

ESTIMATIVAS DAS ELASTICIDADES PREÇO E RENDA DA DEMANDA POR ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL E POR REGIÃO GEOGRÁFICA DO BRASIL

Autoria

PALLOMA DA COSTA E SILVA
UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES

ROBERTA MONTELLO AMARAL
UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES

Resumo

O presente trabalho apresenta os resultados das estimações das elasticidades preço e renda da demanda por energia elétrica da classe residencial nas cinco regiões geográficas do Brasil, sendo realizados pelo método de regressão linear múltipla, no período de 2003 a 2012, adotando base de dados anuais. O modelo e os coeficientes utilizados foram estimados com base no modelo linear clássico, onde a função de demanda de energia elétrica estimada foi a função do tipo Cobb Douglas, estando em linha com o que foi realizado por Modiano (1984) e Andrade & Lobão (1997), que em seus trabalhos adotaram o modelo de cálculo das estimações da demanda por energia elétrica na classe residencial. A importância é de verificar a hipótese em relação à função de demanda de energia elétrica para a classe residencial, sobre a qual permitiu mostrar as diferenças de resultado nas elasticidades preço e renda da demanda entre as regiões geográficas do país. Os testes econométricos encontraram evidências de que existe diversidade nas elasticidades preço e renda da demanda entre as regiões, podendo sinalizar, de certa forma, a necessidade de realização de futuras projeções setoriais de oferta e demanda de energia elétrica no país, respeitando as diversidades regionais.

Área Temática: Operações e Logística

ESTIMATIVAS DAS ELASTICIDADES PREÇO E RENDA DA DEMANDA POR ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL E POR REGIÃO GEOGRÁFICA DO BRASIL

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados das estimações das elasticidades preço e renda da demanda por energia elétrica da classe residencial nas cinco regiões geográficas do Brasil, sendo realizados pelo método de regressão linear múltipla, no período de 2003 a 2012, adotando base de dados anuais. O modelo e os coeficientes utilizados foram estimados com base no modelo linear clássico, onde a função de demanda de energia elétrica estimada foi a função do tipo *Cobb Douglas*, estando em linha com o que foi realizado por Modiano (1984) e Andrade & Lobão (1997), que em seus trabalhos adotaram o modelo de cálculo das estimações da demanda por energia elétrica na classe residencial. A importância é de verificar a hipótese em relação à função de demanda de energia elétrica para a classe residencial, sobre a qual permitiu mostrar as diferenças de resultado nas elasticidades preço e renda da demanda entre as regiões geográficas do país. Os testes econométricos encontraram evidências de que existe diversidade nas elasticidades preço e renda da demanda entre as regiões, podendo sinalizar, de certa forma, a necessidade de realização de futuras projeções setoriais de oferta e demanda de energia elétrica no país, respeitando as diversidades regionais.

Palavras- chave: Energia Elétrica; Demanda; Elasticidade.

ABSTRACT

This work presents the results of the estimates of elasticity of price and income relative to the demand for electric energy of the residential class in the five geographical regions of Brazil, performed by the method of multiple linear regression, during the period of 2003 to 2012, adopting the base of current data. The model and the coefficients used were estimated on the basis of a classic linear model, wherein the function of demand of electric energy is a function of the type *Cobb Douglas*, being in line with what was done by Modiano (1984) and Andrade & Lobão (1997), who adopted the model of calculating estimates of the demand for electricity in the residential class. What is important is to verify the hypothesis with regard to the function of the demand for electric energy in the residential class, upon which it was possible to show the differences in the results of elasticity of price and income among the geographical regions of the country. The econometric tests showed evidence of the existence of price- and income-elasticity in the demand among the regions, which could be an indication, to some extent, of the need for future sectorial projections of the supply and demand for electric energy in the country, respecting the regional.

Keywords: Electric Energy; Demand; Elasticity.

