



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE**  
**CURSO DE FINANÇAS**

**LEONARDO PENHA FERREIRA**

**ESTIMATIVA DAS ELASTICIDADES-PREÇO, RENDA E CRUZADA DO ETANOL  
NO BRASIL E NO ESTADO DO CEARÁ NOS PERÍODOS PRÉ E PÓS PANDEMIA  
DE COVID-19**

**FORTALEZA - CE**

**2022**

LEONARDO PENHA FERREIRA

ESTIMATIVA DAS ELASTICIDADES-PREÇO, RENDA E CRUZADA DO ETANOL  
NO BRASIL E NO ESTADO DO CEARÁ NOS PERÍODOS PRÉ E PÓS PANDEMIA  
DE COVID-19

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado à atividade de Monografia II,  
como parte das exigências para a obtenção  
do título de graduado.

Orientador: Professor Dr. Pablo Urano de  
Carvalho Castelar (UFC)

FORTALEZA - CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F441e Ferreira, Leonardo Penha.  
Estimativa Das Elasticidades-Preço, Renda e Cruzada do Etanol no Brasil e no estado do Ceará nos Períodos Pré e Pós Pandemia de Covid-19 / Leonardo Penha Ferreira. – 2022.  
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará,  
Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Finanças,  
Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Pablo Urano de Carvalho Castelar.

1. Etanol. 2. Elasticidades. 3. Choques Estruturais. I. Título.

CDD 332

---

LEONARDO PENHA FERREIRA

ESTIMATIVA DAS ELASTICIDADES-PREÇO, RENDA E CRUZADA DO ETANOL  
NO BRASIL E NO ESTADO DO CEARÁ NOS PERÍODOS PRÉ E PÓS PANDEMIA  
DE COVID-19

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado à atividade de monografia II,  
como parte das exigências para a obtenção  
do título de graduado.

Aprovado em: 14 / 12 / 2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Pablo Urano de Carvalho Castelar (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Vitor Borges Monteiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Sérgio Aquino de Souza  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho chega ao fim e sou muito grato primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria em todas as partes dele, como também a todos que me ajudaram de alguma forma a chegar até aqui direta e/ou indiretamente, como meus familiares, parentes, amigos e os colegas e professores do meu curso de Finanças.

Destaco também a grande importância do meu orientador professor Pablo Castelar que me deu total suporte e teve paciência de me auxiliar, criticar e fazer as devidas ponderações necessárias para o trabalho ficar ideal, bem como os outros dois professores que compuseram a banca, Vitor Borges e Sérgio Aquino, pelos comentários e sugestões que com certeza deixaram o mesmo ainda mais robusto.

## RESUMO

O presente trabalho baseou-se no estudo das elasticidades-preço, cruzada e renda do etanol, de forma agregada para o Brasil e no estado do Ceará. Metodologicamente buscou-se, além de fazer uma comparação simples entre os resultados dessas amostras, uma análise mais profunda e robusta em termos estatísticos sobre possíveis choques estruturais causados pela pandemia de Covid-19, utilizando dois testes próprios para tal: o teste de estabilidade de Chow e o teste de estabilidade com variáveis Binárias. Os resultados encontrados indicaram mudanças nas elasticidades apenas no estado do Ceará, enquanto que de forma agregada para o Brasil, as mesmas se mantiveram estáveis. Destaca-se a importância mútua no uso dos dois testes em questão, pois conclusões imprecisas poderiam ser feitas por meio de apenas um deles, podendo se tornar assim, uma imensa contribuição à literatura.

**Palavras-chave: Etanol, Elasticidades, Choques Estruturais.**

## **ABSTRACT**

The present work was based on the study of the price, cross and income elasticities of ethanol, in aggregate form for Brazil and the state of Ceará. Methodologically, it was sought, in addition to making a simple comparison between the results of these samples, a deeper and more robust analysis in statistical terms of possible structural shocks caused by the Covid-19 pandemic, using two tests: The Chow stability test and the stability test with Binary variables. The results found indicated changes in elasticities only in the state of Ceará, while in aggregate form for Brazil, they remained stable. The mutual importance in the use of the two tests in question is highlighted, as imprecise conclusions could be made through only one of them, which could become an immense contribution to the literature.

**Keywords: Ethanol, Elasticities, Structural Shocks.**

# Sumário

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b>	9
<b>2.0 REVISÃO DA LITERATURA</b>	12
<b>3.0 METODOLOGIA</b>	16
3.1 Amostra	17
3.1.1 Evolução das variáveis	18
3.2 Modelo Log-Linear	22
3.3 Testes de Estabilidade Estrutural	23
3.3.1 Teste de Chow	23
3.3.2 Teste com Variáveis Binárias	24
<b>4.0 RESULTADOS</b>	26
4.1 Estimações Pré Pandemia	26
4.1.1 Brasil	26
4.1.2 Ceará	26
4.2 Estimações Pós Pandemia	26
4.2.1 Brasil	27
4.2.2 Ceará	27
4.3 Estimações com a amostra completa	27
4.3.1 Brasil	28
4.3.2 Ceará	28
4.4 Estabilidade Estrutural dos Modelos	28
4.4.1 Teste de Chow	28
4.4.2 Teste com Variáveis Binárias	30
<b>5.0 CONCLUSÕES</b>	33
<b>REFERÊNCIAS</b>	36



## 1.0 INTRODUÇÃO

Não é de hoje que questões relacionadas aos combustíveis vem sendo alvo de diversos debates e análises em diferentes setores da sociedade e em torno dos muitos *players* dependentes e relacionados aos mesmos no Brasil, principalmente após as mudanças na política de preços feita pela Petrobrás em 2016<sup>1</sup>.

Nesse sentido, se tratando de bens essenciais na economia como um todo, eles possuem uma vasta gama de possibilidades de estudos e inferências, tais como os referentes a seus preços, demanda, opções de substituição, fatores ambientais *etc.*, que se fazem necessários para fundamentar as opiniões e tomadas de decisão dos agentes interessados, que fazem o uso constante deles.

Por serem dois combustíveis que possuem muitas características em comum em termos econômicos, diversos trabalhos sobre a gasolina e o etanol vem sendo elaborados buscando entender os fatores que influenciam suas demandas, assim como tentar mensurar quantitativamente o impacto deles na mesma, o que pode ser feito a partir de análises de elasticidades.

O estudo de elasticidades é um dos focos centrais da análise microeconômica e econométrica, pois serve justamente para ajudar aos diversos agentes e setores em suas tomadas de decisões econômicas e no entendimento de estruturas de mercado. A partir delas pode-se, por exemplo, avaliar o impacto de um choque transitório ou temporário em um bem, ou na estrutura de um mercado como todo, ao dividir-se os períodos de análise.

Uma definição mais formal de elasticidades na microeconomia<sup>2</sup> diz que a mesma avalia como a demanda por um bem reage frente a mudanças em seus fatores explicativos, como seu preço, renda do consumidor ou preço de um bem substituto, por exemplo. Os bens podem ser divididos, de forma geral, em elásticos (valor da elasticidade, em módulo, maior que um) e inelásticos (valor da elasticidade, em

---

<sup>1</sup> Ver, por exemplo:

<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2016/10/14/petrobras-nova-politica-de-precos-ouve-revisoes-ao-menos-uma-vez-por-mes.htm>. Acesso em 23/08/2022.

<sup>2</sup> Ver: PINDYCK, Robert S; RUBINFELD, Daniel L. Microeconomia, 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013.

módulo, menor que um), onde nos primeiros pequenas alterações nos fatores influenciam fortemente a demanda, e os do segundo grupo são considerados mais essenciais, devido às alterações nos fatores não afetarem significativamente as preferências dos consumidores. Ressalte-se, ainda, que choques/eventos estruturais podem impactar de forma considerável as elasticidades, como o surgimento de um novo bem substituto ou mudanças nos hábitos dos consumidores.

Para os combustíveis fósseis, observou-se, a partir de 2003, o surgimento de veículos híbridos (*flex-fuel*), que podem utilizar tanto a gasolina quanto o etanol, este último sendo um combustível renovável e um possível substituto à mesma. A partir disso, alguns estudos foram elaborados visando analisar se, de fato, ocorreram mudanças significativas na elasticidade da gasolina a partir deste fato estrutural. Margarido e Shikida (2017) estudaram exatamente isso, estimando elasticidades de curto e longo prazo para a gasolina no estado de São Paulo no período de 2003 a 2015, concluindo que alterações ocorreram em ambas as elasticidades em comparação com estudos prévios para anos anteriores a este evento.

Com base em tudo isso, observa-se que a pandemia de Covid-19, iniciada no primeiro semestre de 2020, impactou direta ou indiretamente a vida de todos, bem como grande parte da economia global. É comum constatar opiniões afirmando que o mundo vai viver um “novo normal”<sup>3</sup>, em muitos aspectos, a partir deste evento, como a adoção de modelos de trabalho híbridos ou totalmente remotos por parte de muitas empresas. Portanto, considera-se que a pandemia é um potencial evento de mudança estrutural na demanda e elasticidade por combustíveis, e serve como uma das motivações deste referido trabalho.

