016.

MELO, ANDRÉ DE SOUZA. Três ensaios sobre os mercados de gasolina, etanol e açúcar no Brasil. Tese (Doutorado em Economia) –Universidade Federal De Pernambuco. Pernambuco, p. 103. 2012.

MELO, ANDRÉ DE SOUZA; SAMPAIO, Yony de Sá Barreto. Impactos dos preços da gasolina e do etanol sobre a demanda de etanol no brasil. **Revista de economia Contemporânea**, v. 18, n. 1, p. 56-83, 2014.

MONCADA, Jorge Andrés et al. Exploring policy options to spur the expansion of ethanol production and consumption in Brazil: An agent-based modeling approach. **Energy Policy**, v. 123, p. 619-641, 2018.

NATANELOV, V.; MCKENZIE, A.w M.; VAN HUYLENBROECK, G. Crude oil–corn–ethanol–nexus: A contextual approach. **Energy Policy**, v. 63, p. 504-513, 2013.

RAJCANIOVA, M.; DRABIK, D.; CIAIAN, P. How policies affect international biofuel price linkages. **Energy Policy**, v. 59, p. 857-865, 2013.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION et al. Ethanol industry outlook. **Renewable Fuels Association**, 2018.

RODRIGUES, N.; LOSEKANN, L.; SILVEIRA FILHO, G. Demand of automotive fuels in Brazil: Underlying energy demand trend and asymmetric price response. **Energy Economics**, 2018.

SIMS, CHRISTOPHER A. Macroeconomics and reality. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1-48, 1980.

SINDIPEÇAS. **DESEMPENHO DO SETOR DE AUTOPEÇAS**. 2018.

SOLOWIEJCZYK, ARTHUR; COSTA, RICARDO PONTELI FERNANDES. O controle de preço da gasolina pode ser fatal. **AgroANALYSIS**, v. 33, n. 02, p. 21-23, 2013.

UNIÃO, DA INDÚSTRIA DE CANA-DE. AÇÚCAR-UNICA UNICADATA. Disponível em:<<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: maio de 2018.

ENSAIO 2 – ANÁLISE DAS OSCILAÇÕES DE PREÇOS DA GASOLINA NO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

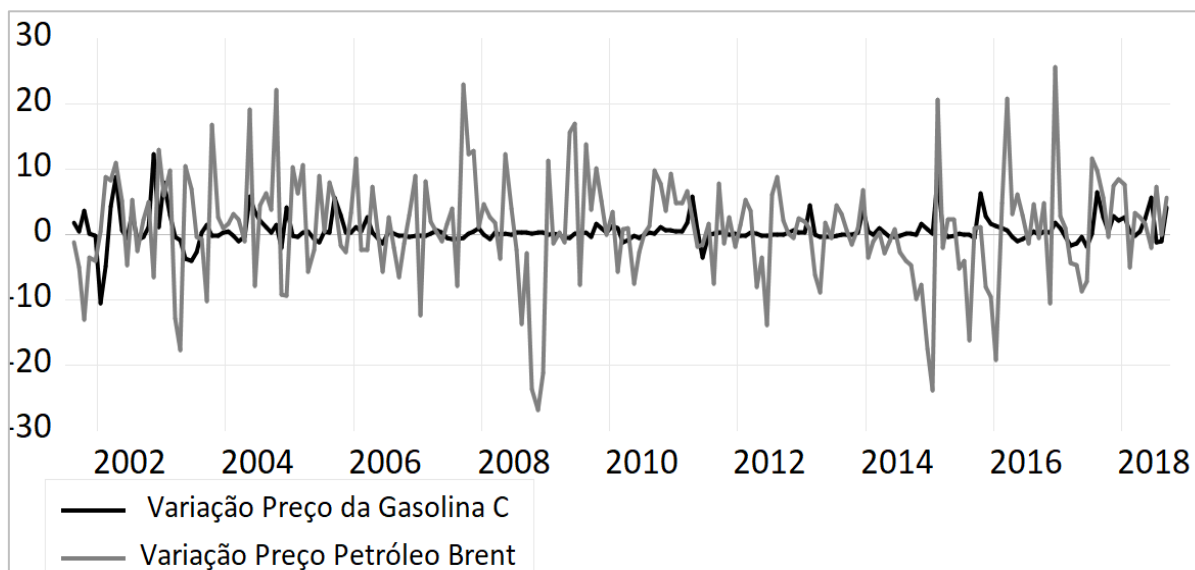
Nos últimos anos, o mercado da gasolina sofreu mudanças significativas, a exemplo da Lei do Petróleo (Lei 9.478/1997)⁵, que permitiu que empresas e prestadoras de serviço nacionais ou estrangeiras pudessem competir com a Petrobras – petrolífera estatal – em todos os segmentos de atuação, bem como os reajustes de preços passaram a ser regidos pelas forças de mercado. Apesar disso, no Art. 69, explicita-se que, durante o período de transição, os preços seriam reajustados segundo diretrizes e parâmetros estabelecidos pelos Ministros da Fazenda e de Minas e Energia.

Nesse contexto, houve a criação de um órgão regulador para o setor, a Agência Nacional de Petróleo (ANP). Posteriormente, com a conclusão do processo de abertura do mercado, ocorreu a total liberalização dos preços dos combustíveis. Visando reduzir o impacto das forças do mercado externo (preço internacional do barril de petróleo e variação cambial) e proteger o mercado interno de oscilações bruscas, criou-se a Contribuição de Intervenção sobre o Domínio Econômico (CIDE), em dezembro de 2001 (CERQUEIRA E DA COSTA, 2011; MELO, 2012; ANP, 2016).

Contudo, mesmo com a liberalização do setor, o monopólio da Petrobras não terminou realmente, visto que a empresa continua a exercer papel dominante na produção, refino e comercialização de petróleo e derivados (TROJBICZ E LOUREIRO, 2018). Ainda, o governo possui maior parte da participação acionária com direito a voto, o que abre espaço para uso da companhia para fins de política macroeconômica. De fato, nos últimos anos, as variações de preços da gasolina não seguiram o mercado internacional de petróleo, como pode ser visto na Figura 5, bem como houve o controle dos preços da gasolina via Petrobras, uso da CIDE e alterações no percentual de mistura do etanol anidro à gasolina (COSTA E BURNQUIST, 2016; BARBOSA FILHO, 2017; TROJBICZ E LOUREIRO, 2018, SENADO FEDERAL, 2018).

⁵ Para detalhes ver: Lei 9.478 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm

Figura 5: Variação percentual mensal dos preços da gasolina C e Petróleo Brent



Fonte: Elaboração própria, baseado em dados da ANP (2018) e *U.S. Energy Information Administration* (2018).

Como pode ser visto na Figura 5, as variações de preços da gasolina comum não acompanharam o preço internacional do barril de petróleo e se mantiveram em um mesmo patamar durante parte da série aqui analisada. Como dito anteriormente, o governo usou a CIDE para controlar os preços, a exemplo do período da crise econômica de 2008, quando a alíquota foi reduzida de 0,28 centavos para 0,20. Posteriormente, em 2012, 2013 e 2014, passou a ser zerada para compensar o reajuste de preços da gasolina.

Além disso, de 2011 até 2014 o governo passou subsidiar a importação de gasolina via Petrobras, isto é, a estatal importava combustível a preço superior ao que era vendido domesticamente, mantendo os preços ao consumidor final artificialmente baixos. Essas medidas foram tomadas em parte, para estimular a economia e atenuar choques inflacionários (BARBOSA FILHO, 2017; CORTES E PAIVA, 2017).

A partir de 2015, com a crise econômica nacional e a crise de endividamento da Petrobras, o governo revê a política de intervenção nos preços do combustível, reajustando-os. Além disso, retoma a cobrança da CIDE e eleva o percentual de mistura do anidro de 25% para 27%. Em 2016/2017, a Petrobras ainda reformula sua política de reajuste de preços e passa a vincular o preço interno do combustível ao preço internacional do barril de petróleo e à variação cambial, a fim de reduzir defasagens entre os preços externos e internos.

Apesar de todo contexto já exposto, a própria Petrobras⁶ atribui ao preço ao consumidor a margem de realização da empresa (29%), CIDE, PIS/PASEP e COFINS (16%), ICMS (30%), custo do etanol anidro (13%) e margens de distribuição e revenda (12%). Ademais, a petrolífera usa como base o preço de paridade de importação, que repercute as variações do câmbio, do petróleo e dos custos de transporte e atividade portuária.

Diante de referido contexto, objetiva-se analisar como o preço da gasolina C ao consumidor final reage a mudanças em variáveis relacionadas ao mercado, ao preço do petróleo internacional e também a variáveis macroeconômicas locais. Ademais, procura-se ainda observar como a mudança na política econômica, em 2015, impactou o preço do combustível na bomba.

