

CONSELHO REGIONAL DE ECONOMIA – CORECON-PR  
28º PRÊMIO PARANÁ DE ECONOMIA

TÍTULO DO ARTIGO:

**OSCILAÇÕES DA CIDE E DAS ELASTICIDADES NOS MERCADOS DE ETANOL E GASOLINA: ELEMENTOS PARA DISCUTIR POLÍTICAS DE TRIBUTAÇÃO**

PSEUDÔNIMO DO AUTOR: “CIDE”

CATEGORIA: ARTIGO DE ECONOMISTA

**RESUMO:** O objetivo deste estudo é identificar as trajetórias das elasticidades-preço gasolina, preço etanol, preço cruzada etanol-gasolina e preço cruzada gasolina-etanol para os mercados de veículos *flex-fuel*, bem como discutir os impactos da política de tributação por meio da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE-Combustíveis) no mercado do etanol e gasolina. Para tanto, utilizou-se a metodologia do Modelo Estrutural para os cálculos econométricos e dados oficiais do período 2003-2017, selecionando-se o Estado de São Paulo como referência. Os resultados evidenciam um grande poder de influência do tributo sobre o preço da gasolina e, em consequência, sobre a escolha do consumidor entre um e outro combustível. Logo, a CIDE-Combustíveis é um importante indutor do consumo de etanol, contribuindo para uma efetiva redução de emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos.

**Palavras-chaves:** CIDE; Elasticidade-preço; Política; Biocombustível.

**JEL:** Q42; Q48.

**ABSTRACT:** This study objective is identify the trajectory of the gasoline price-elasticity, ethanol's price, ethanol-gasoline's cross price and ethanol-gasoline's cross price for the market of fuel-flex vehicles, as well as to discuss the impacts of taxation politics thought the *Economic Domain Intervention Contribution* (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico, CIDE-Fuels) in the ethanol and gasoline market. Therefore, it was used in this study the *Structural Methodology* model for econometric calculations, as well as official data from the 2003-2007 period, choosing the São Paulo State as reference. The results show great power of influence of the tribute over the gasoline's price, as well as over the costumer's choose between one fuel or another. Thus, the CIDE-Fuels is one important inductor of ethanol's consume, contributing to an effective reduction of the emission of greenhouse gases and atmospheric pollutants.

**Key-words:** CIDE, Price Elasticity, Politics, Biofuel.

**JEL:** Q42; Q48.

## 1. INTRODUÇÃO

É amplamente conhecida a importância do setor de biocombustíveis para a economia nacional, para o meio ambiente urbano e para o posicionamento estratégico do País na matriz energética mundial (BRASIL, 2006; MILANEZ *et al.*, 2012; MORAES; BACCHI, 2014; SANTOS, 2016). Esta importância foi construída desde a década de 1930 com a implantação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), ganhando ainda mais relevância com o advento do Proálcool em 1975, motivado pela crise do petróleo e pela necessidade de redução de sua dependência. Desde essa época foi importante a participação do Estado na promoção da concorrência, no apoio à inovação tecnológica e no aperfeiçoamento de políticas para o setor em análise. A âncora para isto foi a busca de mecanismos de regulação que fossem dinamizadores da produção e da abertura e consolidação de novos mercados.

Soma-se a esses aspectos o fato de os biocombustíveis serem bens substitutos de derivados de petróleo (exemplo: etanol e gasolina), que têm maior escala de produção e uma trajetória tecnológica mais madura e estável. Como os combustíveis de origem fóssil (cuja característica principal é a natureza de estoque) têm custo mais baixo do que os biocombustíveis (que são renováveis, de ciclo anual, com esforços periódicos e de maior incerteza em razão de fatores

climáticos, inclusive), isso se reflete nos preços, apesar de os combustíveis fósseis gerarem poluição ambiental e males à saúde que são geralmente desconsiderados na precificação dos bens nas suas cadeias de produção (NEVES; CONEJERO, 2010; SANTOS, 2016).

Neste contexto, as políticas públicas têm por finalidade atuar na viabilização dos biocombustíveis, de tal modo que tenham condições de concorrência via preço com os derivados fósseis (KUTAS *et al.*, 2007; STEENBLIK, 2007). Ressalta-se que o Proálcool concedia incentivos fiscais para a aquisição de carros movidos exclusivamente a etanol para incentivar a criação de um mercado para este combustível. Naquela época, a decisão por um combustível se dava no momento da aquisição do carro e não a cada reabastecimento. Assim, nesta fase, etanol e gasolina não eram substitutos (MORAES; BACCHI, 2014).

Embora os bens ainda não sejam substitutos perfeitos (pois possuem diferenças nas propriedades técnicas, de composição e de desempenho), o consumidor tem se mostrado reativo às oscilações de preços do etanol hidratado em relação à gasolina. Dessa forma, a reação do consumidor às oscilações de preço na presença de um tributo específico, que é a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE-Combustíveis), é o foco deste trabalho.

Antes de adentrar especificamente nesse tema, cabe destacar que medidas governamentais têm sido tomadas historicamente em quatro grupos temáticos principais, na tentativa de favorecer os biocombustíveis, inclusive no plano global: i) estabelecimento de “reserva de mercado” para o setor de biocombustíveis (por exemplo, estabelecendo mistura obrigatória de 27% de etanol anidro na gasolina ou subvenção à produção de etanol de milho, nos Estados Unidos); ii) aporte de recursos públicos em ações selecionadas (como na pesquisa e tecnologia, no subsídio ao crédito, em programas de adoção de tecnologias); iii) regulação da oferta e medidas de diversificação (apoio à armazenagem, obrigação de oferta do etanol nas bombas, apoio à geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar); e iv) isenções tributárias e diferenciação tributária (SZMRECSÁNYI; SÁ, 2002; SANTOS, 2016).

Neste contexto, este artigo aborda o comportamento do mercado de etanol e gasolina frente a apenas um destes fatores, especificamente o item iv. Para tanto os esforços são centrados na cobrança da CIDE-Combustíveis, ou simplesmente CIDE, por ser este o principal e mais alterado tributo federal sobre os combustíveis. Outros aspectos da complexidade da cadeia produtiva, como condições de oferta, variações em outros tributos como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS), entre outros, não são aprofundados neste trabalho.

É fácil notar que, nos quatro grupos de ações supracitados, há incentivos para que o consumidor, ao chegar ao posto de abastecimento, tenha a oportunidade de escolha entre etanol e gasolina pelo fator preço, além de outras vantagens por ser renovável. Ressalvadas outras condições e dinâmicas de mercado, a hipótese que justifica as ações do tipo i, ii, iii e iv, por parte do Estado, é a de que elas tendem a equilibrar os preços relativos etanol/gasolina, principalmente em ocasiões de baixa do preço do petróleo e de seus derivados ou de mudanças na política macroeconômica. Tais eventos, no caso desse mercado de bens substitutos, podem tornar a gasolina mais competitiva frente ao etanol hidratado, o que demanda a ação de políticas públicas. Sendo assim, ao se abordar o tema do ponto de vista mais estrito à economia, cabe analisar o comportamento da elasticidade-preço e da elasticidade-preço cruzada dos bens. Isso porque a ação do Estado tende a influenciar e, ao mesmo tempo, sofrer influência nas decisões tomadas envolvendo as elasticidades dos produtos em análise, mesmo que não propositadamente.

Apesar das conhecidas teses de que são esperadas respostas negativas às elevações tributárias, bem como de interferências do Estado no setor produtivo, a justificativa para a ação estatal a partir da CIDE é a de induzir o consumo de um bem benéfico à saúde – lembrando que o tributo incide sobre a gasolina e apenas ocasionalmente sobre o etanol, em condições vantajosas para este último. Para tanto, é importante estudar as elasticidades, para que as medidas sejam aprimoradas no contexto da otimização do gasto público e consecução dos objetivos ambientais e sociais (COSTA; BURNQUIST, 2016).

Assim, o objetivo deste estudo consiste em identificar as trajetórias das elasticidades-preço gasolina, preço etanol, preço cruzada etanol-gasolina e preço cruzada gasolina-etanol para os

mercados de veículos *flex-fuel*, utilizando o Modelo Estrutural. Além deste, objetiva-se verificar as respostas registradas pelo mercado, expressas pelas elasticidades, por ocasião de medidas de choque tomadas pelo governo para induzir o equilíbrio de preços. Acredita-se que, dessa forma, pode-se oferecer mais um instrumento de avaliação dos impactos das políticas governamentais sobre o mercado de combustíveis leves, e traçar políticas de incentivo ao etanol mais eficazes e eficientes.

O trabalho conta com quatro outras seções, além desta introdução. A seção seguinte contextualiza brevemente a relação etanol-gasolina, com foco nas políticas tributárias incidentes sobre os combustíveis. Em seguida, apresenta-se a metodologia, dados e o método utilizados, delimitando as variáveis adotadas. Posteriormente, são apresentados os resultados obtidos pelo método proposto e feita uma discussão interpretativa à luz de alterações ocorridas no setor produtivo e na regulação estatal. A última seção traz as considerações finais, nas quais são destacadas algumas conclusões do trabalho e apontadas sugestões para aperfeiçoamento das políticas públicas.

## **2. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA POLÍTICA TRIBUTÁRIA INCIDENTE SOBRE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL**

Desde a denominada Revolução de 1930 a intervenção governamental esteve fortemente presente no que concerne às políticas voltadas ao etanol. Em 1933 foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), cujo objetivo era regulamentar o setor sucroalcooleiro (SZMRECSÁNYI; SÁ, 2002). Outro ponto importante na alavancagem deste setor foi a instituição do Programa Nacional do Alcool e do Açúcar (PROÁLCOOL) após as crises do petróleo na década de 1970, especificamente em 1975. Foi a partir deste Programa que a produção e o uso de etanol apresentaram aumento significativo, pois o etanol foi consolidado como combustível, inicialmente com o anidro e, posteriormente, com a predominância do etanol hidratado (ressalta-se que o tipo hidratado é aquele utilizado diretamente nos motores como combustível, enquanto o tipo anidro é utilizado em mistura com a gasolina).

O Brasil vem investindo na produção de etanol desde a década de 1970, aproveitando-se da competitividade natural da produção de cana-de-açúcar do País. Antes disso, o primeiro incentivo para alavancar a produção de etanol se deu por meio do Decreto nº 19.717, de 20 de fevereiro de 1931, que determinava a obrigatoriedade de mistura de 5% de etanol à gasolina importada; para veículos de órgãos públicos tal obrigatoriedade era de 10% (SZMRECSÁNYI; SÁ, 2002).