Assim, a partir dessa discussão, surge a motivação de se fazer um estudo que relacione esses temas de forma conjunta. De modo geral, o objetivo do presente trabalho é o de avaliar a demanda e as elasticidades-preço, elasticidade-renda e elasticidade-cruzada para o etanol no Brasil e no estado do Ceará, para que se tenha ao mesmo tempo uma visão mais ampla nacionalmente e comparando os achados com os de uma unidade federativa relevante da região nordeste, bem como por se tratar de um estudo pioneiro de forma agregada no estado, tanto

---

<sup>3</sup> Ver, por exemplo: <https://www.tce.sp.gov.br/observatorio/novo-normal-onu-estabelece-roteiro-para-estimular-economias-e-salvar-empregos-apos-covid-19>. Acesso em 08/06/2022.

metodologicamente, quanto em relação ao comportamento da demanda pelo combustível em questão.

O fato de buscar-se estimar e analisar unicamente a demanda e elasticidades pelo etanol deve-se, em grande parte, à escassez de estudos do tipo a respeito deste combustível, diferente do que ocorre com a gasolina, onde há uma ampla gama de trabalhos com metodologias e objetivos muito semelhantes com as desenvolvidas aqui, sendo devidamente citadas na revisão da literatura e servindo como uma base para a adequada execução deste trabalho.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado ao todo em cinco capítulos, onde o segundo apresenta a literatura utilizada como referencial teórico, o terceiro trata das metodologias e aspectos da amostra, variáveis e regressões, e os dois últimos apresentam os resultados obtidos e a conclusão, respectivamente.

## 2.0 REVISÃO DA LITERATURA

A análise de alguns trabalhos prévios sobre os focos do presente estudo - elasticidades, choques estruturais e demanda por combustíveis - é apresentada nesta seção. Primeiramente, ressalte-se que todos os artigos citados foram de suma importância para nortear os objetivos aqui contidos e desenvolvidos, valendo a icônica frase de Isaac Newton: “*Se eu vi mais longe foi por estar sobre ombros de gigantes*”, que trata a ciência como uma construção coletiva, e não individual. Devido a já ressaltada escassez de estudos referentes ao etanol, trabalhos específicos sobre a gasolina são discutidos, devido ao fato de estarem diretamente relacionados aos objetivos aqui contidos.

De início, em termos de literatura internacional, quatro trabalhos foram considerados. O primeiro deles foi o de Rask (1998), que teve como foco central a análise das características do mercado norte-americano de etanol, estimando equações e elasticidades tanto de oferta quanto de demanda para o mesmo por meio de Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) no período de janeiro de 1983 a maio de 1993. Em termos de elasticidades, foi constatado nesse estudo que tanto oferta quanto demanda são inelásticas ao preço próprio, mas que a oferta é muito elástica em relação ao preço do milho (insumo para a produção deste combustível).

Luchansky e Monks (2009) é outro estudo voltado à análise do mercado americano de etanol. Nele, a demanda, oferta e elasticidades também são estimados, utilizando um sistema de equações simultâneas para tal, com dados mensais indo de setembro de 1997 a dezembro de 2006. Descobriu-se que em relação ao preço próprio, a demanda é elástica nesse trabalho, diferindo assim do encontrado no de Rask (1998).

Dahl e Sterner (1991) fizeram um levantamento de diversos estudos prévios sobre a demanda e elasticidades da gasolina, que focou em analisar as causas de divergências nos resultados obtidos neles e se era possível obter algum tipo de padronização para deixá-los mais semelhantes. São analisados dez tipos de modelos, onde em cada um a demanda por gasolina é explicada por diferentes variáveis. São consideradas também como causas das divergências a periodicidade dos dados (mensal, trimestral ou anual), a quantidade de defasagens das variáveis (se houver) e o tipo de modelo selecionado (painel, séries temporais ou cortes

transversais). Algumas conclusões do estudo sugerem a utilização de dados anuais frente aos mensais, devido a possíveis sazonalidades, e que há maior variabilidade nas elasticidades de longo prazo do que nas de curto prazo.

Levin, Lewis e Wolak (2017) desenvolveram um artigo que de encontro ao anterior de Dahl e Sterner (1991), pois sugere que o uso de dados com frequência diária é mais adequado e reflete mais a realidade, partindo da hipótese de que os consumidores fazem suas decisões de abastecimento dos veículos em intervalos muito curtos de tempo. A partir disso, os dados diários de preço e demanda por gasolina de 243 cidades dos EUA foram coletados entre os anos de 2006 a 2009 e agregados em um painel de efeitos fixos. Constatou-se que a partir desta metodologia, as elasticidades foram bem mais elásticas em relação a outros estudos prévios.

Voltando-se agora para a literatura nacional, Burnquist e Bacchi (2002) é um dos primeiros estudos que investigou o comportamento e os impactos dos determinantes da demanda por gasolina, entre os anos de 1973 a 1998, utilizando as variáveis preço e renda para tal. Metodologicamente, foi feito o uso de um grande aparato de séries temporais, como testes de raiz unitária, cointegração de Johansen e o modelo usado para a estimação foi o de correção de erros (MCE). Como resultado, é indicado que a demanda por gasolina é mais elástica com relação à renda do consumidor do que a seu preço, tanto no curto quanto no longo prazo.

Nappo (2007) foi o primeiro estudo entre os selecionados para embasar este trabalho, e busca avaliar os impactos de choques nas elasticidades da gasolina, além de fazer uma análise de mudanças estruturais a partir da introdução dos veículos híbridos no Brasil. Nele, o autor fez uso do período de 1994 a 2006 para estimar as elasticidades preço e renda utilizando técnicas de cointegração com o objetivo de obter resultados principalmente para o longo prazo, mostrando que no mesmo, ambas são inelásticas. Como contribuição e diferencial, está o fato do uso de variáveis binárias (*dummy*) para separar os períodos pré e pós implementação dos veículos *flex-fuel* a partir do ano de 2003, indicando que ocorreu mudança na elasticidade-preço, que se tornou mais elástica.

Azevedo (2007) produziu um estudo bastante robusto sobre elasticidades de diversos combustíveis no Brasil, pois o mesmo deu-se de forma agregada para todo o país e depois desagregada entre as regiões, utilizando modelos de

cointegração, com o intuito de identificar se haviam diferenças significativas entre elas no que tange aos fatores explicativos da demanda e dos seus graus de impacto. Os principais resultados sugerem que essas diferenças realmente se fazem presentes entre as regiões, o que na visão da autora serve de base e justifica o desenvolvimento de políticas públicas com relação aos combustíveis de forma desagregada a nível regional, e não englobando todo o país, como se observa nos dias atuais.

Caroprezo (2011) desenvolveu um estudo voltado à análise das elasticidades preço e renda por etanol nos EUA e no Brasil, os dois maiores países consumidores deste combustível, fazendo o uso de muitos conceitos de séries temporais de forma robusta, como a cointegração de Johansen. No tocante às contribuições para a literatura, tem-se a análise focada apenas neste combustível renovável, sendo a maioria dos outros da área voltados em especial aos combustíveis fósseis. Os resultados coincidiram com os esperados pela teoria econômica e com alguns estudos prévios, diferindo apenas na magnitude, por exemplo, tanto a elasticidade-preço quanto a renda foram maiores no mercado brasileiro, tendo como possível explicação o fato da maior disseminação de veículos híbridos em nosso país.

O segundo estudo observado sobre choques estruturais e seus impactos na demanda e elasticidade dos combustíveis entre os selecionados foi o de Sant Anna e Bastos (2014), utilizando dados a nível nacional para o Brasil no período de julho de 2001 a dezembro de 2012. Nele, buscou-se analisar se houve alteração na elasticidade-preço da gasolina com a entrada dos veículos *flex-fuel* a partir de 2003, o que foi sugerido com base nos resultados encontrados, tendo a referida elasticidade passado de inelástica para elástica a partir desse evento, o que indica que o etanol se tornou um bem substituto da gasolina. Foram utilizados três modelos econométricos para fazer os devidos testes: OLS, GMM e VAR.

Fanini (2016) focou-se em analisar cenários alternativos para a política de preços da Petrobrás, com estimativas de demanda e elasticidades sendo utilizadas para avaliar o impacto de tais cenários na lucratividade da empresa, durante os anos de 2002 a 2016. No que se refere especificamente às elasticidades, os resultados do modelo estimado foram ao encontro dos esperados pela teoria econômica, com o preço próprio tendo impacto negativo na demanda e o preço do bem substituto e a renda tendo impactos positivos. A metodologia utilizada para tal estimação foi a

cointegração de Johansen, junto de análises de endogeneidade, normalidade e homocedasticidade dos resíduos.