1. Introdução

O estudo da energia elétrica tem sido palco de discussões por especialistas do setor, vários foram os autores que já se debruçaram sobre este assunto e muitas foram as estimações realizadas sobre a demanda total de energia elétrica por estudiosos no Mundo e no Brasil, analisando e verificando as elasticidades preço e renda da demanda por energia elétrica. No Brasil, tivemos estudos desenvolvidos sobre a demanda total de energia elétrica iniciados por Modiano (1984), estimando as demandas para as três classes de consumo (residencial, comercial e industrial), no período de 1963 a 1981, a partir de dados anuais, depois por Andrade & Lobão (1997) que, por conseguinte, incentivaram outros autores a desenvolverem o tema.

Nos anos 1980, embora o Brasil vivesse uma época de estagnação da atividade econômica, o consumo de energia elétrica seguia com altas taxas de crescimento embaladas, principalmente, pela maturação de projetos industriais previstos no II PND (Plano Nacional de Desenvolvimento). Os anos 90 representaram um período importante para o setor elétrico, que estava sendo preparado para a privatização. O consumo extraordinário de energia da classe residencial se deu, em grande medida, na primeira fase do Plano Real, dado o aumento da renda das famílias de baixa renda, assim como também, pelo aumento do crédito, que incentivou os consumidores a comprarem mais eletrodomésticos, (Pires, 2001).

No período entre meados de 2001 a 2002, foi imposto à população brasileira o maior racionamento de consumo de energia elétrica, que ficou conhecido como o fenômeno do “Apagão”, Lima (2015).

Segundo Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica publicado em janeiro de 2010 pela EPE referente ao ano de 2009, o período entre dezembro de 2008 e dezembro de 2009, foi marcado pela maior expansão do consumo residencial na região Nordeste devido ao Programa “Luz para Todos” que permitiu maior acesso à energia elétrica, mostrando maior inclusão dessa região no setor de energia elétrica.

Nos anos seguintes, de acordo com a Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica do ano anterior (2012), outros fatores econômicos favoráveis também contribuíram para o aumento do consumo de energia residencial nas demais regiões do país que alavancaram a venda de eletrodomésticos e uso de aparelhos de ar condicionado nas residências brasileiras.

É importante notar se haverá diferença de comportamento entre as regiões do país quanto a demanda de energia elétrica da classe residencial, sinalizando a necessidade de realizar projeções futuras, atendendo as diversidades existentes em cada região geográfica do país.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho será verificar as diferenças nas elasticidades preço e renda da demanda entre as regiões geográficas do Brasil. Adicionalmente, como objetivo intermediário, este estudo, verificará se há alguma diferença significativa para os trabalhos já realizados anteriormente. O modelo e os coeficientes utilizados serão estimados com base no modelo linear clássico, onde a função de demanda de energia elétrica estimada neste estudo será representada por uma função do tipo *Cobb Douglas*, estando em linha com o que foi realizado por Modiano (1984) e Andrade & Lobão (1997), que em seus trabalhos adotaram o modelo de cálculo das estimações da demanda por energia elétrica na classe residencial.

A hipótese levantada no presente estudo foi de que, dada diversidade existente entre as regiões do Brasil, ocorrem diferenças significativas de resultado com relação às elasticidades encontradas nos estudos já citados anteriormente.

Ressalta-se, portanto, a necessidade de realização deste estudo para se pensar e atuar no desenvolvimento de um planejamento sustentável para o setor de energia elétrica, de acordo com os anseios e necessidades de cada região do país, caso a hipótese se confirme.

Este trabalho está dividido em cinco seções, estando inclusas a introdução, histórico, metodologia, resultados do estudo e as considerações finais.

2. Contextualização

Até o final do século XIX, a eletricidade ainda era uma curiosidade científica. No Brasil, as primeiras experiências se deram no final da segunda metade deste mesmo século, quando foi inaugurado o serviço de iluminação elétrica da estação central ferroviária “Dom Pedro I”, conhecida atualmente por “Central do Brasil”, segundo Hansen (2012)

Já no século XX, o setor elétrico no Brasil foi incentivado pelo governo de Juscelino Kubitschek (1956-61), período considerado auge da industrialização brasileira, a partir do Plano de Metas de JK que contemplava investimentos em cinco principais áreas: energia, transporte, indústria de base, alimentação e educação, segundo Giambiagi *et al* (2011).