Além desta introdução, o trabalho está dividido em quatro seções. A segunda revisa a literatura recente sobre preços do petróleo e sua ligação com os preços da gasolina no varejo, bem como de outras possíveis variáveis que expliquem o comportamento do preço do combustível. Na seção seguinte são tratados os aspectos metodológicos da análise. Em seguida, são expostos os resultados e, por fim, as conclusões da pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Essa seção objetiva buscar estudos documentados na literatura que expliquem as flutuações de preços da gasolina no âmbito internacional e nacional. Na literatura internacional são recorrentes trabalhos que analisam o comportamento dos preços da gasolina. Essas análises colocam o preço do barril de petróleo como um dos principais fatores que impactam o preço da gasolina. Todavia, outros tantos estudos incluem em sua arguição variáveis macroeconômicas a fim de explicar tais flutuações de preços.

Meyler (2009) se debruça sobre a questão de como os preços do petróleo repercutem nos preços dos combustíveis na área do Euro. A análise utiliza preços com e sem impostos, com dados semanais e mostram a evolução dos choques de petróleo nas diferentes etapas da cadeia de produção. O autor estima uma regressão

⁶ Para detalhamento, ver: Composição de preços ao consumidor. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/gasolina/>

com mecanismos de correção de erro, cujos resultados evidenciam que os aumentos de preço do petróleo se transmitem integralmente e dentro de quatro a cinco semanas sobre a gasolina. Quanto ao preço da gasolina no varejo, encontrou-se que possivelmente existe um amortecimento desses repasses pelas margens do distribuidor e do varejista.

Seguindo mesma linha de investigação, Rahman (2016) estuda os efeitos da volatilidade do preço do petróleo e suas respectivas respostas no preço da gasolina. Para tal análise, o autor mediu a volatilidade do petróleo em um modelo VAR modificado para acomodar os erros do GARCH. Assim, testou-se a hipótese de simetria na transmissão de preços entre esses, com resultados que indicam que os repasses do aumento do preço do petróleo elevam em 11% o preço da gasolina, enquanto um choque negativo reduz em apenas 1% o preço da gasolina.

Outros trabalhos, como o de Atil, Lahiani e Nguyen (2014), fazem uso de um modelo de autorregressão distribuída. Seus resultados indicam que os preços do petróleo afetam os preços da gasolina de forma assimétrica e não linear. Apergis e Vouzavalis (2018) também aplicam autorregressão distribuída para verificar os repasses de preços nos mercados de petróleo e gasolina dos EUA, Reino Unido, Espanha, Itália e Grécia, apesar das estruturas de mercados e varejo distintas. Os autores encontram que, no curto prazo, maior assimetria de transmissão é encontrada no mercado italiano, enquanto na Espanha a assimetria existe no curto e no longo prazo. Para os demais mercados, existe passagem simétrica do petróleo para a gasolina no varejo.

Já Blair, Campbell e Mixon (2017) utilizam modelo de correção de erro para examinar as diferenças regionais no repasse de preços à vista do petróleo bruto aos preços da gasolina na bomba. Eles descobrem que existem diferenças nessas relações de transmissão de preços de região para região, tanto no longo quanto no curto prazo, e que os aumentos de preços do petróleo são repassados mais rapidamente frente ao que ocorre com os declínios.

Valadkhani e Smyth (2018) investigam as respostas nos preços mensais da gasolina a alterações nos preços diários do petróleo. Eles aplicam modelo econométrico que possibilita comportamento assimétrico ao longo do tempo no contexto da economia da Austrália. Os autores concluem que as variações positivas dos preços do petróleo são repassadas para a gasolina com um atraso de 30 a 60

dias, porém com magnitudes maiores do que em situações nas quais acontecem reduções de preços do petróleo.

Por outro lado, os trabalhos de Kilian e Vega (2008), Kilian (2008) e posteriormente Kilian (2010) relacionam o comportamento dos preços da gasolina com variáveis econômicas. Kilian e Vega (2008) fazem uso de autoregressão vetorial e testam a hipótese de que os preços nos mercados do petróleo e da gasolina são predeterminados em relação às divulgações de dados macroeconômicos. Os resultados mostram que as notícias macroeconômicas não são significativas na previsão dos preços dos combustíveis.

Kilian (2008, 2010) segue relacionando as variáveis econômicas no sentido de explicar as flutuações do preço do petróleo e da gasolina. A estrutura de análise é feita considerando que choques de demanda e oferta possuem motivações distintas, fazendo necessário diferenciá-los. Através de um modelo de Vetores Autorregressivos Estruturas (SVAR), o autor utiliza a demanda e a oferta mundial de petróleo, a oferta e a demanda de gasolina nos EUA e uma *proxy* para atividade econômica global. A conclusão é de que os preços da gasolina respondem a choques de demanda global, devido ao crescimento econômico das economias desenvolvidas. Em seguida, a gasolina é afetada por choques de demanda específicos do mercado de petróleo, bem como por choques provenientes da atividade de refino.

Seguindo a lógica de relacionar variáveis econômicas às flutuações dos preços da gasolina no varejo, Bello e Contín-Pilart (2012) especificam modelo para o mercado espanhol de gasolina e estabelecem que os preços regionais desse bem, são influenciados por impostos, renda, tamanho da frota, preço à vista da gasolina e custo de mão-de-obra. Os resultados indicam que variações nos preços são repassadas mais que proporcionalmente ao varejo e que as diferenças regionais de preço da gasolina sem impostos são mínimas.

Fullerton Jr, Jiménez e Walke (2015) seguem mesma linha e procuram explicar as variações do preço da gasolina na região fronteiriça. Eles estimam modelo de correção de erros e encontram que o preço da gasolina na distribuidora tem papel proeminente na determinação dos preços do varejo. Além disso, a renda per capita real e o volume de entradas de automóveis via fronteiras são significativos e influenciam positivamente os movimentos dos preços do combustível.

Recentemente, o estudo de Kpodar e Abdallah (2017), que compila dados mensais dos preços de varejo da gasolina em 162 países, estima um painel e

posteriormente um VAR. Eles descobrem que os repasses do preço do petróleo à gasolina diferem em magnitude entre os diversos países. Nos países desenvolvidos, esse repasse é quase que instantâneo, enquanto que em países em desenvolvimento e, portanto, com rendas menores, as transmissões de preços entre os combustíveis tendem a ser menores e com maior distância temporal da ocorrência dos choques.

Kang, Gracia e Ratti (2018) ampliam o modelo de Kilian (2010) e consideram o papel da incerteza macroeconômica nos preços da gasolina. Os autores concluem que choques de demanda por gasolina e choques específicos do mercado do petróleo contribuem majoritariamente nas variações de preços da gasolina no curto prazo. No longo prazo, o papel das incertezas macroeconômicas, relacionadas à expiração da legislação tributária da gasolina, é que passam a influenciar os movimentos nos preços da gasolina. Isso acontece, pois os consumidores consideram os aspectos tributários na sua tomada de decisão de consumo.

Na literatura nacional, por sua vez, são poucos os trabalhos que buscam explicar o comportamento da gasolina, a maioria tratando sobre transmissão de preços dentro do mercado ou ainda, discorrendo sobre os impactos do controle de preços exercidos por parte do governo, para conter a inflação (SILVA ET AL., 2014; COSTA E BURNQUIST, 2016; E ALMEIDA, OLIVEIRA E LOSEKANN, 2015).

Melo (2012), em sua tese, busca explicar as flutuações de preço da gasolina. O autor segue mesma lógica de Kilian (2010) e relaciona o preço do combustível aos choques de demanda, oferta e atividade econômica. Para tanto, o autor utiliza SVAR e decompõe os efeitos desses choques no preço da gasolina. Ainda, o autor considera mudanças na CIDE e na mistura obrigatória do etanol na gasolina. Como resultado, o autor observa que a inflação impacta em maior parte o preço da gasolina no curto prazo, enquanto as variáveis relacionadas ao mercado da gasolina desempenham papel menor. No longo prazo, a demanda de gasolina e a própria inflação é que determinam a dinâmica do preço. Tais implicações corroboram a ideia de que o governo controla os preços da gasolina para conter a inflação.

Em síntese, a literatura evidenciou que as flutuações no preço da gasolina decorrem de alterações no preço do barril de petróleo, variáveis de demanda e oferta próprios ao mercado da gasolina, bem como a estrutura de tributação relacionada ao setor e variáveis macroeconômicas, a exemplo da inflação e da taxa de câmbio. Portanto, na próxima seção, a metodologia de análise segue fazendo uso das

variáveis presentes na literatura aqui exposta, a fim de explicar variações no preço do combustível fóssil.

3. METODOLOGIA

Nesta seção propõe-se um modelo que seja capaz de explicar as flutuações de preço da gasolina C. A estratégia empírica utilizada segue o direcionamento dado por Kilian (2010) e Melo (2012). Para tanto, faz-se uso da metodologia de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR) para identificar a inter-relação entre as variáveis.

