



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE ECONOMIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**LENILSON ROCHA DA COSTA SANTOS**

**A DEMANDA RESIDENCIAL POR ENERGIA ELÉTRICA NA BAHIA:  
ESTIMATIVA DAS ELASTICIDADES-PREÇO E RENDA**

Salvador  
2021

**LENILSON ROCHA DA COSTA SANTOS**

**A DEMANDA RESIDENCIAL POR ENERGIA ELÉTRICA NA BAHIA:  
ESTIMATIVA DAS ELASTICIDADES-PREÇO E RENDA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Ciências Econômicas, Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Área de concentração: Economia da energia.

Orientador: Prof. Dr. Gervásio Ferreira dos Santos.

Salvador  
2021

Ficha catalográfica elaborada por Vânia Cristina Magalhães CRB 5- 960

Santos, Lenilson Rocha da Costa

S237 A demanda residencial por energia elétrica na Bahia: estimativa das eletricidades-preço e renda./ Lenilson Rocha da Costa Santos. – Salvador, 2021.

51 f. Il.; fig.; quad.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Gervásio Ferreira dos Santos.

1. Energia elétrica – Preço e renda. 2. Economia da energia. 3. Economia regional.  
I. Santos, Gervásio Ferreira dos. II. Título. III. Universidade Federal da Bahia.

CDD – 333.79 098142

**LENILSON ROCHA DA COSTA SANTOS**

**A DEMANDA RESIDENCIAL POR ENERGIA ELÉTRICA NA  
BAHIA: ESTIMATIVA DAS ELASTICIDADES-PREÇO E RENDA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em 02 de dezembro de 2021.

Banca Examinadora



---

**Prof. Dr. Gervásio Ferreira dos Santos – Orientador**  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



---

**Prof. Dr. Miguel Angel Rivera Castro**  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



---

**Me. Tyago do Carmo Oliveira**  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

*A minha família*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço todo o auxílio dado a mim por Deus e Nossa Senhora, ao estarem sempre me sustentando nos inúmeros desafios que passei para chegar nessa importante etapa da minha vida. Enxergo esse curso, antes de tudo, como um imenso apelo da Providência Divina para que eu me aproximasse mais dEle, ao colocar em meu caminho, ao longo desses anos, pessoas que deixaram legados tão valiosos para a minha existência.

Agradeço a todos da minha família, por todo suporte e apoio nas minhas decisões, não posso deixar de citar minha querida mãe, Esmeralda, que sempre esteve atenta a todas as minhas necessidades. Ao meu pai, Nilson, que sempre manifestou a sua felicidade ao me ver nesta batalha. Ao meu irmão, Hélder, que nunca hesitou em me ajudar nos momentos que precisei. Também agradeço muito ao meu primo Marcos e minha tia Andréa.

Aos meus amigos, que tenho certeza que são grandes tesouros que esse curso me concedeu, deixo aqui o meu profundo agradecimento por caminharem junto comigo. Dividimos momentos de dificuldades e provações, mas também partilhamos de muita alegria e risadas, o que deixou sempre tudo mais leve. Alberto, Arilson, Cyro, Gabriel, Jean, Lucas, Luís, Rafael, Rian, Vinicius, Vitor, William e a todos que contribuíram para que eu chegasse aqui.

Aos meus irmãos da Paróquia Bom Jesus dos Milagres e da Comunidade Kadosh, de forma particular a minha querida conselheira Milena e ao meu padrinho Geovane, esses me ajudaram muito com conselhos e me motivando a continuar. Alongo também os agradecimentos ao professor Gervásio por me auxiliar nesse estudo, que contribuiu muito com minha formação acadêmica, e aos meus amigos da Neoenergia Coelba, que através de imensa compreensão e ensinamento, me incentivaram a concluir este curso.

Meu coração é muito grato por toda essa vivência e eu certamente não esquecerei de tudo isso, porque “*o que a memória ama, fica eterno*”. E é assim que desejo seguir em frente, alçando novos voos, com Deus e Nossa Senhora guiando e iluminando os meus passos.

*“Eu muito conto com meu Deus que está no céu.”*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é estimar elasticidades de preço e renda da demanda por eletricidade da classe residencial através de modelos com dados em painel, para o mercado do estado da Bahia. A literatura pontua que a estimação de elasticidades é importante para conhecer o comportamento do consumidor, bem como fornecer parâmetros para a tomada de decisões dos agentes do setor. Nesse contexto, a economia do estado da Bahia apresenta heterogeneidades regionais que podem mudar o comportamento do consumidor entre as regiões. Deste modo, as elasticidades preço e renda do consumo de eletricidade foram estimadas para a economia como um todo e também foram testadas as mudanças regionais nas elasticidades. Os resultados mostraram que a demanda residencial por eletricidade é inelástica em relação a preço e renda, com os sinais esperados de acordo com a literatura. Quanto às variações regionais, foram encontradas evidências de que as regiões mais e menos desenvolvidas apresentam diferentes respostas às mudanças em preço e renda.

**Palavras-chave:** demanda por eletricidade; elasticidade; mercado de energia elétrica; economia regional; dados em painel; economia da energia.



## **ABSTRACT**

The objective of this work is to estimate price and income elasticities of demand for electricity in the residential class through models with panel data, for the market in the state of Bahia. The literature points out that the estimation of elasticities is important to understand consumer behavior, as well as to provide parameters for decision-making by agents in the sector. In this context, the economy of the state of Bahia presents regional heterogeneities that can change consumer behavior across regions. In this way, the price and income elasticities of electricity consumption were estimated for the economy as a whole and regional changes in the elasticities were also tested. The results showed that the residential demand for electricity is inelastic in relation to price and income, with the expected signs according to the literature. As for regional variations, evidence was found that more and less developed regions present different responses to changes in price and income.

**Keywords:** electricity demand; elasticity; electric energy market; regional economy; data in panel; energy economics.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DA BAHIA.....</b>	<b>12</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DA ENERGIA ELÉTRICA.....	12
2.2 O SETOR ELÉTRICO NO ESTADO DA BAHIA.....	13
2.3 OFERTA E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DA BAHIA.....	16
<b>2.3.1 Consumo de Energia Elétrica.....</b>	<b>16</b>
2.4 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	17
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
3.1 REFERENCIAL TEÓRICO DA DEMANDA RESIDENCIAL POR ENERGIA ELÉTRICA.....	21
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
4.1 BASE DE DADOS.....	23
<b>4.1.1 Consumo Residencial de Energia.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.2 Tarifa Média Residencial de Energia.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3 Imposto Sobre Circulação de Mercadorias E Serviços – Icms.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.4 Impostos (ICMS + IPVA + Outros Tributos) .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.5 Produto Interno Bruto.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.6 População.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.7 Índice de Preços ao Consumidor – IPC Salvador.....</b>	<b>31</b>
4.2 ESTIMAÇÃO DE MODELOS DE DADOS EM PAINEL.....	32
<b>4.2.1 Pooled Com Mínimos Quadrados Ordinários.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2 Efeitos Fixos (EF).....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.3 Efeitos Aleatórios (EA).....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.4 Teste De Hausman.....</b>	<b>34</b>
<b>5 RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A – Estatística Descritiva das Variáveis.....</b>	<b>45</b>

<b>APÊNDICE B – Métodos Utilizados.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE C – Teste de Hausman.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica e o desenvolvimento econômico são cada vez mais objetos de discussão e análise na literatura da economia da energia. A modernização do processo produtivo das atividades econômicas é gerada sobretudo através de inovações tecnológicas. Historicamente, a humanidade passou por grandes revoluções industriais que deram origem a máquinas e equipamentos que demandavam alguma fonte de energia. Diante desses fatos, a eletricidade tornou-se a fonte de energia principal das atividades realizadas no cotidiano por conta do crescimento da tecnologia e do mundo digital.

A estabilização da economia brasileira com o advento do Plano Real a partir de 1994 gerou um impulso de retomada do crescimento econômico, dado que a inflação entrou em um estágio controlado e possibilitou um aumento da renda da população o que aumentou também a oferta de energia elétrica. Esse fato somado ao fim do monopólio estatal do setor elétrico brasileiro em 1995, com a implantação de um novo modelo institucional baseado na livre competição no ambiente dos mercados de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica pelo setor privado, dava surgimento a uma nova forma de funcionamento da dinâmica do setor elétrico, elencada pelas políticas tarifárias da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão da União responsável por regular e fiscalizar os agentes atuantes e também realizar licitações, concessões e estabelecer critérios de reajustes tarifários do setor (DANTAS, 2016).

O mercado de energia elétrica do estado da Bahia se coloca como um importante objeto de estudo. A Bahia é um estado de extrema importância histórica, cultural e econômica para o Brasil. No âmbito do mercado de energia elétrica as atividades econômicas com grande potencial de geração de renda para todo o estado e até mesmo para o país dependem desse insumo tão essencial: a eletricidade. Logo, é relevante entender como funciona o perfil de consumo dos agentes e como eles reagem a certas mudanças ocorridas nesse mercado, possibilitando assim que as instituições envolvidas no setor elétrico obtenham mais clareza de ação para tornar esse mercado cada vez mais eficiente.

Dentro do mercado de energia elétrica, a classe residencial possui a maior participação em termos de consumo (ver FIGURA 5), como explicado pela ANEEL (2010) em sua Resolução Normativa n. 414, a classe “caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora com fim residencial”.

Compreendida a importância do setor elétrico para a economia do Brasil e do estado da Bahia, justifica-se a pergunta levantada por esta monografia, a saber: qual o comportamento da demanda residencial por energia elétrica na Bahia frente a variações no preço da tarifa e na renda dos seus agentes?

Diante dos pontos levantados, análise da elasticidade da demanda apresenta grande importância na tomada de decisão na gestão de negócios do setor elétrico, além de que compreender a dinâmica entre elasticidade preços e elasticidade renda da demanda residencial por eletricidade no estado da Bahia significa conhecer o comportamento de maior parte do mercado consumidor de energia frente as variações em variáveis de muita relevância em qualquer mercado. A análise das elasticidades em nível regional proporciona a segmentação desses comportamentos, observando as especificidades de cada região que compõe o estado, com isso identificando quais são as mais impactadas, possibilitando implicações futuras no planejamento do sistema e na distribuição de energia elétrica, tornando a atividade mais eficiente.

Após a introdução, o presente estudo está dividido em 6 capítulos. No segundo capítulo está a descrição do mercado de energia elétrica do estado da Bahia, nela será discutida questões de oferta e demanda de energia elétrica no estado da Bahia, a evolução do consumo e das tarifas de energia elétrica, bem como a sua distribuição. No capítulo 3, está contida a revisão de literatura, deixando claro qual o referencial teórico que foi utilizado para realizar as estimações. No capítulo posterior, é dissertado sobre a metodologia adotada, apresentando a base de dados, modelos e método de estimação das elasticidades. No capítulo 5 estão expostos os resultados obtidos das estimações. No capítulo 6, as considerações finais e as referências bibliográficas.