Embora o setor elétrico seja estratégico para o desenvolvimento de um país, foi verificado que existem dúvidas quanto à magnitude atual das elasticidades preço e renda da economia com relação ao consumo de energia elétrica residencial. Muitos estudos já foram realizados sobre o tema da demanda por energia elétrica, mas foi Modiano (1984) que deu início a estes estudos e estimou as demandas para o Brasil, para as três classes (residencial, comercial e industrial), no período de 1963 a 1981, a partir de dados anuais. Em 1997, Andrade & Lobão atualizaram o modelo criado por Modiano (1984), estimando somente a demanda para o caso residencial no Brasil, no período de 1963 a 1995.

Comparando os dados obtidos em ambos os estudos realizados por Modiano e posteriormente por Andrade & Lobão, foram encontrados nos resultados diferenças qualitativas na elasticidade-renda de longo prazo. Para Modiano, o coeficiente que foi encontrado no estudo de Andrade & Lobão, seria rejeitado, no caso, da hipótese nula ser igual a um, contra a hipótese ser maior que um, caso a hipótese alternativa fosse igual a um.

No Brasil, a projeção de consumo de energia elétrica é realizada a partir da elasticidade preço e renda da demanda de cada setor, onde a hipótese da demanda residencial se baseia na demanda Marshalliana ou Hicksiana, como pode ser verificado em estudos já realizados anteriormente com Modiano (1984), Andrade e Lobão (1997), Schimdt & Lima (2004), Monteiro e Amaral (2008), conforme resultados consolidados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativas das Elasticidades por Classe Residencial

Autores	Período Analisado	Elasticidade Preço	Elasticidade Renda
Modiano	1963 a 1981	-0,403	1,13
Andrade & Lobão	1963 a 1995	-0,051	0,213
Schimdt & Lima	1969 a 1999	-0,146	1,047
Amaral & Monteiro	1974 a 2006	-0,4237	0,9883

Fonte: Modiano (1984), Andrade & Lobão (1997), Schimdt & Lima (2004), Amaral & Monteiro (2008)

O estudo da demanda de energia elétrica tem impacto tanto direto quanto indireto no âmbito estrutural e conjuntural. No Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica (2014-2024), por exemplo, elaborado pelo MME/ EPE (2015), a elasticidade-renda média do consumo de eletricidade, no período decenal, é superior a um (1,32). As projeções de consumo de energia, nesta pesquisa, estão relacionadas às interligações de Macapá (a partir de maio de 2015) e a de Boavista (a partir de junho de 2017) ao subsistema Norte, conforme MME/ EPE (2015).

Ainda segundo a pesquisa do MME/ EPE (2015), a projeção de consumo nacional de energia elétrica na rede, para o período decenal, tem a taxa média de crescimento de consumo na rede de 3,9%, tendo a classe residencial como a segunda maior expansão do consumo de energia elétrica no país, com 4,1% de taxa média de crescimento de consumo na rede, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo de Eletricidade na Rede por Classe

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
	GWh				
2015	135.346	170.173	92.275	73.125	470.918
2019	156.267	187.571	109.183	84.372	537.393
2024	197.193	239.587	147.806	107.551	692.137
Período	Variação (% a.a)				
2014- 2019	3,4	1,0	4,0	2,8	2,6
2019-2024	4,8	5,0	6,2	5,0	5,2
2014-2024	4,1	3,0	5,1	3,9	3,9

Fonte: EPE (2015)

Para este trabalho de projeção desenvolvido pela EPE (2015), foi feita análise por subsistema que mostra na projeção do quinquênio (2016-2020). Maior crescimento do consumo de energia elétrica ficará com a região Norte do país (5,0% ao ano), onde estão o subsistema que sofre efeito das interligações do subsistema Macapá e Boavista, que tinham as obras com previsão de conclusão em abril de 2018. Já as demais regiões do país terão crescimento do consumo de energia elétrica em torno de 3,0% ao ano em média, seguindo a média nacional de 3,5% ao ano.