Quanto às políticas de combustíveis fósseis, seu marco se deu em 1938, com a instituição do Conselho Nacional do Petróleo (CNP) que, embora tivesse âmbito federal, dava aos estados e municípios autonomia para criar tributos sobre operações que envolvessem petróleo e seus derivados, tais como produção, distribuição, comercialização, consumo e importação. Contudo, em 1940, uma nova Lei determinou que caberia apenas à União a criação de tais tributos, permanecendo incidentes sobre os combustíveis o Imposto de Importação (II), Imposto sobre Vendas e Consignações (IVC), e Imposto Único sobre Combustíveis e Lubrificantes (IUCL) (LIMA, 2016).

Com a mudança de regime do governo ocorrida em 1964, houve uma reforma tributária com alteração na formação de preços dos combustíveis. O IVC, por exemplo, foi substituído pelo ICMS<sup>1</sup> [naquela época era apenas Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICM)]. Quanto ao IUCL, Lima (2016, p.6) afirma que suas alíquotas “passaram a incidir sobre valores tabelados, fixados pelo CNP. A esses valores, foram acrescentadas parcelas adicionais, denominadas alíneas. O montante obtido com a soma dessas alíneas constituía o preço de faturamento”. Contudo, em 1980, o IUCL passa a ter uma base específica, desvinculando-se do custo do petróleo.

Além disso, a Contribuição para Programas de Integração Social (PIS), a Contribuição para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP) e o Fundo de Investimento

---

<sup>1</sup>Atualmente, a denominação completa do ICMS, que tem titularidade estadual, é “Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação”.

Social (FINSOCIAL), que foram criados para incidirem sobre o faturamento das empresas, passaram a ser contabilizados no preço dos combustíveis nas refinarias (LIMA, 2016).

Na década de 1970, com o advento do Proálcool, o Estado implementou políticas fiscais de incentivo à aquisição de carros movidos a etanol, pois a tecnologia da época não permitia o intercâmbio de combustíveis. Os carros movidos a etanol tinham menor carga de impostos como ICMS e IPI, e pagavam menor taxa do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA). Além disto, o Estado se comprometia a manter o preço do etanol em um patamar de 65% do valor pago pela gasolina. Com estes incentivos e a evolução da tecnologia dos motores, as vendas cresceram de forma exponencial até o fim da década de 1980.

Atualmente, pelo Decreto nº 9.101, de 20 de julho de 2017, os principais tributos que incidem sobre os combustíveis são o ICMS, PIS/PASEP e CIDE. A CIDE foi instituída em 2001 e passou a ser considerada o principal instrumento de intervenção governamental para garantir a competitividade do etanol, justamente por incidir sobre a gasolina<sup>2</sup>.

É válido destacar que a carga tributária varia conforme o tipo de combustível e, alguns, variam também conforme o estado. O ICMS, por exemplo, é um tributo estadual com tal variação; porém, em média, sua alíquota permanece em torno de 25% a 34% do valor de pauta da gasolina; de 12% a 25% do valor de pauta do diesel; e de 12% a 30% do valor de pauta do etanol.

O PIS/PASEP (unificados em 1975) é um tributo federal cuja alíquota é de R\$ 0,7925/litro de gasolina; R\$ 0,4615/litro de diesel; e de R\$ 0,1309/litro de etanol. Já a CIDE, principal foco deste estudo, é também um tributo federal e incide R\$ 0,10/litro de gasolina; R\$ 0,05/litro de diesel; e não incidiu sobre o etanol no período aqui destacado. Dessa forma, os tributos incidentes sobre a gasolina correspondem a 45% de seu preço, enquanto os tributos sobre o etanol representam 28% (FEDERAÇÃO NACIONAL DO COMÉRCIO DE COMBUSTÍVEIS E DE LUBRIFICANTES – FECOMBUSTÍVEIS, 2017)<sup>3</sup>.

Considerando a tributação incidente sobre os combustíveis no Estado de São Paulo no início de 2017, tem-se que o valor dos tributos federais (CIDE, PIS e COFINS) é de R\$ 0,652 para a gasolina e R\$ 0,242 para o etanol, lembrando que a alíquota do CIDE é zero para este combustível; enquanto o tributo estadual (ICMS) é de R\$ 0,903 para a gasolina e R\$ 0,293 para o etanol. Dessa forma, os tributos somam R\$ 1,555 para a gasolina e R\$ 0,535 para o etanol (referentes a outubro de 2017). Considerando o preço médio de venda ao consumidor, o valor do PIS/COFINS e da CIDE incidentes na gasolina correspondem a aproximadamente 73% do valor previsto pelo Decreto nº 9.101/2017, devido aos 27% de etanol anidro presentes na mistura (FECOMBUSTÍVEIS, 2017).

Em relação à formação dos preços, Lima (2016) argumenta que o preço final para o consumidor é constituído pelo valor do produto (preço de realização) mais o valor dos tributos. No caso da gasolina, o consumidor também paga pelo preço do etanol adicionado à gasolina. Luca e Barbosa (2016) corroboram acrescentando que o valor dos tributos considerado na soma para o preço final ao consumidor é aquele incidente sobre a produção, aprimoramento, transporte, comercialização e revenda do combustível. Dessa forma, todo, ou quase todo, encargo tributário fica por conta do consumidor final.

De acordo com Costa e Guilhoto (2011), o preço final pago pelo consumidor pelo etanol é relativamente mais competitivo *vis-à-vis* o preço da gasolina quando se considera a incidência da CIDE e a alíquota diferenciada do ICMS. Todavia, cabe ressaltar que a CIDE não pode ser considerada como o fator principal do aumento da competitividade do etanol frente à gasolina, pois, ela vem sendo utilizada mais como um controle inflacionário do que um estímulo ao consumo de etanol, o que ficou evidente durante a crise de 2008, na qual a alíquota da CIDE passou de R\$ 0,28 para R\$ 0,18 por litro.

---

<sup>2</sup> Mesmo nas ocasiões em que a alíquota para o etanol hidratado não é de fato ou, hipoteticamente, igual a zero, há um diferencial na CIDE com maior incidência sobre a gasolina, sendo, portanto, uma relação vantajosa para o biocombustível, o que não poderia ser de outra forma.

<sup>3</sup> Como há diversas oscilações nos tributos estaduais e distintas bases de incidência de cada tributo (na produção, na indústria/distribuição ou no varejo/consumidor final), o uso de metodologias e abrangências também distintas de referência apontam, naturalmente, dados diferentes da carga tributária neste caso.

No início da década de 2000, com a introdução do veículo *flex-fuel* no Brasil, ampliou-se ainda mais o uso do etanol como combustível puro, sem adição de gasolina. Para este tipo de veículo o consumidor poderia escolher entre o uso do etanol ou da gasolina, ou de um *mix* entre estes combustíveis. Dessa forma, na hipótese de não haver controle de preços e fortes influências de políticas macroeconômicas, quando os preços do petróleo e de seus derivados estão elevados o consumo de etanol é favorecido e, por consequência, sua produção aumenta. Analogicamente, o baixo preço do petróleo e de seus derivados, assim como mudanças não dinâmicas na produção, desfavorece o uso de etanol (SANTOS, 2016).

Dessa forma, para evitar que as instabilidades do preço do petróleo afetassem significativamente o setor sucroalcooleiro, o governo decidiu pela obrigatoriedade da mistura de etanol na gasolina, garantindo, assim, parte da produção e consumo. Atualmente, pela Lei nº 13.033, de 25 de setembro de 2014, tal mistura é de 27% de etanol anidro à gasolina, tendo sido de 25% ou menos, anteriormente. O governo também optou, a partir de 2016, pela defesa da autonomia do mercado quanto à prática de preços dos combustíveis em geral, a partir da autonomia da Petrobrás, na condição de principal produtora e distribuidora de gasolina e também importante agente na distribuição de etanol.

### 3. METODOLOGIA

A maioria dos trabalhos que abordam a questão das elasticidades do mercado de combustíveis no Brasil utiliza modelos tradicionais de séries temporais voltados para a questão da cointegração. Os modelos de cointegração têm a vantagem de produzir as respectivas elasticidades tanto de curto quanto de longo prazo. No entanto, os valores destas elasticidades são valores médios para determinado período. Deste modo, este estudo utiliza o Modelo Estrutural, uma vez que ele possui a vantagem de permitir a obtenção das elasticidades ponto a ponto para o período analisado. Essa informação será útil para identificar a intensidade das respostas e o comportamento do consumidor em razão das medidas do governo que tenham impacto sobre os preços de alguns bens.

#### 3.1 Modelo teórico para o cálculo econométrico

De acordo com Hughes *et al.* (2006), diversos estudos sobre a elasticidade da demanda de gasolina têm como base a teoria microeconômica, sendo a quantidade demandada de um produto uma função inversa do preço da gasolina e função direta da renda. Mais especificamente, conforme Sterner e Dahl (1992), o modelo de demanda de gasolina tem como base a hipótese de que a função utilidade do consumidor depende da demanda de gasolina ( $DG$ ) mais a demanda agregada para os demais bens ( $DO$ ). Ainda segundo hipótese do modelo microeconômico, o consumidor conhece tanto o preço da gasolina ( $PG$ ) quanto os preços dos demais produtos ( $PO$ ) – hipótese de racionalidade plena, sendo que os preços dos demais produtos podem ser representados por um índice de preços ao consumidor. Partindo do pressuposto de que o consumidor é racional, ele escolhe  $PG$  e  $PO$  de tal forma a maximizar sua respectiva função utilidade, a qual, por sua vez, é dada pela sua respectiva restrição orçamentária, representada como  $(PG * DG) + (PO * DO) \leq Y$ , sendo  $Y$  a renda do consumidor.

Portanto, a equação a ser maximizada é a combinação da função utilidade do consumidor e de sua restrição orçamentária, isto é,  $U(DG, DO) + \lambda[Y - (PG * DG) - (PO * DO)]$ , sendo  $\lambda$  o multiplicador de Lagrange. Com base nas hipóteses do tradicional modelo microeconômico neoclássico, tem-se que a quantidade demandada de gasolina é função do preço da gasolina, do preço do bem substituto e da renda. Contudo, no caso da não existência de substituto para a gasolina, a determinação da elasticidade da gasolina apresenta modelo econométrico mais restrito, pois a quantidade consumida de gasolina é função somente de seu próprio preço e da renda do consumidor. Em termos econométricos, este modelo é escrito como:

$$\ln DG_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PG_t + \beta_2 \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (03)$$

em que:  $DG_t$  corresponde a quantidade demandada de gasolina;  $\beta_0$  é a constante;  $\beta_1$  representa a elasticidade preço da demanda;  $PG_t$  é o preço da gasolina;  $\beta_2$  é a elasticidade-renda; e  $Y_t$  é a renda

do consumidor. Finalmente,  $\varepsilon_t$  corresponde ao resíduo que, por hipótese, é aleatório. Considerando que as variáveis estão no formato logarítmico, os coeficientes estimados correspondem às respectivas elasticidades.

