

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Faculdade de Economia  
Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada

Tuane Ferreira Dias

**Elasticidades-preço e renda da demanda domiciliar de eletricidade:  
estimação econométrica com dados da POF 2008/2009**

Juiz de Fora

2015

Tuane Ferreira Dias

**Elasticidades-preço e renda da demanda domiciliar de eletricidade:  
estimação econométrica com dados da POF 2008/2009**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Silva de Mattos

Co-orientador: Prof. Dr. Marcel de Toledo Vieira

Juiz de Fora

2015

Dias, Tuanne Ferreira.

Elasticidades-preço e renda da demanda domiciliar de  
eletricidade: estimação econométrica com dados da POF  
2008/2009 / Tuanne Ferreira Dias. -- 2015.

83 f. : il.

Orientador: Rogério Silva de Mattos

Coorientador: Marcel de Toledo Vieira

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação  
em Economia Aplicada, 2015.

1. Elasticidade-preço. 2. Elasticidade-renda. 3. Consumo de  
eletricidade. 4. Classes sociais. 5. Regiões macroeconômicas.  
I. Mattos, Rogério Silva de, orient. II. Vieira, Marcel de  
Toledo, coorient. III. Título.

Tuane Ferreira Dias

**Elasticidades-preço e renda da demanda domiciliar de eletricidade:  
estimação econométrica com dados da POF 2008/2009**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre.

Aprovada em: 24/04/2015

Banca Examinadora

---

Orientador: Prof. Dr. Rogério Silva de Mattos  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Co-orientador: Prof. Dr. Marcel de Toledo Vieira  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. José Francisco Moreira Pessanha  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Ricardo da Silva Freguglia  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora  
2015

*Aos meus pais, Geraldo e Maria Rosário, minha maior motivação.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por abençoar meus passos e me dar coragem para sempre persistir.

Aos meus pais e irmãos, Naira e Túlio, por estarem ao meu lado constantemente compartilhando os sentimentos mais nobres e também ao meu companheiro sempre presente, Paulo César, por todo amor e toda calma dedicados a mim, grande responsável por essa conquista. Vocês sempre serão meus grandes amores.

Ao Prof. Dr. Rogério Mattos pela confiança e paciência, que através de sua orientação me proporcionou grandes ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Marcel Vieira pelas críticas e sugestões e, principalmente, por estar sempre disposto em ajudar.

Ao Prof. Dr. Ricardo Freguili pelos comentários e boa vontade em contribuir com este trabalho.

Ao Prof. Dr. José Francisco Pessanha pela disponibilidade e atenção na participação da banca examinadora.

Aos professores da Faculdade de Economia por todo aprendizado, que desde a graduação contribuíram para o meu crescimento.

Aos funcionários da Faculdade de Economia pela dedicação e carinho durante todos esses anos, em especial ao Igor Procópio pela ajuda em obter os dados utilizados neste trabalho.

Aos meus amigos de mestrado pelas horas de estudos compartilhadas, convivência diária e atenção. A companhia de vocês tornou esses anos mais leves.

À minha amiga Jaqueline Castro pela presença, paciência e ombro amigo durante todo esse tempo que permaneci em Juiz de Fora, por gentilmente ceder seu lar nos momentos finais deste trabalho e ao amigo Ciro Alves pela amizade, consideração e preocupação.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

*“Dada por um instante uma inteligência que pudesse compreender todas as forças pelas quais a natureza se move e a respectiva situação dos seres que a compõe – uma inteligência suficientemente vasta para submeter esses dados a uma análise – poderia envolver na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e aqueles de átomos mais leves; por isso, nada poderia ser incerto e o futuro, assim como o passado, estaria presente diante de seus olhos.”*

*Laplace*

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo obter estimativas de elasticidades-preço, renda e relativas a outras variáveis para a demanda domiciliar de eletricidade segundo 20 grupos da população brasileira em 2008/2009. Os grupos são definidos segundo classes socioeconômicas e regiões macroeconômicas. Tal objetivo é motivado pelo fato de haver poucos estudos na literatura para a demanda domiciliar de eletricidade usando microdados de forma tão pouco desagregada. Para tanto, são usados microdados domiciliares da POF de 2008/2009 do IBGE. A POF 2002/2003 também é usada com o objetivo de comparação entre os dados na análise descritiva, mas não de estimação. Sendo a POF uma amostra de dados complexos, para obter resultados coerentes, considera-se o plano amostral nas estimações e também os pesos de expansão, o que leva ao uso de mínimos quadrados ponderados. Os resultados sugerem que as regiões mais sensíveis ao aumento do preço da energia são Centro-Oeste e Sul e as menos sensíveis Norte e Nordeste, ou seja, o consumo para essas últimas regiões pouco se alterariam com o aumento do preço. Já um aumento na renda domiciliar, as regiões Norte, Nordeste e Sudeste aumentariam mais o consumo de energia elétrica do que as regiões Centro-Oeste e Sul.