Segundo nessa mesma pesquisa, a previsão de carga de energia elétrica, considerando os próximos cinco anos, (tendo o subsistema interligado do SIN (Sistema Interligado Nacional) formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro- Oeste, Nordeste e parte da região Norte) é ampliada com a possibilidade de transferência de energia oferecida por sistema de transmissão, onde tinha como previsão para o ano de 2015 de 64.023 MW médio enquanto que para o ano de 2020 é previsto 76.415 MW médio, conforme dados da Tabela 3.

Tabela 3 - SIN E SUBSISTEMAS - Cargas e Energia (MV médio)

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul	SIN
2015	5.270	10.404	37.494	10.854	64.023
2016	5.437	10.534	37.654	10.948	64.573
2017	5.616	10.929	38.978	11.367	66.891
2018	5.936	11.390	40.507	11.860	69.693
2019	6.181	11.885	42.048	12.357	72.470
2020	6.905	12.525	44.067	12.918	76.415
Variação (% a.a)					
2015-2020	5,6	3,8	3,3	3,5	3,6

Fonte: EPE (2015)

Na Tabela 4, encontra-se a composição do consumo de energia elétrica total por região geográfica e Brasil, de acordo com dados obtidos da EPE (2015) em consonância com os dados publicados pela Superintendência do desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o consumo de energia elétrica total na região Nordeste no ano de 2009 foi de 65.243 GWh e no ano de 2010 foi em torno de 71.196 GWh. O país registrou a maior expansão de energia elétrica neste período, sendo que o consumo da região Nordeste foi alavancado pelos estados do Piauí (17%), Paraíba (12,6%), Ceará (12,1%) e Rio Grande do Norte (9,6%). A seguir ficaram a Bahia (8,5%), Pernambuco (8,4%), Maranhão (7,6%), Sergipe (7,2%) e Alagoas (5,9%).

Tabela 4 - Consumo Total de Energia Elétrica por Região Geográfica e Brasil: 2004 a 2014GWh)

PERÍODO	TOTAL BRASIL	NORTE	NORDESTE	SUDESTE	SUL	CENTRO-OESTE
2004	329.707.427	19.788.264	53.786.084	180.969.621	55.943.730	19.219.728
2005	344.283.675	20.564.513	56.904.251	188.680.654	57.891.228	20.243.030
2006	356.129.316	21.551.966	59.060.392	195.131.302	59.693.847	20.691.809
2007	377.030.014	22.850.074	62.367.048	206.785.171	62.996.383	22.031.338
2008	388.472.399	23.873.082	65.103.195	209.943.764	65.899.959	23.652.399
2009	384.306.380	24.082.999	65.243.764	204.554.966	65.528.269	24.896.383
2010	415.682.702	26.236.659	71.196.945	222.004.702	69.933.916	26.310.480
2011	433.033.601	27.777.104	71.913.805	230.668.383	74.469.787	28.204.522
2012	448.104.750	28.938.404	75.720.750	235.237.240	77.490.628	30.717.728
2013	463.134.474	30.208.614	79.693.889	240.083.851	80.392.671	32.755.449
2014	475.334.583	32.363.651	80.746.115	243.025.384	84.818.504	34.380.929

Fonte: BEN 2015 (EPE)

Segundo dados da Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica divulgada pela EPE, em janeiro de 2014, dados de 2013, o Nordeste foi a região que mais contribuiu para o aumento de consumo de energia na classe residencial em 2013, superando, a região Sudeste, que por concentrar a maior parte do consumo da classe no país (51%), oferece normalmente maior contribuição. Esse resultado pode ser associado, segundo a pesquisa, à expansão da posse e uso de aparelhos eletrodomésticos, relacionados ao conforto doméstico, como é o caso do uso de aparelhos de ar-condicionado.

3. Metodologia

De forma a atingir os objetivos deste estudo foram adotadas pesquisas no molde explicativo que segundo Gil (2002) visam testar hipóteses, onde seus resultados são apresentados pelos estudos explicativos. Já para apuração dos fatos e investigação das informações encontradas, foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais de cunho quantitativo.

Este trabalho utilizou as principais fontes disponíveis de dados públicos, como: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME), Balanço Energético Nacional (BEN) e demais fontes que serviram de consulta para realização desta pesquisa.