O VAR foi introduzido por Sims (1980) e examina relações lineares entre cada variável e os valores defasados dela própria e de todas as demais, impondo como restrições a estrutura da economia, a escolha do conjunto relevante de variáveis e do número máximo de defasagens envolvidas nas relações entre elas. O VAR de ordem p pode ser descrito como:

$$Bx_t = \Gamma_0 + \sum_{i=1}^p \Gamma_1 x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Em que B é a matriz ($n \times n$) das restrições contemporâneas das variáveis que compõe o vetor x_t ; Γ_0 é o vetor ($n \times 1$) dos parâmetros; Γ_1 é uma matriz ($n \times n$) dos parâmetros das variáveis defasadas; e ε_t é o vetor colunas ($n \times 1$) dos distúrbios estruturais.

A equação (1) não pode ser estimada via MQO, pois o pressuposto de não-correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas é violado. Sendo assim, multiplica-se essa equação por sua matriz inversa B^{-1} , transformando o VAR padrão em um VAR estrutural, representado abaixo (ENDERS, 2004):

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Em que: $A_0 = B^{-1}\Gamma_0$; $A_1 = B^{-1}\Gamma_1$; $u_t = B^{-1}\varepsilon_t$; e $E[u_t' u_t] = (AA')^{-1}$, conhecido como a matriz de covariância dos resíduos na forma reduzida.

A equação (2) passa a não violar os pressupostos do MQO e pode ser estimada. Portanto, estima-se o VAR em sua forma reduzida e, posteriormente, os parâmetros são recuperados pela forma estrutural. A decomposição de Cholesky impõe restrições à forma estrutural, para que os parâmetros possam ser recuperados.

A primeira restrição supõe que os choques contemporâneos (ε_t) não são correlacionados, enquanto a segunda impõe que a primeira variável ordenada não seja afetada por choques contemporâneos das demais variáveis, mas os seus choques impactam nas demais.

Essas restrições tornam possível investigar os co-movimentos entre as variáveis por meio das funções de impulso resposta e decomposição da variância, que são o objetivo principal do VAR (ENDERS, 2004).

Em consonância com a literatura, adota-se a estratégia de identificação recursiva e assume-se que algumas variáveis não responderão contemporaneamente a choques. Tais suposições são explicitadas a seguir:

$$\varepsilon_t = \begin{bmatrix} Brent_t \\ Câmbio_t \\ Yind_t \\ Inf_t \\ Prod^{GAS}_t \\ Pr^{GAS}_t \\ Dem^{GAS}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 & 0 & 0 \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & 1 & 0 \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Brent^{choque}_t \\ Câmbio^{choque}_t \\ Yind^{choque}_t \\ Inf^{choque}_t \\ Prod^{GASchoque}_t \\ Pr^{GASchoque}_t \\ Dem^{GASchoque}_t \end{bmatrix} \quad (3)$$

A partir da equação (3), propõe-se que a ordem de entrada das variáveis no modelo esteja sujeita à estrutura econômica. Primeiro, entra o petróleo Brent ($Brent_t$), não respondendo a choques contemporâneos das demais variáveis. A escolha do Brent é justificada pois a Petrobras utiliza a sua cotação como referência para ajustar o preço da gasolina. Além disso, trabalhos como o de Volkov e Yuhn (2016) relatam que as flutuações de preço do petróleo afetam a taxa de juros, o câmbio, o produto e a inflação de países importadores e exportadores de petróleo. Em seguida, a taxa de câmbio em R\$/US\$ ($Câmbio_t$) entra respondendo contemporaneamente ao preço do petróleo, mas não às demais variáveis. Em terceiro, a produção industrial ($Yind_t$) é influenciada pelo câmbio, contemporaneamente, mas não pelas demais variáveis. Em seguida, entram as variáveis relacionadas ao mercado da gasolina, a produção de gasolina ($Prod^{GAS}_t$), o preço da gasolina C (Pr^{GAS}_t) definido nas refinarias e, por último, a demanda por gasolina C (Dem^{GAS}_t).

Os choques relacionados ao preço do barril de petróleo⁷ ($Brent^{choque}_t$) representam mudanças no mercado do petróleo bruto, seja de demanda ou oferta. Os choques de câmbio ($Câmbio^{choque}_t$) refletem a volatilidade do câmbio e seu impacto nos custos de importação do petróleo. Por sua vez, os choques de produção da indústria são captados por ($Yind^{choque}_t$), enquanto os choques de inflação são detectados por (Inf^{choque}_t). Os choques de oferta de gasolina ($Prod^{GASchoque}$) reproduzem mudanças imprevistas na curva de oferta, por exemplo devido à parada para manutenção de plataformas e alterações na capacidade de logística e refino. Choques de demanda por gasolina C ($Dem^{GASchoque}_t$), por sua vez, são definidos como alterações nas preferências dos consumidores, bem como no grau de urbanização, dentre outros fatores.

Os dados referem-se ao período de julho de 2001 até setembro de 2018, em virtude da disponibilidade da série histórica do preço da gasolina C. A tabela abaixo traz informações sobre as fontes das séries.

Tabela 8: Variáveis do modelo

| Variável | Fonte |
|--|---|
| Produção Gasolina A (m ³) - $Prod^{GAS}$ | Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) |
| Preço Gasolina C (R\$/L) - Pr^{GAS} | ANP |
| Vendas Gasolina C (m ³) - Dem^{GAS} | ANP |
| Preço do Petróleo Brent (US\$/Barril) - $Brent_t$ | <i>U.S. Energy Information Administration</i> |
| Taxa de câmbio R\$/US\$ - $Câmbio_t$ | Banco Central do Brasil |
| Utilização da capacidade instalada (% ao mês) - $Yind_t$ | Confederação Nacional da Indústria |
| Taxa de Inflação IPCA (Variação mensal-%) - Inf_t | Banco Central do Brasil |

Fonte: Elaboração própria.

Todas as variáveis foram dessazonalizadas a partir do método Censo – X12 (desenvolvido por *United States Census Bureau*) e disponível no programa econométrico E-views.

⁷ Para uma análise detalhada dos fatores que influenciam os preços do petróleo, ver Lang e Auer (2019).

4. RESULTADOS

A estimação do VAR pressupõe a estacionariedade das séries. Sendo assim, foram realizados os testes de raiz unitária de Dickey Fuller Ampliado (ADF), Phillips-Perron (PP) e teste de estacionariedade KPSS. As hipóteses nulas relacionadas aos testes de ADF e PP indicam a não rejeição de que as séries possuem raiz unitária, enquanto o teste de KPSS tem como hipótese nula que a variável é estacionária. A Tabela 9 mostra os resultados para as séries tratadas no modelo.

Tabela 9: Testes de raiz unitária e estacionariedade das variáveis (com tendência e intercepto)

| Variável | ADF (-3.41) | Lags | KPSS (0.146 – 5%) | Phillips-Perron PP (-5.08) |
|---------------------------|-------------|------|----------------------|-------------------------------|
| <i>Brent_t</i> | -1.9137 | 2 | 0.3185 | -1.9517 |
| <i>Câmbio_t</i> | -0.8883 | 1 | 0.3952 | -1.1633 |
| <i>Yind_t</i> | -2.2222 | 3 | 0.3742 | -3.6447 |
| <i>Inf_t</i> | -6.4476 | 0 | 0.1466 | -6.6245 |
| <i>Prod^{GAS}</i> | -1.7760 | 2 | 0.1641 | -3.0713 |
| <i>Dem^{GAS}</i> | -0.5795 | 2 | 0.2095 | -1.7162 |
| <i>Pr^{GAS}</i> | -1.5630 | 0 | 0.2550 | -1.5559 |

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que algumas séries como o câmbio e o petróleo Brent, considerando o teste de PP devido a quebras estruturais, não são estacionárias. Por outro lado, a taxa de inflação possui comportamento estacionário. Salienta-se que, apesar das discrepâncias entre os resultados dos testes, optou-se por estimar o modelo em nível. Kilian (2010) argumenta que a estimação do VAR em nível é consistente mesmo considerando que as variáveis são cointegradas ou não. Ainda, reforça-se que, se as variáveis fossem expressas em diferença, não seria possível detectar efeitos de persistência dos choques (ENDERS, 2004).

Ressalta-se que a estimação se deu com as variáveis expressas em termos de variação mensal, com exceção da inflação, que já reflete a variação mensal do índice, e das variáveis *dummy*. As *dummies* buscaram captar o efeito da crise de 2008, da

inserção dos carros *flex-fuel* em 2003 e, ainda, a contenção dos preços da gasolina entre 2011 e início de 2015.

O processo da escolha do número de defasagens ótima do VAR se deu por meio dos critérios de seleção de Akaike (AIC), Hanna-Quinn (HQ), Schwarz (SC) e *Final Prediction Error* (FPE). A Tabela 10 mostra os resultados dos testes.