Com base na equação (03), que representa os modelos para demanda de gasolina no âmbito internacional, Alves e Bueno (2003) estimaram a demanda por gasolina para o Brasil utilizando método de cointegração de Engle-Granger (1991). Um item que distingue esse modelo dos modelos aplicados no mercado internacional consiste na introdução do preço do etanol como substituto da gasolina. O modelo econométrico para a demanda por gasolina passa a ter esta composição:

$$\ln DG_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PG_t + \beta_2 \ln Y_t + \beta_3 \ln PE_t + \varepsilon_t \quad (04)$$

em que:  $\beta_3$  é a elasticidade-preço cruzada e  $PE_t$  é o preço do bem substituto, nesse caso, o preço do etanol, enquanto as demais variáveis e parâmetros permanecem os mesmos da equação (03).

No entanto, quando o trabalho de Alves e Bueno (2003) foi desenvolvido, a tecnologia do carro *flex-fuel* ainda não era utilizada, pelo menos em escala comercial, porquanto essa tecnologia entrou em operação comercial somente a partir de 2003. Por outro lado, a partir de 2003 observa-se que a entrada de veículos *flex-fuel* apresenta trajetória ascendente, chegando, inclusive, a quase 80% dos veículos novos que entraram em circulação no Estado de São Paulo em 2012.

Neste contexto, este estudo analisa, além do mercado de gasolina, o mercado de etanol combustível, salientando que a introdução do carro *flex-fuel* foi um “divisor de águas”, permitindo ao consumidor maior liberdade em termos de qual combustível utilizar. Sendo assim, foi estimado um segundo modelo objetivando determinar a demanda de etanol:

$$\ln DE_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PG_t + \beta_2 \ln Y_t + \beta_3 \ln PE_t + \varepsilon_t \quad (05)$$

em que:  $DE_t$  representa a quantidade de demandada de etanol; e os demais elementos já foram definidos anteriormente.

A partir dos modelos (04) e (05) pode-se estimar as respectivas elasticidades de longo prazo, as quais são definidas como:

$$\frac{\partial \ln DG_t}{\partial \ln PG_t} = \beta_1; \quad \frac{\partial \ln DG_t}{\partial \ln Y_t} = \beta_2; \quad \frac{\partial \ln DG_t}{\partial \ln PE_t} = \beta_3 \quad (06)$$

em que: o primeiro termo corresponde a elasticidade-preço da demanda por gasolina; o segundo representa a elasticidade-renda da demanda por gasolina e o terceiro elemento representa a elasticidade-preço cruzada entre preço de etanol e quantidade demandada de gasolina. Raciocínio semelhante se aplica para os cálculos das elasticidades de longo prazo do modelo relativo à demanda de etanol.

### 3.2 Dados

Esta pesquisa analisa as elasticidades-preço e preço cruzada nos mercados de gasolina e etanol, utilizando dados relativos ao Estado de São Paulo por este ser representativo do País, em termos estatísticos. As séries utilizadas neste estudo foram: preço médio da gasolina (*Precogasolina*); quantidade comercializada de gasolina (*Vendasgasolina*); preço médio do etanol hidratado (*Precoetanol*); e quantidade vendida de etanol hidratado (*Vendasetanol*). Todas estas variáveis foram obtidas para o varejo no Estado de São Paulo no Sistema de Levantamento de Preços da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Foi ainda utilizado o Produto Interno Bruto do Brasil (*PIB-BR*) como variável *proxy* da renda, cuja fonte foi o banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA).

Todas as variáveis foram utilizadas na forma de logaritmo, logo, seus coeficientes estimados representam suas respectivas elasticidades. Para identificar as variáveis no formato logarítmico acrescentou-se a letra *L* no início da sigla de cada uma. O período analisado inicia-se em Janeiro de 2003 e estende-se até Maio de 2017.

Para verificar os impactos devidos às medidas do governo, foram utilizados dados referentes à incidência tributária sobre os produtos (Tabela 1). Os dados selecionados se referem aos meses

com oscilação de algum dos tributos incidentes a valores praticados (o governo tem a discricionariedade de reduzir ou até zerar o tributo, como tem feito no caso da CIDE para o etanol).

**Tabela 1** – Dados de Alíquotas de Impostos Incidentes sobre a Gasolina e o Etanol: Jan./2003 a Maio/2017 (R\$ nominal)

Período	CIDE	CIDE	PIS	COFINS	PIS	COFINS
	Gasolina	Etanol	Gasolina	Gasolina	Gasolina	Etanol
Jan. 2003 – Dez. 2003	0,38	0,007	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Jan. 2004 – Dez. 2004	0,41	0,007	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Jan. 2005 – Dez. 2008	0,21	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Jan. 2009 – Dez. 2009	0,14	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Jan. 2010 – Jan. 2011	0,17	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Fev. 2011 – Abr. 2011	0,11	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Mai. 2011 – Dez. 2011	0,17	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Jan. 2012 – Out. 2012	0,14	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Nov. 2012 – Jun. 2013	0,07	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Jul. 2013 – Abr. 2015	0,00	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344
Mai. 2015 – Mai. 2017	0,10	0,00	0,058	0,2344	0,0508	0,2344

Fonte: Senado Federal (2017).

### 3.3 Detalhamento do Modelo Estrutural

Os tradicionais métodos econométricos, tais como regressão ou modelos de séries temporais, como, por exemplo, Modelo de Função de Transferência, Cointegração de Engle Granger e Modelo Vetorial de Correção de Erro (VEC), entre outros, permitem estimar a elasticidade média tanto no âmbito do curto quanto e/ou de longo prazo. No entanto, tais métodos não levam em consideração os componentes não observáveis, os quais serão apresentados em detalhes nesta subseção.

Este estudo utiliza o denominado Modelo Estrutural, conforme apresentado em Harvey (1993; 1996) e Commandeur e Koopman (2007), para estimar a elasticidade-preço da demanda, elasticidade-renda e elasticidade-preço cruzada nos mercados de gasolina e etanol. No entanto, a principal vantagem do Modelo Estrutural consiste em determinar não somente as elasticidades médias, mas, também, as respectivas elasticidades ponto a ponto ao longo do tempo. Neste artigo, o foco incide sobre os cálculos das elasticidades variáveis ao invés das elasticidades médias. Mais especificamente, sobre as elasticidades variáveis preço da demanda por gasolina, elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina, elasticidade-preço do etanol e elasticidade-preço cruzada gasolina etanol.

O aspecto relevante do Modelo Estrutural relativamente aos demais modelos supracitados é que tal método permite decompor as séries temporais em seus quatro componentes não observáveis: Tendência, Sazonalidade, Ciclo e componente Irregular. Mais especificamente, este método decompõe a componente Tendência em duas partes, o nível da série e sua respectiva inclinação, permitindo determinar se o nível da série é constante ou não, e se sua inclinação é constante ou não ao longo do tempo. Também permite determinar se há sazonalidade, e diante de sua presença, se ela é estocástica ou determinística; o mesmo ocorrendo com o componente Ciclo. Em relação ao componente Irregular, o Modelo Estrutural permite sua modelagem via modelo Auto-regressivo de Médias Móveis (ARMA)<sup>4</sup>, tanto para parâmetros regulares quanto sazonais.

Matematicamente, o componente Irregular é representado como:

$$\phi(B)\Phi(B^s)\epsilon_t = \theta(B)\Theta(B^s)a_t \quad (07)$$

em que:  $B$  corresponde ao operador de defasagem, o qual é definido como  $B\epsilon_t = \epsilon_{t-1}$ . Logo, quanto maior o expoente de  $B$ , maior sua defasagem no tempo. O modelo ARMA é representado por um conjunto de polinômios. O termo  $\phi(B)$  é o polinômio Auto-regressivo regular;  $\Phi(B^s)$  é o polinômio Auto-regressivo Sazonal;  $\theta(B)$  é o polinômio de Médias Móveis regular;  $\Theta(B^s)$  é o componente de Média Móvel Sazonal; e  $s$  é a extensão da sazonalidade. Por hipótese, o processo

<sup>4</sup> Detalhes sobre o Modelo ARMA podem ser encontrados em Vandaele (1983) e Mills (1990).

ARMA é estacionário e inversível se as raízes de todos os polinômios se encontram fora do círculo unitário, isto é, se os valores absolutos dessas raízes são estritamente maiores que um.

Matematicamente, o Modelo Estrutural completo pode ser escrito como:

$$\ln(Y_t) = \mu_t + \gamma_t + \psi_t + \sum_{k=0}^k (\varepsilon_i \ln(X_{t-k})) + \beta_t w_t + \phi_t + \sum_{i=2}^t \varphi_i Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (08)$$

A Tendência  $\mu_t$  pode ser subdividida em dois componentes, nível e inclinação, cujas fórmulas são:

$$\mu_{t+1} = \mu_t + v_t + \xi_t \text{ (nível)} \quad (09)$$

$$v_{t+1} = v_t + \zeta_t \text{ (inclinação)} \quad (10)$$

A variação no nível e inclinação é governada pelas variâncias dos termos  $\xi_t$  e  $\zeta_t$  nas respectivas equações. Casos interessantes desse componente surgem quando se manipula as respectivas variâncias. Se a variância  $\xi_t = 0$ , a inclinação será constante e igual a  $v_0$ . Por outro lado, se a variância  $\zeta_t = 0$ , isso implica que  $\mu_t$  será uma tendência determinística dada por  $\mu_0 + v_0 t$ .

O componente sazonal pode ser representado de duas formas, por variáveis *dummies* ou termos trigonométricos. No caso da representação da sazonalidade por variáveis *dummies*, com a extensão da sazonalidade representada por  $s$ , tem-se a seguinte equação estocástica:

$$\sum_{i=0}^{s-1} \gamma_{t-i} = \omega_t, \omega_t \sim i. i. d. N(0, \sigma_\omega^2) \quad (11)$$

A sazonalidade ( $\gamma_t$ ), no caso de dados mensais, implica que  $s = 12$ . Neste estudo foi utilizada a sazonalidade com base trigonométrica:

$$\gamma_t = \sum_{j=1}^{[s/2]} \gamma_{j,t} \quad (12)$$

em que:  $j = 1, 2, \dots, [s/2]$  e cada  $\gamma_{j,t}$  é gerado a partir das seguintes fórmulas:

$$\gamma_{j,t+1} = \gamma_{j,t} \cos \lambda_j + \gamma_{j,t} * \text{sen} \lambda_j + \omega_{j,t} \quad (13)$$

$$\gamma_{j,t+1} * = -\gamma_{j,t} \text{sen} \lambda_j + \gamma_{j,t} \cos \lambda_j + \omega_{j,t} * \quad (14)$$

em que:  $\lambda_j = \frac{2\pi j}{s}$  é a frequência em radianos e os termos  $\omega_t$  e  $\omega_t *$  são mutuamente independentes.