A fonte de dados extraída para o consumo de energia elétrica por setor residencial e por região geográfica apresenta periodicidade anual, de 2003 a 2012. O tipo de consumo analisado foi a energia final. O tipo de fonte de energia estudada foi a energia elétrica, além do perfil de consumo de energia elétrica.

A função de demanda de energia elétrica estimada neste trabalho foi representada por uma função do tipo *Cobb Douglas*:

$$C_t = k \cdot P_t^{(\alpha_0 + \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 + \alpha_4 D_4)} \cdot Y_t^{(\beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4)} \cdot E_t^\delta$$

(k > 0, $\alpha > 0$, $\beta > 0$ e $\delta > 0$)

Onde:

C_t : consumo residencial de energia elétrica no tempo t;

P_t : tarifa residencial de energia elétrica no tempo t;

Y_t : renda *per capita* no tempo t;

D_1 : variável *dummy*, sendo $D_1=1$ se NE; 0 caso contrário

D_2 : variável *dummy*, sendo $D_2=1$ se SE; 0 caso contrário

D_3 : variável *dummy*, sendo $D_3=1$ se S; 0 caso contrário

D_4 : variável *dummy*, sendo $D_4=1$ se CO; 0 caso contrário

E_t^δ : estoque domiciliar de aparelhos eletrodomésticos no tempo t

A estimação foi realizada considerando-se o método de MQO. Para tanto, foi necessário aplicar uma linearização nos parâmetros. As *dummies* foram introduzidas porque este estudo pretende verificar se há diferença de comportamento entre as regiões do país quanto a demanda de energia elétrica da classe residencial, de acordo com o período estudado, executando o modelo pretendido com as *dummies* que representaram cada região do país, assim como também, sem as *dummies*, verificando de fato o poder explicativo delas sobre o R^2 (coeficiente de determinação múltiplo). No intuito de testar a validade do modelo, foram realizados o teste de *Durbin-Watson* e o teste de *White*. (Gujarati & Porter, 2011).

4. Resultados

A aplicação da metodologia descrita na seção anterior produziu os resultados apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Resultado da Linearização das Variáveis do Modelo

Estatística de regressão								
R múltiplo	0,9996							
R-Quadrado	0,9991							
R-quadrado ajustado	0,9988							
Erro padrão	0,0280							
Observações	50							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	11	33,2953	3,0268	3853,1771	2,4333E-54			
Resíduo	38	0,0299	0,0008					
Total	49	33,3252						
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	4,2390	0,2380	17,8095	0,0000	3,7572	4,7209	3,7572	4,7209
x1 = ln tarifa	-0,3857	0,1208	-3,1932	0,0028	-0,6302	-0,1412	-0,6302	-0,1412
x2 = ln pib	0,7397	0,0660	11,2018	0,0000	0,6060	0,8733	0,6060	0,8733
x3 = ln estoque	-0,1445	0,1101	-1,3120	0,1974	-0,3674	0,0784	-0,3674	0,0784
d1x1	0,3120	0,1594	1,9571	0,0577	-0,0107	0,6347	-0,0107	0,6347
d1x2	-0,0290	0,0957	-0,3024	0,7640	-0,2228	0,1649	-0,2228	0,1649
d2x1	0,9666	0,1454	6,6480	0,0000	0,6723	1,2610	0,6723	1,2610
d2x2	-0,3416	0,0775	-4,4060	0,0001	-0,4985	-0,1846	-0,4985	-0,1846
d3x1	0,7803	0,1479	5,2741	0,0000	0,4808	1,0797	0,4808	1,0797
d3x2	-0,3642	0,0839	-4,3423	0,0001	-0,5340	-0,1944	-0,5340	-0,1944
d4x1	0,3513	0,1298	2,7057	0,0101	0,0885	0,6141	0,0885	0,6141
d4x2	-0,2096	0,0780	-2,6870	0,0106	-0,3676	-0,0517	-0,3676	-0,0517

É possível verificar que existe duas variáveis ($\beta_1 \cdot D_1 \cdot Y_t^*$ e δE_t^*) cujo *p-valor* encontra-se maior que 5%, indicando que ambas não são estatisticamente válidas ao modelo proposto e que devem ser, portanto, excluídas. Os novos resultados são apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Resultado geral da Estimativa do modelo Consumo de Energia Elétrica Residencial e as *dummies* das Regiões do Brasil