Em linha com os estudos de Nappo (2007) e Sant Anna e Bastos (2014), Margarido e Shikida (2017) estimaram a demanda e as elasticidades-preço, renda e cruzada da gasolina e etanol para o estado de São Paulo, entre janeiro de 2003 e dezembro de 2015. O uso de conceitos de séries temporais foi crucial na metodologia, visto que o objetivo foi o de fazer comparativos, primeiro entre as elasticidades de curto e longo prazo para cada combustível e depois averiguar se após a implantação dos veículos híbridos a elasticidade sofreu alterações significantes. Os autores reforçam também que o estudo de elasticidades possui grandes implicações, como no entendimento das estruturas de mercado, excedentes do produtor e consumidor, e no desenvolvimento de políticas públicas regulatórias e ambientais

Por fim, Quaresma (2020) foi talvez a maior inspiração para o desenvolvimento do presente estudo. Nele, foi estimado a demanda e as elasticidades-preço e cruzada para a gasolina e o álcool hidratado (etanol) na cidade de Fortaleza, no período de junho a agosto de 2019, que apesar de ser de curta extensão, teve como vantagem o uso de dados diários de preço e quantidade vendida para todos os postos da capital, agregados em forma de painel com efeitos fixos. Durante esse intervalo amostral, ocorreu uma elevação de 4% no preço dos combustíveis nas refinarias para os revendedores, o que foi tratado como um choque estrutural e com isso, a amostra foi dividida em duas (pré e pós elevação) e reestimada, com diferenças sendo percebidas de modo significativo entre os coeficientes dos modelos.

### 3.0 METODOLOGIA

Este capítulo será, em suma, dedicado a explicar mais detalhadamente os dados obtidos e também no que tange a parte de modelagem e demais recursos econométricos utilizados no decorrer do mesmo, assim como adiantar o que seria esperado, em termos de resultados.

A teoria econômica será utilizada como referência para a interpretação dos resultados encontrados. A Tabela 1 a seguir expõe os sinais esperados por cada coeficiente/elasticidade que será estimado nas equações de demanda pelo etanol:

Tabela 1: sinais esperados dos coeficientes na equação de demanda por etanol

Variável	Sinal Esperado
Preço Próprio do Bem: $P_i$	(-) Negativo
Preço do Bem Substituto: $P_j$	(+) Positivo
Renda do Consumidor: $Y$	(+) Positivo

Fonte: elaboração própria

As explicações e intuições para isso são simples: é esperado que o preço próprio ( $P_i$ ) do etanol tenha impacto negativo na sua demanda, isto é, quanto maior o mesmo, menos os consumidores devem se interessar por consumi-lo. Já o preço do bem substituto ( $P_j$ ), que nesse caso é a gasolina, deve ter impacto positivo na demanda por etanol, pois se o mesmo aumentar os consumidores podem tentar fazer uma substituição entre os combustíveis, tendo em vista que a maioria dos veículos permite isso. Por fim, a renda ( $Y$ ) também deve exercer impacto positivo na demanda por etanol, dado que o aumento nela para o consumidor permite a possibilidade de se consumir mais combustível.

Deve ser ressaltado, no entanto, que tudo isso é apenas o esperado de modo geral e agregado pela teoria, portanto, diferenças podem ser encontradas ao se considerar as diferentes amostragens e períodos presentes neste trabalho. Por fim, cabe salientar que no tocante às elasticidades, o sinal dos coeficientes tem pouca relevância, já que o valor delas é dado em módulo, e com isso, deve-se apenas avaliar se elas são *maiores*, *iguais* ou *menores* que um, em termos absolutos.

Outro ponto que deve ser ressaltado é que, essencialmente, gasolina e etanol não são “substitutos perfeitos” devido a um detalhe: a diferença de eficiência entre esses bens, muito por conta de, na maioria dos casos, ser possível fazer mais



quilômetros por litro com a gasolina, sendo vantajoso utilizar etanol apenas se a razão entre os preços for igual ou menor que 0,7<sup>4</sup>.

Com base nisso, um importante programa criado para se incentivar a produção e o consumo de etanol no Brasil foi o Proálcool<sup>5</sup>, iniciado na década de 70, tendo como grande motivador os choques do petróleo, mas que observando o cenário atual, não parece ter surtido tanto efeito, tendo em vista a grande preferência dos brasileiros por gasolina.

Como já pontuado, de forma mais específica, outro foco do estudo será o de investigar a possível mudança estrutural causada pela pandemia de Covid-19, com as amostras sendo divididas em duas partes para tal. No mais, a significância estatística das variáveis - levando sempre em conta que o nível de 10% será o considerado para garantir que os resultados sejam significantes -, bem como os seus graus de impacto na demanda pelo referido combustível também são avaliados, com tais resultados sendo comparados com o que é esperado pela teoria econômica.

Cabe ser destacado também que as duas principais hipóteses de possíveis mudanças estruturais a partir da pandemia de Covid-19 - em termos de causalidade - são baseadas no fato da população ter ficado mais em casa devido à disseminação do trabalho remoto, e também pela elevação global no preço do barril de petróleo, tendo atingido, em 2022, diversas máximas recentes<sup>6</sup>, o que afeta o preço dos combustíveis no Brasil.

### 3.1 Amostra

No tocante ao período amostral dos dados, optou-se pelo intervalo que vai de julho de 2017 a junho de 2022, tendo como principal justificativa a última alteração na política de preços da Petrobrás, que apesar de já estar desde 2016 seguindo a paridade internacional (PPI), foi a partir de então que os reajustes passaram a ser

---

<sup>4</sup> Ver, por exemplo: <https://www.otempo.com.br/economia/veja-quando-compensa-abastecer-o-carro-com-gasolina-ou-alcool-1.2634502>. Acesso em 14/12/2022

<sup>5</sup> Ver, por exemplo: <https://anfavea.com.br/site/o-que-foi-o-proalcool/>. Acesso em 18/10/2022.

<sup>6</sup> Ver, por exemplo, <https://economia.uol.com.br/noticias/afp/2022/05/27/petroleo-atinge-maxima-em-dois-meses.htm>; Acesso em 16/12/2022.

mais frequentes e sem maiores restrições. A periodicidade será mensal, devido a ser mais viável utilizar uma *proxy* da renda dessa forma.

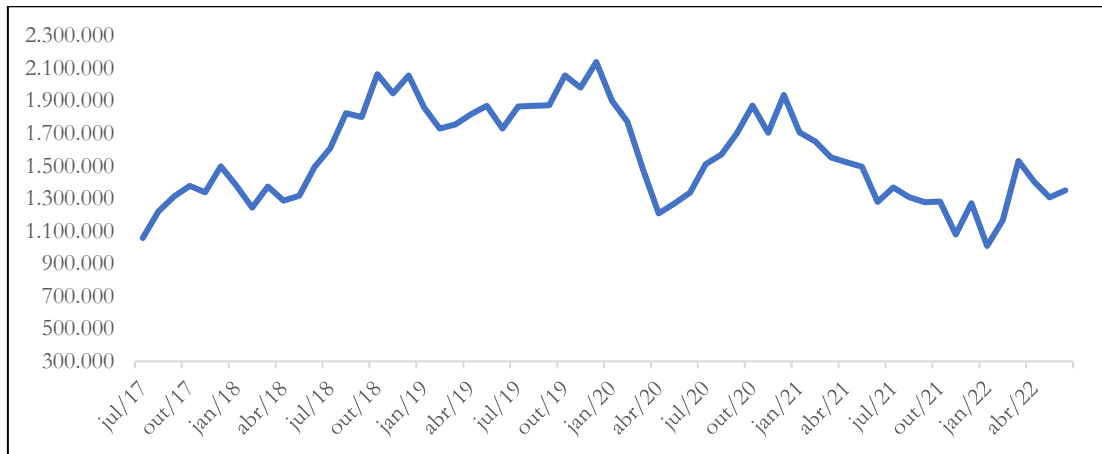
Com relação às variáveis, tanto os preços como a quantidade vendida foram obtidos das bases da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Utilizou-se o IPCA como deflator dos preços, tanto do etanol, como também da gasolina, que neste caso será apenas o bem substituto utilizado para mensurar a elasticidade-cruzada. Sobre a variável Renda, um índice de Produção Física Industrial (PIM-PF), calculado pelo IBGE, foi utilizado como *proxy* da mesma, tendo como base a utilização de índices semelhante nos trabalhos de Caroprezo (2011) e Azevedo (2007).

O *software* utilizado para fazer as estimações e algumas análises estatísticas foi o *Gretl*, que permitiu de forma prática e objetiva manipular e separar a amostra nos períodos pré e pós pandemia, bem como obter os logaritmos naturais de todas as variáveis utilizadas nos modelos. Ademais, os dados foram tratados por meio do *LibreOffice Calc*, permitindo a criação de tabelas e gráficos que visam facilitar a visualização dos dados que estão expostos a seguir.