Tabela 10: Seleção de defasagem ótima do modelo

| Lag | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 604976.1 | 33.17805 | 33.64305 | 33.36626 |
| 1 | 225460.4 | 32.19024 | 33.46901* | 32.70784* |
| 2 | 203454.2* | 32.08481* | 34.17735 | 32.93180 |
| 3 | 261282.6 | 32.32901 | 35.23531 | 33.50539 |
| 4 | 281157.1 | 32.39179 | 36.11185 | 33.89755 |
| 5 | 351371.0 | 32.59822 | 37.13204 | 34.43336 |
| 6 | 410687.4 | 32.73024 | 38.07782 | 34.89476 |
| 7 | 464454.4 | 32.82020 | 38.98155 | 35.31411 |
| 8 | 524275.9 | 32.89740 | 39.87251 | 35.72069 |

Fonte: Elaboração própria. * Indica a ordem de *lag* selecionado por cada critério.

Os critérios apontaram que o número de defasagens a considerar deveria estar entre um ou dois, de forma que foram estimados tanto o VAR (1), quanto o VAR (2), verificando-se a estabilidade por meio das raízes inversas do polinômio AR característico. Porém o VAR (1) não satisfaz a condição de estabilidade proposta por Lütkepohl (1991), de que o módulo das raízes do polinômio inverso devem ser menor que um, de maneira que o VAR (2) se mostrou mais adequado por respeitar tal condição, conforme mostra a Tabela 11.

Tabela 11: Raízes inversas do polinômio AR – VAR (2)

| Raízes | Módulos |
|-----------------------|----------|
| -0.320877 - 0.581352i | 0.664027 |
| -0.320877 + 0.581352i | 0.664027 |
| 0.663147 | 0.663147 |
| -0.190203 - 0.506387i | 0.540930 |
| -0.190203 + 0.506387i | 0.540930 |
| 0.513222 | 0.513222 |
| -0.011928 - 0.450374i | 0.450532 |
| -0.011928 + 0.450374i | 0.450532 |
| -0.426475 | 0.426475 |
| -0.107584 - 0.293012i | 0.312138 |
| -0.107584 + 0.293012i | 0.312138 |
| 0.206357 - 0.223636i | 0.304296 |
| 0.206357 + 0.223636i | 0.304296 |
| -0.083912 | 0.083912 |

Fonte: Elaboração própria.

Tem-se que os valores em módulo são menores que um e, portanto, estão contidos no círculo unitário. Logo, os resultados das funções de impulso-resposta podem ser interpretados como significativos.

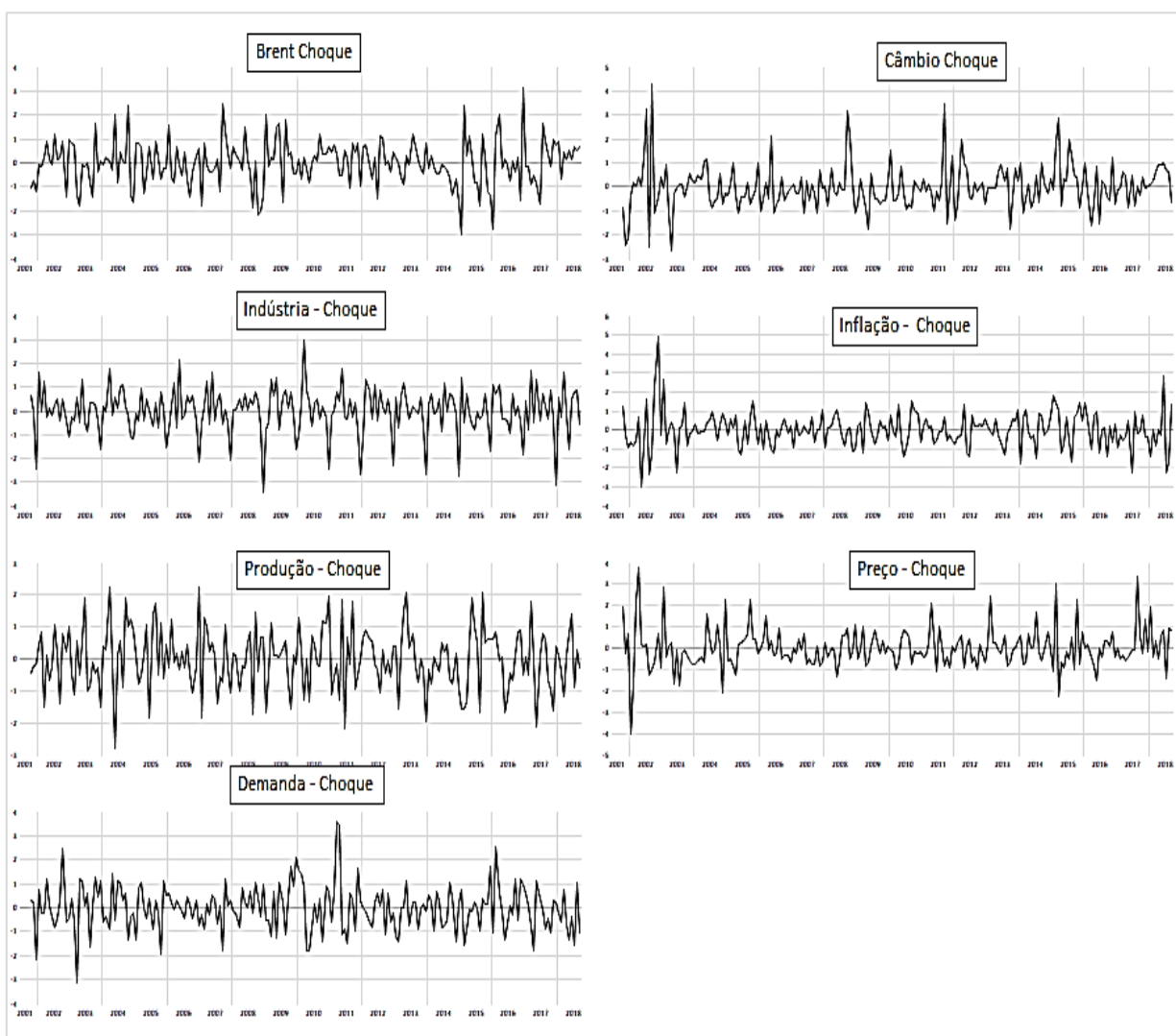
A seguir, na Figura 6, são apresentados os choques estruturais que impulsionam as variáveis. Observa-se, por exemplo, que os maiores choques relacionados ao mercado do petróleo ocorrem em 2008/2009, em decorrência da crise mundial. O maior choque negativo nessa variável é percebido no ano de 2015, devido ao excesso de oferta e recordes de produção da Rússia, enquanto o maior choque positivo está associado ao acordo entre a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) e a Rússia para limitar a produção no final de 2016.

Os maiores choques relacionados ao câmbio, por sua vez, aconteceram em 2002/2003, devido às incertezas quanto às eleições presidenciais no Brasil. Posteriormente, pesam os efeitos da crise mundial em 2008 e, mais recentemente, percebe-se os efeitos da crise fiscal brasileira em 2015, bem como o cenário internacional volátil devido à possibilidade do aumento dos juros nos EUA. Quanto à

atividade econômica, os choques mostram a crise de 2008 e o crescimento vertiginoso da economia em 2010, quando PIB cresceu cerca de 7,5% a.a..

Ainda, quanto aos choques de inflação, observam-se os efeitos da eleição presidencial em 2002/2003 e, especificamente em 2018, com o aumento dos preços de habitação e transportes (IBGE, 2018). Os choques relacionados à oferta da gasolina, por sua vez, evidenciam-se em 2004, o que se relaciona com atrasos na obra de uma plataforma, causando o declínio da produção naquele ano (ESTADÃO, 2005); e em 2006, associado ao choque decorrente da autossuficiência em petróleo (ANP, 2007). Choques de preços da gasolina explicitam os reajustes de preços que ocorreram em 2005, quando a Petrobras aumentou os preços da gasolina nas refinarias; bem como a partir de 2015, pela decisão do governo de diminuir a intervenção no mercado, repassando as oscilações dos preços internacionais do petróleo ao consumidor final. O maior choque de demanda por gasolina ocorreu devido ao aquecimento da economia em 2011 e início da política de represamento dos preços da gasolina por parte do governo.