Estatística de regressão								
R múltiplo	0,9995							
R-Quadrado	0,9991							
R-quadrado ajustado	0,9989							
Erro padrão	0,0279							
Observações	50							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	9	33,2940	3,6993	4741,9962	1,1918E-57			
Resíduo	40	0,0312	0,0008					
Total	49	33,3252						
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	4,1299	0,2222	18,5843	0,0000	3,6807	4,5790	3,6807	4,5790
x1 = ln tarifa	-0,4010	0,0988	-4,0592	0,0002	-0,6007	-0,2013	-0,6007	-0,2013
x2 = ln pib	0,7263	0,0486	14,9551	0,0000	0,6282	0,8245	0,6282	0,8245
d1x1	0,2407	0,0027	87,5855	0,0000	0,2352	0,2463	0,2352	0,2463
d2x1	0,8721	0,1031	8,4598	0,0000	0,6638	1,0805	0,6638	1,0805
d2x2	-0,3209	0,0618	-5,1890	0,0000	-0,4459	-0,1959	-0,4459	-0,1959
d3x1	0,6983	0,1126	6,2024	0,0000	0,4708	0,9259	0,4708	0,9259
d3x2	-0,3336	0,0672	-4,9632	0,0000	-0,4694	-0,1977	-0,4694	-0,1977
d4x1	0,3411	0,1086	3,1414	0,0032	0,1216	0,5605	0,1216	0,5605
d4x2	-0,2114	0,0648	-3,2631	0,0023	-0,3424	-0,0805	-0,3424	-0,0805

Ao final da segunda execução do modelo, excluída a variável estoque de eletrodomésticos e a *dummy* da região Nordeste relacionada ao PIB *per capita*, chegamos no modelo com as duas variáveis explicativas linearizadas da hipótese, segundo modelos de estudos anteriores, a Tarifa residencial média usada como preço da energia elétrica em valores reais, o PIB per capita usada como *proxy* da renda média da população brasileira e as *dummies* das regiões, de forma a obter em todas as variáveis e *dummies* resultados de *p-valor* $\leq 0,05$ de nível de significância,

o que significa dizer que ao nível de 5% rejeitamos a hipótese nula (H_0) e todos os ρ_k são iguais a zero, ou seja, havendo evidências estatísticas de que a hipótese do modelo é válida e que todas as variáveis e *dummies* influenciam significativamente no consumo residencial de energia elétrica.

Fazendo um comparativo do resultado encontrado no modelo geral estatisticamente válido à hipótese adotada no estudo, realizando uma nova regressão excluindo todas as *dummies* do modelo verifica se o efeito delas sobre o resultado do coeficiente de determinação o R^2 e deixando apenas as variáveis explicativas, tarifa residencial média e o PIB *per capita*, ambas linearizadas, encontramos um valor de R^2 de 0,146 muito abaixo do encontrado no modelo geral de 0,999, demonstrando, portanto, a importância e as influências dessas variáveis binárias no modelo proposto. Por fim, aplicando-se o teste de *Durbin-Watson* tem-se a estatística de 1,98, indicando ausência de problemas de autocorrelação de resíduos. O teste de *White*, no entanto, resultou numa estatística calculada de 16,121 indicando que há heterocedasticidade no modelo proposto. Apesar de, aparentemente, ser um problema, considerou-se que isto não representa um empecilho para a estimativa proposta, dado que o objetivo deste trabalho não é estimar o comportamento do setor, mas sim explicá-lo.