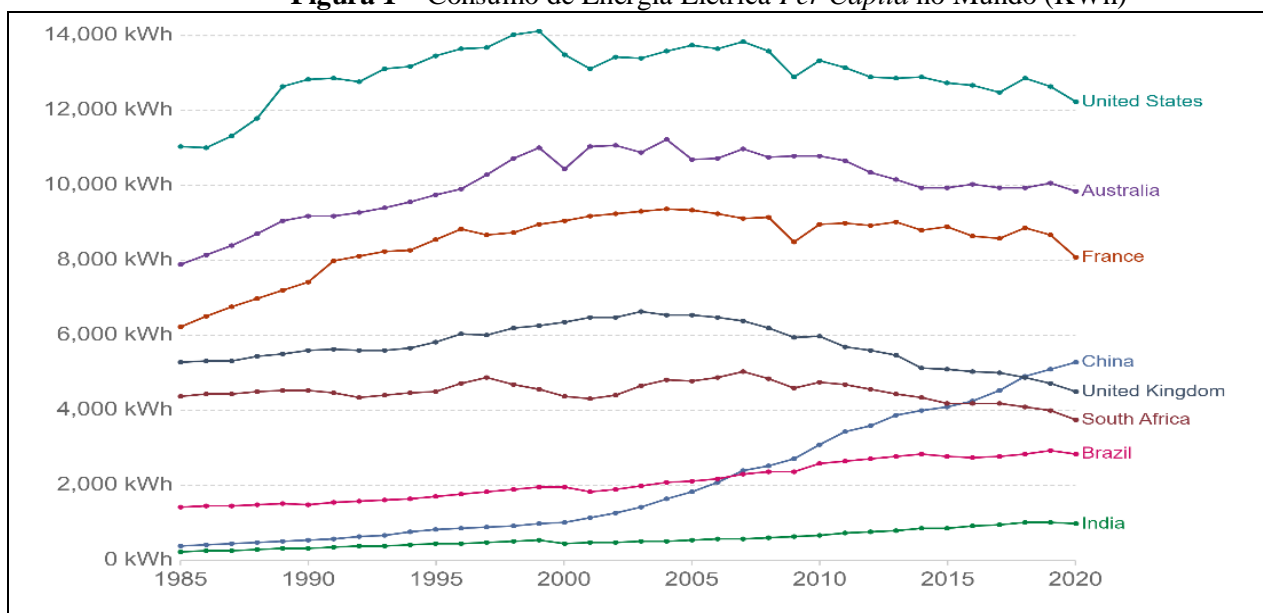
## 2 MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DA BAHIA

Neste capítulo será caracterizado o objeto geral, que é a energia elétrica, assim como a estrutura do mercado de energia do estado da Bahia. A exposição dessas características possibilitará uma contextualização geral da área de concentração desse estudo e esclarecimentos de conceitos próprios a esta área, para melhor entendimento dos resultados.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DA ENERGIA ELÉTRICA

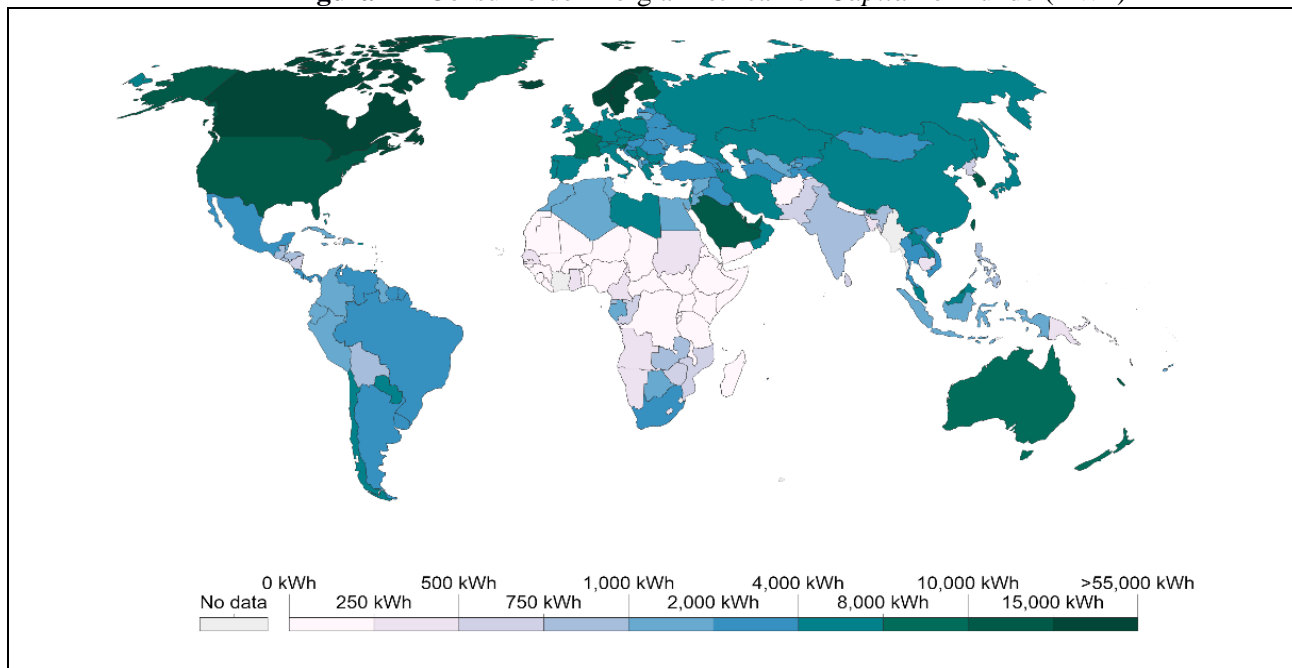
A tendência natural da humanidade é consumir mais energia elétrica uma vez que quanto maior o nível de desenvolvimento das nações, maior será a sua demanda por energia elétrica. Haverá mais necessidade de consumo por conta do aumento do volume de bens que necessitam de energia elétrica, seja para o bem-estar dos consumidores residenciais ao ligarem seus equipamentos eletrônicos, seja para as grandes indústrias consumidoras ou mesmo para os consumidores nas atividades de comércio e de serviços em geral que necessitam de utilizar equipamentos para produção de bens e serviços essenciais ou não para vida em sociedade. Isso pode ser visualizado através das Figuras 1 e 2, que mostram a evolução e distribuição do consumo de energia elétrica ao redor do mundo:

**Figura 1 – Consumo de Energia Elétrica *Per Capita* no Mundo (KWh)**



Fonte: Our World in Data com base em BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

**Figura 2** – Consumo de Energia Elétrica *Per Capita* no Mundo (KWh)



Fonte: Our World in Data com base em BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

A eletricidade é um bem essencial para o desenvolvimento da sociedade, sem energia elétrica as pessoas não podem desfrutar de lazer em seus lares, as indústrias não podem produzir e os estabelecimentos comerciais não podem fornecer serviços. A energia elétrica também não é valiosa por si mesma, mas sim pelo o que o ser humano é capaz de realizar por conta dela. Isso faz com que o mercado de energia seja uma área de extrema importância e que necessita de muitos estudos para sofisticar o processo de geração, transmissão, distribuição e comercialização, o progresso da humanidade dependeu da energia elétrica e muito provavelmente continuará dependendo por muitos séculos.

## 2.2 O SETOR ELÉTRICO NO ESTADO DA BAHIA

No setor elétrico do estado da Bahia, assim como em todo Brasil, atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica são realizadas. O setor é planejado através de toda uma estrutura hierárquica composta por agências e instituições de suma importância, a coordenação do setor é feita pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e a

regulação é realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) também é uma entidade nacional de suma importância no setor elétrico da Bahia, sendo responsável por coordenar e controlar a operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica, no campo da pesquisa e desenvolvimento a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) assume papel de sondagem das perspectivas futuras para o setor através de estudos, conferências, etc.

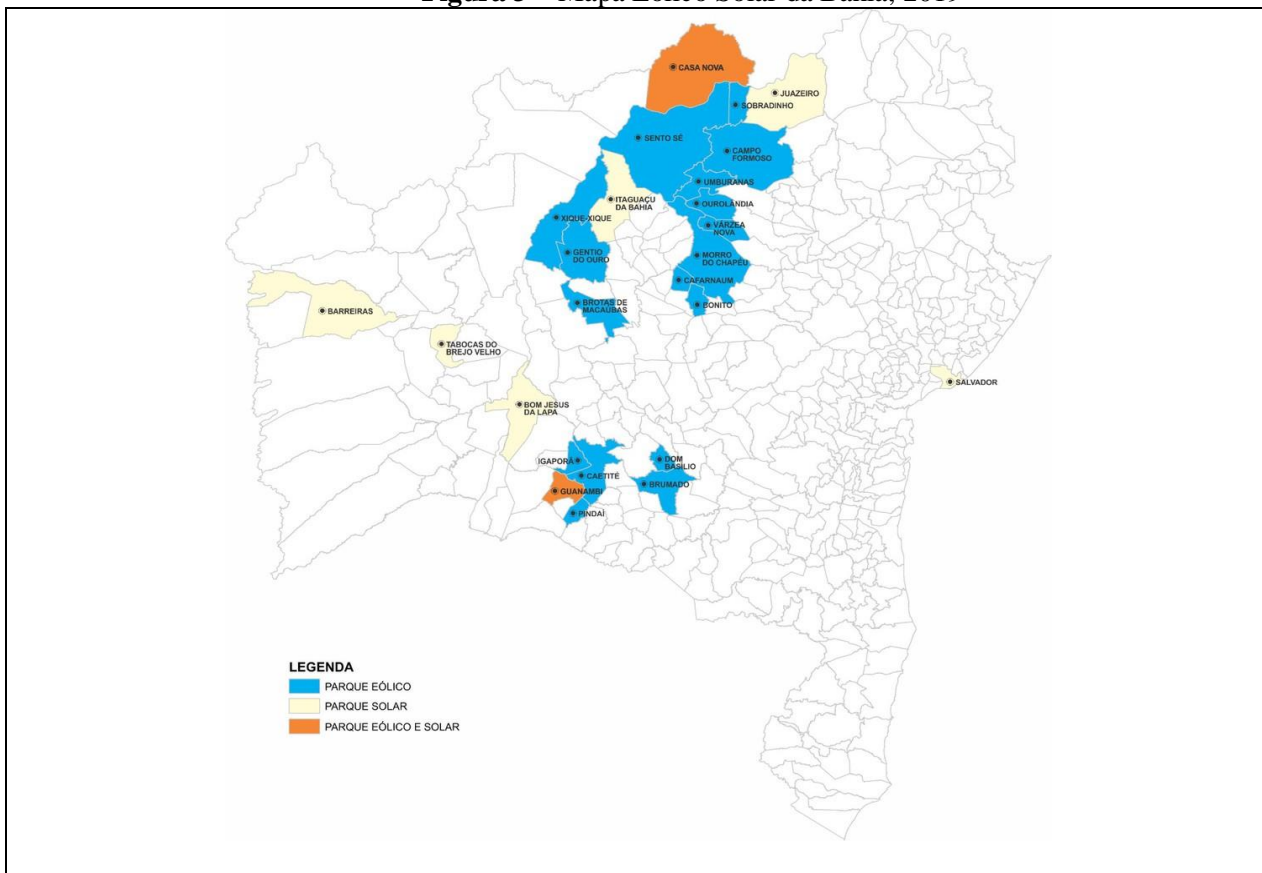
A Bahia é um dos principais na geradores de energia elétrica no Brasil e vem se mantendo na liderança a partir das fontes eólica e solar desde o ano de 2019, fruto de atividades desenvolvidas pelas Secretarias de Infraestrutura (SEINFRA) e de Desenvolvimento Econômico (SDE). O território do estado ocupa a primeira posição quando comparado com os outros estados do país na produção de energia elétrica utilizando essas duas fontes renováveis. As secretarias (SEINFRA e SDE) atuam no estado para a atração de investimentos nesses ramos de geração de energia. Segundo o ONS, somente na fonte eólica o Estado da Bahia gerou 12.590 GWh de janeiro a setembro de 2020 e na fonte solar fotovoltaica<sup>1</sup> a geração foi de 1.377 GWh para o mesmo período de análise. Na figura abaixo pode-se observar a distribuição de parques de geração de energia elétrica no estado da Bahia:

---

<sup>1</sup> energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico.



**Figura 3 – Mapa Eólico Solar da Bahia, 2019**



Fonte: ONS (2020)

Com relação ao transporte de energia elétrica, este é realizado através de linhas de transmissão que juntas compõem o que é conhecido como rede básica. A atividade de transmissão também é regulada técnica e economicamente através de projetos que são contratados por processos licitatórios coordenados pela ANEEL.

A distribuição de energia elétrica no estado da Bahia é realizada pela Neoenergia Coelba, companhia de energia da Bahia criada em 1960. Após a privatização em 1997, a empresa passou a fazer parte do Grupo Neoenergia, holding do grupo Iberdrola, que é uma empresa espanhola atuante na distribuição de gás natural e na geração e distribuição de energia elétrica.