**Palavras-chave:** Elasticidade-preço. Elasticidade-renda. Consumo de eletricidade. Classes sociais. Regiões macroeconômicas.



## ABSTRACT

This study develops estimates of price and income elasticities, and with regard to other variables, for household electricity demand across 20 groups of the Brazilian population in 2008/2009. The groups are set according to socioeconomic classes and macroeconomic regions. The motivation is the fact that there are few studies in the literature for household electricity demand using microdata so as little broken. Thus, we used household microdata from IBGE's survey of family budgets POF 2008/2009. The POF 2002/2003 are also used for comparison purposes within the descriptive data analysis, but are not used for estimation. As the POF a complex data survey, in order to obtain consistent results the sampling plan is considered in the estimates including the expansion weights, which led to the use of weighted least squares. The results suggest that regions which are most sensitive to rising energy prices are the Midwest and South, while the North and Northeast are less sensitive, ie the consumption for the latter regions would change little with the price increase. Yet an increase in household income, the North, Northeast and Southeast further increase the power consumption than the Midwest and South.

**Keywords:** Price elasticity. Income elasticity. Electricity consumption. Social classes. Macroeconomic regions.

## Lista de Ilustrações

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Consumo Nacional de Energia Elétrica por Classe .....   | 19 |
| <b>Figura 2:</b> Evolução do Consumo de Energia Elétrica Residencial no Brasil (GWh).....  | 20 |
| <b>Figura 3:</b> Consumo de Energia Elétrica (MWh) do Setor Residencial, População e PIB (em milhões) por Regiões em 2008/2009. .... | 21 |
| <b>Figura 4:</b> Consumo Residencial de Energia Elétrica por Eletrodomésticos no Brasil .....  | 22 |
| <b>Figura 5:</b> Curva de Carga Diária Média no Brasil .....   | 22 |
| <b>Figura 6:</b> Curva de Carga Residencial.....   | 37 |
| <b>Figura 7:</b> Relação Causal entre as Variáveis .....   | 43 |
| <b>Figura 8:</b> Histograma da Variável Dependente Quantidade Consumida de Energia Elétrica..  | 79 |
| <b>Figura 9:</b> Histograma da Variável Preço .....  | 79 |
| <b>Figura 10:</b> Histograma da Variável Renda.....  | 80 |
| <b>Figura 11:</b> Histograma da Variável Número de Moradores.....  | 80 |
| <b>Figura 12:</b> Histograma da Variável Potência dos Cômodos .....  | 81 |
| <b>Figura 13:</b> Histograma da Variável Potência da Quantidade dos Eletrodomésticos.....  | 81 |
| <b>Figura 14:</b> Histograma da Variável Temperatura Média .....   | 82 |
| <b>Figura 15:</b> Histograma da Variável Idade Média dos Moradores .....   | 82 |
| <b>Figura 16:</b> Histograma da Variável Número de Idosos.....   | 83 |
| <br>   |    |
| <b>Quadro 1:</b> Resumo das Estimativas de Elasticidades-preço e Elasticidades-renda para a Classe Residencial .....                 | 30 |