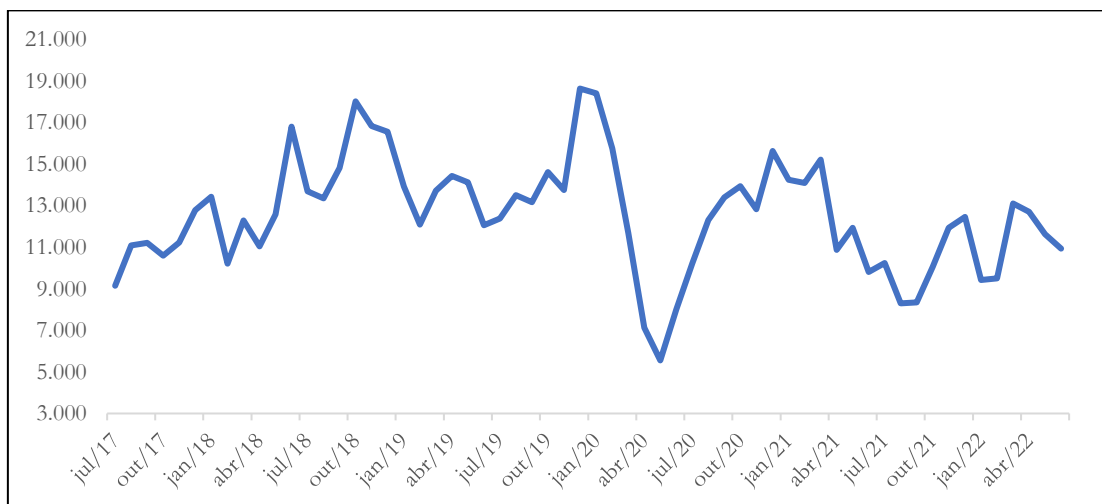
### 3.1.1 Evolução das variáveis

Os Gráficos 1 e 2 a seguir mostram a evolução da demanda por etanol no Brasil e no Ceará, respectivamente. Neles, pode-se observar fortes quedas acumuladas de 33,22% no Brasil, e 69,83% no Ceará, entre janeiro e maio de 2020, que é justamente quando ocorrem as maiores restrições econômicas em decorrência da tentativa de conter o avanço da Covid-19 em todo o país.

Após a segunda onda, que ocorreu no início de 2021, a demanda começa a retrair novamente em ambas as amostras, só que agora de forma progressiva e constante após um período de recuperação, o que, nesse caso, pode ter sido causado pelo aumento nos preços nominais deste combustível, além da continuidade das restrições.

Gráfico 1: Vendas de Etanol no Brasil (m<sup>3</sup>)

Fonte: elaboração própria

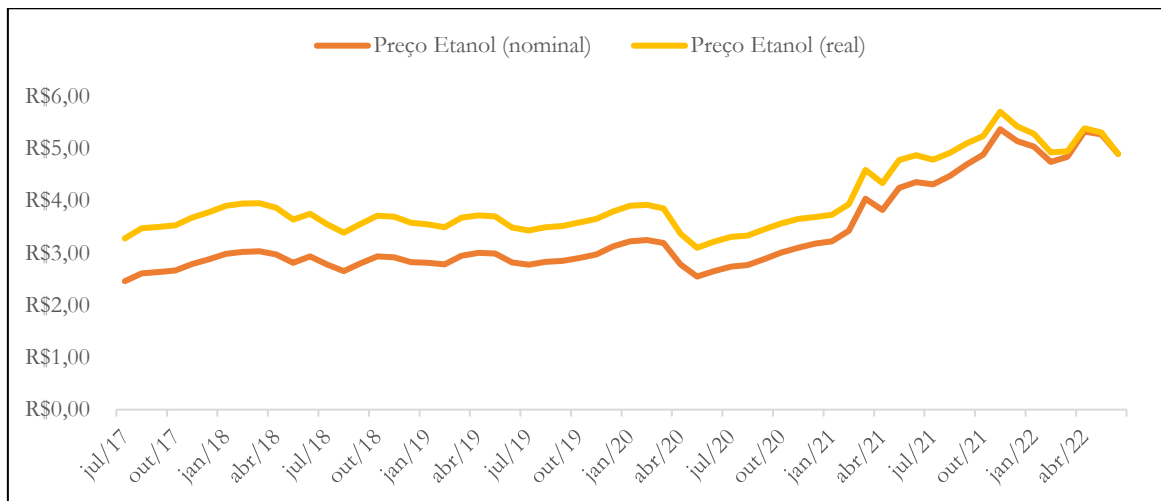
Gráfico 2: Vendas de Etanol no Ceará (m<sup>3</sup>)

Fonte: elaboração própria

Os Gráficos 3 e 4 trazem a evolução dos preços médios do Etanol no Brasil e no Ceará em termos nominais e reais, deflacionados pelo IPCA. Eles dependem fortemente do mercado internacional de petróleo e do dólar. Dois pontos a serem destacados: Ambos começam a aumentar progressivamente a partir de meados de 2020 e, nominalmente, os preços do etanol no Ceará foram em média 20% maiores em relação aos registrados para todo o Brasil, o que pode ser devido a custos de frete ou características próprias do mercado consumidor e/ou revendedor no estado.

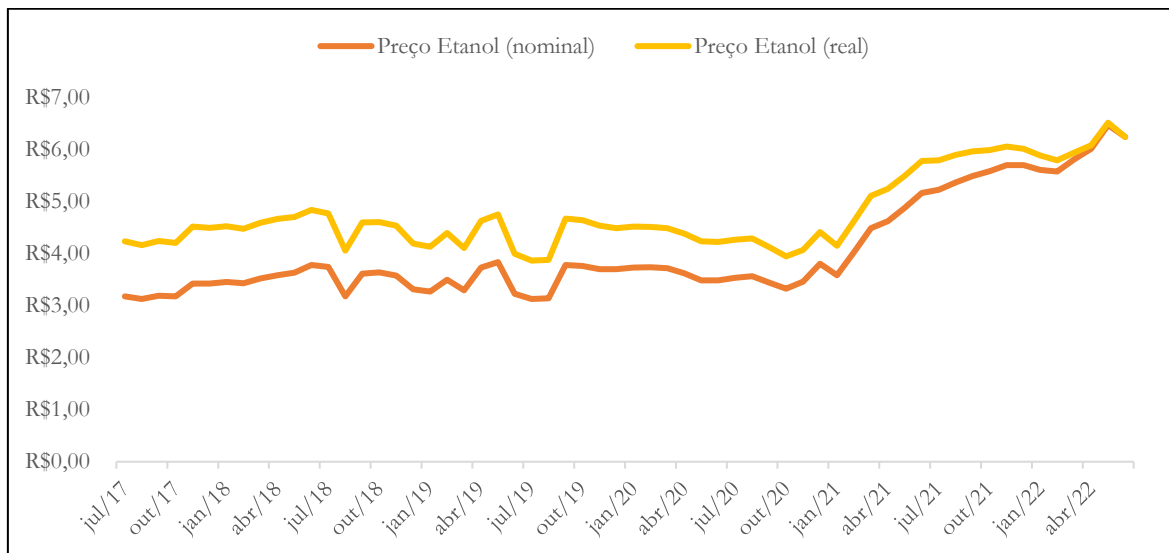
Este fato, junto à pandemia de Covid-19, dá força à hipótese de mudanças estruturais no comportamento da demanda e elasticidades do etanol, que será devidamente analisado estatisticamente no capítulo seguinte.