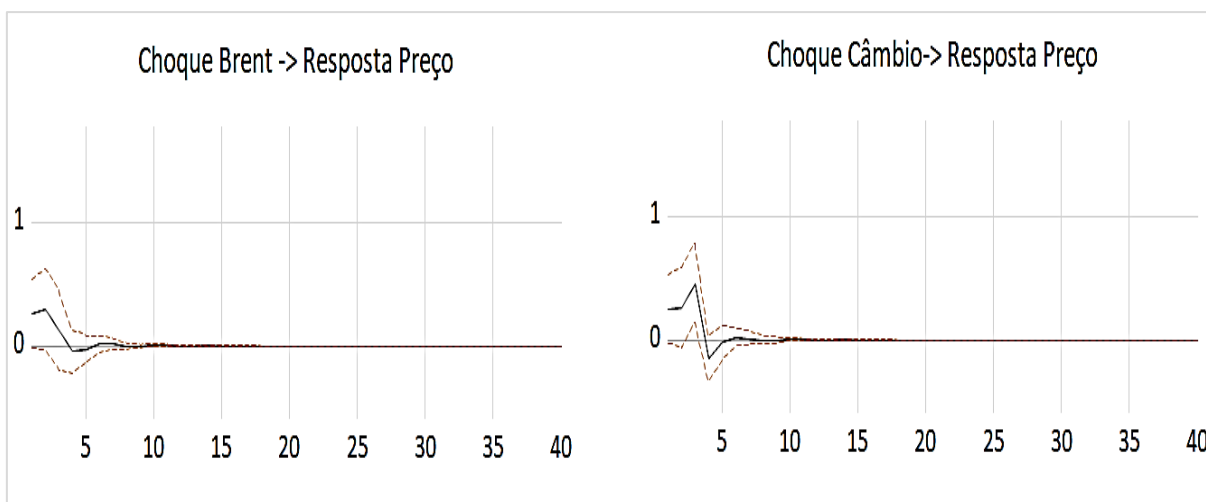
Figura 6: Choques estruturais relacionados ao Brent, Câmbio, Indústria, Inflação, Demanda e Oferta de Gasolina e Preço



Fonte: Elaboração própria.

Após a apresentação dos choques relacionados ao modelo, faz-se necessário observar o comportamento dos preços da gasolina em resposta a alterações nas demais variáveis do modelo. A Figura 7 mostra a resposta do preço da gasolina a choques do preço internacional do petróleo e do câmbio. Observa-se que, apesar dos choques não serem estatisticamente significativos, o movimento está de acordo com a política de preços praticada pela Petrobras, isto é, da existência de um *lag* temporal entre a ocorrência do choque e o repasse para os preços da gasolina.

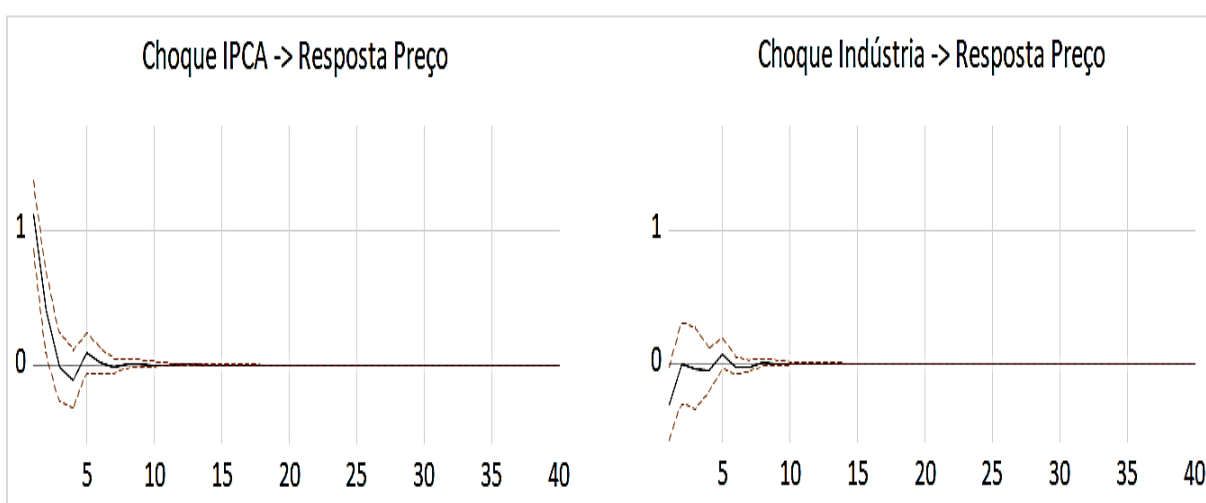
Figura 7: Resposta dos Preços a Choques do Petróleo Internacional e Câmbio



Fonte: Elaboração própria.

Com relação a um choque de inflação, têm-se na Figura 8 que um choque positivo da inflação causa uma pressão de queda nos preços da gasolina. Enquanto isso, choques relacionados a aumentos da atividade econômica influenciam positivamente no preço da gasolina, no curto prazo. Tal resultado corrobora as análises de Costa e Burnquist (2016) e Almeida, Oliveira e Losekan (2015), sugerindo que, com o crescimento da inflação, o governo represa os preços da gasolina a fim de conter pressões inflacionárias, mantendo-a artificialmente em níveis desejados.

Figura 8: Resposta do Preço a Choques de Inflação e Atividade Econômica

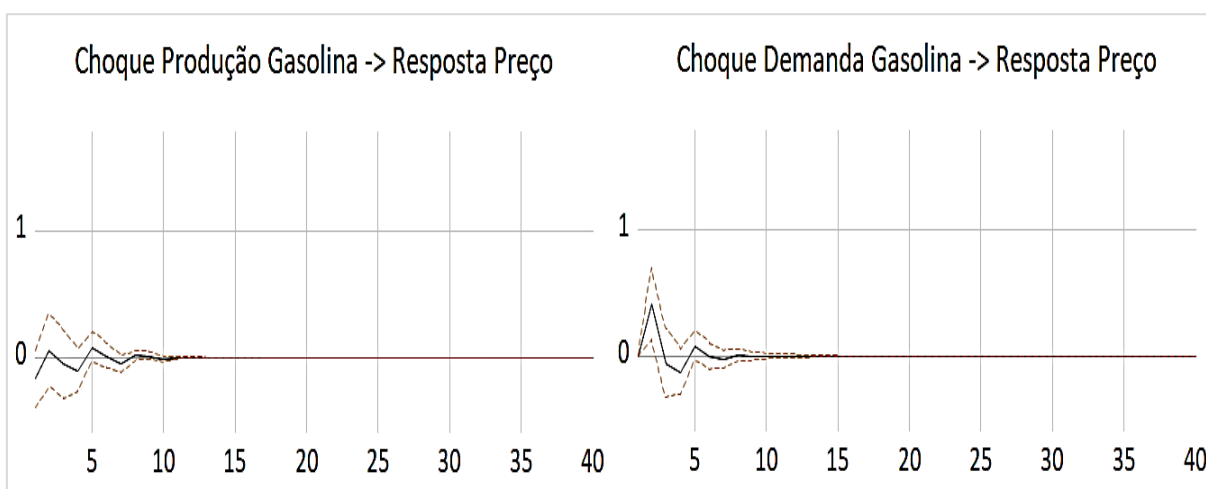


Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos choques advindos do mercado da gasolina, percebe-se na Figura 10 que choques de oferta próprios desse mercado não são significativos na trajetória dos

preços da gasolina C. Apesar disso, a função impulso-resposta evidencia que o crescimento da oferta afeta positivamente o preço da gasolina, o que pode ser explicado porque o fornecimento de gasolina é impulsionado em partes pelo refino de petróleo bruto e pelas importações de gasolina. Nesse cenário, aumentar a oferta implica em maiores custos. Em contrapartida, pressões de demanda fazem com que os preços da gasolina subam no curto prazo.

Figura 9: Resposta do Preço a Choques de Demanda e Oferta de Gasolina



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Outra forma de analisar o resultado do SVAR estimado é a decomposição da variância dos erros de previsão. Na Tabela 12 são apresentadas as porcentagens da variância do erro cometido no preço da gasolina devido a um choque específico na própria variável. Essas estimativas evidenciam a importância relativa de cada choque na explicação das flutuações dos preços da gasolina C.

Nesse sentido, observa-se um comportamento autorregressivo no preço da gasolina durante todo o período. Nota-se que o preço da gasolina no curto e no longo prazo sofre influências das variáveis econômicas, sendo que a inflação explica cerca de 28% do comportamento da gasolina. Ainda, nos meses subsequentes, a taxa de câmbio passa a ser relativamente importante na explicação dos preços da gasolina, seguido do preço internacional do petróleo e da demanda por gasolina C.