## Lista de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1:</b> Potências Médias dos Aparelhos Elétricos.....   | 49 |
| <b>Tabela 2:</b> Definição das Classes Socioeconômicas por Renda Domiciliar Total (preços de 2009).....                                | 51 |
| <b>Tabela 3:</b> Estatísticas Descritivas das Variáveis no Período 2002/2003.....  | 56 |
| <b>Tabela 4:</b> Estatísticas Descritivas das Variáveis no Período 2008/2009.....  | 56 |
| <b>Tabela 5:</b> Número de Domicílios por Classes e Regiões Segundo as POFs 2002/2003 e 2008/2009 Considerando os Pesos Amostrais..... | 57 |
| <b>Tabela 6:</b> Número de Domicílios por Classes e Regiões Segundo as POFs 2002/2003 e 2008/2009 sem os Pesos Amostrais .....         | 58 |
| <b>Tabela 7:</b> Número de Domicílios por Regiões e Classes .....  | 60 |
| <b>Tabela 8:</b> Proporção de Domicílios Pobres (%) por Regiões.....   | 60 |
| <b>Tabela 9:</b> Resultados da Região Norte por Classes para o Período de 2008/2009.....   | 63 |
| <b>Tabela 10:</b> Resultados da Região Nordeste por Classes para o Período de 2008/2009 .....  | 64 |
| <b>Tabela 11:</b> Resultados da Região Centro-Oeste por Classes para o Período de 2008/2009 ...  | 65 |
| <b>Tabela 12:</b> Resultados da Região Sudeste por Classes para o Período de 2008/2009 .....   | 66 |
| <b>Tabela 13:</b> Resultados da Região Sul por Classes para o Período de 2008/2009.....  | 67 |
| <b>Tabela 14:</b> Elasticidades-preço Estimadas .....  | 68 |
| <b>Tabela 15:</b> Elasticidades-renda Estimadas .....  | 68 |

## Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introdução</b> .....                          | <b>12</b> |
| <b>2. O Setor Elétrico Brasileiro</b> .....         | <b>15</b> |
| 2.1 Consumo de Energia Elétrica no Brasil .....     | 18        |
| <b>3. Revisão de Literatura</b> .....               | <b>23</b> |
| 3.1 Estudos de Séries Temporais .....               | 23        |
| 3.2 Estudos de Corte-Transversal e Painel.....      | 27        |
| 3.3 Estudos Internacionais .....                    | 31        |
| <b>4. Metodologia</b> .....                         | <b>36</b> |
| 4.1 Consumo de Energia para o Setor Elétrico .....  | 36        |
| 4.2 Modelagem Econômica do Consumo de Energia ..... | 38        |
| 4.2.1 Elasticidades-preço e Elasticidade-renda..... | 42        |
| 4.3 Estratégia de Estimção .....                    | 42        |
| <b>5. Base de Dados</b> .....                       | <b>46</b> |
| 5.1 Variável Dependente.....                        | 46        |
| 5.2 Variáveis Explicativas.....                     | 47        |
| 5.3 A POF .....                                     | 51        |
| 5.3.1 Amostragem.....                               | 52        |
| 5.3.2 Aspectos da Coleta de Informação .....        | 53        |
| 5.4 Análise Preliminar.....                         | 55        |
| <b>6. Análise Empírica</b> .....                    | <b>61</b> |
| 6.1 Resultados .....                                | 61        |
| 6.2 Discussão .....                                 | 68        |
| 6.2.1 Elasticidade-preço.....                       | 68        |
| 6.2.2 Elasticidade-renda.....                       | 70        |
| <b>7. Considerações Finais</b> .....                | <b>72</b> |
| <b>8. Referências</b> .....                         | <b>74</b> |
| <b>APÊNDICE A</b> .....                             | <b>79</b> |

## 1 Introdução

A eletricidade é fonte primária de energia para diversos setores produtivos, tornando-se parte da matriz de insumos básicos da economia e conseqüentemente condição essencial para o desenvolvimento socioeconômico do país. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), o consumo de energia é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. É através desse consumo que se sabe o ritmo das atividades dos setores industrial, comercial e de serviços e também se a sociedade está sendo capaz de adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados como eletrodomésticos e eletroeletrônicos, que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica. Portanto, do ponto de vista da demanda, a energia elétrica desempenha papel fundamental nas atividades cotidianas, sendo um serviço essencial para o bem estar da sociedade e garantindo conforto e satisfação dos padrões de consumo.

Para que a sociedade possa se beneficiar plenamente da energia elétrica é fundamental que seu fornecimento seja realizado de maneira contínua, segura e econômica. Dado que a energia elétrica não pode ser estocada, os desequilíbrios entre a oferta e a demanda de eletricidade implicam em severos custos para a sociedade. Por esta razão a expansão do sistema elétrico é planejada com antecedência de forma a otimizar e coordenar os investimentos em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, caracterizados por custo fixo elevado e vida útil longa. As decisões de planejamento visam expandir o sistema elétrico de forma que ele seja capaz de atender o crescimento da demanda ao menor custo total. Portanto, para que as decisões oriundas do planejamento sejam efetivas em promover a economicidade e a confiabilidade do suprimento de eletricidade é fundamental entender a dinâmica da demanda por energia elétrica para que se possa apontar a sua tendência no futuro e, assim, dimensionar os investimentos necessários.