Na comercialização, ocorrem as atividades de compra, importação e exportação de energia para

outros comercializadores, geradores, distribuidores ou consumidores livres. A comercialização de energia é realizada através de contratos de curto e de longo prazo e também no mercado à vista (*spot*). A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) é uma importante instituição para esta atividade no setor, porque tem por finalidade viabilizar a comercialização de energia elétrica no mercado de energia.

A Tabela 1 resume o desempenho da energia injetada – que é toda a energia que foi injetada no sistema elétrico, considerando as perdas técnicas e não técnicas – no setor elétrico do estado para 2020. Trata-se de um bom indicador do montante de energia que é gerado, transmitido e distribuído pela companhia do estado:

**Tabela 1 – Balanço Energético Neoenergia Coelba (GWh)**

Balanço Energético (GWh)	4T20	4T19	Dif	%	2020	2019	Dif	%
Mercado Cativo	3.891	4.590	(699)	(15,23%)	15.667	17.166	(1.499)	(8,73%)
Mercado Livre + Suprimento	1.180	1.045	135	12,92%	4.305	4.063	242	5,96%
Energia Distribuída (A)	5.071	5.635	(564)	(10,01%)	19.972	21.229	(1.257)	(5,92%)
Energia Perdida (B)	931	1.020	(89)	(8,70%)	3.659	3.789	(130)	(3,40%)
Não Faturado (C)	422	(82)	504	(614,60%)	497	44	453	1029,55%
Energia Injetada (D) = (A) + (B) + (C)	6.424	6.573	( 149)	( 2,27%)	24.127	25.063	(936)	(3,73%)

Fonte: Elaboração própria (2021) com base em RI Neoenergia, Release de Resultados (2020)

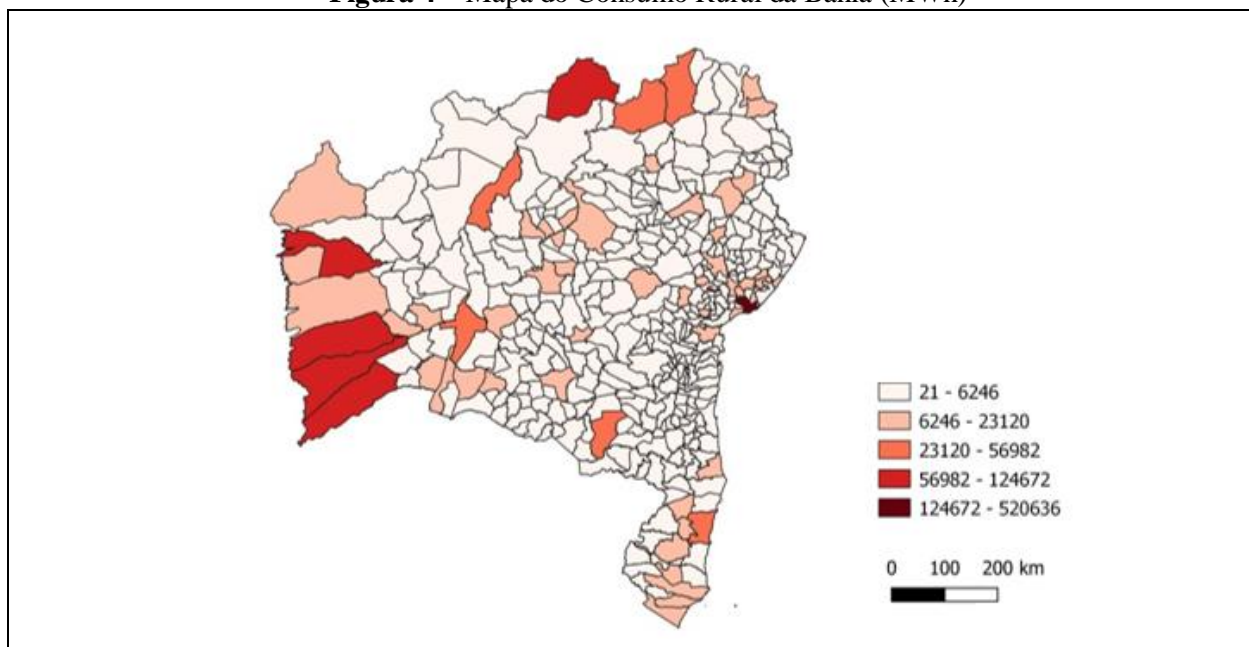
## 2.3 OFERTA E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DA BAHIA

### 2.3.1 Consumo de Energia Elétrica na Bahia

As estratégias de desenvolvimento adotadas no Brasil na década de 70, especialmente, o Primeiro e o Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), tiveram grandes implicações no processo de desenvolvimento econômico considerável que levou a um aumento no consumo de energia elétrica nos diversos segmentos de demanda e na participação da energia elétrica na matriz energética nacional. O consumo de energia elétrica da Bahia possui significativa contribuição no Brasil e tem sido influenciado pelos planos de desenvolvimento da década de 70. O Polo Industrial de Camaçari é um exemplo de complexo industrial onde se consome uma elevada quantidade de energia elétrica desde a sua criação.

É possível notar na Figura 4 a grande contribuição dos consumidores rurais da região oeste da Bahia, região forte na cultura da soja e outros grãos. Historicamente uma região muito influenciada pela migração dos agricultores do sul do Brasil (COSTA, 2013), principalmente do estado do Rio Grande do Sul, fenômeno que modificou de forma significativa a estrutura econômica da região, tornando-a referência do agronegócio no país.

**Figura 4** – Mapa do Consumo Rural da Bahia (MWh)

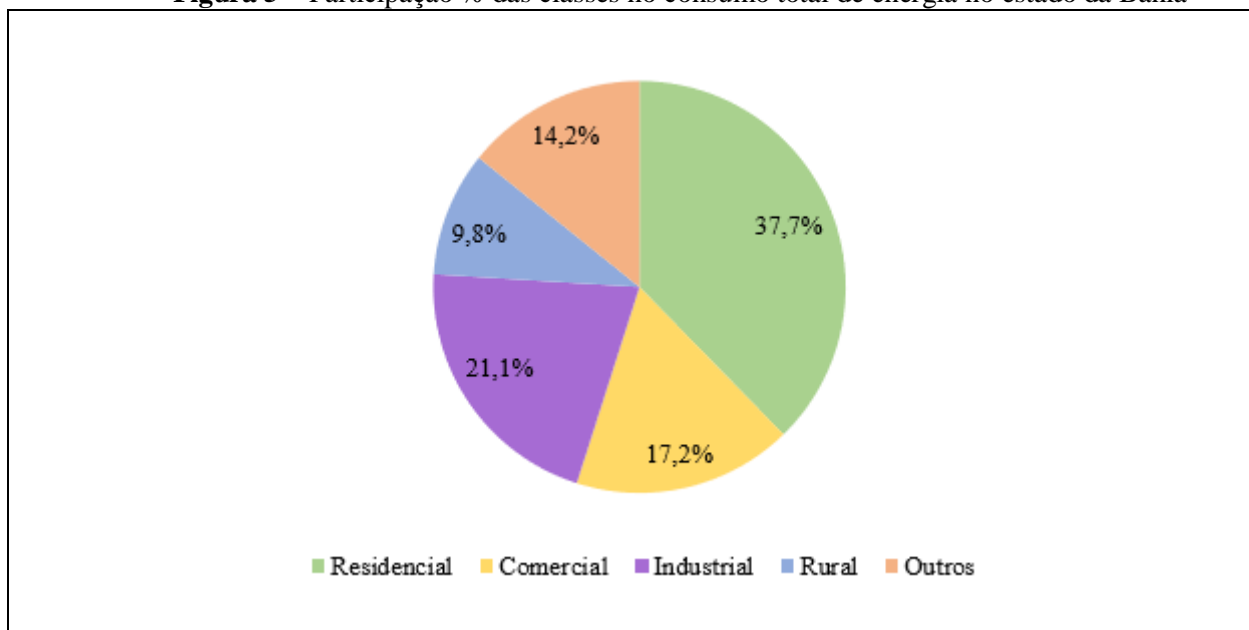


Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Neoenergia Coelba (2020)

## 2.4 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA BAHIA

A eletricidade na Bahia é fornecida pela Neoenergia Coelba, companhia de energia da Bahia criada em 1960 com o intuito de alavancar o crescimento econômico do estado. A Neoenergia Coelba era uma empresa estatal e passada algumas décadas a empresa passou a ser privada de capita externo e interno desde 1997. Atualmente a empresa faz parte do Grupo Neoenergia, holding do grupo Iberdrola, que é uma empresa espanhola que atua na distribuição de gás natural e na geração e distribuição de energia elétrica.

**Figura 5** – Participação % das classes no consumo total de energia no estado da Bahia



Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Neoenergia Coelba (2020)

A Neoenergia Coelba possui a concessão para distribuição de energia elétrica em 415 dos 417 municípios do Estado da Bahia, e dos municípios de Delmiro Gouveia no Estado de Alagoas e Dianópolis no Estado de Tocantins, abrangendo uma área de concessão de 563 mil km<sup>2</sup>. Em 2020 a companhia fornecia energia para 6.205 mil consumidores, um incremento de 1,6% (100 mil novos consumidores) em relação a 2019. A segmentação destes consumidores por classe pode ser observada na seguinte tabela:

**Tabela 2** – Número de Consumidores da Neoenergia Coelba (Em milhares)

Número de Consumidores (Em milhares)			Participação no Total %		2020/2019	
	2020	2019	2020	2019	Dif.	%
Residencial	5.490	5.385	88,5%	88,2%	105	1,9%
Industrial	13	14	0,2%	0,2%	0	( 7,1%)
Comercial	408	426	6,6%	7,0%	( 18)	( 4,2%)
Rural	225	201	3,6%	3,3%	25	11,9%
Outros	69	80	1,1%	1,3%	( 11)	( 13,8%)
<b>Total</b>	<b>6.205</b>	<b>6.105</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100</b>	<b>1,6%</b>

Fonte: Elaboração própria (2021) com base em RI Neoenergia, Release de Resultados (2020)

Em 2020, as classes que registraram maior participação percentual (%) no total de consumidores da Neoenergia Coelba foram a residencial, comercial e rural, com 88,5%, 6,6% e 3,6%, respectivamente. Na perspectiva da distribuição de energia propriamente dita a evolução do mercado na Bahia se comportou no ano de 2020 de maneira negativa em relação a 2019, registrando uma retração na energia distribuída de -5,9%, ainda refletindo os impactos decorrentes da pandemia da COVID-19 no ano. Pode-se observar melhor na tabela a seguir o desempenho segmentado pelas classes de consumo:

**Tabela 3 – Energia Distribuída (GWh)**

	Neoenergia Coelba		Participação no Total %		4T20 / 4T19		Neoenergia Coelba		Participação no Total %		2020 / 2019	
	4T20	4T19	4T20	4T19	Dif.	%	2020	2019	2020	2019	Dif.	%
Energia Distribuída - Mercado Cativo (GWh)												
Residencial	1.926	1.931	38,0%	34,3%	(6)	(0,3%)	7.446	7.326	37,3%	34,5%	121	1,6%
Industrial	229	368	4,5%	6,5%	(139)	(37,8%)	1.095	1.435	5,5%	6,8%	(339)	(23,6%)
Comercial	680	900	13,4%	16,0%	(220)	(24,4%)	2.768	3.404	13,9%	16,0%	(636)	(18,7%)
Rural	473	664	9,3%	11,8%	(192)	(28,9%)	1.913	2.212	9,6%	10,4%	(299)	(13,5%)
Outros	583	726	11,5%	12,9%	(143)	(19,7%)	2.444	2.790	12,2%	13,1%	(346)	(12,4%)
Energia Distribuída - Mercado Cativo Total	3.891	4.590	77%	81%	(699)	(15,2%)	15.667	17.166	78%	81%	(1.499)	(8,7%)
Mercado Livre	1.180	1.045	23,3%	18,5%	135	12,90%	4.305	4.063	21,6%	19,1%	242	6,0%
TOTAL (Cativo + Livre)	5.071	5.635	100%	100%	(564)	(10,0%)	19.972	21.229	100%	100%	(1.257)	(5,9%)

Fonte: Elaboração própria (2021) com base em RI Neoenergia, Release de Resultados (2020)

Com os dados apresentados, é possível perceber o tamanho relevante do mercado da Bahia, atendido pela Neoenergia Coelba que consumiu 19.972 GWh no ano de 2020, sendo assim um objeto de ampla possibilidade de exploração de estudos para compreensão do padrão e dinâmica de consumo das classes existentes, assim como a relação deste consumo com variáveis de caráter econômico e/ou social, o que justifica a pretensão do presente estudo.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo tem como objetivo investigar as pesquisas e teorias existentes dentro da área de análise que o presente estudo objetiva contribuir. A revisão de literatura possibilitará a obtenção de uma base teórica e empírica acerca da demanda residencial por energia elétrica, bem como as estratégias de estimação das elasticidades preço e renda.