Gráfico 3: Preços médios do Etanol no Brasil em termos reais e nominais



Fonte: elaboração própria

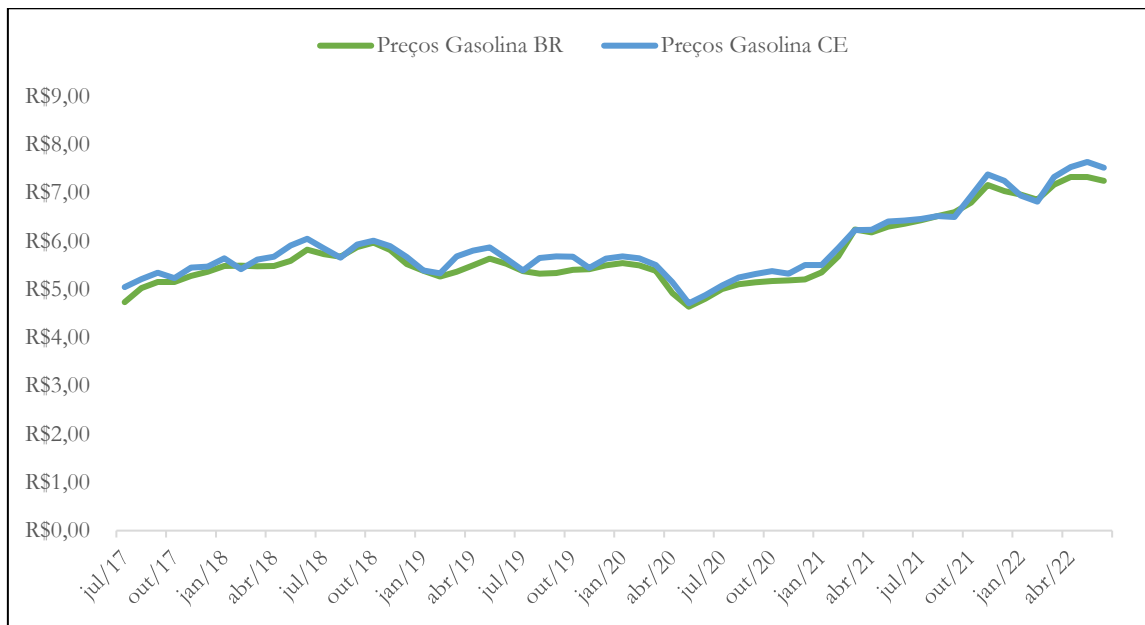
Gráfico 4: Preços médios do Etanol no Ceará em termos reais e nominais



Fonte: elaboração própria

O Gráfico 5 mostra a evolução dos preços da gasolina, já em termos reais deflacionados pelo IPCA, para o Ceará e para o Brasil no período amostral em questão. Pode-se inferir que não há uma grande diferença entre eles, em contraponto com o que ocorre com os preços do etanol, onde como pontuado, nominalmente a diferença chega aos 20%.

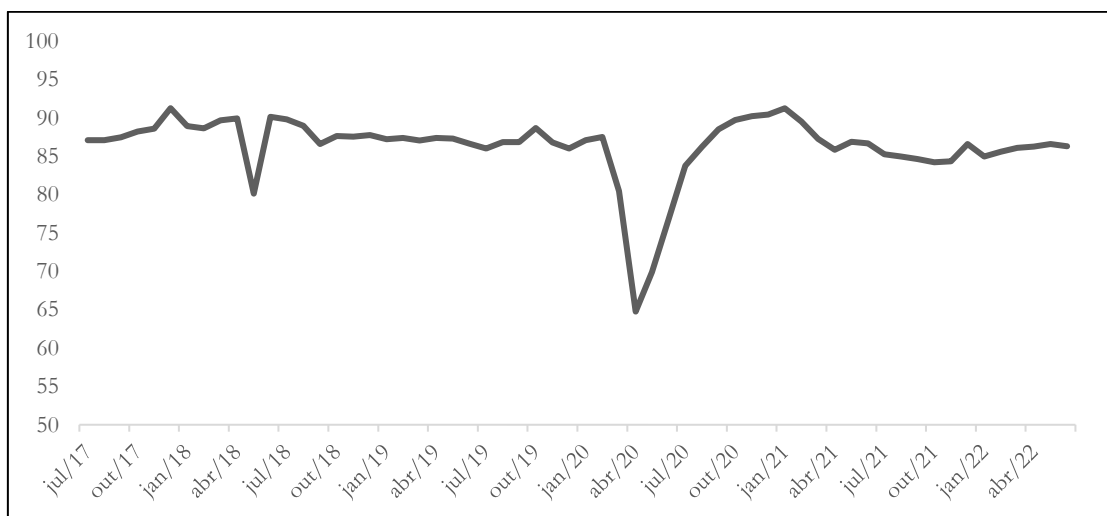
Gráfico 5: Evolução dos preços reais da gasolina no Brasil e no Ceará



Fonte: elaboração própria

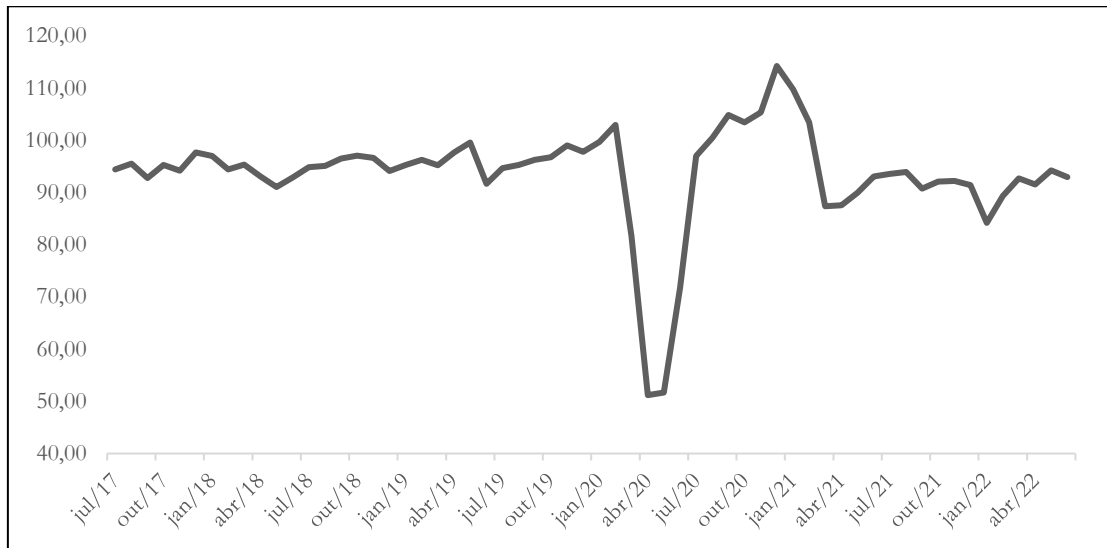
A evolução dos índices de produção industrial física do Brasil e do Ceará são mostrados nos Gráficos 6 e 7, respectivamente. Neles, notam-se também quedas consideráveis entre janeiro e maio de 2020, tal qual ocorreu com as quantidades vendidas, o que sugere, de forma preliminar, que há uma alta correlação deste índice com a demanda pelo etanol, muito por conta do mesmo ser também uma *proxy* do nível de atividade econômica geral – e não apenas da indústria - e possuir relação com grau de isolamento social da população, que são variáveis que também impactam de forma indireta e considerável nas referidas demandas.

Gráfico 6: Índice de Produção Industrial Média (PIM-PF) do Brasil



Fonte: elaboração própria

Gráfico 7: Índice de Produção Industrial Média (PIM-PF) do Ceará



Fonte: elaboração própria

### 3.2 Modelo Log-Linear

Como também pontuado, os modelos econométricos estimados são do tipo log-lineares. Além da estimação, é dado ênfase também às propriedades estatísticas dos parâmetros e do modelo como um todo.

A escolha pelo mesmo deu-se muito por conta de sua praticidade de aplicação no tocante aos objetivos do trabalho, pois estando as variáveis no formato logarítmico, os coeficientes obtidos ( $\beta$ 's) são exatamente as elasticidades da variável dependente com relação as explicativas, conforme detalha Gujarati e Potter (2011, p. 178):

Um aspecto atraente do modelo log-log, que o tornou muito difundido nos trabalhos aplicados, é que o coeficiente angular  $\beta_2$  mede a elasticidade de  $Y$  em relação a  $X$ , isto é, a variação percentual de  $Y$  correspondente a uma dada variação percentual (pequena) em  $X$ . Se  $Y$  representa a quantidade demandada de um bem e  $X$  seu preço unitário,  $\beta_2$  mede a elasticidade preço da demanda, um parâmetro de considerável interesse econômico.

Assim, os modelos estimados vão possuir a seguinte forma funcional:

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln P_{jt} + \beta_3 \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

No qual a variável dependente ( $Q_t$ ) é o logaritmo da quantidade vendida de etanol em cada mês. Como variáveis explicativas, tem-se os logaritmos do preço médio real do

etanol ( $P_{it}$ ), do preço médio real da gasolina ( $P_{jt}$ ) e da *proxy* da renda ( $Y_t$ ) em cada mês. Dessa forma, os coeficientes  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  são as elasticidades-preço, cruzada e renda, respectivamente. Por fim, cabe salientar também que a estimação se dará via Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com as propriedades e demais detalhes sendo verificadas no capítulo 4.

Ressalte-se que não foram feitas análises no que tange a hipóteses e possíveis problemas gerais do modelo em questão, como endogeneidade e heterocedasticidade, pelo fato do mesmo se basear em estudos semelhantes de mesmo tema, sendo respaldado também pela parte estatística, como a significância das variáveis.

### 3.3 Testes de Estabilidade Estrutural

Ao lidarmos com dados em formato de séries temporais com um período considerável, é possível que eventos significantes ocorram de modo a alterar o comportamento e a relação entre as variáveis. Como sugerido em alguns estudos citados na revisão da literatura, a própria demanda e elasticidades da gasolina parecem ter sofrido alterações no Brasil com o surgimento dos veículos híbridos, movidos também por etanol. No entanto, a maioria desses estudos utilizaram apenas metodologias comparativas entre os períodos pré e pós choque. Assim, uma testagem estatística mais formal se faz bastante útil e necessária para trazer mais robustez aos resultados.