Assim, chega-se à equação final por região geográfica do país:

$$\text{Norte: } C_t^{**} = 62,17 \cdot P_t^{-0,40} \cdot Y_t^{0,73}$$

$$\text{Nordeste: } C_t^{**} = 62,17 \cdot P_t^{-0,16} \cdot Y_t^{0,73}$$

$$\text{Sudeste: } C_t^{**} = 62,17 \cdot P_t^{0,47} \cdot Y_t^{0,41}$$

$$\text{Sul: } C_t^{**} = 62,17 \cdot P_t^{0,30} \cdot Y_t^{0,39}$$

$$\text{Centro-Oeste: } C_t^{**} = 62,17 \cdot P_t^{-0,06} \cdot Y_t^{0,51}$$

Analisando os resultados encontrados das elasticidades renda para as Regiões Sul e Sudeste e Norte/ Nordeste/Centro-Oeste, foi verificado, primeiramente, que para as regiões Sul e Sudeste, respectivamente, obteve-se os valores de 0,39 e 0,41, o que significa dizer que para cada percentual de aumento ocorrido na renda houve um aumento menos que proporcional na demanda por energia elétrica. Já para região Norte/ Nordeste/Centro-Oeste, respectivamente, obteve-se os valores de 0,73; 0,73 e 0,51; o que significa dizer que para cada percentual de aumento ocorrido na renda houve um aumento menos que proporcional na demanda por energia elétrica.

Desta forma, pode-se perceber que nas regiões Norte/Nordeste/Centro-Oeste os consumidores podem ser mais sensíveis ao aumento de renda em relação ao consumo de energia elétrica pois, conforme apontado pelas elasticidades, um aumento percentual na renda nessas regiões provocava um aumento maior no consumo de energia elétrica do que ocorreria na região Sul e Sudeste no caso de um aumento na renda, identificando nesses casos bens normais.

Para os resultados das elasticidades preço da demanda chegou-se aos valores das elasticidades nas Regiões Sul/Sudeste, Norte e Nordeste/Centro-Oeste. Os resultados encontrados das elasticidades preço da demanda nas regiões Sul/Sudeste, respectivamente foram: 0,30 e 0,47. Para o resultado encontrado nas regiões Nordeste/Centro-Oeste, as elasticidades preço da demanda de energia elétrica, foram: -0,16 e -0,06. Na região Norte, a elasticidade preço da demanda por

energia elétrica encontrada foi de -0,40; mostrando ser uma região onde os consumidores respondem em direção oposta, porém, com uma intensidade maior que nas regiões Nordeste/Centro-Oeste.

Por fim, atendendo ao objetivo intermediário proposto, pode-se verificar que uma das variáveis estudadas no modelo de Andrade & Lobão (1997), por exemplo, a de estoque de eletrodomésticos, aparece como variável não válida ao modelo sugerido neste trabalho, sinalizando que de alguma maneira esta variável, quando incluídas as regiões geográficas, tem seu efeito reduzido, demonstrando em certa medida que as diferenças regionais podem influenciar nas elasticidades preço e renda da demanda.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo principal verificar as diferenças nas elasticidades preço e renda da demanda entre as regiões geográficas do Brasil, onde os resultados obtidos mostraram que as diferenças de clima e renda, são fatores que influenciam no consumo de energia elétrica no setor residencial, apresentando uma ótica diferente do que já foi visto em estudos anteriores realizados para o Brasil por Modiano (1984) e Andrade & Lobão (1997) sobre o tema.

Chegou-se aos resultados finais do modelo propostos por região geográfica do país, apresentando as diferenças entre as elasticidades preço e renda da demanda de energia elétrica e os resultados encontrados neste trabalho. Obteve-se em todas as variáveis e dummies da hipótese proposta resultados de $p\text{-valor} \leq 0,05$ de nível de significância, o que significa dizer que ao nível de 5% rejeitou-se a hipótese nula (H_0) e todos os ρ_k iguais a zero, ou seja, apontando evidências estatísticas de que a hipótese do modelo foi válida e que todas as variáveis e dummies influenciaram, significativamente, no consumo residencial de energia elétrica. Todos os resultados das elasticidades encontradas no modelo foram discriminados na tabela 5.

Tabela 5 - Resultado Final das Elasticidades por Região- Classe Residencial

Regiões Geográficas do Brasil	Elasticidade Preço	Elasticidade Renda
Norte	-0,4	0,73
Nordeste	-0,16	0,73
Sudeste	0,47	0,41
Sul	0,3	0,39
Centro-Oeste	-0,06	0,51

Fonte: própria autora

Conclui-se que a partir dos resultados obtidos é importante se ter um olhar diferenciado para o território brasileiro. Diante de suas dimensões continentais, apresentando diferentes climas e rendas familiares, é possível enxergar, ao longo deste trabalho, como os contrastes existentes entre as regiões geográficas do país influenciam no consumo de energia elétrica no setor residencial.