A modelagem econométrica do consumo de eletricidade há muito tem sido usada na previsão e no cálculo das elasticidades do consumo de energia elétrica (Berndt, 1991), no planejamento da expansão e na operação de sistemas elétricos (Wang e McDonald, 1993) e na definição de tarifas (Santos, 2011), sendo uma prática bastante difundida entre planejadores do setor energético, agentes reguladores e empresas públicas e privadas atuantes no setor elétrico em diversos países. As principais vantagens desses modelos residem em proporcionar

previsões futuras do consumo, normalmente condicionadas a cenários alternativos das economias doméstica e internacional, e em prover estimativas de elasticidades-renda e preço. As últimas servem a diversos estudos subsidiários de planejamento do setor elétrico, dentre eles as análises de impacto de políticas de tarifação e conservação de energia.

Santos (2008) ressalta que para se compreender e mensurar o impacto no carregamento dos sistemas de uma mudança na política tarifária é preciso, inicialmente, modelar o comportamento da carga frente aos sinais de preço de energia elétrica. Além do preço, outros fatores, como hábitos, utilidade e renda, podem afetar o comportamento dos consumidores que por sua vez afetam o carregamento ótimo das redes de distribuição, a operação e o planejamento do sistema. Ainda segundo o autor, uma vez definida as elasticidades-preço por classe de consumo e, considerando que ao menos um ponto de demanda-preço é conhecido (definido pelas tarifas praticadas e as quantidades demandadas, sendo, esta última, representada pelas curvas típicas de carga) é possível se estimar as funções de demanda necessárias. Logo, essa dissertação também auxilia o órgão regulador, a ANEEL, a mensurar de forma mais adequada a demanda do sistema e conseqüentemente a estrutura tarifária do setor elétrico no Brasil dado que, além de estimar elasticidades-preço e renda para grupos específicos da população brasileira, encontra relações entre características presentes nos domicílios, como idade média dos moradores, número de idosos e temperatura, e o consumo de energia elétrica.

Atualmente, como será visto no capítulo 3, há uma significativa literatura nacional de trabalhos acadêmicos envolvendo a estimação de modelos econométricos e elasticidades do consumo de eletricidade. A maior parte desses estudos usa dados agregados de séries temporais, mas com uma segmentação limitada a grandes categorias de consumo (residencial, industrial, comercial e total). Há um número menor de estudos que se baseiam no uso de dados de corte-transversal ou painel, com uma desagregação mais refinada, por grupos socioeconômicos e regiões por exemplo. Entretanto, mesmo no caso dos últimos, são poucos aqueles que usam microdados.

Uma importante vantagem de se usar microdados é poder estimar relações de demanda de eletricidade e correspondentes elasticidades para um grande número de extratos da população, ou seja, é possível verificar os impactos das alterações de renda, preço e outras variáveis de cada grupo sobre o consumo de energia elétrica. Motivado por esse aspecto, este trabalho apresenta uma contribuição metodológica a literatura nacional ao estimar equações de demanda residencial de eletricidade no Brasil usando os microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2008/2009 produzida pelo IBGE.

Uma metodologia detalhada é desenvolvida neste trabalho para se estimar econometricamente as relações de demanda de eletricidade para um conjunto de 20 grupos da população brasileira no ano de realização da POF. Estes grupos são definidos a partir da região brasileira e classe socioeconômica a que pertencem os domicílios, de forma que as relações de demanda de eletricidade foram estimadas segundo classe e região.

Esta dissertação segue com mais seis capítulos. O capítulo 2 faz uma pequena revisão da história do setor elétrico brasileiro, desde o período imperial até os dias atuais e também descreve o consumo de energia elétrica no Brasil. No capítulo 3, é feita uma revisão de literatura referente a estudos de estimação de modelos econométricos de demanda de eletricidade. No capítulo 4, está o desenvolvimento da metodologia utilizada, passando pelos conceitos do setor elétrico, modelagem econômica até a estratégia de estimação. O capítulo 5 apresenta os dados, informações das POFs e uma análise preliminar e o capítulo 6 discorre os resultados obtidos de maneira geral e as elasticidades para cada grupo estudado. Por fim, no capítulo 7 são apresentadas as considerações finais.