#### 3.3.1 Teste de Chow

Este teste é dividido em algumas etapas e os dados precisam satisfazer algumas condições que estão detalhadas a seguir.

Primeiramente, precisa-se definir por hipótese o período do choque, o que nesse estudo é relativamente simples, pois como os dados estão dispostos em termos mensais, têm-se que a escolha foi por março de 2020, devido a ser o mês no qual foi oficialmente deflagrada a situação de pandemia e de restrições econômicas no Brasil.

Com isso em vista, três estimações precisam ser feitas: uma que vai desde o início da amostra até um período antes do choque; outra indo do choque até o final; e mais uma outra completa com todas as observações:

- Período de julho/2017 - junho/2022:

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln P_{jt} + \beta_3 \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (n_1 + n_2) = 60 \quad (1)$$

- Período de julho/2017 - fevereiro/2020:

$$\ln Q_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln P_{it} + \gamma_2 \ln P_{jt} + \gamma_3 \ln Y_t + \varepsilon_{t1} \quad n_1 = 32 \quad (2)$$

- Período de março/2020 - junho/2022:

$$\ln Q_t = \delta_0 + \delta_1 \ln P_{it} + \delta_2 \ln P_{jt} + \delta_3 \ln Y_t + \varepsilon_{t2} \quad n_2 = 28 \quad (3)$$

Onde nas regressões pré e pós choque os erros ( $\varepsilon_{t1}$  e  $\varepsilon_{t2}$ ) distribuem-se de forma normal e independente entre si com médias zero e variâncias constantes e iguais -  $N(0, \sigma^2)$ .

Após estimar todas essas equações, o passo seguinte baseia-se no uso do Teste F para a análise estrutural do modelo, sendo feito a partir das somas dos quadrados dos resíduos (SQR) das regressões. Este teste segue a seguinte especificação:

$$F = \frac{(SQR_R - SQR_{SR})/k}{(SQR_{SR})/(n_1 + n_2 - 2k)} \sim F_{[k, (n_1 + n_2 - 2k)]} \quad (4)$$

Onde a  $SQR_R$  (restrito) é referente à estimação do período inteiro e a  $SQR_{SR}$  (sem restrição) é dado pela soma dos quadrados dos resíduos das equações pré e pós.  $K$  é o número de parâmetros dos modelos estimados – nesse caso,  $k = 4$ .

A hipótese nula ( $H_0$ ) é a de que não há mudanças estruturais, e a mesma não será rejeitada se o valor F calculado com base nas SQR for menor do que o valor de F registrado na tabela da distribuição ao nível de significância desejado.

### 3.3.2 Teste com Variáveis Binárias

A testagem da estabilidade do modelo a partir de variáveis binárias (*dummies*) se faz necessária e complementar ao teste de Chow, à medida que o mesmo apenas indica se há ou não quebras estruturais, o que em caso positivo, não deixará claro se a mudança se deve ao intercepto e/ou ao(s) coeficiente(s) angular(es), por exemplo.



Dessa forma, o acréscimo de uma variável binária na forma multiplicativa, com valores nulos (0) no período pré choque, e com valores não nulos (1) no período pós choque, pode ser utilizada para não só analisar se há mudanças estruturais nos coeficientes/elasticidades, como também para mensurar quantitativamente o possível desvio e direção deles (se aumentou ou diminuiu). Como serão estimadas individualmente as regressões pré e pós choque seguindo a metodologia padrão, os resultados encontrados neste teste servem também como medida de robustez, pelo menos no tocante ao sentido da mudança.

Como se trata de uma regressão múltipla, para cada elasticidade deve ser feito o teste individualmente, resultando em três novas estimações:

- Teste de mudanças na elasticidade-preço:

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln P_{jt} + \beta_3 \ln Y_t + \beta_4 D_t \ln P_{it} + \varepsilon_t \quad (5)$$

- Teste de mudanças na elasticidade-cruzada:

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln P_{jt} + \beta_3 \ln Y_t + \beta_4 D_t \ln P_{jt} + \varepsilon_t \quad (6)$$

- Teste de mudanças na elasticidade-renda:

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln P_{jt} + \beta_3 \ln Y_t + \beta_4 D_t \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (7)$$

Onde  $D_t$  é referente à variável binária, e para que haja mudanças estruturais, o coeficiente da mesma ( $\beta_4$ ) deve ser estatisticamente significativo.

## 4.0 RESULTADOS

### 4.1 Estimações Pré Pandemia

Os resultados apresentados nesta seção são referentes ao período que vai de julho de 2017 a fevereiro de 2020, resultando em 32 observações ao todo.

#### 4.1.1 Brasil

Os resultados agregados para todo o território nacional estão dispostos na tabela 2. Apenas o intercepto e a elasticidade cruzada são significantes, com os preços não tendo influência na demanda nessa amostra e período em questão.

Tabela 2: Estimação das elasticidades do etanol pré pandemia no Brasil.

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	14,019	6,20507	2,259	0,0318	**
$\ln P_{it}$	-0,950497	0,694459	-1,369	0,182	
$\ln P_{jt}$	2,54411	0,69767	3,647	0,0011	***
$\ln Y_t$	-0,624955	1,39635	-0,4476	0,6579	

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

#### 4.1.2 Ceará

Nota-se na Tabela 3 que todos os coeficientes e, por conseguinte, todas as elasticidades são significantes, sendo a renda e cruzada maiores do que 1 e, portanto, elásticas. Todos os sinais vão de acordo com o esperado pela teoria econômica, como explicado e exposto na tabela 1 ao início do capítulo.

Tabela 3: Estimação das elasticidades do etanol pré pandemia no Ceará.

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	-9,77296	3,33178	-2,933	0,0066	***
$\ln P_{it}$	-0,713277	0,354398	-2,013	0,0539	*
$\ln P_{jt}$	3,23335	0,489649	6,603	<0,0001	***
$\ln Y_t$	3,23597	0,729986	4,433	0,0001	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

### 4.2 Estimações Pós Pandemia

A seguir, os resultados das estimações no período de março de 2020 a junho de 2022 estão expostos, resultando ao todo em 28 observações. Deve ser ressaltado que eles são apenas comparativos com os anteriores pré choque. Somente

nos testes Chow e/ou com variáveis binárias é que se terá um embasamento científico sobre mudanças estruturais.

#### 4.2.1 Brasil

Observa-se agora que em relação ao período pré choque, além do intercepto, as elasticidades significantes são as do preço e da renda, enquanto no anterior apenas a cruzada era significativa, indicando assim possíveis diferenças estruturais. Todos os sinais estão alinhados com a teoria, tal qual observado na Tabela 1, apesar do preço do bem substituto (gasolina) ser estatisticamente igual a zero.

Tabela 4: Estimação das elasticidades do etanol pós pandemia no Brasil

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	8,22191	1,04615	7,859	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-0,751515	0,407421	-1,845	0,0775	*
$\ln P_{jt}$	0,167628	0,524533	0,3196	0,7521	
$\ln Y_t$	1,51852	0,238896	6,356	<0,0001	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

#### 4.2.2 Ceará

A Tabela 5 indica melhora no nível de significância no coeficiente do preço próprio. Cabe ressaltar também que são observadas alterações nas elasticidade-preço e renda, onde a primeira passa de inelástica para elástica e na segunda de elástica para inelástica. Todos os sinais continuam de acordo com a teoria (ver Tabela 1).

Tabela 5: Estimação das elasticidades do etanol pós pandemia no Ceará

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	5,46922	0,529066	10,34	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-2,38970	0,440355	-5,427	<0,0001	***
$\ln P_{jt}$	2,6828	0,517968	5,179	<0,0001	***
$\ln Y_t$	0,636289	0,136597	4,658	<0,0001	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

### 4.3 Estimações com a amostra completa

Os resultados das regressões utilizando todas as 60 observações (julho de 2017 a junho de 2022) estão expostos a seguir, nas tabelas 6 e 7.

### 4.3.1 Brasil

Percebe-se que todos os coeficientes são bastante significantes e alinhados com a teoria, diferente dos resultados pré e pós, onde apenas alguns assim o eram. Destaca-se também que todas as elasticidades tem valores absolutos maiores que um, sendo então, elásticas.

Tabela 6: Estimação das elasticidades do etanol em todo o período amostral no Brasil

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	8,79959	1,51198	5,82	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,58551	0,342491	-4,629	<0,0001	***
$\ln P_{jt}$	1,45856	0,465085	3,136	0,0027	***
$\ln Y_t$	1,139	0,34423	3,309	0,0016	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

### 4.3.2 Ceará

Todos os coeficientes continuam significantes e com sinais de acordo com a teoria, tal qual observado nos períodos pré e pós. No tocante as elasticidades, tanto a preço quanto a cruzada são elásticas, com apenas a renda sendo inelástica.