No entanto, entende-se que os resultados encontrados estão limitados pelo tamanho da amostra considerada, uma vez que não foi possível obter dados anteriores ao período chamado de “apagão”, já que não existem dados consolidados para todas as variáveis estudadas subdivididas por região geográfica do país anteriores a 2003.

Como sugestão de estudos futuros, propõem-se estender este estudo para os anos seguintes a esta pesquisa, contemplando inclusive a crise hídrica que se verificou a partir do ano de 2014, de maneira mais branda, porém com igual atenção à ocorrida em 2001, assim como também, poderiam acrescentar as demais classes de consumo (Comércio, Indústria e Serviços) e verificar a validade estatística do modelo e das variáveis, a partir de dados subdivididos por região geográfica do país.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. R & MONTEIRO, S.P. M. V. A Demanda por energia elétrica residencial no Brasil: Estimativa das elasticidades Renda e Preço após o Apagão. ENEGEP, 2010.
- ANDRADE, T. & LOBÃO, W. (1997). Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. Texto para discussão n. 489, RJ, IPEA.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Consumo mensal de Energia Elétrica por classe (regiões e subsistemas), 2004-2015. Disponível: [https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx/Séries Históricas Completas, Capítulo 3 \(Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe \(regiões e subsistemas\) - 2004-2015.xls](https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx/Séries Históricas Completas, Capítulo 3 (Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas) - 2004-2015.xls)
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Dados Energéticos Estaduais: 1970-2013. Disponível: [https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx.Séries Históricas Completas, Capítulo 8\(Dados Energéticos Estaduais\).xls](https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx.Séries Históricas Completas, Capítulo 8(Dados Energéticos Estaduais).xls)
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Ano III. N°28. janeiro de 2010.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Ano VI. N°64. janeiro de 2013.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Ano VII. N°76. janeiro de 2014.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Ano VIII. N°88. janeiro de 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Nacional de Energia 2024. Ano 2014 – 2024. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>; Acesso em out. 2016.
- GIAMBIAGI, Fabio et a. Economia brasileira contemporânea. Elsevier Brasil, 2011.
- GIL, Antonio Carlos, 1946 - Como elaborar projetos de pesquisa - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.
- GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. Econometria Básica-5. AMGH editora, 2011.
- HANSEN, Cláudia; SAES, Alexandre. Eletricidade no Brasil da Primeira República: a CBEE e os Guinle no Distrito Federal (1904-1923). 2012. Tese de Doutorado. Tese de doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação de História na Universidade Federal Fluminense.
- LIMA, Cristiana Maria Melhado Araujo et al. Contornos das concessões do setor elétrico brasileiro. 2015.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME-Brasil). Balanços Energéticos Nacionais (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013). Disponível em <http://www.mme.gov.br>.
- MODIANO, E. M. (1984). Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil. Texto para discussão no 68, Departamento de economia - PUC/RJ.
- MONTEIRO, S.P. M. V.& AMARAL, M. R. A Demanda por energia elétrica residencial no Brasil: Estimativa das elasticidades renda e preço. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, UCAM, 2008.
- NOTA TÉCNICA. Estudos da Demanda. Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os próximos cinco anos (2016-2020). EPE (Empresa de Pesquisa Energética). DEA n° 19/15, dez. 2015.
- PIRES, J. C. L. & GOLDSTAIN, A. Agências reguladoras brasileiras: avaliação e desafios. Revista do BNDES, dez. 2001.
- PIRES, José Claudio Linhares; GOSTKORZEWICZ, Joana; GIAMBIAGI, Fabio. O cenário macroeconômico e as condições de oferta de energia elétrica no Brasil. BNDES, Área de Planejamento, Departamento Econômico-DEPEC, 2001.
- SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos AM. A demanda por energia elétrica no Brasil. Revista brasileira de economia, v. 58, n. 1, p. 68-98, 2004.
- SUDENE. Energia. Boletim Conjuntural - Recife. n° 1, setembro 2011.