#### 3.1 REFERENCIAL TEÓRICO DA DEMANDA RESIDENCIAL POR ENERGIA ELÉTRICA

Existe uma vasta literatura econômica sobre demanda residencial por energia elétrica, remonta a década de 50, tendo como um dos primeiros trabalhos realizados o do economista Houthakker (1951), com o seu clássico estudo que tem como título “*Some Calculations of Electricity Consumption in Great Britain*”, onde ele faz a estimação das elasticidades preço e renda da demanda residencial por energia elétrica de algumas cidades do Reino Unido, analisando o período de 1937-1938.

Outro estudo tradicional e relevante para a análise de demanda residencial por energia elétrica é o de Fisher e Kaysen (1962), onde foi estimada a demanda residencial de 47 estados americanos no período de 1946-1957. Este estudo tem uma contribuição muito inovadora para a época de partir do princípio que a energia elétrica não é um bem consumido de forma direta, mas sim através de máquinas e equipamentos elétricos, levando-os a assumir que as variáveis econômicas são determinantes primários da demanda por energia elétrica ao menos para a classe de consumo residencial. Com isso, de forma resumida, a modelagem assume que o consumo depende do estoque de equipamentos e de mais alguns componentes, sendo estes: o preço da energia, a renda das famílias e a taxa de utilização de equipamentos elétricos.

Em 2004, ao criar um modelo de demanda por energia elétrica para o caso de Taiwan, Holtedahl e Joutz, acrescentaram uma contribuição de suma relevância para a literatura econômica nesse assunto, pois nesta pesquisa estimaram a elasticidade-preço e renda da demanda residencial por energia elétrica através de correção de erros e cointegração.

Os estudos realizados a nível nacional e que são muito conhecidos são os trabalhos de Modiano (1984) onde o autor analisa o consumo e preço da energia elétrica para as classes de consumo residencial, comercial, industrial e outros; Andrade e Lobão (1997) onde de certa forma foi realizada uma atualização do trabalho feito por Modiano (1984), através do modelo de Vetor Autorregressivo (VAR) adotam que o consumo residencial é uma função da tarifa, da renda e do estoque de eletrodomésticos e com isso consegue estimar as elasticidades preço e renda do consumo residencial.

De forma mais recente, a pesquisa “*Price and income elasticities of residential electricity demand in Brazil and policy implications*” feita por Martins e outros (2021) apresenta a estimação das elasticidades preço e renda da demanda residencial por energia elétrica para 27 estados do Brasil durante o período de 2004-2019, e as implicações de políticas que podem ser municiadas através desse estudo.

Os estudos no Brasil têm avançado no que se refere à demanda residencial por energia elétrica. No entanto, ainda é uma área que pode ser bastante explorada, principalmente a nível estadual em vista de compreender as especificidades que cada estado possui em seu mercado de energia e no seu sistema elétrico como um todo. Essa é inclusive uma das motivações desse presente estudo, que, com pretensões de graduação, busca investigar um pouco a dinâmica do comportamento da demanda residencial por energia elétrica para o estado da Bahia.



## 4 METODOLOGIA

Neste capítulo será detalhada a metodologia para estimação das elasticidades, bem como a origem dos dados, suas especificidades e transformações necessárias que sofreram para serem utilizados na modelagem. A secção será dividida em duas partes, a primeira explanará sobre a base de dados propriamente dita de uma forma detalhada em vista de compreender a motivação da escolha das variáveis e seu comportamento, a segunda versará teoricamente sobre os modelos de dados em painel que foram utilizados para obtenção do resultado final.

### 4.1 BASE DE DADOS

Conforme o Quadro 1, as principais variáveis utilizadas na estimação das elasticidades foram: consumo residencial de energia elétrica em MWh, tarifa residencial média em R\$ por MWh, ICMS, Impostos (ICMS + IPVA + Outros Tributos), Produto Interno Bruto (PIB) e População dos municípios da Bahia. O Índice de Preços ao Consumidor (IPC) Salvador foi utilizado para de deflacionamento. Essas informações foram adquiridas através das seguintes fontes: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria da Fazenda do estado da Bahia (SEFAZ-BA), Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) e sistema SAP-BW da Neoenergia Coelba.

**Quadro 1** – Variáveis utilizadas

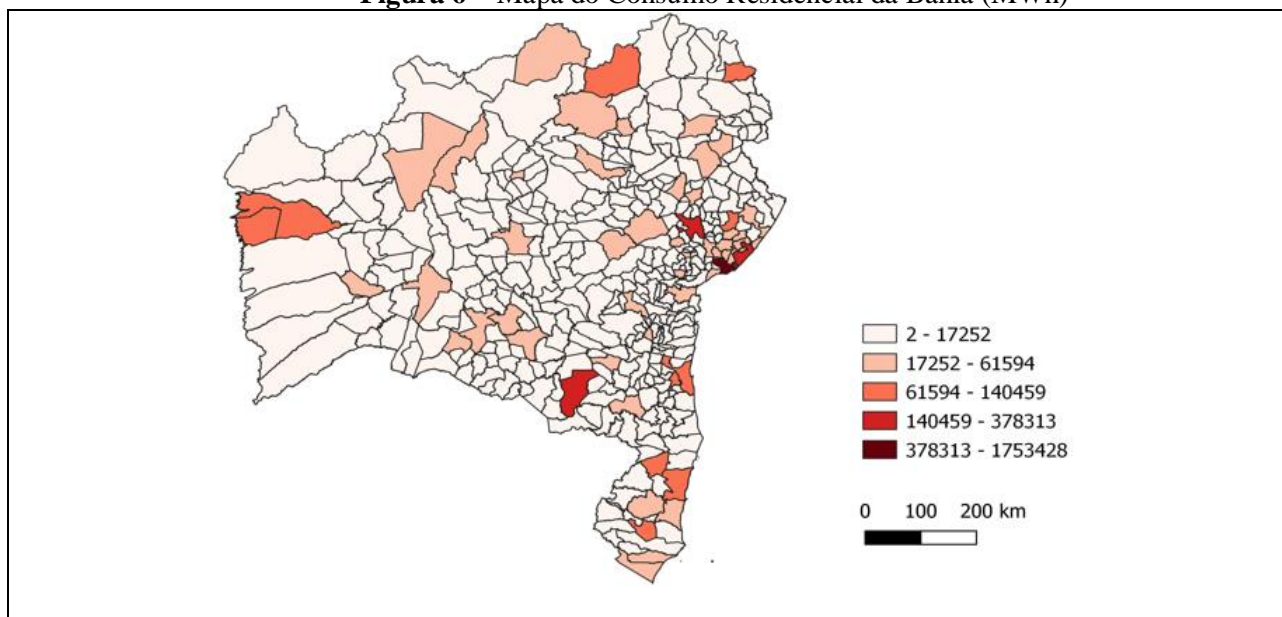
Variáveis	Período	Fonte
Consumo residencial (MWh)	2010-2020	SAP-BW
Tarifa média residencial (R\$/MWh)	2010-2020	ANEEL
ICMS (R\$)	2010-2020	SEFAZ-BA
Impostos - ICMS + IPVA + OUTROS TRIBUTOS (R\$)	2010-2020	SEFAZ-BA
Produto Interno Bruto (PIB)	2010-2018	IBGE
População (pessoas)	2010-2020	IBGE
Índice de Preços ao Consumidor - IPC Salvador (%)	2010-2020	SEI-BA

Fonte: Elaboração própria (2021)

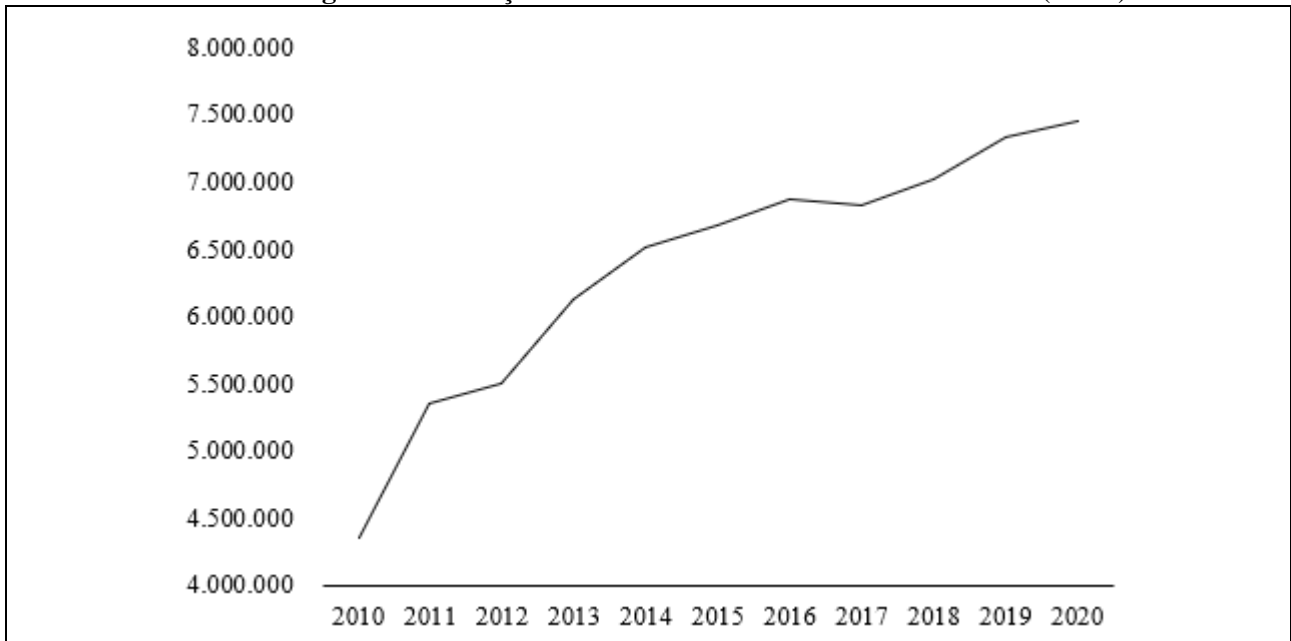
#### 4.1.1 Consumo Residencial de Energia

A série de consumo residencial de energia foi obtida através do sistema SAP-BW da Neoenergia Coelba, extraída a nível municipal e mensal para os períodos de 2010 até 2020. Uma particularidade dessa série é que o ano de 2010 não considera os meses de janeiro e fevereiro, por conta deles não estarem disponíveis no sistema. A Figura 6 apresenta um mapa do consumo residencial do ano de 2020 distribuído espacialmente pela área territorial da Bahia e a Figura 7 a evolução anual do consumo de energia residencial para o período escolhido neste trabalho:

**Figura 6** – Mapa do Consumo Residencial da Bahia (MWh)



Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Neoenergia Coelba (2020)

**Figura 7 – Evolução Anual do Consumo Residencial da Bahia (MWh)**

Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Neoenergia Coelba (2020)

Observando o mapa acima, pode-se perceber que o consumo de energia elétrica residencial é presente de forma relevante em todos os municípios do estado, por ser de característica essencial para a sociedade e também pelos programas de incentivo existentes concedidos pelo governo federal. Um exemplo de programa seria a TSEE, explicada pela ANEEL (2016), “a Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Por meio dela, são concedidos descontos para os consumidores enquadrados na Subclasse Residencial Baixa Renda.” Os pontos de consumo mais intenso de energia elétrica da classe residencial se encontra em alguns municípios da região metropolitana de Salvador, região oeste e região sul.