Tabela 12: Decomposição da variância dos preços da gasolina

| Período | BRENT | Câmbio | Indústria | Inflação | Produção Gasolina | Preço Gasolina | Vendas Gasolina |
|---------|--------|--------|-----------|----------|----------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 1,6418 | 0,9058 | 1,8668 | 28,9794 | 1,50256 | 65,1035 | 0,0000 |
| 2 | 3,1108 | 2,6080 | 1,6189 | 29,3223 | 1,30553 | 58,2987 | 3,7356 |
| 3 | 3,3274 | 9,1084 | 1,5452 | 27,0392 | 1,21158 | 54,3041 | 3,4639 |
| 4 | 3,3127 | 9,0452 | 1,5823 | 27,1475 | 1,35237 | 53,8808 | 3,6789 |
| 5 | 3,3514 | 9,0142 | 1,6952 | 27,0580 | 1,39982 | 53,7168 | 3,7643 |
| 6 | 3,3507 | 9,0118 | 1,6951 | 27,0622 | 1,40560 | 53,7102 | 3,7642 |
| 7 | 3,3515 | 9,0154 | 1,7015 | 27,0520 | 1,41883 | 53,6915 | 3,7689 |
| 8 | 3,3513 | 9,0165 | 1,7018 | 27,0508 | 1,41876 | 53,6882 | 3,7724 |
| 9 | 3,3515 | 9,0163 | 1,7019 | 27,0503 | 1,42018 | 53,6872 | 3,7724 |
| 10 | 3,3515 | 9,0163 | 1,7019 | 27,0502 | 1,42039 | 53,6869 | 3,7725 |
| 20 | 3,3515 | 9,0164 | 1,7019 | 27,0501 | 1,4205 | 53,6866 | 3,7727 |
| 30 | 3,3515 | 9,0164 | 1,7019 | 27,0501 | 1,4205 | 53,6866 | 3,7727 |
| 40 | 3,3515 | 9,0164 | 1,7019 | 27,0501 | 1,4205 | 53,6866 | 3,7727 |

Fonte: Elaboração própria.

Em suma, os resultados demonstram que as variáveis econômicas, com destaque para a inflação, têm maior influência no preço da gasolina em relação às ligadas ao mercado de petróleo/gasolina. Isso sugere a intervenção do governo nesse mercado via retenção dos preços, para arrefecer a inflação no curto e no longo prazo. Ainda, faz-se necessário tecer comentários sobre o preço internacional do petróleo. Durante muito tempo, a política de preços da gasolina não refletia o preço do barril e apenas em meados de 2016 é que houve explicitamente⁸ a preocupação de repassar as flutuações do preço do barril ao preço da gasolina C.

Os resultados aqui encontrados estão de acordo com a literatura internacional sobre a questão do espaço temporal entre um choque de petróleo e o repasse aos preços dos combustíveis (MEYLER, 2009; ATIL, LAHIANI E NGUYEN, 2014; KPODAR E ABDALLAH, 2017; VALADKHANI E SMYTH, 2018), bem como sobre a

⁸ Em comunicado aos investidores, a Petrobras destrincha como se dá a nova política de preços. Pode ser acessado em: <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/destaques-operacionais/precos-e-custos>

questão de que a atividade econômica impacta positivamente nos preços da gasolina (Killian, 2010) e, principalmente, na questão da inflação (MELO, 2012) e do controle exercido por parte do governo, em especial entre os anos de 2011 e 2015.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscou-se definir variáveis condicionantes das flutuações de preço da gasolina no Brasil. Para tanto, estimou-se um modelo SVAR e a fim de explicitar a estrutura econômica nas relações entre as variáveis. A revisão da literatura internacional e nacional apontou que o preço internacional do petróleo, variáveis relacionadas ao mercado da gasolina e variáveis macroeconômicas, a exemplo da inflação, câmbio e taxa de juros, viriam a interferir no preço da gasolina.

O modelo SVAR foi estimado com defasagem de dois períodos e os resultados indicaram que o preço da gasolina no curto prazo responde a choques de atividade econômica, demanda por gasolina e inflação. No longo prazo, são os choques inflacionários, choques cambiais e choques próprios de preços que causam flutuações. Ademais, as *dummies* que captam os efeitos da inserção dos veículos *flex-fuel* e da crise econômica mundial em 2008 não foram significativos, porém a *dummy* que capta a contenção dos preços entre 2011 e 2015 foi estatisticamente significativa a 10%, indicando que a alteração na política de preços naquele período elevou o preço final ao consumidor. Esses resultados corroboram com a hipótese de que o governo utiliza o preço da gasolina como instrumento para arrefecer pressões inflacionárias.

De fato, nos últimos anos é recorrente na literatura nacional e também na comunicação entre a Petrobras e o mercado, em seus relatórios para os investidores, que o governo tem interesse em intervir no comportamento dos preços da gasolina C para fins de política econômica. Ainda, a partir de 2016, com a eclosão da crise de endividamento da Petrobras⁹, esta adotou nova política de preços para a gasolina A, condicionando suas alterações à volatilidade da cotação internacional do barril de petróleo e à volatilidade da taxa de câmbio, porém com um espaço temporal de três meses, conforme relatórios de transparência.

As limitações do escopo do trabalho dizem respeito a não considerar os diferentes valores da CIDE e intervenções de mistura do etanol anidro à gasolina ao

⁹ Para detalhes sobre a crise da Petrobras, ver Barbosa Filho (2017).

longo da amostra. Optou-se por não considerar isso devido à quantidade de parâmetros a serem estimados no VAR. Logo, para trabalhos posteriores, sugere-se considerar essas estruturas, bem como as margens dos revendedores e distribuidores para verificar seus possíveis impactos no preço final da gasolina C.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO-ANP (Brasil). **Histórico da Liberação dos Preços de Combustíveis no mercado Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/component/content/article?id=866>> Acesso em: 08 de dez. 2018.
- ALMEIDA, EDMAR LUIS FAGUNDES DE; OLIVEIRA, PATRICIA VARGAS DE; LOSEKANN, Luciano. Impactos da contenção dos preços de combustíveis no Brasil e opções de mecanismos de precificação. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 35, n. 3, p. 531-556, 2015.
- APERGIS, NICHOLAS; VOUZAVALLIS, GRIGORIOS. Asymmetric pass through of oil prices to gasoline prices: Evidence from a new country sample. **Energy Policy**, v. 114, p. 519-528, 2018.
- ATIL, AHMED; LAHIANI, AMINE; NGUYEN, DUC KHUONG. Asymmetric and nonlinear pass-through of crude oil prices to gasoline and natural gas prices. **Energy Policy**, v. 65, p. 567-573, 2014.
- BARBOSA FILHO, FERNANDO DE HOLANDA. A crise econômica de 2014/2017. *Estud. av.* [online]. 2017, vol.31, n.89, pp.51-60. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100051&lng=en&nrm=iso> Acesso: 03 de jan. 2019.
- BELLO, ALEJANDRO; CONTÍN-PILART, IGNACIO. Taxes, cost and demand shifters as determinants in the regional gasoline price formation process: Evidence from Spain. **Energy policy**, v. 48, p. 439-448, 2012.
- BLAIR, BENJAMIN F.; CAMPBELL, RANDALL C.; MIXON, PHILLIP A. Price pass-through in US gasoline markets. **Energy Economics**, v. 65, p. 42-49, 2017.
- COSTA, CINTHIA CABRAL DA; BURNQUIST, HELOISA LEE. Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 46, n. 4, p. 1003-1028, 2016.
- CERQUEIRA, MNPS; DA COSTA, C. C. Análise das políticas de formação do preço da gasolina C e impacto no mercado de etanol no Brasil. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO DA SOBER, 49. 2011, Belo Horizonte. [Anais] Brasília, DF: SOBER, 2011, 2011.
- CORTES, GUSTAVO S.; PAIVA, CLAUDIO A.C. Deconstructing credibility: The breaking of monetary policy rules in Brazil. **Journal of International Money and Finance**, v. 74, p. 31-52, 2017.
- DA SILVA, ANDRÉ SURIANE ET AL. Symmetric transmission of prices in the retail gasoline market in Brazil. **Energy Economics**, v. 43, p. 11-21, 2014.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. John Wiley & Sons, 2004.

FULLERTON JR, THOMAS M.; JIMÉNEZ, ALAN A.; WALKE, ADAM G. An econometric analysis of retail gasoline prices in a border metropolitan economy. **The North American Journal of Economics and Finance**, v. 34, p. 450-461, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – AGÊNCIA DE NOTÍCIAS. **IPCA varia 0,15% em dezembro e fecha 2018 em 3,75%**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23558-ipca-varia-0-15-em-dezembro-e-fecha-2018-em-3-75>>. Acesso em: 23 de jan. 2019.

KANG, WENSHENG; DE GRACIA, FERNANDO PEREZ; RATTI, RONALD A. The asymmetric response of gasoline prices to oil price shocks and policy uncertainty. **Energy Economics**, 2018.

KILIAN, LUTZ. Explaining fluctuations in gasoline prices: a joint model of the global crude oil market and the US retail gasoline market. **The Energy Journal**, p. 87-112, 2010.

KILIAN, LUTZ. **Why does gasoline cost so much? A joint model of the global crude oil market and the US retail gasoline market**. 2008.

KILIAN, LUTZ; VEGA, CLARA. **Do Energy Prices Respond to US Macroeconomic News? A Test of the Hypothesis of Predetermined Energy Prices**. 2008.

KPODAR, KANGNI; ABDALLAH, CHADI. Dynamic fuel price pass-through: Evidence from a new global retail fuel price database. **Energy Economics**, v. 66, p. 303-312, 2017.

LANG, KORBINIAN; AUER, BENJAMIN R. The Economic and Financial Properties of Crude Oil: A Review. **The North American Journal of Economics and Finance**, 2019.

LÜTKEPOHL, HELMUT. Periodic VAR Processes and Intervention Models. In: **Introduction to Multiple Time Series Analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1991. p. 391-414.