O termo  $\psi_t$  representa o componente cíclico. A equação estocástica que governa o componente Ciclo de período  $p$  e o fator de amortecimento  $\rho$  é a seguinte:

$$\begin{bmatrix} \psi_t \\ \psi_t * \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} \cos \lambda & \sin \lambda \\ -\sin \lambda & \cos \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_{t-1} \\ \psi_{t-1} * \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_t \\ v_t * \end{bmatrix} \quad (15)$$

em que:  $v_t$  e  $v_t *$  representam erros gaussianos independentes com média zero e variância  $\sigma_v^2$ ; e  $\lambda = \frac{2\pi}{p}$  é a frequência angular do ciclo. Qualquer período de tempo ( $p$ ) maior que 2 é admissível, enquanto o fator de amortecimento ( $\rho$ ) pode assumir qualquer valor no intervalo  $(0, 1]$ , isto é, incluindo um, porém, excluindo zero. Valores de  $\rho$  menores que a unidade produzem ciclo estacionário, enquanto  $\rho = 1$  produz ciclo não estacionário.

O termo  $\phi_t$  é o termo auto-regressivo;  $\beta_t w_t$  permite utilizar variáveis *dummies* para tratar quebras estruturais decorrentes da presença de *outliers*<sup>5</sup>; e, finalmente,  $\varphi_i Y_{t-1}$  representa a variável dependente defasada.

Após a estimação do Modelo Estrutural, é necessário analisar os resíduos a fim de verificar a efetividade do processo de filtragem. Para a apresentação das estatísticas utilizadas na avaliação do modelo estimado foi utilizado o texto de Yaffee e McGee (2000).

Entre as estatísticas utilizadas para verificar se o modelo estimado está adequado ou não, tem-se o Erro Quadrático Médio (ou Variância do Erro), cuja fórmula é:

<sup>5</sup> As implicações sobre a presença de *outliers*, bem como os tipos de *outliers* e os procedimentos para sua correção, podem ser encontrados em Box e Tiao (1975) e Box *et al.* (1994).

$$EQM = \frac{\sum_{t=0}^T (y_t - \hat{y}_t)^2}{T-k} = \frac{SQR}{T-k} \quad (16)$$

em que:  $SQR$  corresponde à soma dos quadrados dos resíduos e é dada pela seguinte fórmula:  $SQR = \sum_{t=0}^T (y_t - \hat{y}_t)^2$ ; sendo  $y_t$  o valor observado no período  $t$ ;  $\hat{y}_t$  o valor previsto dentro da amostra no tempo  $t$ ; sendo  $T$  correspondente ao número de observações amostrais; e  $k$  o número de parâmetros estimados. Quanto mais próximo de zero o  $EQM$ , mais os valores previstos se aproximam dos valores observados e melhor o ajuste do modelo. Um segundo indicador utilizado foi a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio ( $REQM$ ), cuja fórmula é:

$$REQM = \sqrt{SQR} = \sqrt{\frac{SQR}{T-k}} \quad (17)$$

No caso do  $REQM$ , assim como na estatística anterior, quanto mais próximo de zero, melhor o ajuste do modelo. Outra estatística importante é o Percentual Absoluto do Erro Médio ( $PAEM$ ), a qual determina a acurácia do modelo em termos percentuais, novamente, quanto mais próximo de zero, melhor o ajuste do modelo. A sua fórmula é a seguinte:

$$PAEM = \frac{100}{T} \sum_{t=0}^T \left| \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} \right| \quad (18)$$

Outros indicadores utilizados para avaliar o modelo estimado neste estudo foram o Coeficiente de Determinação, também denominado de  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado, *Random Walk*  $R^2$  e Amemiya  $R^2$  ajustado. Em linhas gerais, o  $R^2$  é a medida de ajuste mais utilizada e consiste no coeficiente de correlação ao quadrado, variando entre 0 e 1. Quanto mais próximo da unidade, melhor o ajuste do modelo.

Em termos matemáticos, o  $R^2$  é representado como:

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT} \quad (19)$$

em que:  $SQT$  corresponde à soma de quadrados total.

No entanto, conforme Brooks (2002), deve-se realçar que o  $R^2$  apresenta problemas. Dado que o  $R^2$  é definido em termos de variação ao redor da média de  $y$ , tal que, se o modelo é reparametrizado e a variável dependente é modificada, o valor de  $R^2$  também se modificará. Logo, não se deve comparar os valores de  $R^2$  entre modelos com diferentes variáveis dependentes. Também, o valor do  $R^2$  nunca diminui se mais regressores forem adicionados ao modelo. Portanto, é impossível utilizar o  $R^2$  como determinante se uma dada variável deveria estar presente no modelo ou não.

Para contornar os problemas relacionados com o  $R^2$ , frequentemente se leva em conta a perda de graus de liberdade associada com a inclusão de mais variáveis no modelo. Isto é conhecido como  $R^2$  ajustado:

$$\overline{R^2} = 1 - \left[ \left( \frac{T-1}{T-k} \right) (1 - R^2) \right] \quad (20)$$

Se um regressor extra é adicionado ao modelo,  $k$  aumenta, e, a menos que  $R^2$  mais que compense esse aumento, o valor do  $R^2$  ajustado decairá. Portanto, o  $R^2$  ajustado pode ser utilizado na tomada de decisão se determinada variável deve ou não ser incluída no modelo.

Uma variante do  $R^2$  ajustado é o  $R^2$  ajustado de Amemiya. Segundo Yaffee e Mcgee (2000, p.219), o “ $R^2$  ajustado e o  $R^2$  ajustado de Amemiya utilizam diferentes ajustes para compensar o número de parâmetros que estão sendo estimados”. A fórmula para o  $R^2$  ajustado de Amemiya é:

$$\overline{R^2}_{de\ Amemiya} = 1 - \left[ \left( \frac{T+k}{T-k} \right) (1 - R^2) \right] \quad (21)$$

Assim como no caso do  $R^2$ , tanto para o  $R^2$  ajustado quanto para o  $R^2$  ajustado de Amemiya, o melhor ajuste do modelo ocorre quando seus respectivos valores se aproximam da unidade.

Finalmente, o último indicador utilizado foi o *random walk*  $R^2$ , o qual compara o  $R^2$  do modelo estimado com o  $R^2$  de uma variável aleatória. Sua fórmula é a seguinte:

$$\text{random walk } R^2 = \left(1 - \left(\frac{T-1}{T}\right)\right) \frac{SQR}{RWSQR} \quad (22)$$

em que:  $RWSQR = \sum_{t=2}^T (y_t - y_{t-1} - \mu)^2$  e  $\mu = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T (y_t - y_{t-1})$ , sendo  $RWSQR$  a soma de quadrados dos resíduos da variável aleatória; e  $\mu$  uma constante ou valor médio da série.

Antes da aplicação do modelo, cabe uma ressalva. Ao se trabalhar com o Modelo Estrutural, o primeiro passo consiste em verificar se cada um dos componentes não observáveis da série temporal, Tendência (nível e inclinação), Sazonalidade, Ciclo e componente Irregular, apresentam comportamento estocástico ou determinístico.

Neste estudo, ao invés de se remover de uma vez todos os parâmetros não estatisticamente significativos, optou-se pela remoção individual de cada parâmetro, sendo que, após essa remoção, estima-se novamente o modelo e, assim sucessivamente, até ser obtido o modelo com todos os parâmetros estatisticamente significativos, conforme apresentado em Fomby (2008), Milhoj (2012), Gharibvand (2015) e Lavery (2015).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados dados empíricos e os resultados obtidos com a aplicação do método apresentado anteriormente. Consideram-se os modelos de demanda e as elasticidades de cada um dos produtos comparados, de acordo com as possibilidades ou opções do consumidor ao abastecer seu carro *flex*.

##### 4.1 Modelo de demanda de gasolina

Os resultados para este modelo são apresentados na Tabela 2 e devem ser interpretados tanto sob o ponto de vista das médias quanto das variâncias.

**Tabela 2** – Resultados das Estimativas do Modelo Estrutural, Mercado de Gasolina, Estado de São Paulo: Jan./2003 a Maio/2017

Componente	Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão da Estimativa	Valor Teste $t$	P-Valor do Teste $t$
<i>LPIBBR</i>	Coeficiente	0.91384	0.16363	5.58	<.0001
<i>LS99</i> <sup>1</sup>	Coeficiente	0.23318	0.04786	4.87	<.0001
<i>AO01</i> <sup>2</sup>	Coeficiente	0.14541	0.03718	3.91	<.0001
<i>AO100</i> <sup>3</sup>	Coeficiente	0.13405	0.03885	3.45	0.0006
<i>LS05</i> <sup>4</sup>	Coeficiente	0.11693	0.03731	3.13	0.0017
<i>AO03</i> <sup>5</sup>	Coeficiente	-0.06994	0.02549	-2.74	0.0061
<i>lprecogasolina</i>	Erro da Variância	0.00131	0.0002921	4.49	<.0001
<i>lprecoetanol</i>	Erro da Variância	0.00151	0.0008440	1.79	0.0739

**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

<sup>1</sup>*Dummy, Level Shift* em Março de 2011; <sup>2</sup>*Dummy, Additive Outlier* em Janeiro de 2003, <sup>3</sup>*Dummy, Additive Outlier* em Abril de 2011, <sup>4</sup>*Dummy, Level Shift* em Abril de 2003 e <sup>5</sup>*Dummy, Additive Outlier* em Março de 2003.

De maneira geral, todos os parâmetros estimados são estatisticamente relevantes ao nível de significância de 10%. Em relação às médias, observa-se que a variação de 1% na renda, aqui representada pelo PIB do Brasil, induz variação média de 0,9138% na quantidade vendida de gasolina nos postos do Estado de São Paulo, configurando uma relação inelástica. Também, para a estimação do modelo, foi necessário inserir cinco variáveis de intervenção, sendo três do tipo *Additive Outlier (AO)* e dois do tipo *Level Shift (LS)*<sup>6</sup>, conforme Tabela 2. Pelo lado da variância, tanto o preço da gasolina quanto o preço do etanol são estatisticamente significativos levando-se em consideração o nível de significância de 10%. Isto implica que ambas as variáveis têm comportamento estocástico ao longo do tempo. Estes resultados serão analisados mais detalhadamente via evolução gráfica de cada uma ao longo do tempo.

<sup>6</sup> É necessário realçar que não é objetivo identificar os fatores que condicionaram os surgimentos dos respectivos *outliers*. Estas variáveis de intervenção foram necessárias unicamente para garantir que os resíduos sejam ruído branco.