## 2O Setor Elétrico Brasileiro

Segundo a Memória da Eletricidade – Eletrobrás<sup>1</sup> ainda no período imperial, em 1879, Dom Pedro II trouxe a energia elétrica para o Brasil através de um convite a Thomas Alva Edison para introduzir os aparelhos e processos de sua invenção no país. No mesmo ano, foi inaugurada na Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II, mais tarde chamada de Estrada de Ferro Central do Brasil, a primeira instalação de iluminação elétrica permanente.

Entretanto, a primeira usina hidrelétrica no país entrou em operação em 1883, sendo localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina. No mesmo ano surgia também o primeiro serviço público municipal de iluminação elétrica do Brasil e da América do Sul, em Campos – RJ, baseado em uma usina térmica de 50 CV com o objetivo inicial de substituir a iluminação pública a gás. Em 1889 foi inaugurada em Juiz de Fora - MG a primeira hidrelétrica de maior porte do país, a usina hidroelétrica de Marmelos, com 220 kW, por iniciativa do industrial Bernardo Mascarenhas com o objetivo de atender sua fábrica de tecido durante o dia e iluminar vias públicas à noite. Segundo Leite (1997), esses dois últimos acontecimentos foram os marcos iniciais do uso da eletricidade em escala comercial no Brasil.

A partir de 1889, foram criados serviços de iluminação elétrica, bondes elétricos e também mais usinas hidrelétricas<sup>2</sup>.

Leite (1997) descreve que até a aprovação do Código de Águas<sup>3</sup>, em 1934, na base de contratos específicos, os serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica foram feitos sem relevante interferência do Estado. O código definiu a caracterização jurídica das águas e o regime de concessões. Os pedidos de concessões e autorizações para a exploração da energia hidráulica, além dos serviços complementares de transmissão, transformação e distribuição de energia elétrica passaram a ser encaminhados para a União, apesar do direito de empresas estrangeiras em operação ter sido reconhecido. O Código de Águas estabeleceu também a estrutura tarifária sob a forma de serviço pelo custo, limitando

---

<sup>1</sup> Informações disponíveis no *site* [www.memoriadaeletricidade.com.br](http://www.memoriadaeletricidade.com.br).

<sup>2</sup> Em 1901 entrou em operação a Usina Hidrelétrica Parnaíba em Santana de Parnaíba - SP, em 1908 a Usina Hidrelétrica Fontes Velha em Pirai - RJ e em 1913 a Usina Hidrelétrica Delmiro Gouveia em Delmiro Gouveia - AL.

<sup>3</sup> O Código de Águas foi promulgado pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934.



em 10% o lucro sobre o capital investido e instituindo o princípio do custo histórico na avaliação do capital para o cômputo dos lucros permissíveis.

Nos anos seguintes, os serviços de eletricidade se deterioraram por conta do efeito da mudança do quadro institucional, da inflação que corroía as tarifas e da dificuldade de importação, durante a II Guerra Mundial, de equipamentos que o parque nacional não tinha condições de substituir (El Hage *et. al.*, 2011).

Na década de 50, houve a organização, pelo Ministério das Relações Exteriores, da Comissão Mista Brasil-Estados Unidos para o Desenvolvimento Econômico, cuja atuação foi orientada pelo Ministério da Fazenda. A Comissão, com o objetivo de avaliar os problemas gerais que dificultavam o desenvolvimento econômico do país, concentrou-se na análise das áreas de transportes e energia, servindo como elo entre o governo brasileiro, o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (Bird) e o Export&Import Bank (Eximbank), na implementação de acordo de cooperação que incluiu empréstimos para programas de industrialização e obras públicas. No setor elétrico, seriam contemplados projetos da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf), da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), da Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. (Cemig) e da Usinas Elétricas do Paranapanema S.A. (Uselpa). Como resultado desse processo, foi criado, pela Lei nº 1.628, de 20 de junho de 1952, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), posteriormente Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Na década de 60, o BNDE, que atuava nas áreas de energia e transporte, transferiu a função de planejamento da expansão do setor elétrico a Eletrobras. Naquele momento houve o surgimento do Consórcio Canambra (consórcio de consultores do Brasil, Estados Unidos e Canadá), que realizou importantes análises e projeções de demanda do mercado de energia elétrica da região centro-sul (*Power Market Study and Forecast – PMS & F*), sendo a última fundamentada no crescimento do PIB, crescimento da população, taxa de urbanização regional e questão tarifária. Tal estudo muito contribuiu para o planejamento energético brasileiro, subsidiou os planos de desenvolvimento econômico do país como o Programa de Ação Econômica do Governo (Paeg, 1964-1966) e o Plano Estratégico de Desenvolvimento (PED, 1968-1970) e construção de usinas no período de 1964/1974 (Cachapuz, 2002).