Tabela 7: Estimação das elasticidades do etanol em todo o período amostral no Ceará

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	4,61504	0,703821	6,557	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,71193	0,352647	-4,855	<0,0001	***
$\ln P_{jt}$	1,93043	0,443363	4,354	<0,0001	***
$\ln Y_t$	0,89215	0,162058	5,505	<0,0001	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

## 4.4 Estabilidade Estrutural dos Modelos

### 4.4.1 Teste de Chow

Os resultados do teste de Chow para o etanol são expostos e discutidos nessa seção. Os graus de liberdade utilizados para buscar os valores críticos na tabela F foram de 4 (k) no numerador e 52 no denominador ( $n_1 + n_2 - 2K$ ), com os níveis de significância de 10%, 5% e 1%, para dar mais acurácia aos resultados.

As somas dos quadrados dos resíduos (SQR) obtidas nas regressões pré e pós são mostradas na Tabela 8. Esses valores são de suma importância, pois é a partir deles que se pode obter os valores críticos do teste que serão confrontados com

os da tabela F ao nível de significância escolhido (10%). Cabe ressaltar novamente que a  $SQR_{SR}$  (sem restrição) é dada pela soma das  $SQR$  pré e pós choque, enquanto a  $SQR_R$  (com restrição) é referente a estimação com a amostra completa.

Tabela 8: Somas dos quadrados dos resíduos das regressões.

Amostra	SQR pré	SQR pós	$SQR_{SR}$	$SQR_R$
Ceará	0,278397	0,257414	0,535811	1,161063
Brasil	0,742629	0,177520	0,920149	1,161058

Fonte: elaboração própria

A tabela 9 mostra os níveis de significância e seus respectivos valores críticos da tabela F considerando 4 graus de liberdade no numerador e 52 no denominador.

Tabela 9: Níveis de significância e valores críticos da tabela F

Níveis de significância	Valores críticos (4, 52)
1%	3,70
5%	2,54
10%	2,05

Fonte: elaboração própria

Aplicando os dados das  $SQR$  das regressões do etanol no Brasil na fórmula (8), chega-se ao valor crítico de 3,40, o que é o suficiente para rejeitar a hipótese nula de estabilidade dos parâmetros (a um nível de 5%), o que indica alterações nos coeficientes e elasticidades entre os períodos analisados.

$$F = \frac{(1,161058 - 0,920149)/4}{0,920149/(32 + 28 - 2 * 4)} = 3,40 \quad (8)$$

Utilizando a mesma fórmula, só que agora com os dados das  $SQR$  do etanol para o Ceará (9), chega-se num valor crítico de 12,78, muito superior a qualquer valor crítico da tabela F, rejeitando novamente a hipótese de estabilidade. Portanto, é sugerido que também existem mudanças estruturais na demanda por esse combustível entre os períodos analisados.

$$F = \frac{(1,161063 - 0,535811)/4}{0,535811/(32 + 28 - 2 * 4)} = 12,78 \quad (9)$$

#### 4.4.2 Teste com Variáveis Binárias

Para esse teste, uma variável binária multiplicativa na elasticidade/coeficiente em questão com valor nulo (0) para o período pré pandemia (julho de 2017 a fevereiro de 2020), e com valor não nulo (1) para o período pós pandemia (março de 2020 a junho de 2022) foi acrescentada na equação original utilizando toda a amostra. A mesma é representada por  $D_t$  em cada uma das novas equações estimadas, tal qual exposto na metodologia.

As tabelas 10 e 11 a seguir apresentam os resultados dos testes na elasticidade-preço do etanol. No Brasil, observa-se que o coeficiente da variável binária é estatisticamente insignificante, o que sugere não haver alterações nesta elasticidade entre os períodos analisados. Já para o Ceará, tem-se que o coeficiente binário é significativo e igual a  $-0,113291$ , o que indica que há alterações nessa elasticidade, e como no período completo o valor dela foi de  $-1,71193$ , isso significa que em termos absolutos a mesma sofreu um aumento a partir a partir da pandemia, indo em linha com o observado quando se compara as regressões individuais pré e pós, onde nelas, essa elasticidade passa de  $-0,713277$  para  $-2,38970$ .

Tabela 10: Teste de estabilidade na elasticidade-preço do etanol no Brasil

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	8,4928	1,6530	5,1380	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,67931	0,3971	-4,229	<0,0001	***
$\ln P_{jt}$	1,5077	0,4796	3,1440	0,0027	***
$\ln Y_t$	1,2147	0,3812	3,1860	0,0024	***
$D_t \ln P_{it}$	0,0184	0,0385	0,4768	0,6354	

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 11: Teste de estabilidade na elasticidade-preço do etanol no Ceará

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	4,9360	0,6531	7,5570	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,32203	0,3554	-3,720	0,0005	***
$\ln P_{jt}$	1,7125	0,3880	4,4130	<0,0001	***
$\ln Y_t$	0,8060	0,1557	5,1780	<0,0001	***
$D_t \ln P_{it}$	-0,113291	0,0375	-3,024	0,0038	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Os testes aplicados à elasticidade-cruzada do etanol são apresentados nas tabelas 12 e 13. Para o Brasil, novamente observa-se que a variável binária é

insignificante, tal qual no teste anterior para a elasticidade-preço, e com isso, mudanças não parecem ter ocorrido na mesma.

No Ceará, observa-se que o coeficiente da variável binária possui o valor de -0,0908, tendo boa significância estatística, indicando que também ocorreram mudanças nesta elasticidade. No período completo a elasticidade-cruzada foi de 1,93043, indicando que houve uma redução na mesma a partir do choque, indo em linha com os resultados comparativos pré e pós, expostos na seção 4.2, onde neles essa elasticidade passa de 3,23335 para 2,68280 entre as estimações.

Tabela 12: Teste de estabilidade na elasticidade-cruzada do etanol no Brasil

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	8,4870	1,6576	5,1200	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,67072	0,3884	-4,301	<0,0001	***
$\ln P_{jt}$	1,5056	0,4786	3,1460	0,0027	***
$\ln Y_t$	1,2143	0,3809	3,1880	0,0024	***
$D_t \ln P_{jt}$	0,0143	0,0299	0,4770	0,6353	

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 13: Teste de estabilidade na elasticidade-cruzada do etanol no Ceará

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	4,8973	0,6582	7,4400	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,38700	0,3538	-3,920	0,0002	***
$\ln P_{jt}$	1,7393	0,3915	4,4430	<0,0001	***
$\ln Y_t$	0,8231	0,1562	5,2690	<0,0001	***
$D_t \ln P_{jt}$	-0,0908580	0,0321	-2,828	0,0065	***

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Por fim, as tabelas 14 e 15 trazem os testes da elasticidade-renda do etanol. No Brasil, novamente o coeficiente da variável binária não é estatisticamente significativo, tal qual nos dois testes anteriores, concluindo assim a inexistência de mudanças em qualquer uma das elasticidades nessa amostra seguindo essa metodologia de testagem, com a mudança sugerida no teste de Chow podendo ser devido apenas ao intercepto.

Para o Ceará, o coeficiente da variável binária é igual a -0,02690, e em linha com os anteriores, possuindo significância estatística, concluindo que ocorreram mudanças em todas as elasticidades dessa amostra. A estimação com o período completo resultou em uma elasticidade-renda de 0,8921, e, portanto, houve redução

na mesma, indo em linha com os resultados das regressões comparativas pré e pós choque, na qual essa elasticidade passou de 3,23597 para 0,636289.

Tabela 14: Teste de estabilidade na elasticidade-renda do etanol no Brasil

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	8,4013	1,6543	5,0780	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,68820	0,3832	-4,405	<0,0001	***
$\ln P_{jt}$	1,5275	0,4811	3,1750	0,0025	***
$\ln Y_t$	1,2298	0,3767	3,2650	0,0019	***
$D_t \ln Y_t$	0,0069	0,0113	0,6112	0,5436	

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 15: Teste de estabilidade na elasticidade-renda do etanol no Ceará

Variáveis	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	4,8863	0,6673	7,3220	<0,0001	***
$\ln P_{it}$	-1,43411	0,3566	-4,021	0,0002	***
$\ln P_{jt}$	1,6859	0,3973	4,2430	<0,0001	***
$\ln Y_t$	0,8550	0,1566	5,4580	<0,0001	***
$D_t \ln Y_t$	-0,0269079	0,0107	-2,511	0,015	**

Fonte: elaboração própria. Nota: \*, \*\* e \*\*\* representam os níveis de significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.



## 5.0 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como questões centrais de motivação estimar a demanda, e principalmente as elasticidades, do etanol a nível nacional e estadual, para o caso do Ceará, e mensurar a partir disso os possíveis impactos causados pela pandemia nas mesmas, fazendo sempre um comparativo entre as duas amostras e buscando se fundamentar na teoria econômica.