Os diversos indicadores produzidos que mostram a robustez dos resultados estão adequados, dado que o Erro Quadrático Médio, a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio e o Erro Percentual Médio Absoluto se situam próximo de zero (Tabela 3). Este fato indica que as diferenças entre os valores observados e estimados são muito próximos e, portanto, o modelo está bem ajustado.

**Tabela 3** – Indicadores Estatísticos para o Modelo Estrutural Estimado, Mercado de Gasolina, Estado de São Paulo: Jan./2003 a Maio/2017

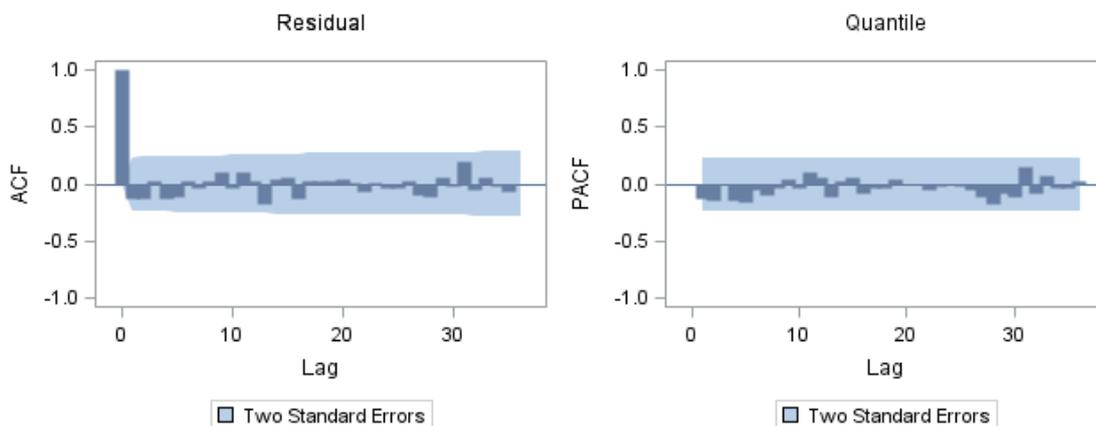
Indicadores Estatísticos	Ajuste Estatístico com Base nos Resíduos
Erro Quadrático Médio	0.00281
Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio	0.05298
Erro Percentual Médio Absoluto	0.20257
$R$ Quadrado	0.60529
$R$ Quadrado Ajustado	0.59973
Random Walk $R$ Quadrado	0.63322
Amemiya $R$ Quadrado Ajustado	0.58306

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

Os indicadores que envolvem os respectivos coeficientes de determinação, ou seja, que têm como base o critério  $R^2$  também se apresentam adequados, pois o  $R^2$  ajustado, assim como o  $R^2$  de Amemiya, estão todos próximos de 60%. Estes resultados indicam que 60% do comportamento da variável dependente são explicados pelas variáveis independentes e pelos componentes da série temporal do modelo (Tabela 2).

A Figura 1 apresenta os correlogramas dos resíduos do modelo de demanda de gasolina. Conforme pode ser visto nos respectivos correlogramas, os resíduos estão isentos de autocorrelação, isto é, correspondem ao que se denomina ruído branco.

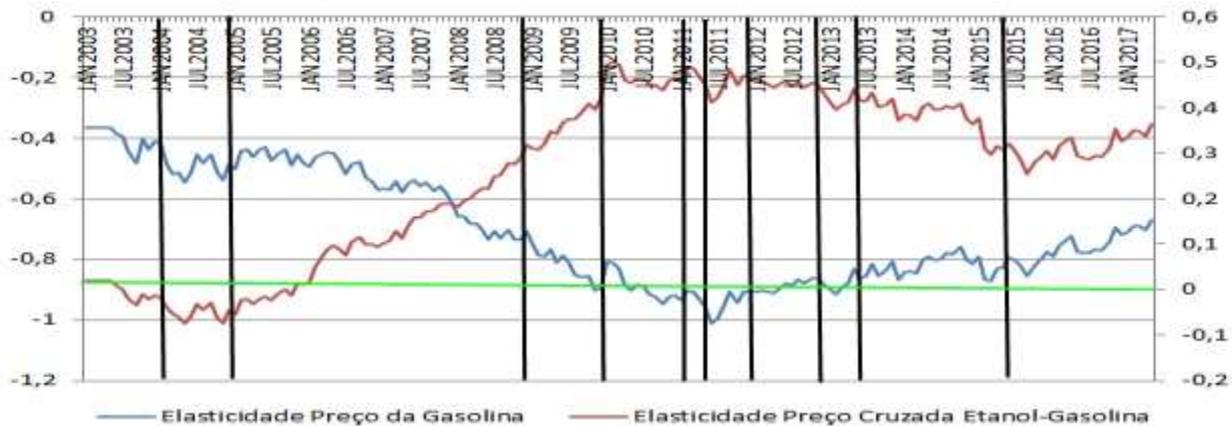
**Figura 1** – Função de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial dos Resíduos do Modelo Estrutural de Demanda de Gasolina, Estado de São Paulo: Jan./2003 a Maio/2017



Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

No início das séries utilizadas, janeiro de 2003, a alíquota da CIDE era igual a R\$ 0,38/ litro da gasolina, enquanto a CIDE incidente sobre o etanol era de R\$ 0,07/litro. Ambas as alíquotas permaneceram constantes até dezembro de 2003. No período, observa-se que a elasticidade-preço da gasolina apresenta tendência de ficar mais elástica, enquanto a elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina também apresenta tendência de ficar mais elástica (Gráfico 1). No entanto, seu sinal é negativo, quando deveria ser positivo, conforme preceitua a teoria econômica.

**Gráfico 1** – Evolução das Elasticidades-Preço da Demanda por Gasolina e Elasticidade-Preço Cruzada Etanol-Gasolina, Estado de São Paulo: Jan./2003 a Maio/2017



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

\*As linhas verticais mostram as datas de alterações nas alíquotas da CIDE tanto para gasolina quanto para etanol.

A partir de janeiro de 2004 a dezembro do mesmo ano, a alíquota da CIDE sobre o preço da gasolina passou para R\$ 0,41/litro, enquanto a alíquota do etanol permaneceu no mesmo patamar de R\$ 0,07/litro. Neste período, observa-se que a elasticidade-preço da demanda por gasolina apresenta duas fases distintas. Até a metade de 2004, a elasticidade-preço da gasolina continua a aumentar, em módulo, e reverte sua trajetória, tornando-se menos elástica. Por sua vez, a elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina continua com sinal negativo.

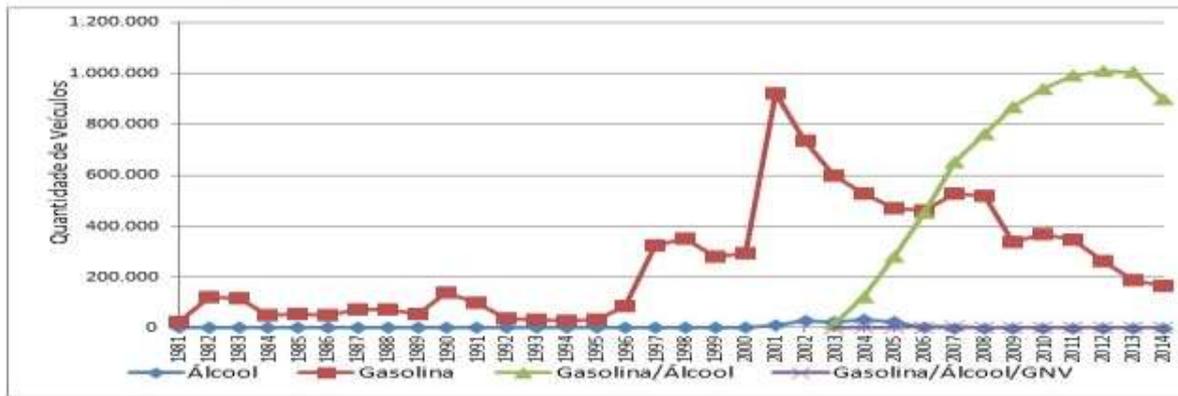
É importante analisar o intervalo de 2005 a 2008 e a alteração na CIDE sobre a gasolina, a partir de janeiro de 2005 até dezembro de 2008, com redução da alíquota para R\$ 0,21/litro, enquanto a CIDE do etanol foi zerada. Neste intervalo há dois momentos de interesse. De acordo com o Gráfico 1, verifica-se que, de janeiro a julho de 2005, a elasticidade-preço da gasolina oscila, porém, praticamente, não muda de nível. No entanto, a partir de agosto de 2005 até dezembro de 2008, a elasticidade-preço da gasolina torna-se mais elástica, ou seja, a redução da alíquota da CIDE sobre o preço da gasolina, possivelmente, tornou a demanda por este combustível mais sensível, pois aumentou a competitividade da gasolina em relação ao etanol.

No caso da elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina, no mesmo intervalo temporal, verifica-se que até novembro de 2005 esta elasticidade continua com o sinal negativo, porém, a partir de dezembro de 2005 apresenta tendência de elevação. Estes comportamentos confirmam, apesar da alíquota do etanol ter sido zerada, que a redução da alíquota sobre a gasolina teve maior impacto tanto sobre a demanda de gasolina quanto de etanol do que a própria redução da CIDE do etanol.

Os resultados apresentam, aparentemente, relação com outro fator relevante que são as indefinições no mercado de combustíveis, com a expansão dos veículos *flex* a partir de 2004 (Gráfico 2), e a grande expansão da oferta de etanol, a partir da safra 2004/2005.

A expressiva entrada de veículos *flex* no mercado é uma explicação possível para o comportamento da elasticidade-preço cruzada de etanol-gasolina, o que contribuiu para tornar a demanda mais elástica, pois proporcionou ao consumidor um produto substituto. Com os veículos *flex-fuel* a decisão de compra de um ou outro combustível passa a ser a cada abastecimento e não mais no momento da compra do veículo.

Pode-se inferir que a evolução das vendas de veículos *flex* e a redução do mercado de carros exclusivos à gasolina (Gráfico 2), aliadas à redução da alíquota da CIDE sobre o preço da gasolina, influenciaram as tendências das elasticidades-preço da demanda por gasolina e da elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina. Tal tendência de aumento das elasticidades dos dois combustíveis continua no período compreendido entre janeiro e dezembro de 2009, evidenciadas pelas curvas das duas elasticidades, que apresentam trajetórias divergentes, ambas se tornando menos inelásticas (Gráfico 1).

**Gráfico 2** – Evolução Anual da Entrada de Automóveis Novos, Estado de São Paulo: 1981 a 2014

Fonte: Dados básicos de Margarido *et al.* (2013) e Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo (2014).