MELO, ANDRÉ DE SOUZA. Três ensaios sobre os mercados de gasolina, etanol e açúcar no Brasil. Tese (Doutorado em Economia) –Universidade Federal De Pernambuco. Pernambuco, p. 103. 2012.

MEYLER, AIDAN. The pass through of oil prices into euro area consumer liquid fuel prices in an environment of high and volatile oil prices. **Energy Economics**, v. 31, n. 6, p. 867-881, 2009.

RAHMAN, SAJJADUR. Another perspective on gasoline price responses to crude oil price changes. **Energy Economics**, v. 55, p. 10-18, 2016.

SIMS, CHRISTOPHER A. Macroeconomics and reality. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1-48, 1980.

TROJBICZ, BENI; LOUREIRO, MARIA RITA. Brazilian oil sector reforms: The role of technical know-how and corporate ethos in Petrobras's dominance. **Energy Policy**, v. 118, p. 588-595, 2018.

VOLKOV, NIKANOR I.; YUHN, KY-HYANG. Oil price shocks and exchange rate movements. **Global Finance Journal**, v. 31, p. 18-30, 2016.

ANEXO A

Tabela 13: Estimação do modelo SVAR do ensaio: “CHOQUES DE OFERTA E DEMANDA POR ETANOL IMPACTAM O MERCADO DA GASOLINA? – UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE SVAR”

| Vector Autoregression Estimates | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Date: 18/11/18 Time: 09:57 | | | | | |
| Sample (adjusted): 2001M11 2018M09 | | | | | |
| Included observations: 203 after adjustments | | | | | |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | | | | |
| | Oferta de Gasolina | Desvio Preço Gasolina | Demanda de Gasolina | Oferta de Etanol | Demanda de Etanol |
| Oferta de Gasolina (-1) | 0.434661 (0.07099) [6.12293] | -0.009654 (0.03116) [-0.30983] | 0.063974 (0.05995) [1.06718] | -0.208451 (0.45267) [-0.46049] | 0.116611 (0.12689) [0.91897] |
| Oferta de Gasolina (-2) | 0.099684 (0.07664) [1.30076] | -0.033572 (0.03364) [-0.99802] | 0.069890 (0.06472) [1.07996] | 0.080062 (0.48868) [0.16383] | -0.083951 (0.13699) [-0.61284] |
| Oferta de Gasolina (-3) | 0.296225 (0.07100) [4.17204] | -0.010665 (0.03117) [-0.34221] | -0.010565 (0.05996) [-0.17621] | -0.279268 (0.45276) [-0.61682] | 0.132372 (0.12692) [1.04298] |
| Desvio Preço Gasolina (-1) | -0.103982 (0.17194) [-0.60477] | 0.272041 (0.07547) [3.60456] | -0.446038 (0.14519) [-3.07201] | 0.882547 (1.09639) [0.80496] | -0.414537 (0.30734) [-1.34878] |
| Desvio Preço Gasolina (-2) | -0.214074 (0.17642) [-1.21341] | -0.105563 (0.07744) [-1.36316] | -0.279651 (0.14898) [-1.87708] | 0.237077 (1.12499) [0.21074] | 0.340030 (0.31536) [1.07823] |
| Desvio Preço Gasolina (-3) | 0.037340 (0.16255) [0.22971] | -0.116352 (0.07135) [-1.63067] | 0.028182 (0.13727) [0.20530] | 1.724108 (1.03656) [1.66330] | -0.323274 (0.29057) [-1.11256] |
| Demanda de Gasolina (-1) | 0.217281 (0.08050) [2.69926] | 0.131579 (0.03533) [3.72390] | 0.311966 (0.06798) [4.58936] | 0.497956 (0.51330) [0.97011] | -0.887697 (0.14389) [-6.16932] |
| Demanda de Gasolina (-2) | -0.139399 (0.09241) [-1.50841] | -0.121443 (0.04056) [-2.99381] | 0.113503 (0.07804) [1.45442] | 0.104467 (0.58929) [0.17728] | 0.656129 (0.16519) [3.97192] |
| Demanda de Gasolina (-3) | -0.033037 (0.08406) [-0.39304] | 0.015882 (0.03690) [0.43046] | 0.458705 (0.07098) [6.46229] | -0.984214 (0.53600) [-1.83623] | 0.237283 (0.15025) [1.57924] |

| | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Oferta de Etanol (-1) | 0.005342 (0.01147) [0.46564] | -0.000264 (0.00504) [-0.05239] | -0.011479 (0.00969) [-1.18483] | 0.316608 (0.07316) [4.32759] | 0.013094 (0.02051) [0.63847] |
| Oferta de Etanol (-2) | -0.011240 (0.01201) [-0.93555] | -0.003938 (0.00527) [-0.74674] | 0.003329 (0.01015) [0.32815] | 0.063589 (0.07661) [0.83005] | 0.021329 (0.02148) [0.99320] |
| Oferta de Etanol (-3) | -0.018148 (0.01160) [-1.56436] | -0.005337 (0.00509) [-1.04800] | -0.006889 (0.00980) [-0.70327] | 0.003298 (0.07397) [0.04458] | 0.022784 (0.02074) [1.09872] |
| Demanda de Etanol (-1) | -0.092196 (0.03867) [-2.38420] | -0.002050 (0.01697) [-0.12077] | -0.171663 (0.03265) [-5.25691] | 0.425881 (0.24658) [1.72714] | 0.921724 (0.06912) [13.3347] |
| Demanda de Etanol (-2) | 0.085107 (0.05226) [1.62869] | 0.033868 (0.02294) [1.47658] | 0.082641 (0.04413) [1.87278] | -0.281873 (0.33321) [-0.84593] | -0.286459 (0.09341) [-3.06679] |
| Demanda de Etanol (-3) | 0.030688 (0.03817) [0.80395] | -0.026653 (0.01675) [-1.59077] | 0.101358 (0.03223) [3.14445] | 0.262295 (0.24340) [1.07761] | 0.276138 (0.06823) [4.04709] |
| C | 1.792546 (0.55229) [3.24566] | 0.459931 (0.24242) [1.89721] | -0.044279 (0.46639) [-0.09494] | 14.63230 (3.52176) [4.15482] | -2.110351 (0.98723) [-2.13766] |
| FLEX | 0.018685 (0.01367) [1.36662] | -0.001411 (0.00600) [-0.23507] | 0.030719 (0.01155) [2.66068] | 0.150485 (0.08718) [1.72607] | 0.047532 (0.02444) [1.94487] |
| CRISE | -0.017497 (0.01397) [-1.25246] | -0.000150 (0.00613) [-0.02449] | -0.005621 (0.01180) [-0.47646] | -0.072556 (0.08908) [-0.81451] | 0.040311 (0.02497) [1.61430] |
| R-squared | 0.937862 | 0.160906 | 0.983703 | 0.559533 | 0.982659 |
| Adj. R-squared | 0.932152 | 0.083800 | 0.982205 | 0.519057 | 0.981065 |
| Sum sq. resids | 0.352871 | 0.067988 | 0.251634 | 14.34831 | 1.127493 |
| S.E. equation | 0.043674 | 0.019170 | 0.036881 | 0.278493 | 0.078068 |
| F-statistic | 164.2498 | 2.086818 | 656.8493 | 13.82404 | 616.6551 |
| Log likelihood | 356.9737 | 524.1203 | 391.2934 | -19.11276 | 239.0663 |
| Akaike AIC | -3.339642 | -4.986407 | -3.677767 | 0.365643 | -2.177993 |
| Schwarz SC | -3.045861 | -4.692626 | -3.383986 | 0.659425 | -1.884211 |
| Mean dependent | 14.43652 | -0.000271 | 14.75933 | 14.19906 | 13.56801 |
| S.D. dependent | 0.167669 | 0.020028 | 0.276471 | 0.401576 | 0.567335 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 3.74E-13 | | | |
| Determinant resid covariance | | 2.35E-13 | | | |
| Log likelihood | | 1511.161 | | | |
| Akaike information criterion | | -14.00159 | | | |
| Schwarz criterion | | -12.53268 | | | |
| Number of coefficients | | 90 | | | |