Ao longo do trabalho, foi dada ênfase no que diz respeito à avaliação de possíveis mudanças estruturais causadas por choques, mais precisamente que não bastava apenas estimar as equações entre os períodos pré e pós e fazer um mero comparativo simples entre elas. Dessa forma, surgiu a ideia de se usar dois testes estatísticos próprios para isso, além das simples comparações, que foi sendo desenvolvida e aplicada com a finalidade de se trazer mais acurácia e robustez aos resultados, inferências e conclusões.

A teoria econômica, junto aos estudos mencionados na revisão da literatura, também foram pontos fundamentais para a execução do trabalho, pois foi a partir deles que se selecionou o modelo econométrico (log-linear) mais apropriado para os focos do trabalho dentre os diversos possíveis, bem como as variáveis a serem utilizadas, em especial a *proxy* da renda.

Tratando então das considerações que os resultados indicaram, observa-se alguns pontos muito divergentes ao se comparar friamente a amostra nacional com a específica do estado do Ceará entre os períodos.

As regressões individuais pré e pós choque com os dados agregados para o Brasil resultaram em coeficientes/elasticidades que não eram estatisticamente significantes, o que torna difícil a precisão de qualquer inferência; apenas quando se considerou todo o período amostral foi que todos eles se tornaram estatisticamente diferentes de zero, inclusive com os sinais estando de acordo com o esperado pela teoria econômica. Já para o Ceará, em ambos os casos (pré e pós), as elasticidades foram estatisticamente significantes, o que é mais desejável a fim de se fazer conclusões iniciais, como a sugestão de inversões nas elasticidade-preço e renda.

Se tratando da estabilidade estrutural dos modelos, tem-se que no teste de Chow os resultados foram bastante semelhantes entre as amostras. Para ambos os

casos, a hipótese nula de estabilidade foi rejeitada (embora com níveis de significância diferentes), o que mostra que houveram mudanças estruturais entre os períodos analisados. Cabe lembrar que o mês definido como o de quebra estrutural foi o de março de 2020, devido ter sido nele que as restrições econômicas e sociais começaram a ser implementadas em todo o Brasil.

Como no teste de Chow tudo que se teve por indício é que houve alterações nos coeficientes/elasticidades das equações de demanda, sem a indicação de onde elas ocorreram, a utilização do teste com variáveis binárias se fez bastante útil para responder essa questão.

Neste teste, diferente do anterior, diversas diferenças foram percebidas entre as amostras. Para o Brasil, os testes individuais em cada elasticidade não indicaram mudanças em nenhuma delas, dado pela insignificância das variáveis dummies em questão, sendo a possível causa da rejeição da hipótese nula no teste de Chow, a mudança no intercepto.

Já para o Ceará, ocorreu o oposto: todas as três elasticidades (preço, renda e cruzada) passaram por mudanças significantes, e ao se analisar também a direção da mudança, nota-se que foram em linha com o observado no simples comparativo das estimativas pré e pós, mostrando que após a pandemia as elasticidade-cruzada e renda diminuíram e a elasticidade-preço sofreu um aumento no referido estado, enquanto que no Brasil elas parecem ter se mantido estáveis em termos estatísticos.

Mesmo não tendo por objetivo fazer inferências e conclusões sobre causalidade, o fato de ter ocorrido mudanças estruturais em todas as elasticidades no Ceará é, de certa forma, intrigante, o que pode ser devido em termos de hipótese, ao estado não ser produtor deste combustível e ter que arcar com custos de frete para abastecer os postos, o que como foi observado na seção 3.1.1 de evolução das variáveis, torna os preços em média 20% maiores que no Brasil, o que em suma pode aumentar a sensibilidade dos consumidores. Já nacionalmente, de forma agregada, o país possui diversos estados com produção elevada de etanol nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, o que pode a grosso modo “equilibrar” os resultados entre os períodos, isto é, em alguns podem ter ocorrido mudanças, e em outros, não.

Dessa forma, fica nítida a importância da utilização de todas essas testagens e comparativos entre as amostras e períodos pré e pós choque estrutural. A mera

utilização de apenas uma delas poderia resultar em conclusões precipitadas, viesadas ou, no mínimo, incompletas. Por exemplo, utilizando apenas a metodologia de Chow poderia se concluir erroneamente que todas as elasticidades passaram por mudanças a nível nacional, quando o que parece ter acontecido de fato é que todas elas se mantiveram estáveis.

Comparando também as amostras nacional e estadual em questão com o período completo, nota-se que as estimações não tiveram grandes diferenças. As elasticidade-preço e cruzada são ambas elásticas (valor em módulo maior que um), enquanto a elasticidade-renda foi elástica para o Brasil e inelástica no Ceará, apesar de ambas serem muito próximas de um, o que pode ser indicativo que a demanda por esse combustível não é tão sensível a variações na renda do consumidor.

Por fim, cabe destacar que, metodologicamente, este estudo possui potencial para fornecer contribuições e suportes para a literatura e trabalhos futuros desse tipo, à medida que se destaca dos anteriores no tocante ao grau de robustez estatística presente nele, bem como pela importância e comprovação empírica de se fazer isso para evitar conclusões precipitadas e/ou tendenciosas. No entanto, algumas possibilidades de pontos a serem melhorados e acrescidos também se fazem necessários e ficarão como sugestão para trabalhos futuros.

Um deles é a testagem com variáveis binárias no intercepto, em especial na demanda do etanol para o Brasil, que não foi feita devido o foco ter sido voltado aos coeficientes angulares/elasticidades. Outro ponto que pode ser explorado é o uso do aparato de séries temporais, como análises mais profundas de estacionariedade e cointegração para avaliar as elasticidades tanto no curto quanto no longo prazo.

No mais, o período amostral em questão também pode ser melhorado e expandido para um intervalo maior, pois o próprio início do mesmo neste estudo foi dado após um possível choque estrutural: quando as decisões de reajuste de preços feitos pela Petrobrás começaram a ser mais frequentes e sem maiores restrições, o que gerou apenas 60 observações ao todo.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (2022). **Série histórica do levantamento de preços**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-revenda-e-de-distribuicao-combustiveis/serie-historica-do-levantamento-de-precos>. Acesso em 10/10/2022.
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (2022). **Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>. Acesso em 10/10/2022
- AZEVEDO, B. S. **Análise das elasticidades preço e renda da demanda por combustíveis no Brasil e desagregadas por regiões geográficas**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante, Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdades Ibmec, Rio de Janeiro, 2007.
- BURNQUIST, Heloísa Lee; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **A demanda por gasolina no Brasil: uma análise utilizando técnicas de cointegração**. Anais. Passo Fundo: [s.n.], 2002.
- CAROPREZO, J.S. **Estimativa das elasticidades preço e renda da demanda por etanol nos Estados Unidos e no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Ibmec, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- CHOW, Gregory C. **Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions**. *Econometrica*, v. 28, n. 3, 1960. p. 591-605.
- DAHL, Carol; STERNER, Thomas. **Analysing gasoline demand elasticities: a survey**. *Energy economics*, v. 13, n. 3, 1991.
- FANINI, Gabriela. **Qual o impacto dos preços administrados na lucratividade da Petrobras?** Monografia, 32p. – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa. São Paulo, 2016.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5ª ed. Bookman: Porto Alegre, 2011.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022). **PIM-PF - Pesquisa Industrial Mensal - Produção Física**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9294-pesquisa-industrial-mensal-producao-fisica-brasil.html?=&t=series-historicas>. Acesso em 10/10/2022.
- LEVIN, Laurence; LEWIS, Matthew S.; WOLAK, Frank A. **High frequency evidence on the demand for gasoline**. *American Economic Journal: Economic Policy*, v. 9, n. 3, 2017.
- MARGARIDO, Mário Antônio; SHIKIDA, Pery Francisco Assis. **Elasticidades para gasolina e etanol em São Paulo**. *Revista de Política Agrícola*, v. 26, n. 3, 2017.
- NAPPO, M. **A Demanda por Gasolina no Brasil: Uma Avaliação de suas elasticidades após a Introdução dos Carros Bicomcombustíveis**. Dissertação de M.Sc., EESP, Fundação Getúlio Vargas, 2007.

PINDYCK, Robert S; Rubinfeld, Daniel L. **Microeconomia**, 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013.

QUARESMA, Daniele Gadelha Lima. **Elasticidade-preço da demanda por gasolina em Fortaleza**. 2020. 26f. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) - Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - FEAAC, Programa de Economia Profissional - PEP, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza (CE), 2020.

SANT ANNA, Eduardo Pimentel; BASTOS, Júlio Cesar Albuquerque. **Elasticidade da demanda por gasolina no Brasil e o uso da tecnologia flex-fuel no período 2001- 2012**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 42., 2014, Natal. Anais... Natal: ANPEC, 2014.