É importante lembrar que, no referido período, houve redução da alíquota da CIDE sobre a gasolina, a qual passou de R\$ 0,21/litro para R\$ 0,14/litro, enquanto a alíquota do etanol permaneceu zerada. Assim, pode-se inferir que a redução da CIDE sobre a gasolina, juntamente com a consolidação dos veículos *flex* no mercado, alteraram significativamente as elasticidades do mercado de combustíveis.

Em janeiro de 2010, a alíquota da CIDE sobre a gasolina foi elevada para R\$ 0,17/litro, continuando zero a do etanol, assim permanecendo até janeiro de 2011. Neste período, enquanto a elasticidade-preço da gasolina continuou a aumentar, em módulo, a elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina atinge seu maior valor em todo o período analisado, aproximando-se de 0,5, depois apresenta pequena retração e volta a se elevar no final do período, conforme evidenciado no Gráfico 1. Por outro lado, com base no Gráfico 2, no mesmo período, enquanto a frota de veículos movidos a gasolina continua a decair, a frota de carros *flex* continua a crescer, porém, a taxas decrescentes, possivelmente em razão da crise econômica que afetou o País.

No breve período de fevereiro a abril de 2011, a alíquota da gasolina foi reduzida para R\$ 0,11/litro, e a alíquota do etanol permaneceu zerada. Isto, aparentemente, proporcionou repiques nas trajetórias das duas elasticidades em março. A trajetória da elasticidade-preço da gasolina, inicialmente descendente, eleva-se e, no final, retoma sua trajetória descendente. Com relação à elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina ocorreu movimento no sentido contrário. Apesar do curto período, foi possível observar que variações de preços dos combustíveis afetaram o comportamento do consumidor, mesmo no curto prazo.

A partir de maio de 2011, a alíquota da gasolina foi reajustada para R\$ 0,17/litro, mantendo a do etanol em zero, até dezembro de 2011. Neste período, para as duas elasticidades identificam-se dois movimentos semelhantes, porém, em sentido contrário, com a trajetória da elasticidade-preço da gasolina atingindo seu menor valor no decorrer do período analisado, configurando uma situação com elasticidade unitária em junho de 2011 para, em seguida, reverter a trajetória. A trajetória da elasticidade-preço cruzada apresentou movimento contrário. Neste ponto, é necessário realçar dois aspectos: em primeiro lugar, as duas elasticidades, que anteriormente tendiam a divergir em suas respectivas trajetórias, passam a convergir e apresentam comportamentos de co-movimento. Também é possível observar que o aumento da alíquota do preço da gasolina, inicialmente, impacta as duas elasticidades alterando as respectivas trajetórias. Pelo lado do mercado de veículos, verifica-se que a tendência de aumento do número de veículos *flex* continua, porém, a taxas cada vez menores, com a redução da taxa de aumento da oferta de etanol no mercado (SANTOS, 2016). Tais fatos podem explicar as mudanças nas respectivas elasticidades.

Apesar de nova redução da alíquota da gasolina para R\$ 0,07/litro no período de novembro de 2012 a junho de 2013, e manutenção da alíquota zero para o etanol para o mesmo período, observa-se outro repique nas trajetórias das duas elasticidades. O resultado evidenciado para este período é que ambas as elasticidades tendem a se tornarem mais inelásticas (Gráfico 1), marcando

novo período de estabilização do domínio da gasolina (vantagem competitiva) no mercado, embora em 2013 a entrada de veículos *flex* tenha atingido seu ápice. Esse conjunto de indicadores evidencia que o sucesso desse tipo de carro tem certo descolamento da competitividade do etanol em si.

Até abril de 2015 a alíquota da gasolina foi zerada, assim como a do etanol. Neste período, ambas as elasticidades apresentam trajetórias mais inelásticas, conforme visto no Gráfico 1. Mesmo com ambas as tarifas zeradas, as elasticidades tendem a ficarem mais inelásticas, ou seja, aparentemente, o efeito preço foi suplantado pelo efeito renda. Este período se caracteriza por incertezas na política, queda de renda, aumento do desemprego, além da redução da entrada de veículos em geral. Em outras palavras, as duas elasticidades se tornam menos sensíveis, ou seja, variações de preços na gasolina induzem menor variação na quantidade demandada de gasolina, e mesmo efeito em relação à elevação ao etanol. O que significa que, mesmo com a alíquota da CIDE sendo igual a zero, o efeito preço não compensou o efeito renda, ou seja, a magnitude da queda na renda dos consumidores mais que compensou o efeito relacionado à redução no preço da gasolina.

Em maio de 2015 a alíquota da CIDE sobre a gasolina foi reajustada de zero para R\$ 0,10/litro, o impacto desta alta fica patente no comportamento das elasticidades no Gráfico 1, pois, a partir de junho do mesmo ano, a elasticidade-preço da gasolina apresentou trajetória ascendente, tornando-se mais inelástica. Já a elasticidade-preço cruzada etanol-gasolina reverteu sua trajetória de queda, assumindo uma tendência ascendente, ou seja, torna-se menos inelástica. Possivelmente, o quadro de incerteza econômica do período pode ter induzido os consumidores a ficarem mais sensíveis a variações no preço do etanol do que da gasolina, mesmo com o aumento da CIDE. Contudo, um aspecto que deve ser observado, neste ponto, é que o crescimento da oferta do etanol foi menor do que o crescimento do consumo do conjunto de combustíveis do ciclo Otto (gasolina pura, etanol hidratado, e etanol anidro mais gasolina). Portanto, o etanol deixou naturalmente de ocupar espaço no mercado, dado que as exportações também diminuíram.

## 4.2 Modelo da demanda de etanol

Uma vez apresentado o mercado de gasolina e aspectos relacionados ao etanol e à mistura de ambos, o próximo passo é analisar o mercado de combustíveis do etanol. Com base nos coeficientes estimados para o mercado de etanol, verifica-se que, pelo lado das médias, todos os coeficientes são estatisticamente significativos para o nível de significância de 1% (Tabela 4).

**Tabela 4** – Resultados das Estimativas do Modelo Estrutural, Mercado de Etanol, Estado de São Paulo: Jan./2003 a Maio/2017

Componente	Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão da Estimativa	Valor Teste <i>t</i>	P-Valor do Teste <i>t</i>
Irregular	Erro da Variância	0.00059115	0.0002163	2.73	0.0063
<i>LPIBBR</i>	Coeficiente	1.72552	0.24632	7.01	<.0001
<i>AO01</i> <sup>1</sup>	Coeficiente	0.32829	0.05374	6.11	<.0001
<i>LS37</i> <sup>2</sup>	Coeficiente	0.36825	0.05758	6.40	<.0001
<i>LS12</i> <sup>3</sup>	Coeficiente	0.34281	0.04140	8.28	<.0001
<i>AO09</i> <sup>4</sup>	Coeficiente	-0.14010	0.03757	-3.73	0.0002
<i>LS20</i> <sup>5</sup>	Coeficiente	-0.20986	0.04903	-4.28	<.0001
<i>LS99</i> <sup>6</sup>	Coeficiente	-0.33941	0.06872	-4.94	<.0001
<i>LS49</i> <sup>7</sup>	Coeficiente	0.19258	0.05442	3.54	0.0004
<i>AO100</i> <sup>8</sup>	Coeficiente	-0.33938	0.05987	-5.67	<.0001
<i>lprecoetanol</i>	Erro da Variância	0.00427	0.0016307	2.62	0.0089
<i>lprecogasolina</i>	Erro da Variância	0.00116	0.0005553	2.10	0.0361

**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

<sup>1</sup>*Dummy, Additive Outlier* em Janeiro de 2003; <sup>2</sup>*Dummy, Level Shift* em Janeiro de 2006, <sup>3</sup>*Dummy, Level Shift* em Dezembro de 2003, <sup>4</sup>*Dummy, Additive Outlier* em Setembro de 2003 e <sup>5</sup>*Dummy, Level Shift* em Agosto de 2004, <sup>6</sup>*Dummy, Level Shift* em Março de 2011, <sup>7</sup>*Dummy, Level Shift* em Janeiro de 2007 e <sup>8</sup>*Dummy, Additive Outlier* em Abril de 2011.

Em termos econômicos, verifica-se uma variação de 1% na renda que induz variação de 1,72% na quantidade demandada de etanol, configurando um relacionamento elástico entre estas

duas variáveis. Comparativamente ao mercado de gasolina, o efeito renda no mercado de etanol é muito mais elástico (0,98 para a gasolina contra 1,72 para o etanol). Também foi necessária a inserção de oito variáveis *dummies* para a estimação do modelo, sendo três do tipo *Additive Outlier (AO)* e cinco do tipo *Level Shift (LS)*.

Conforme apresentado na Tabela 5, os diversos indicadores produzidos mostram que os resultados são robustos, uma vez que o Erro Quadrático Médio, a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio e o Erro Percentual Médio Absoluto se situam próximo de zero, indicando que as diferenças entre os valores observados e estimados são muito próximos, ou seja, ressaltam que o modelo está bem ajustado.

Ainda com base nos resultados da Tabela 5, os respectivos coeficientes de determinação, ou seja, que têm como base o critério  $R^2$ , também se apresentam adequados, pois o  $R^2$  ajustado, assim como o  $R^2$  de Amemiya, estão todos próximos de 80%. Estes resultados indicam que 80% do comportamento da variável dependente são explicados pelas variáveis independentes e pelos componentes da série temporal do modelo estrutural.

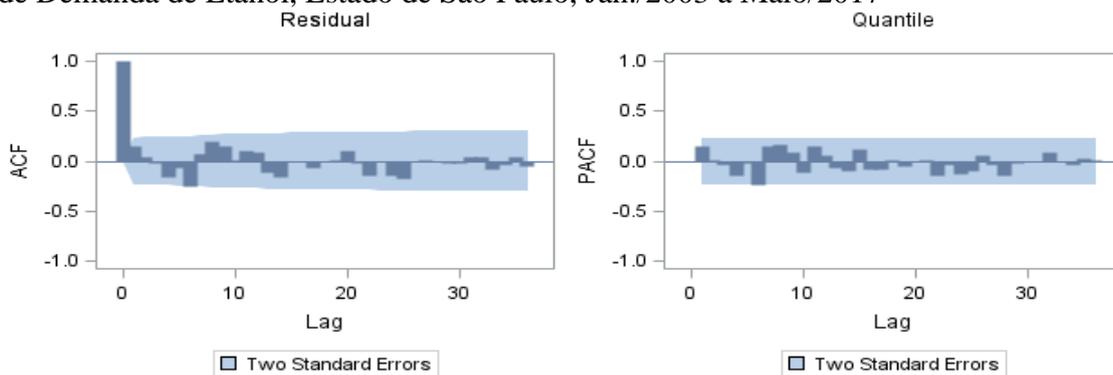
**Tabela 5** – Indicadores Estatísticos para o Modelo Estrutural Estimado, Mercado de Etanol, Estado de São Paulo, Jan./2003 a Maio/2017

Indicadores Estatísticos	Ajuste Estatístico com Base nos Resíduos
Erro Quadrático Médio	0.00541
Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio	0.07354
Erro Percentual Médio Absoluto	0.27457
$R$ Quadrado	0.83691
$R$ Quadrado Ajustado	0.83225
<i>Random Walk R</i> Quadrado	0.57592
Amemiya $R$ Quadrado Ajustado	0.82294

**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

A Figura 2 apresenta os correlogramas dos resíduos do modelo de demanda de etanol. Conforme pode ser visto no correlograma da Função de Autocorrelação e Função de Autocorrelação Parcial, os resíduos não apresentam autocorrelação, isto é, são ruído branco.