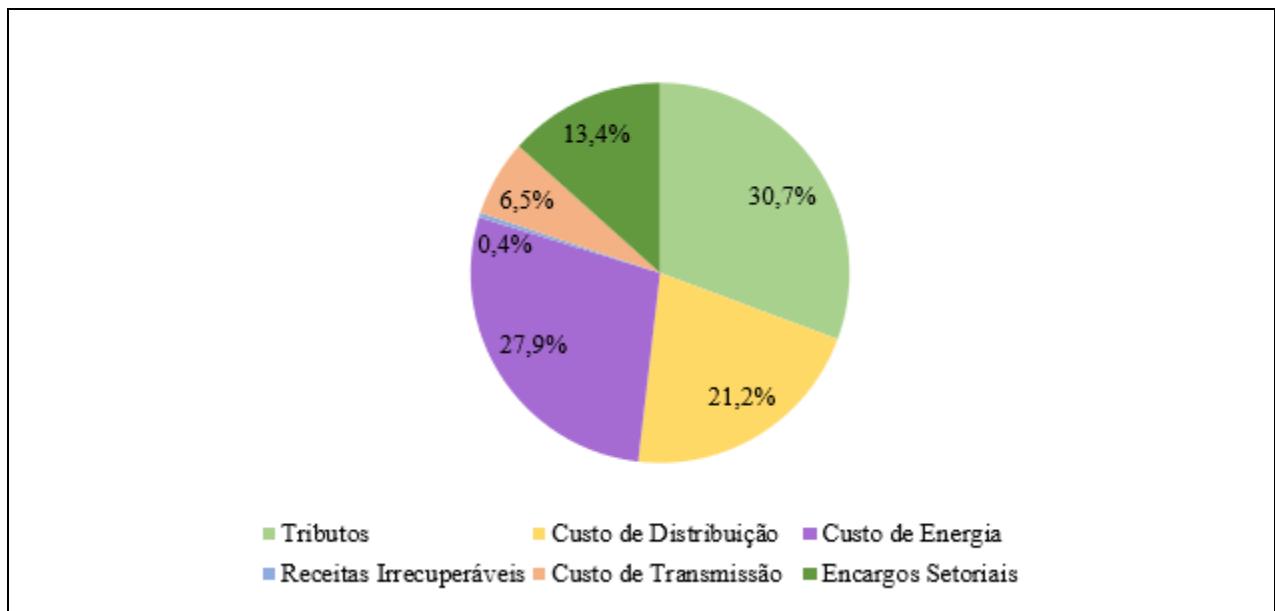
A evolução anual pro período de 2010-2020 mostra que o consumo de energia elétrica residencial registrou crescimento médio de 5,7%, deixando clara a tendência positiva ao longo dos anos, como citado na seção 3.1 CARACTERÍSTICAS DA ENERGIA ELÉTRICA é natural as nações passarem a consumir mais energia elétrica ao longo do tempo.

#### **4.1.2 Tarifa Média Residencial de Energia Elétrica**

Os dados de tarifa média residencial da Bahia estão disponíveis no site da ANEEL. O preço da

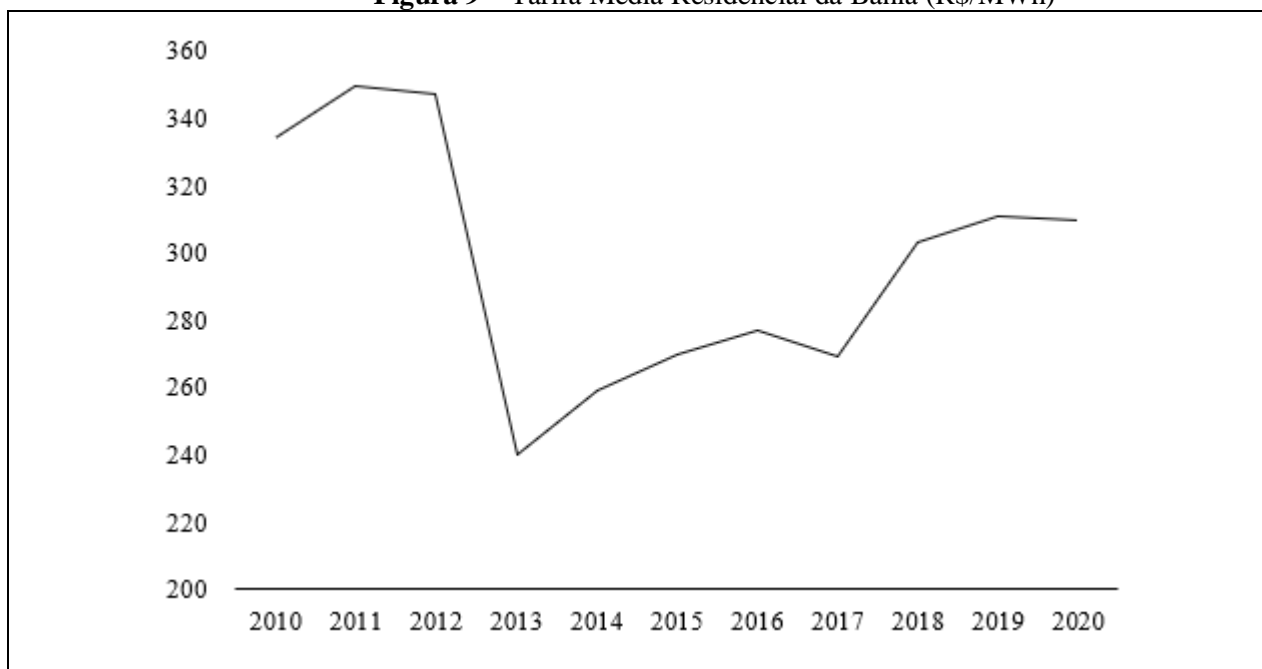
energia elétrica é refletido através de sua tarifa, que é composta por valores de investimento que são necessários nos processos de geração, transmissão, distribuição e comercialização, somado também aos encargos e impostos (ICMS, PIS/COFINS, etc). O custo de geração é um dos que mais influencia no preço da energia do Brasil. Apesar da matriz energética possuir diversas fontes de geração, a principal e também mais barata é a energia hidrelétrica, devido a empreendimentos antigos que já foram amortizados. A Figura 8 apresenta a composição da tarifa de energia elétrica para o mercado cativo no Brasil como um todo:

**Figura 8** – Composição Da Tarifa De Energia Elétrica Para O Mercado Cativo



Fonte: Elaboração própria (2021) com base em ANEEL (2021)

A Figura 9 consta a evolução anual da tarifa média, com curva que evidencia a redução tarifária no ano de 2013 em todo Brasil, parcialmente mantida em 2014 decorrente de ações introduzidas pela Medida Provisória (MP) 579, além de desenhar a trajetória do preço da energia na Bahia para a classe residencial:

**Figura 9 – Tarifa Média Residencial da Bahia (R\$/MWh)**

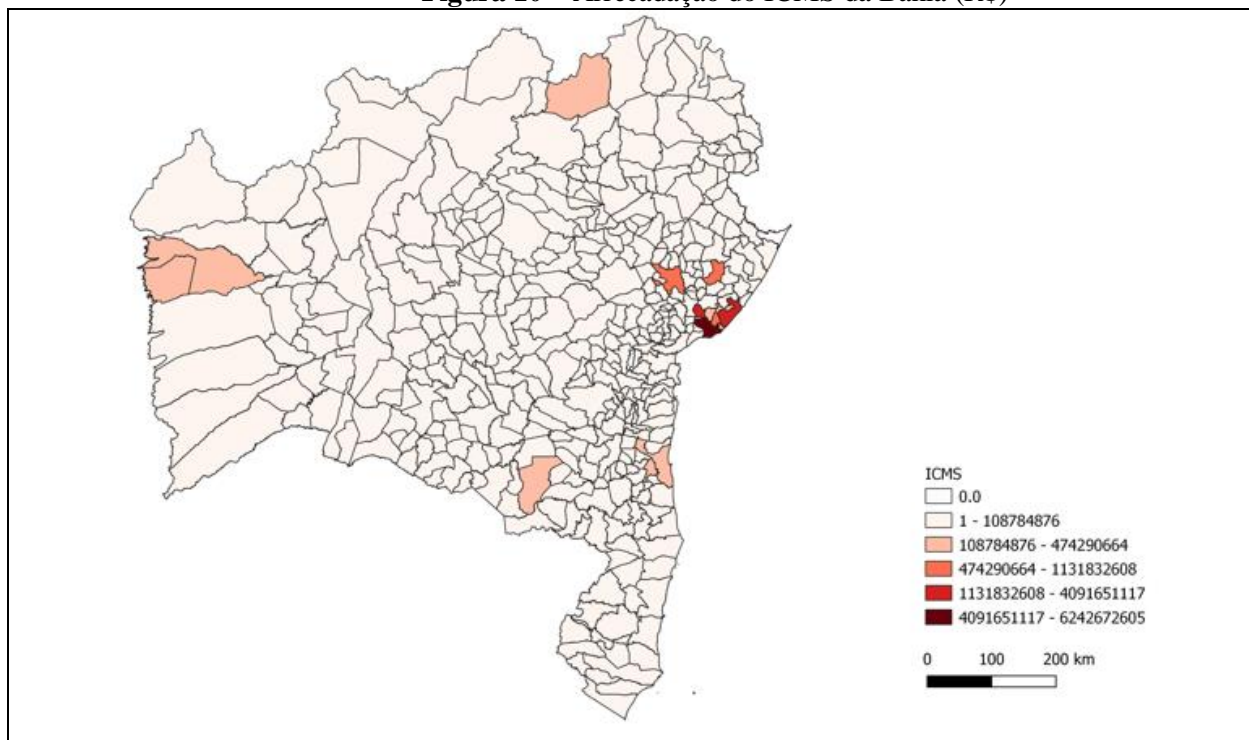
Fonte: Elaboração própria (2021) com base em ANEEL (2021)

#### 4.1.3 Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – Icms

O imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é a principal fonte de arrecadação dos Estados, constituindo-se assim como um valor de receita importante para o orçamento vigente. Em alguns estados menos desenvolvidos onde a arrecadação de outros tributos é menor, o ICMS constitui parcela importante do orçamento financeiro. Os dados de ICMS foram adquiridos através da SEFAZ-BA e foi escolhido nesta pesquisa como uma *proxy* para o nível de renda dos municípios, baseado no estudo de Marques Júnior e Oliveira (2015) que através de modelos econométricos, estimou as elasticidades de curto e de longo prazo da arrecadação de ICMS em relação ao Valor Adicionado Bruto (VAB) para o Estado do Rio Grande do Sul. Os resultados indicaram que a arrecadação de ICMS é elástica ao nível de atividade econômica no longo prazo. Uma vez que os dados de Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios são disponibilizados apenas até o período de 2018, os dados de ICMS também foram utilizados como uma variável proxy para refletir o nível de atividade econômica municipal e portanto da renda desses municípios, a fim de obter um maior tamanho de amostra para realizar as estimações. A Figura 10 apresenta a distribuição espacial da variável ICMS para o estado da Bahia no ano de

2020:

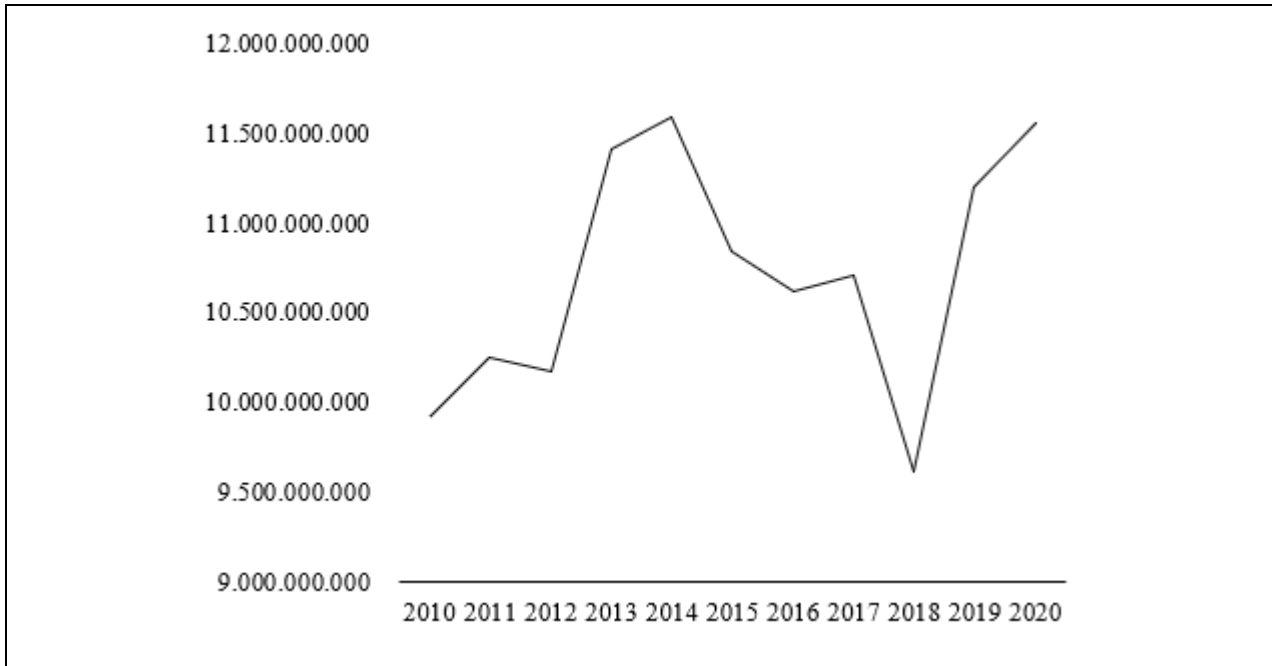
**Figura 10** – Arrecadação do ICMS da Bahia (R\$)



Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Bahia (2020)

Como pode ser visto no mapa, a arrecadação do ICMS é mais intensa nos municípios desenvolvidos do Estado da Bahia, onde a economia é mais aquecida, são eles da região metropolitana, alguns municípios da região oeste e da região centro sul. Com o gráfico apresentado na Figura 11 será possível visualizar a trajetória do ICMS ao longo do período de análise nesse estudo:

**Figura 11** – Evolução Anual do ICMS da Bahia (R\$)



Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Bahia (2020)

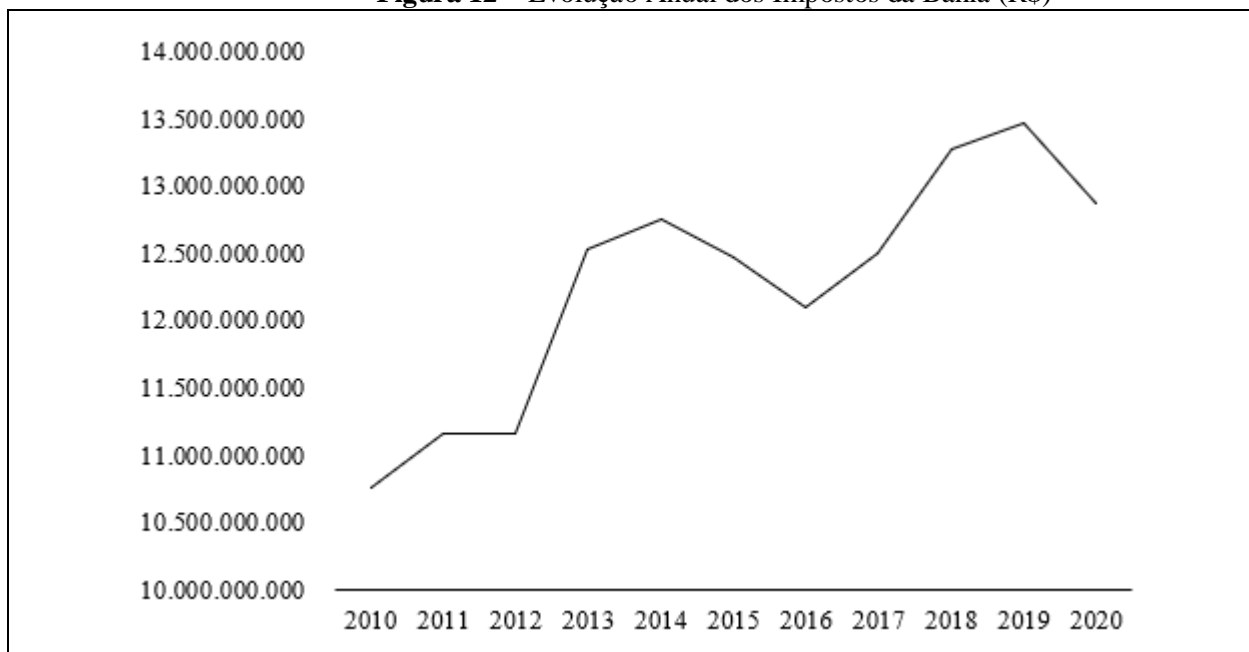
Ao analisar o gráfico, é possível perceber que o comportamento da arrecadação do ICMS capta os períodos de aquecimento econômico e até mesmo o período de recessão que o Brasil enfrentou entre os anos de 2014 até 2018.

#### **4.1.4 Impostos (ICMS + IPVA + Outros Tributos)**

Também adquirida através da SEFAZ-BA, a série denominada como “impostos” nesse presente estudo foi uma variável alternativa utilizada para representar a renda da população dos municípios da Bahia, por conta da particularidade do ICMS fazer parte dos tributos que compõe o preço da tarifa de energia, foi decidido que utilizar o ICMS conjuntamente com outros tributos estaduais (como por exemplo o IPVA), seria uma alternativa comparativa a utilização do ICMS utilizado de forma isolada no intuito de comparar qual resultado de estimação seria o mais adequado, além de manter a premissa explicada na secção 5.1.3 IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS – ICMS da correspondência entre atividade

econômica e ICMS. Ao adicionar outros impostos, de uma forma indireta seria possível capturar a renda da população dos municípios para o período de análise. A seguir, na Figura 12, será apresentado gráfico de evolução anual dessa variável:

**Figura 12 – Evolução Anual dos Impostos da Bahia (R\$)**

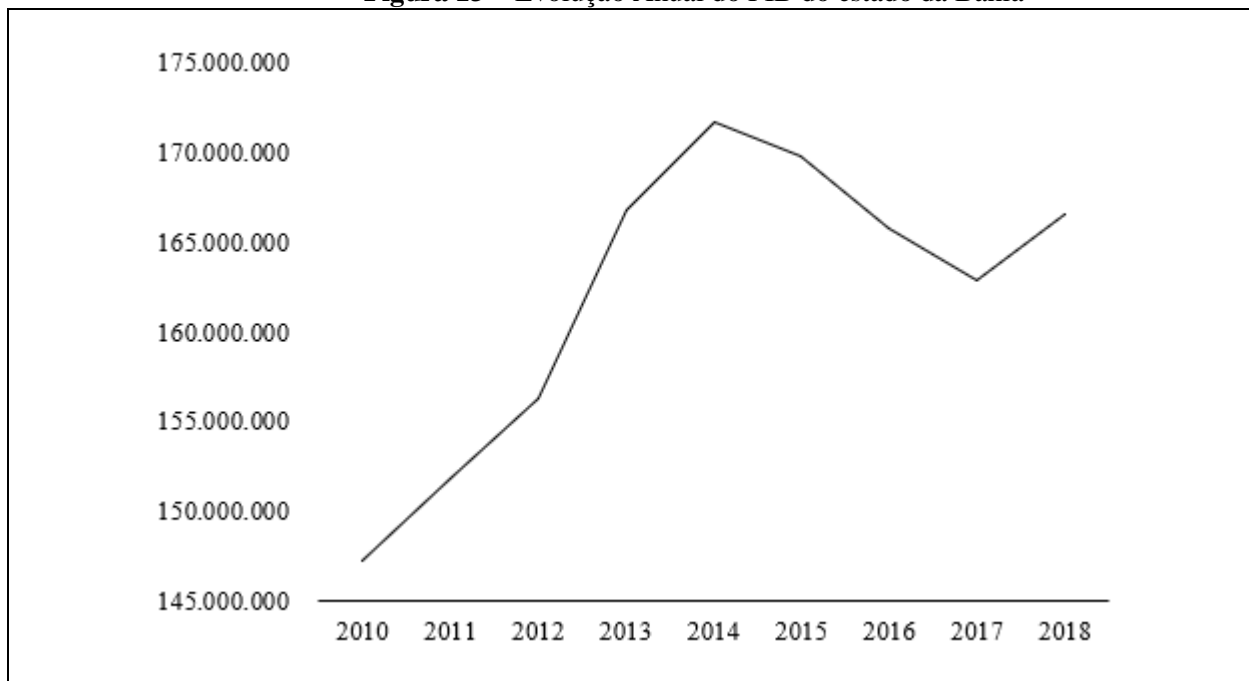


Fonte: Elaboração própria (2021) com base em Bahia (2020)

#### **4.1.5 Produto Interno Bruto (PIB)**

Os dados do Produto Interno Bruto dos municípios do estado da Bahia foram obtidos através do SIDRA-IBGE, e é a variável de renda que, baseando-se na literatura (ANDRADE; LOBÃO, 1997), é a mais adequada para obtenção da elasticidade-renda. Apesar de possuir uma amostragem menor em relação as variáveis de ICMS e Impostos, foi decidido utilizar essa variável para poder seguir um caminho seguro já testado na literatura e realizar comparações com as outras variáveis de renda que foram utilizadas nas estimações. A Figura 13 apresenta um gráfico de evolução anual do PIB dos municípios do estado da Bahia:



**Figura 13** – Evolução Anual do PIB do estado da Bahia

Fonte: Elaboração própria (2021) com base em SIDRA/IBGE (2020)

#### 4.1.6 População

Os dados populacionais foram adquiridos através do sistema SIDRA-IBGE. A obtenção dele tem como objetivo metodológico possibilitar a análise *per capita* do consumo residencial de energia elétrica.

#### 4.1.7 Índice de Preços ao Consumidor – IPC Salvador

Os dados utilizados para deflacionar as séries monetárias foram adquiridos através da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). Foi escolhido o IPC de Salvador pelo fato de, nesse estudo específico, representar melhor a inflação do estado da Bahia para o consumidor residencial em detrimento dos outros indicadores inflacionários disponibilizados por outras instituições.

## 4.2 ESTIMAÇÃO DE MODELOS DE DADOS EM PAINEL

Essa secção tem como objetivo a apresentação dos modelos de dados em painel que foram utilizados para obter-se as estimações visionadas, tendo como base os escritos de Wooldridge (2001), Diggle, Heagerty, Liang, Zeger (2002) e Baltagi (2005). Os modelos de dados em painel podem ser definidos como modelos que são feitos para estimação de parâmetros a partir de um conjunto de dados longitudinais. Um banco de dados em painel é composto por observações repetidas ao longo de um período temporal, de maneira que a mesma amostra de cidades, empresas, famílias ou até indivíduos (no caso desse estudo, municípios) e outros seja observada no tempo.

A equação abaixo define tradicionalmente o modelo de dados em painel:

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \quad (1.1)$$

*i = unidade de municípios;*

*t = extensão temporal de observação;*

*X'\_{it} = covariáveis;*

*z'\_i\alpha = efeito específico, onde z\_i representa **características individuais observadas ou não***

**que são constantes no tempo .**

A seguir será apresentado de forma resumida cada método de estimação que foi utilizado neste trabalho.