ANEXO B

Tabela 14: Estimação do modelo SVAR do ensaio: “ANÁLISE DAS OSCILAÇÕES DE PREÇOS DA GASOLINA NO BRASIL”

| Vector Autoregression Estimates | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Date: 06/03/19 Time: 08:11 | | | | | | | |
| Sample (adjusted): 2001M10 | | | | | | | |
| 2018M09 | | | | | | | |
| Included observations: 204 after ajustamentos | | | | | | | |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | | | | | | |
| | BRENT | Câmbio | Indústria | Inflação | Produção Gasolina | Preço Gasolina | Vendas Gasolina |
| BRENT(-1) | 0.097313 (0.07423) [1.31090] | -0.097009 (0.04534) [-2.13978] | 0.034052 (0.01370) [2.48548] | 0.004425 (0.00245) [1.80623] | -0.023929 (0.04278) [-0.55938] | 0.038669 (0.01904) [2.03058] | 0.003398 (0.03787) [0.08975] |
| BRENT(-2) | -0.028608 (0.07313) [-0.39121] | -0.020792 (0.04466) [-0.46557] | 0.001684 (0.01350) [0.12480] | 0.003983 (0.00241) [1.65040] | 0.034289 (0.04214) [0.81368] | 0.021574 (0.01876) [1.15004] | 0.017170 (0.03730) [0.46029] |
| Câmbio(-1) | -0.377877 (0.12155) [-3.10880] | -0.083995 (0.07423) [-1.13149] | -0.005356 (0.02243) [-0.23875] | 0.003156 (0.00401) [0.78693] | -0.063599 (0.07005) [-0.90796] | 0.048546 (0.03118) [1.55686] | -0.047317 (0.06200) [-0.76313] |
| Câmbio(-2) | -0.295761 (0.11974) [-2.47012] | 0.101751 (0.07313) [1.39147] | -0.001653 (0.02210) [-0.07480] | 0.014029 (0.00395) [3.55063] | -0.060883 (0.06900) [-0.88236] | 0.133336 (0.03072) [4.34088] | -0.150767 (0.06108) [-2.46844] |
| Indústria(-1) | 0.091388 (0.40518) [0.22555] | -0.171929 (0.24745) [-0.69479] | -0.039132 (0.07478) [-0.52330] | -0.047984 (0.01337) [-3.58874] | -0.068727 (0.23349) [-0.29435] | -0.003893 (0.10394) [-0.03745] | -0.251923 (0.20669) [-1.21887] |
| Indústria(-2) | 0.229830 (0.41513) [0.55364] | 0.067011 (0.25353) [0.26431] | -0.089866 (0.07662) [-1.17294] | 0.004584 (0.01370) [0.33465] | -0.113743 (0.23923) [-0.47546] | 0.037096 (0.10650) [0.34834] | -0.224446 (0.21176) [-1.05990] |
| Inflação(-1) | 4.064629 (2.66514) [1.52511] | -4.658301 (1.62767) [-2.86194] | -0.039632 (0.49188) [-0.08057] | 0.652090 (0.08795) [7.41449] | 0.100142 (1.53584) [0.06520] | 0.945004 (0.68371) [1.38218] | 1.242524 (1.35952) [0.91395] |
| Inflação(-2) | -3.221816 (2.50785) [-1.28469] | 2.484104 (1.53161) [1.62190] | 0.128199 (0.46285) [0.27698] | 0.026817 (0.08276) [0.32404] | -0.898864 (1.44520) [-0.62197] | -0.406093 (0.64335) [-0.63121] | -0.753466 (1.27928) [-0.58898] |
| Produção Gasolina (-1) | -0.089444 (0.12266) [-0.72922] | -0.114849 (0.07491) [-1.53316] | -0.012292 (0.02264) [-0.54298] | -0.000866 (0.00405) [-0.21389] | -0.476694 (0.07068) [-6.74407] | -0.002733 (0.03147) [-0.08686] | 0.068835 (0.06257) [1.10016] |
| Produção Gasolina (-2) | -0.049121 | 0.026811 | -0.009487 | -0.007076 | -0.380339 | -0.007498 | 0.038291 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | (0.11948) | (0.07297) | (0.02205) | (0.00394) | (0.06885) | (0.03065) | (0.06095) |
| | [-0.41112] | [0.36743] | [-0.43024] | [-1.79476] | [-5.52390] | [-0.24461] | [0.62826] |
| Preço | | | | | | | |
| Gasolina(-1) | -0.048996 | 0.333328 | -0.061752 | -0.002183 | 0.041754 | 0.227365 | -0.392715 |
| | (0.34475) | (0.21055) | (0.06363) | (0.01138) | (0.19867) | (0.08844) | (0.17586) |
| | [-0.14212] | [1.58315] | [-0.97054] | [-0.19190] | [0.21017] | [2.57081] | [-2.23310] |
| Preço Gasolina | | | | | | | |
| (-2) | -0.180429 | 0.126854 | -0.095134 | -0.008102 | -0.122199 | -0.126433 | -0.166045 |
| | (0.33360) | (0.20374) | (0.06157) | (0.01101) | (0.19224) | (0.08558) | (0.17017) |
| | [-0.54086] | [0.62264] | [-1.54516] | [-0.73595] | [-0.63565] | [-1.47737] | [-0.97575] |
| Vendas | | | | | | | |
| Gasolina(-1) | 0.406611 | -0.034077 | -0.067887 | 0.006326 | 0.211555 | 0.110693 | -0.559437 |
| | (0.13792) | (0.08423) | (0.02545) | (0.00455) | (0.07948) | (0.03538) | (0.07035) |
| | [2.94815] | [-0.40456] | [-2.66698] | [1.38996] | [2.66176] | [3.12854] | [-7.95167] |
| Vendas | | | | | | | |
| Gasolina(-2) | 0.012209 | 0.055471 | -0.040264 | 0.001204 | 0.100851 | 0.008700 | -0.382010 |
| | (0.14605) | (0.08920) | (0.02695) | (0.00482) | (0.08416) | (0.03747) | (0.07450) |
| | [0.08360] | [0.62190] | [-1.49376] | [0.24977] | [1.19826] | [0.23221] | [-5.12754] |
| C | 2.539851 | 4.291380 | 0.080211 | 0.340362 | 0.863502 | -0.138529 | 1.362245 |
| | (2.55833) | (1.56244) | (0.47216) | (0.08442) | (1.47429) | (0.65631) | (1.30503) |
| | [0.99278] | [2.74659] | [0.16988] | [4.03160] | [0.58571] | [-0.21107] | [1.04384] |
| CRISE | -2.328432 | 0.708385 | -0.193803 | -0.020629 | -0.185215 | -0.566991 | -0.181846 |
| | (1.90518) | (1.16354) | (0.35162) | (0.06287) | (1.09790) | (0.48875) | (0.97185) |
| | [-1.22216] | [0.60882] | [-0.55117] | [-0.32812] | [-0.16870] | [-1.16009] | [-0.18711] |
| FLEX | -1.182210 | -3.634807 | -0.019709 | -0.197761 | -0.348594 | 0.398610 | -1.107555 |
| | (2.32903) | (1.42239) | (0.42984) | (0.07686) | (1.34215) | (0.59748) | (1.18806) |
| | [-0.50760] | [-2.55541] | [-0.04585] | [-2.57312] | [-0.25973] | [0.66715] | [-0.93224] |
| SEG | -1.725315 | 1.121914 | 0.021689 | 0.009679 | 0.987113 | -0.496371 | 1.490533 |
| | (1.31045) | (0.80033) | (0.24186) | (0.04324) | (0.75517) | (0.33618) | (0.66847) |
| | [-1.31658] | [1.40182] | [0.08968] | [0.22381] | [1.30713] | [-1.47651] | [2.22975] |
| R-squared | 0.170992 | 0.147208 | 0.095738 | 0.575938 | 0.269780 | 0.224759 | 0.328081 |
| Adj. R-squared | 0.095222 | 0.069264 | 0.013090 | 0.537179 | 0.203039 | 0.153903 | 0.266669 |
| Sum sq. resids | 11496.86 | 4288.156 | 391.6075 | 12.51963 | 3817.956 | 756.6197 | 2991.623 |
| S.E. equation | 7.862003 | 4.801521 | 1.451005 | 0.259441 | 4.530634 | 2.016891 | 4.010485 |
| F-statistic | 2.256731 | 1.888650 | 1.158385 | 14.85969 | 4.042214 | 3.172079 | 5.342301 |
| Log likelihood | -700.6978 | -600.1037 | -355.9817 | -4.799558 | -588.2572 | -423.1590 | -563.3795 |
| Akaike AIC | 7.046057 | 6.059840 | 3.666488 | 0.223525 | 5.943698 | 4.325088 | 5.699799 |
| Schwarz SC | 7.338832 | 6.352615 | 3.959263 | 0.516300 | 6.236474 | 4.617864 | 5.992574 |
| Mean | | | | | | | |
| dependent | 0.944115 | 0.329201 | 0.001001 | 0.517990 | 0.226921 | 0.510067 | 0.358890 |
| S.D. | | | | | | | |
| dependent | 8.265368 | 4.976977 | 1.460597 | 0.381358 | 5.075052 | 2.192666 | 4.683246 |
| Determinant resid | | | | | | | |
| covariance (dof adj.) | | 142008.8 | | | | | |
| Determinant resid | | | | | | | |
| covariance | | 74386.60 | | | | | |
| Log likelihood | | -3170.381 | | | | | |
| Akaike information | | | | | | | |
| criterion | | 32.31746 | | | | | |

| | |
|------------------------|----------|
| Schwarz criterion | 34.36689 |
| Number of coefficients | 126 |