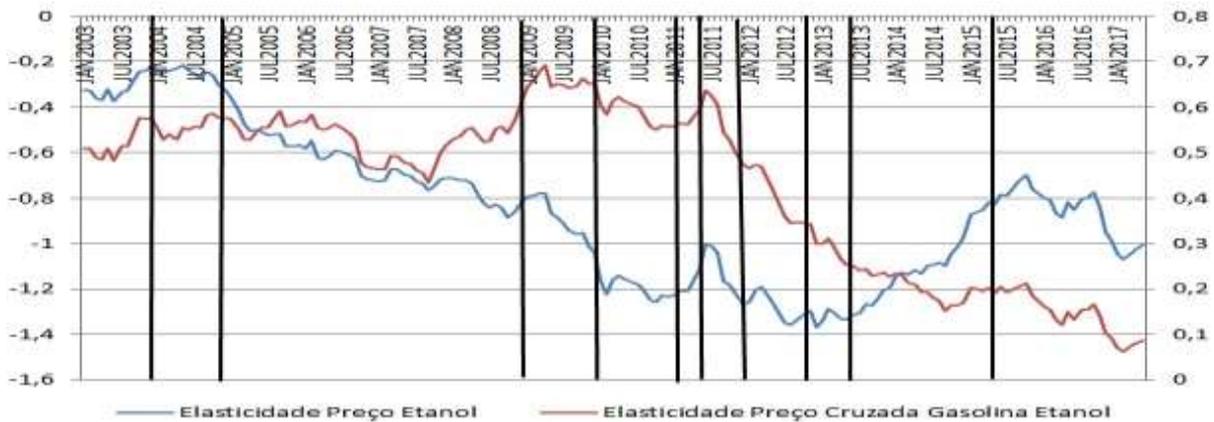
**Figura 2** – Função de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial dos Resíduos do Modelo Estrutural de Demanda de Etanol, Estado de São Paulo, Jan./2003 a Maio/2017



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

Entre janeiro e dezembro de 2003, as alíquotas da CIDE sobre a gasolina e o etanol eram R\$ 0,38/litro e R\$ 0,07/litro, respectivamente. Neste período, enquanto a elasticidade preço do etanol apresentou trajetória ascendente, tornando-se mais inelástica, a trajetória da elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol, também apresentou trajetória ascendente, ou seja, tendente a ficar mais elástica (Gráfico 3). O contexto visto sobre o aumento do mercado de carros *flex*, possivelmente justifica os respectivos comportamentos das elasticidades.

**Gráfico 3** – Evolução das Elasticidades-Preço da Demanda por Etanol e Elasticidade-Preço Cruzada Gasolina-Etanol, Estado de São Paulo, Jan./2003 a Maio/2017



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa.

\*As linhas verticais mostram as datas de alterações nas alíquotas da CIDE tanto para gasolina quanto para etanol.

A partir de janeiro até dezembro de 2004, as alíquotas da CIDE foram alteradas, sendo que a CIDE incidente sobre o preço da gasolina aumentou de R\$ 0,38/litro para R\$ 0,41/litro, enquanto a alíquota do etanol permaneceu em R\$ 0,07/litro. Neste período, verificou-se que a elasticidade-preço da demanda por etanol aumentou, em módulo, no final do período, tornando-se menos inelástica. Movimento contrário se verificou em relação à elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol, pois esta tendeu a se tornar mais inelástica no final do período (Gráfico 3).

O fato de a elasticidade-preço da demanda do etanol tender a ficar mais elástica pode estar relacionado à entrada e rápida expansão das vendas dos veículos *flex* no período. Logo, o aumento da alíquota da gasolina e manutenção da alíquota do etanol, associada à presença de um produto substituto ao veículo exclusivamente à gasolina, aparentemente, condicionou ambas as elasticidades a divergirem no final do período, pois, a elasticidade-preço do etanol se tornou mais inelástica, enquanto ocorreu o contrário com a elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol.

Entre janeiro de 2005 e dezembro de 2008, com o valor da alíquota da gasolina reduzido para R\$ 0,21/litro, e a do etanol zerada, a elasticidade apresentou duas fases distintas. Entre janeiro de 2005 e meados de 2007, as duas elasticidades caminharam conjuntamente. Ou seja, enquanto a elasticidade-preço do etanol se tornou mais elástica, a elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol se tornou mais inelástica. Após julho de 2007 até dezembro de 2008, a elasticidade-preço do etanol continuou a trajetória e tornou-se ainda mais elástica. Não obstante, a trajetória da elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol reverteu sua posição e passou à condição de mais elástica, ocorrendo descolamento das trajetórias das duas elasticidades.

Faz-se necessário realçar que este período abrange diversos fatos que podem ter contribuído para as trajetórias das duas elasticidades, entre os quais se destacam: a entrada de veículos *flex* cresce a taxas crescentes; a entrada de veículos movidos exclusivamente à gasolina decaiu de forma expressiva; e o governo, de forma deliberada, visando conter a inflação, segurou repasses aos preços dos combustíveis de origem fóssil, ou seja, apesar do preço do petróleo apresentar tendência de alta no mercado internacional, esses aumentos não foram totalmente repassados para o consumidor doméstico no período anterior à crise financeira internacional ocorrida em 2008 (SANTOS, 2016).

Entre janeiro e dezembro de 2009 ocorreu nova redução da alíquota da gasolina para R\$ 0,14/litro, mantendo-se a do etanol em zero. Neste período, a curva da elasticidade-preço da demanda do etanol continuou em queda, ou seja, esta elasticidade tornou-se cada vez maior, em módulo, inclusive tornando-se unitária em dezembro de 2009, enquanto a elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol também se tornou mais elástica, atingindo seu valor com elasticidade-preço cruzada igual a 0,7. Em suma, o processo de distanciamento entre as trajetórias das duas elasticidades se amplia ainda mais (Gráfico 3). Possivelmente, o fenômeno esteja captando o aumento do efeito substituição entre os dois combustíveis e também à complexidade da cadeia

produtiva, a qual responde de imediato à medidas que resultam em desequilíbrio de fatores concorrenciais, mas necessita uma ou duas safras, ou até a um ciclo completo do cultivo da cana-de-açúcar, de seis ou sete anos, para responder às medidas de equilíbrio na oferta (SANTOS, 2016).

Em janeiro de 2010 a alíquota da gasolina subiu para R\$ 0,17/litro e, novamente, a alíquota do etanol permaneceu zerada. Estas alíquotas foram válidas até janeiro de 2011. Enquanto a elasticidade-preço do etanol continuou na mesma trajetória, isto é, tendendo a ficar cada vez mais elástica, ultrapassando, inclusive o valor de -1,2, a trajetória da elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol reverteu e passou a ficar mais inelástica, isto é, menos sensível a variações nos preços.

Como já mencionado, no curto intervalo entre fevereiro e abril de 2011, a alíquota da gasolina foi reduzida para R\$ 0,11/litro, mantendo zerada a alíquota do etanol. Apesar do pequeno intervalo de tempo, observa-se que a redução da alíquota da gasolina alterou as trajetórias das duas elasticidades, até porque a oferta do etanol estava limitada, por ser o período final da entressafra em que, historicamente, o preço do etanol fica mais elevado relativamente à gasolina. Enquanto a elasticidade-preço do etanol se tornou mais inelástica, a elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol ficou mais elástica (Gráfico 3). Portanto, a redução da alíquota sobre a gasolina tornou esse combustível ainda mais competitivo em relação ao etanol.

A partir de maio de 2011, com a alíquota da CIDE sobre gasolina em R\$ 0,17/litro e a alíquota do etanol mantida em zero, até dezembro de 2011, mais uma vez se observam alterações nas trajetórias das duas elasticidades. A elasticidade-preço do etanol tornou-se mais elástica, ultrapassando o valor de -1,2, enquanto a elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol tornou-se bem mais inelástica (Gráfico 3). Com base nestes comportamentos, verifica-se que o etanol se tornou mais competitivo frente à gasolina, mais uma vez cabendo registrar que a crise da economia brasileira se refletiu sobre o mercado de veículos leves, que apresentou taxas decrescentes. Portanto, pode-se inferir, também para o mercado do etanol, que a redução da renda do consumidor foi relevante para alterar os respectivos efeitos preços.

Entre janeiro e outubro de 2012 a alíquota da gasolina foi reduzida para R\$ 0,14/litro e a do etanol zerada. Tendo as trajetórias das duas elasticidades continuado no sentido descendente. A elasticidade-preço do etanol chegou a -1,3 e, por outro lado, a elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol caiu muito mais acentuadamente, tendendo para apenas 0,3 (Gráfico 3). Além disso, observou-se tendência para aproximação entre as duas curvas.

Ainda em 2012, mais precisamente em novembro, mais uma vez a alíquota da gasolina foi modificada, desta vez, para R\$ 0,07/litro, mantendo-se, novamente, a alíquota do etanol zerada. Estas alíquotas permaneceram até junho de 2013. A trajetória da elasticidade-preço do etanol apresentou duas fases distintas no referido período. Inicialmente, continuou em queda atingindo a elasticidade com valor próximo de -1,3, a elasticidade mais elevada em módulo em todo período analisado. Posteriormente, reverteu a trajetória e passou ser ascendente, isto é, começou a se tornar menos elástica. A elasticidade-preço cruzada gasolina-etanol continuou sua trajetória descendente, elevando sua inelasticidade (Gráfico 3).

Em julho de 2013, assim como a alíquota do etanol, a alíquota da gasolina foi zerada, situação que esteve vigente até abril de 2015, período em que as curvas das duas elasticidades convergiram. Após janeiro de 2014 até abril de 2015, as duas curvas apresentaram comportamento divergente, se distanciando uma da outra. A intensidade pela qual a elasticidade-preço do etanol se tornou mais inelástica é superior ao movimento em direção à maior inelasticidade da curva da elasticidade-preço cruzada, pois a primeira apresentou inclinação mais acentuada do que a segunda (Gráfico 3). A possível explicação para o comportamento de cada curva de elasticidade pode ser decorrência do acirramento da crise político-econômica no período em questão, visto que a queda da produção industrial, associada ao aumento do desemprego, impactou negativamente a renda dos consumidores, provocando, inclusive, acentuada queda nas vendas de veículos. Mais uma vez, o impacto negativo do efeito renda pode ter superado o efeito preço, ou seja, mesmo a gasolina tendo se tornado mais barata (por diversos fatores), o que é um efeito preço positivo, a quantidade vendida tanto de gasolina quanto de etanol se tornou mais inelástica.