### 4.2.1 *Pooled* com Mínimos Quadrados Ordinários

O modelo conhecido na literatura como *Polled* é utilizado visando a ideia de que em diferentes pontos no tempo é obtida uma nova amostra aleatória da população. Através do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) são geradas estimativas eficientes e consistentes de  $\alpha$  e  $\beta$ , sob a condição de que o  $z_i$  da equação (1.1) tenha apenas um termo constante (ou uma média). No modelo *Pooled* é considerada a hipótese da exogeneidade estrita entre as variáveis explicativas e o termo aleatório, dessa forma sendo possível agregar todos os dados em corte

transversal e estimar os parâmetros pelo método MQO.

#### 4.2.2 Efeitos Fixos (EF)

O estimador de Efeitos Fixos é um método utilizado para eliminar um efeito não observado de um modelo. Tomando a equação (1.1) como análise, se o termo  $z_i$  for não-observado e correlacionado com  $X'_{it}$ , tem-se que o estimador MQO é viesado e inconsistente pelo fato de o modelo possuir uma variável relevante que não foi considerada. Para situações desse tipo, o modelo de efeitos fixos torna-se útil e pode ser especificado por:

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \quad (1.2)$$

Na equação (1.2) apresentada acima, o  $\alpha = z'_i$  considera os efeitos não-observados que influenciam  $Y_{it}$ . Ao assumir que  $\alpha$  é um termo constante específico de cada indivíduo (no caso desse estudo, municípios) que não varia ao longo do tempo, o método de Efeitos Fixos garante a eliminação de todos os efeitos não observados que são constantes ao longo do tempo  $[(\alpha)_i]$ .

A estimação por Efeitos Fixos possui algumas restrições, sendo a mais relevante a que impõe que variáveis constantes no tempo não devem ser inclusas na estimação.

#### 4.2.3 Efeitos Aleatórios (EA)

O método de Efeitos Aleatórios é mais adequado de ser utilizado quando o efeito individual ou não observado não é correlacionado com o  $X'_{it}$ , podendo ser especificado da seguinte forma na equação abaixo:

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + (\alpha + u_i) + \varepsilon_{it} \quad (1.3)$$

Neste caso, a estimação por Efeitos Aleatórios vai assumir que  $u_i$  é um erro específico e aleatório que é semelhante a  $\varepsilon_{it}$ , diferente no caso de ser constante ao longo do tempo para cada indivíduo (no caso desse estudo, município). Através do método de Mínimos Quadrados

Generalizados o modelo de Efeitos Aleatórios estima os coeficientes de interesse, visto que a estimação por MQO seria ineficiente nessa situação.

#### 4.2.4 Teste de *Hausman*

Depois de realizadas as estimações com os métodos de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios, estes podem ser comparados ao aplicar o Teste de *Hausman*. A ideia do teste de *Hausman* é testar a hipótese de que  $\alpha_i$  e  $x_{it}$  são correlacionados. Ou seja, a diferença entre os métodos Efeito Fixos e Efeitos Aleatórios é a existência, ou não, de correlação entre os efeitos específicos e os regressores, em resumo, o viés. Através da aplicação de um teste de hipóteses pode-se concluir qual dos dois métodos apresentam resultados mais consistentes.

O teste hipóteses é o apresentado abaixo:

$H_0: \text{Corr}(x_{it}, \alpha_i) = 0$  e  $\beta_{EF} = \beta_{EA}$  (não há viés, EF e EA são consistentes, no entanto, EA é mais eficiente)

$H_1: \text{Corr}(x_{it}, \alpha_i) \neq 0$  e  $\beta_{EF} \neq \beta_{EA}$  (EA é inconsistente e EF consistente)

A demanda residencial por energia elétrica na Bahia será estimada utilizando o banco de dados em painel apresentado na seção 5.1 BASE DE DADOS. Serão aplicados os três métodos versados nos tópicos acima, a saber: *Pooled* com Mínimos Quadrados Ordinários, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios.

Abaixo serão apresentadas as equações dos três modelos que serão estimados:

**Modelo (1):**

$$\ln C_{(it)} = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{(it)} + \beta_2 \ln Y_{(it)} + \varepsilon_{it} \quad (1.4)$$

Onde  $i = 415$  e  $t = 2010 - 2020$

**C = Consumo per capita de energia elétrica residencial (MWh);**

**P = Tarifa média residencial  $\left(\frac{\text{R\$}}{\text{MWh}}\right)$ ;**

**$Y_{it}$  = ICMS per capita (R\$) – Proxy para renda;**

**$\varepsilon_{it}$  = Termo de erro**

*Modelo (2):*

$$\ln C_{(it)} = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{(it)} + \beta_2 \ln Y_{(it)} + \varepsilon_{it} \quad (1.5)$$

**Onde i = 415 e t = 2010 – 2020**

**C = Consumo per capita de energia elétrica residencial (MWh);**

**P = Tarifa média residencial  $\left(\frac{\text{R\$}}{\text{MWh}}\right)$ ;**

**$Y_{it}$  = IMPOSTOS per capita (R\$) – Proxy para renda;**

**$\varepsilon_{it}$  = Termo de erro**

*Modelo (3):*

$$\ln C_{(it)} = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{(it)} + \beta_2 \ln Y_{(it)} + \varepsilon_{it} \quad (1.6)$$

**Onde i = 415 e t = 2010 – 2018**

**C = Consumo per capita de energia elétrica residencial (MWh);**

**P = Tarifa média residencial  $\left(\frac{\text{R\$}}{\text{MWh}}\right)$ ;**

**$Y_{it}$  = Produto Interno Bruto per capita dos municípios (R\$);**

**$\varepsilon_{it}$  = Termo de erro**

No próximo capítulo serão apresentados os resultados das estimações.

## 5 RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES

Esse capítulo apresenta os resultados das estimações realizadas. As equações estimadas foram apresentadas no capítulo 4. A estimação foi realizada para os três métodos apresentados (*pooled*, efeitos fixos e efeito aleatório)<sup>2</sup> e para representar a variável preço de energia elétrica residencial foi utilizada a tarifa média residencial em reais disponibilizada pela ANEEL, as variáveis utilizadas que representam a renda dos municípios foram ICMS, Impostos e Produto Interno Bruto, como explicitadas na seção anterior.

Considerando as estimações para os modelos *Pooled* (ver apêndice), Efeito Fixo e Efeito Aleatório (ver apêndice), coube realizar o teste de *Hausman* (ver apêndice), que possibilitou definir qual o melhor resultado entre o Efeito Fixo e Efeito Aleatório. Após a aplicação do teste, a hipótese  $H_0: \beta_{EF} = \beta_{EA}$  foi rejeitada, pois os resultados mostram que  $\beta_{EF} \neq \beta_{EA}$ . Com isso, o estimador de Efeitos Fixos apresentou-se o mais consistente.

A seguir, será apresentada a tabela resumo de resultados do método de Efeitos Fixos:

---

<sup>2</sup> Resultados dos métodos que não serão escolhidos como referência principal para essa pesquisa estão apresentados no apêndice.

**Tabela 4 – Resultados das estimações das três equações**

	(1)	(2)	(3)
	Consumo de energia <i>per capita</i>	Consumo de energia <i>per capita</i>	Consumo de energia <i>per capita</i>
Tarifa média residencial	-0.373*** (-18.59)	-0.254*** (-15.73)	-0.251*** (-17.44)
ICMS <i>per capita</i>	0.213*** (40.29)		
Impostos <i>per capita</i>		0.315*** (70.71)	
PIB <i>per capita</i>			0.504*** (65.31)
_cons	0.0958 (0.81)	-1.153*** (-11.83)	-0.852*** (-9.47)
<i>N</i>	4565	4565	3735
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.345	0.587	0.678

Estatística *t* em parênteses

Valores em ln

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

A tabela acima apresenta os resultados das estimativas dos parâmetros que refletem à elasticidade-preço e à elasticidade-renda da demanda residencial de energia elétrica no estado da Bahia. Esses resultados estão de acordo com a teoria econômica, onde a elasticidade-preço possui sinal negativo e a elasticidade-renda sinal positivo. Apesar de perder em tamanho da amostra, obtendo 3735 observações, o modelo 3, que utiliza o PIB *per capita* como a renda dos municípios, apresentou resultados mais adequados ao observar a magnitude das elasticidades. Toda a análise da elasticidade será feita com base neste modelo.

#### *Elasticidade-preço*

Considerando o método de Efeitos Fixos, a elasticidade-preço estimada foi de -0,251, o que vai ao encontro com a teoria e literatura sobre o assunto, que apresenta sinais negativos para elasticidade-preço, como por exemplo as estimativas feitas por Andrade e Lobão (1997), que foram de -0,064, -0,058 e -0,050 para este parâmetro conformes os modelos MQO, VI e Johansen, respectivamente. Com isso, é possível afirmar que a demanda residencial por energia

elétrica é inelástica relativa ao preço. Isso significa que aumentos na tarifa residencial média de energia elétrica tem como consequência uma reação negativa dos consumidores, que reduzem suas demandas por energia elétrica. Porém, é uma redução de demanda pouco significativa, visto que a energia elétrica é um bem essencial.

#### *Elasticidade-renda*

No caso da elasticidade-renda os sinais foram positivos, indo também de acordo com a literatura. As estimativas feitas por Dantas (2016) foram de 0,215, 0,193, 0,368, 0,195 e 0,043 para as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, respectivamente. Considerando apenas a equação que leva em conta o PIB *per capita* como variável de renda e utilizando o método de Efeitos Fixos a elasticidade-renda foi de 0,504, sendo possível afirmar que a demanda residencial por energia elétrica é também inelástica em relação à renda. Isso significa que aumentos no nível de renda fazem com que os consumidores reajam positivamente, aumentando suas demandas por energia elétrica.

#### *Elasticidade-preço das mesorregiões do estado da Bahia*

No intuito de obter uma visão mais detalhada das elasticidades do estado da Bahia, também foram estimadas as elasticidades das mesorregiões, o que auxilia na compreensão das dinâmicas particulares das diferentes regiões do estado. Para as elasticidades-preço, apenas as regiões Metropolitana, Oeste e Vale do São Francisco apresentaram significância estatística, onde foram apresentadas as respectivas elasticidades: -0,114 (0,151 - 0,265), -0,413 (-0,172 - 0,241), -0,447 (-0,210 - 0,237). Todas são inelásticas e seguem o padrão já esperado de sensibilidade negativa do consumo de energia em relação ao aumento do preço da tarifa média, no entanto, é possível observar que quanto menos desenvolvida economicamente a região é, maior é o impacto nesta redução. A região metropolitana, centro comercial e industrial do estado da Bahia, apresenta impacto apenas de -0,114 – impacto que é quase nulo – já a região do Vale do São Francisco, composta por municípios do semiárido e de economia menos aquecida, apesar de seguir o mesmo comportamento, o impacto é praticamente quatro vezes maior quando comparado com a região metropolitana.



**Tabela 5** – Elasticidade-preço das mesorregiões

	Consumo de energia <i>per capita</i>							
Tarifa média residencial	-0.251***	-0.246***	-0.265***	-0.254***	-0.260***	-0.241***	-0.257***	-0.237***
	(-17.44)	(-14.97)	(-17.72)	(-16.58)	(-16.52)	(-16.36)	(-16.48)	(-16.02)
PIB <i>per capita</i>	0.504***	0.503***	0.503***	0.504***	0.504***	0.504***	0.504***	0.504***
	(65.31)	(65.24)	(65.36)	(65.31)	(65.32)	(65.42)	(65.29)	(65.53)
Centro Sul		-0.0195						
		(-0.68)						
Metropolitana			0.151***					
			(3.39)					
Nordeste				0.0184				
				(0.49)				
Norte					0.0441			
					(1.35)			
Oeste						-0.172**		
						(-3.12)		
Sul Baiano							0.0315	
							(0.92)	
Vale do São Francisco								-0.210***
								(-4.02)
_cons	-0.852***	-0.850***	-0.849***	-0.852***	-0.851***	-0.853***	-0.851***	-0.856***
	(-9.47)	(-9.45)	(-9.46)	(-9.47)	(-9.47)	(-9.49)	(-9.46)	(-9.54)
<i>N</i>	3735	3735	3735	3735	3735	3735	3735	3735

Estatística *t* em parênteses

Valores em ln

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ 

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

*Elasticidade-renda das mesorregiões do estado da Bahia*

**Tabela 7** – Elasticidade-renda das mesorregiões

	Consumo de energia <i>per capita</i>							
Tarifa média residencial	-0.251*** (-17.44)	-0.248*** (-17.47)	-0.248*** (-17.55)	-0.251*** (-17.40)	-0.249*** (-17.35)	-0.252*** (-17.47)	-0.252*** (-17.47)	-0.252*** (-17.47)
PIB <i>per capita</i>	0.504*** (65.31)	0.460*** (52.62)	0.530*** (67.21)	0.502*** (62.02)	0.519*** (60.81)	0.501*** (62.96)	0.506*** (62.16)	0.501*** (62.99)
Centro Sul		0.149*** (10.00)						
Metropolitana			-0.269*** (-11.75)					
Nordeste				0.0185 (0.87)				
Norte					-0.0701*** (-4.18)			
Oeste						0.0378 (1.39)		
Sul Baiano							-0.0219 (-1.09)	
Vale do São Francisco								0.0380 (1.39)
_cons	-0.852*** (-9.47)	-0.866*** (-9.77)	-0.874*** (-9.92)	-0.854*** (-9.49)	-0.867*** (-9.65)	-0.848*** (-9.43)	-0.846*** (-9.40)	-0.848*** (-9.42)
<i>N</i>	3735	3735	3735	3735	3735	3735	3735	3735

Estatística *t* em parênteses

Valores em ln

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

Para as elasticidades-renda, apenas três regiões também apresentaram significância estatística, sendo estas: Centro Sul, Metropolitana e Norte. Respectivamente as elasticidades foram, , 0,609 (0,149 + 0,460), 0,261 (-0,269 + 0,530), 0,431 (-0,070 + 0,519). A região Centro Sul possui relevância econômica e social para o estado por possuir indústria de papel e celulose e nível

significativo de comércio e turismo, assim como a região Metropolitana, por ser a região onde habita a capital do estado e também por municípios que compõe o polo industrial, já a região Norte possui forte ligação com a fruticultura, além de ser composta por municípios importantes, como Paulo Afonso e Juazeiro, este último muito interligado com Petrolina, que é um importante e rico município do estado de Pernambuco. Todas as regiões são inelásticas e seguem o padrão já esperado de sensibilidade positiva do consumo de energia em relação ao aumento da renda. Observa-se que na região Centro Sul do estado da Bahia, apesar de seguir o mesmo sentido, o aumento da renda possui um impacto muito maior quando comparada com as regiões Metropolitana e Norte.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de energia elétrica é de suma importância para a economia, sem eletricidade em um mundo cada vez mais permeado pela tecnologia, é impossível realizar as atividades mais essenciais do cotidiano. Por esse motivo, é urgente realizar estudos no intuito de compreender a dinâmica presente neste mercado para que seja possível o seu pleno funcionamento, visto que esse setor gera grande número de empregos e fornece um produto essencial para a sociedade.

O objetivo deste estudo foi compreender o comportamento dos consumidores residenciais de energia elétrica no estado da Bahia, para isso foram estimadas as elasticidades-preço e renda da demanda por eletricidade. Os métodos utilizados para a estimação foram feitos através de dados em painel, a saber: *Pooled*, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios.

A literatura econômica no assunto é vasta e já é esperado que o resultado seja de demandas inelásticas. No entanto, com as estimações das elasticidades, este trabalho conseguiu dimensionar a magnitude da sensibilidade do consumo residencial em relação a variações no preço da tarifa de energia e na renda desses consumidores para o estado da Bahia e também para as suas mesorregiões. Estes resultados geram o início de um entendimento mais profundo das realidades locais, assim como um poder de análise de mercado com embasamento mais técnico, além de abrirem a possibilidade para estudos futuros mais sofisticados que garantam de maneira mais assertiva as tomadas de decisões da distribuidora de energia elétrica da Bahia.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Thompson Almeida; LOBÃO, Waldir Jesus Araújo. **Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1997.
- BALTAGI, Badi Hani *et al.* **Econometric analysis of panel data**. Chichester: John Wiley & sons, 2008.
- COSTA, Diandra Hoffmann; MONDARD, Marcos Leandro. A modernização da agricultura no Oeste Baiano: Migração Sulista e novas territorialidades. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 12, p. 1347-1361, 2013.
- DANTAS, Fabiano da Costa; COSTA, Edward Martins; SILVA, Jorge Luiz Mariano da . Elasticidade preço e renda da demanda por energia elétrica nas regiões brasileiras: uma abordagem através de painel dinâmico. **Revista de Economia**, v. 42, n. 3, 2016.
- DIGGLE, Peter J.; HEAGERTY, Patrick; LIANG, Kung-Yee; ZEGER, Scott L. **Analysis of longitudinal data**. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2002.
- GARCEZ, E. W. ; GHIRARDI, A. G. **Elasticidades da demanda residencial de energia elétrica**. Salvador: Faculdade de Ciências Econômicas da UFBA, 2003.
- GOMES, Ludmila. **A demanda por energia elétrica residencial no Brasil: 1996-2006**. Uma estimativa das elasticidades-preço e renda por meio de painel. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de São Paulo, Campus de Riberão Preto, SP, 2010.
- HOLTEDAHL, Pernille; JOUTZ, Frederick L. Residential electricity demand in Taiwan. **Energy economics**, North-Holland, v. 26, n. 2, p. 201-224, 2004.
- HOUTHAKKER, Hendrik S. Some calculations on electricity consumption in Great Britain. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 114, n. 3, p. 359-371, 1951.
- MARQUES JUNIOR, Liderau dos Santos; OLIVEIRA, Cristiano Aguiar de. **As elasticidades de curto e longo prazos do ICMS no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: [S.I.], 2015. (Ensaio FEE).
- MODIANO, E. M. **Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: PUC, 1984. (Texto para discussão, n. 68).
- SANTOS, Gervásio F. Fuel demand in Brazil in a dynamic panel data approach. **Energy Economics**, v. 36, p. 229-240, 2013.
- WOOLDRIDGE JEFFREY, M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2002. p. 623-625.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A – Estatística descritiva das variáveis utilizadas**

**Tabela 8** – Consumo de energia elétrica residencial (MWh): estatística descritiva referente à variação entre os municípios

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
2010	415	10.488	69.406	515	1.382.394
2011	415	12.904	82.001	657	1.628.000
2012	415	13.234	80.540	736	1.593.234
2013	415	14.770	88.353	845	1.744.060
2014	415	15.690	91.598	825	1.803.802
2015	415	16.076	90.934	886	1.784.743
2016	415	16.561	91.574	929	1.792.815
2017	415	16.450	87.892	928	1.714.842
2018	415	16.924	89.285	1.038	1.738.068
2019	415	17.648	91.221	1.121	1.770.411
2020	415	17.939	90.651	1.146	1.753.428

Fonte: Elaboração própria (2021)

**Tabela 9** – ICMS (R\$): estatística descritiva referente à variação entre os municípios

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
2010	415	24.921.452	229.168.945	3.684	4.002.404.931
2011	415	26.984.006	245.685.733	4.818	4.271.788.663
2012	415	28.518.264	257.683.644	2.663	4.542.261.280
2013	415	33.622.839	293.047.656	5.097	4.801.079.340
2014	415	36.285.423	319.549.686	6.872	5.000.400.100
2015	415	37.590.636	327.718.935	4.721	5.020.872.458
2016	415	39.762.075	340.066.572	4.664	5.286.394.726
2017	415	42.433.604	351.479.311	7.854	5.556.132.500
2018	415	39.670.016	323.763.734	7.890	4.764.694.668
2019	415	47.928.571	389.023.913	28.037	5.953.885.517
2020	415	51.832.325	409.108.948	18.216	6.242.672.605

Fonte: Elaboração própria (2021)

**Tabela 10** – Impostos (R\$): estatística descritiva referente à variação entre os municípios

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
2010	415	27.039.377	251.104.614	24.169	4.505.137.160
2011	415	29.379.194	270.607.141	34.080	4.844.185.395
2012	415	31.307.529	286.928.533	36.557	5.204.674.740
2013	415	36.929.352	325.736.466	53.716	5.588.340.490
2014	415	39.939.140	353.284.456	67.885	5.846.336.010
2015	415	43.200.900	387.249.489	73.651	6.526.084.628
2016	415	45.312.957	400.445.906	78.820	6.795.073.339
2017	415	49.494.527	425.989.168	97.888	7.194.885.232
2018	415	54.756.253	460.160.607	109.659	7.503.888.045
2019	415	57.624.603	475.919.890	127.196	7.793.869.042
2020	415	57.758.878	461.956.275	126.627	7.574.115.138

Fonte: Elaboração própria (2021)

**Tabela 11** – Renda (PIB) (Mil R\$): estatística descritiva referente à variação entre os municípios

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
2010	415	370.272	2.166.116	17.237	40.762.687
2011	415	399.521	2.328.180	19.355	44.316.152
2012	415	438.185	2.508.214	21.368	47.940.350
2013	415	491.535	2.819.422	24.523	53.471.659
2014	415	537.612	3.018.291	26.698	56.551.329
2015	415	588.385	3.151.154	26.734	57.918.103
2016	415	620.907	3.354.774	26.373	61.168.158
2017	415	645.141	3.447.031	27.055	62.823.699
2018	415	687.312	3.513.807	27.699	63.526.092

Fonte: Elaboração própria (2021)



**APÊNDICE B – Métodos utilizados**

**Tabela 12 – Resultados das estimações Pooled**

	(1)	(2)	(3)
	Consumo de <i>energia per capita</i>	Consumo de <i>energia per capita</i>	Consumo de <i>energia per capita</i>
Tarifa media residencial	-0.409*** (-13.77)	-0.349*** (-12.65)	-0.623*** (-17.01)
ICMS <i>per capita</i>	0.135*** (54.47)		
Impostos <i>per capita</i>		0.177*** (64.90)	
PIB <i>per capita</i>			0.0589*** (10.97)
_cons	0.604*** (3.56)	0.000966 (0.01)	2.168*** (10.34)
<i>N</i>	4565	4565	3735
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.414	0.497	0.110

Estadística *t* em parênteses

Valores em ln

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

**Tabela 13** – Resultados das estimações Efeitos Aleatórios

	(1)	(2)	(3)
	Consumo de energia <i>per capita</i>	Consumo de energia <i>per capita</i>	Consumo de energia <i>per capita</i>
Tarifa média residencial	-0.389*** (-19.21)	-0.281*** (-16.95)	-0.337*** (-21.69)
ICMS <i>per capita</i>	0.178*** (43.01)		
Impostos <i>per capita</i>		0.275*** (69.12)	
PIB <i>per capita</i>			0.400*** (53.16)
_cons	0.319** (2.70)	-0.818*** (-8.24)	-0.151 (-1.56)
<i>N</i>	4565	4565	3735

Estatística *t* em parênteses

Valores em ln

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ 

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

## APÊNDICE C – Teste de *Hausman*

**Tabela 14** – Teste de Hausman para o modelo 1

Variáveis Explicativas	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Diferença
Tarifa média residencial	-0.3734	-0.3891	0.0157
ICMS	0.2125	0.1783	0.0341

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

**Tabela 15** – Teste de Hausman para o modelo 2

Variáveis Explicativas	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Diferença
Tarifa média residencial	-0.2538	-0.2814	0.0276
Impostos	0.3154	0.2753	0.0400

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

**Tabela 16** – Teste de Hausman para o modelo 3 (piloto)

Variáveis Explicativas	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Diferença
Tarifa média residencial	-0.2511	-0.3374	0.0862
PIB <i>per capita</i>	0.5036	0.4004	0.1032

Fonte: Elaboração própria (2021) com base nos resultados das estimações

Pelo teste de *Hausman* pode-se observar que a diferença entre o método de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios apresentou um resultado que leva a negar a hipótese nula ( $H_0$ ), sendo assim, o método de Efeitos Fixos mais adequado para as estimações das elasticidades nesse estudo.