Finalmente, em maio de 2015, a alíquota da CIDE sobre a gasolina voltou a subir e foi fixada em R\$ 0,10/litro, mantendo-se em zero a alíquota do etanol. Estas alíquotas se mantiveram fixas até maio de 2017, último mês do período abrangido por este estudo. No início deste último período a elasticidade-preço do etanol apresentou trajetória ascendente, tornando-se mais inelástica. A partir de janeiro de 2016, esta trajetória foi revertida e rompeu o valor de -1,0, chegando a -1,068 em janeiro de 2017, situação em que a elasticidade-preço do etanol voltou a ser elástica. Enquanto isso, a trajetória da elasticidade-preço cruzada continuou na sua trajetória descendente, tornando-se cada vez mais inelástica, chegando, inclusive, a ficar abaixo de 0,1.

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o comportamento do mercado de etanol e gasolina frente a políticas de isenções e diferenciações tributárias, destacando o impacto da CIDE no período 2003-2017. Foi neste período que o etanol hidratado e a gasolina assumiram o comportamento de produtos substitutos, uma vez que os carros *flex*, introduzidos em escala comercial no Brasil em 2003, permitiram que a decisão de abastecimento com determinado combustível fosse tomada a cada visita aos pontos de venda. O consumidor passou a ter o hábito de comparar constantemente o preço dos produtos e a fazer as contas para decidir qual é mais compensador a cada momento. Assim, a análise das elasticidades-preço de cada combustível e das elasticidades-preço cruzadas são importantes tanto para a avaliação de medidas no campo da tributação, quanto para a análise das políticas de apoio à produção e de precificação dos combustíveis leves (Ciclo Otto) no Brasil.

Sobre este último aspecto, o trabalho evidenciou a intensidade na qual a CIDE desloca os preços de equilíbrio e favorece o mercado de etanol. Os dados da pesquisa mostraram também como os consumidores desses combustíveis reagiram às variações de preços no período em questão, e como o advento dos veículos *flex-fuel* foi importante para o consumidor que passou a ter reações diversas das do período em que os carros usavam apenas um tipo de combustível. Dessa forma, a CIDE teve um papel importante na discriminação de preço entre etanol hidratado e gasolina, induzindo à substituição da gasolina por etanol em momentos em que a alíquota da CIDE foi aumentada e a do etanol mantida em patamar menor ou zero.

Outra conclusão deste estudo é que a CIDE poderia ter tido um papel importante na indução das vendas de etanol caso as suas alíquotas tivessem se mantido estáveis no período. Como isto não ocorreu, o período foi marcado por diferentes fases e comportamentos das elasticidades-preço cruzadas que alternaram períodos de elasticidade com os de inelasticidade dos preços.

Neste aspecto, a política mostrou-se positiva ao favorecer a oferta de biocombustível que beneficia a saúde nos centros urbanos; porém, uma falha a destacar foi a oscilação da alíquota sobre a gasolina. Ela provoca efeitos negativos para a cadeia produtiva, por exemplo: i) ao gerar incertezas para investimentos em uma cadeia de ciclo de produção longo (seis anos); ii) ao reduzir margens operacionais dos produtores, quando a CIDE está baixa e, ato seguinte, ao aumentar as margens quando ela está alta, sendo ambas medidas de efeitos não dinâmicos na economia.

Ao longo do trabalho procurou-se evidenciar a necessidade de se definir prioridades e planejar de forma mais consistente outras medidas de aperfeiçoamento do mercado de combustíveis no Brasil, inclusive a tributação como um todo. Tal planejamento é importante para criar um cenário de médio e longo prazos que permita aos agentes estudar seus investimentos, impulsionando a oferta de etanol e dos demais produtos ligados à cadeia produtiva. Assim, poderão ser evitadas grandes variações na capacidade instalada e na oferta de produto no mercado, além de criar um ambiente mais propício aos investimentos em produtividade.

Do ponto de vista ambiental e da saúde das pessoas, um imposto como a CIDE deve ser visto como um indutor do consumo diferenciado de etanol, cujos efeitos são perceptíveis em cidades grandes, em razão da ampla capacidade do etanol de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de poluentes. Neste aspecto, os dados apresentados neste trabalho possibilitam desdobramentos como o cálculo da redução das emissões dos GEE em função, por exemplo, do montante da CIDE ou de suas diferentes alíquotas.

Cabe ressaltar que este texto não esgotou o tema do uso de políticas públicas para a indução de consumo de combustíveis renováveis. Há uma ampla agenda de pesquisa sobre o tema, que passa por entender as decisões dos consumidores, além do preço, até o entendimento da real eficiência dos veículos *flex-fuel* quando estão usando etanol e gasolina em diferentes combinações de etanol anidro e hidratado.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Sistema de levantamento de preços**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/preco/>>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- ALVES, D. C.O.; BUENO, R. L. S. Short run, Long run and cross elasticities of Gasoline Demand in Brazil. **Energy Economics**, 25, p.191-199. 2003.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time series analysis: forecasting and control**. 3rd. New Jersey: Prentice Hall, 1994, 598p.
- BOX, G. E. P.; TIAO, G. C. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. **Journal of the American Statistical Association**, v. 70, n. 349, p. 70-79, Mar. 1975.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). **Plano Nacional de Agroenergia (PNA)**. Brasília: Mapa, 2006.
- BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance**. United Kingdom: Cambridge University Press, 2002, 701p.
- COMMANDEUR, J. J. F.; KOOPMAN, S. J. **An introduction to state space time series analysis**. United States: Oxford University Press, 2007, 174p.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. O papel da tributação diferenciada dos combustíveis no desenvolvimento econômico de São Paulo. **Economia Aplicada**, v. 15, n. 3, p. 369-390, 2011.
- COSTA; C. C; BURNQUIST, H. Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. **Estudos Econômicos**, v. 46, n. 4, p. 1003-1028, Out.-Dez. 2016.
- ENGLE, R. F.; GRANGER, C.W.J. **Long-run economic relationship: readings in cointegration**. New York: Oxford University Press, 1991. 301p. (Advanced texts in econometrics).
- FEDERAÇÃO NACIONAL DO COMÉRCIO DE COMBUSTÍVEIS E DE LUBRIFICANTES – FECOMBUSTÍVEIS. **Revendedor: tributação**. 2017. Disponível em: <<http://www.fecombustiveis.org.br/revendedor/tributacao/>>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- FOMBY, T. **The unobserved components model**. Disponível em: <<http://faculty.smu.edu/efomby/eco5375/data/notes/The%20Unobservable%20Components%20Model.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.
- GHARIBVAND, L. **Using unobserved component model (UCM) for a stock price fluctuation**. 2015, 6 p. Disponível em: <<http://www.lexjansen.com/wuss/2008/anl/anl12.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- HARVEY, A. C. **Time series model**. Great Britain: MIT Press, 1993, 308p.
- \_\_\_\_\_. **Forecasting, structural time series models and the Kalman filter**. Great Britain: Cambridge University Press, 1996, 554p.
- HUGHES, J. E.; KNITTEL, C. R.; SPERLING, D. Evidence of a Shift in the Short-Run Price Elasticity of Gasoline Demand. NBER Working Paper Series. **Working Paper** 12530, September, 2006. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w12530>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEADATA. 2017. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- KUTAS, G.; LINDBERG, C; STEENBLIK, R. **Biofuels**: at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in selected OECD countries. 2007. Disponível em: <<http://www.iisd.org/library/biofuels-what-cost-government-support-ethanol-and-biodiesel-selected-oecd-countries>>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- LAVERY, R. **An animated guide**: proc UCM (Unobserved Components Model), 2015, 23 p. Disponível em: <<http://www.lexjansen.com/nesug/nesug04/an/an03.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.
- LIMA, P. C. R. Preço dos combustíveis no Brasil. **Consultoria Legislativa**, Brasília-DF, Jan. 2016.
- LUCA, G. D.; BARBOSA, R. S. Análise da tributação sobre o etanol e o seu impacto no desenvolvimento sustentável brasileiro. **Revista Tributária e de Finanças Públicas**, v. 130, p. 1-15, Set.-Out., 2016.
- MARGARIDO, M. A.; CLEMENTE, A. L. G., SILVA, A. A., SILVA, W. M. G. Análises das elasticidades nos mercados de gasolina e etanol no Estado de São Paulo. In: 3ª Conferência de Gestão de Riscos e Comercialização de Commodities. **Anais...** SP, 26-27 de novembro de 2013.
- MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; REIS, B. L. S. F. S. O déficit de produção do etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de políticas. **BNDES Setorial**, n. 35, p. 277-302, mar. 2012.
- MILHOJ, A. **Analyzing the time series of U.S. E-Commerce using Proc UCM**. SAS Global Forum, 2012, 110 p. Disponível em: <<http://support.sas.com/resources/papers/proceedings12/339-2012.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- MILLS, T. C. **Time series techniques for economists**. New York: Cambridge University, 1990, 377 p.
- MORAES, M.; BACCHI, M. Etanol, do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**, ano XXIII, n. 4, p. 5-22, Out./Nov./Dez. 2014.
- NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil**: um negócio classe mundial. São Paulo: Atlas, 2010, 288 p.
- SANTOS, G. R. (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil**: desafios, crises e perspectivas. Brasília: IPEA, 2016. 315 p.
- SECRETARIA DA FAZENDA DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2014. Disponível em: <<https://portal.fazenda.sp.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- SENADO FEDERAL. **Cide**. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/cide>>. Acesso em: 4 fev. 2018.
- STEENBLIK, R. Subsidies: the distorted economics of biofuels. **Discussion paper** n. 3. International Transport Forum/OCDE, 2007. 66 p.
- STERNER, T.; DAHL, C. Modelling Transport Fuel Demand. In: STERNER, T. (ed). **International Energy Economics**. Great Britain: Chapman & Hall, p.65-80, 1992.
- SZMRECSÁNYI, T.; SÁ, A. C. Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). 2002. Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/instituto-do-acucar-e-do-alcool-iaa>>. Acesso em: 17 fev. 2018.
- VANDAELE, W. **Applied time series and Box-Jenkins models**. New York: Academic Press, 1983, 417 p.
- YAFFEE, R.; MCGEE, M. **Introduction to time series analysis and forecasting with applications of SAS and SPSS**. San Diego: Academic Press, 2000, 528 p.