Já nos anos 90, houve o fim da equalização tarifária através da aprovação da Lei nº 8.631, de 4 de março, conhecida como Lei Elizeu Resende, que contemplou um conjunto de importantes modificações institucionais no setor de energia elétrica, dentre as quais a eliminação da equalização tarifária, passando as geradoras e as distribuidoras a fixar suas

tarifas em função de custos de serviço, e a promoção de medidas visando o equacionamento da inadimplência no setor.

O Programa Nacional de Desestatização foi lançado e, em 1996, o Ministério de Minas e Energia implantou o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB). O objetivo era transferir a responsabilidade da operação e do investimento ao setor privado para permitir que o governo se concentrasse em suas funções de elaboração de políticas energéticas e de regulação do setor. Uma das principais consequências foi a desverticalização da cadeia produtiva: geração, transmissão, distribuição e comercialização se tornaram áreas de negócio independentes. Revertendo o conceito de monopólio natural em toda estrutura do setor de energia elétrica, a geração e a comercialização passaram por um processo de desregulamentação destinado a incentivar a competição. As atividades de transmissão e distribuição, que constituem monopólios naturais, continuaram como serviços públicos regulados.

Em maio de 2001 o Brasil vivenciou sua maior crise energética, provocada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis nas regiões Sudeste e Nordeste. O governo criou então, em maio, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE) “com o objetivo de propor e implementar medidas de natureza emergencial para compatibilizar a demanda e a oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções intempestivas ou imprevistas do suprimento de energia elétrica”<sup>4</sup>.

Em junho, foi implantado o programa de racionamento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste e, em agosto, em parte da região Norte. Foi a partir desse momento que o país percebeu a necessidade de incluir novas fontes geradoras na matriz energética nacional. No mês de agosto, o governo criou a empresa Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial (CBEE) para realizar a contratação das térmicas emergenciais. Entrou em operação, no referido mês, a Usina Termelétrica Eletrobolt (RJ), em novembro, a Usina Termelétrica Macaé Merchant, no município de Macaé (RJ), em dezembro, a primeira unidade da Usina Hidrelétrica Lajeado, na divisa dos municípios de Miracema do Tocantins e Palmas (TO). No mês citado, terminou o racionamento na região Norte.

Em 2002, entrou em operação, em fevereiro, a Usina Hidrelétrica Machadinho, na divisa dos municípios de Maximiliano de Almeida (RS) e Piratuba (SC). No mesmo mês terminou o racionamento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste.

---

<sup>4</sup>Medida Provisória nº 2.147, de 15 de Maio de 2001.

Entre 2003 e 2004, foram criadas a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a função de planejar o setor ao longo prazo; o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), responsável por avaliar a segurança do suprimento; e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), para organizar as atividades de comercialização no sistema interligado.

Em novembro de 2003, foi lançado o ProgramaLuz para Todos, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, operacionalizado pela Eletrobrás e executado pelas concessionárias de energia elétrica e cooperativas de eletrificação rural em parceria com os governos estaduais. Por meio do Decreto nº 4.873, de 11 de Novembro de 2003, o Programa teve com desafio acabar com a exclusão elétrica no país com a meta de levar o acesso à energia elétrica, gratuitamente, para mais de 10 milhões de pessoas do meio rural até o ano de 2008.

Nos últimos dois anos, a crise energética voltou a preocupar o país. Devido à seca severa, o nível dos reservatórios diminuiu e com isso a produção de eletricidade. Com um sistema elétrico altamente dependente de hidrelétricas, que atualmente representam 66,24% da matriz energética brasileira<sup>5</sup>, necessita-se de termelétricas para complementar o processo. Entretanto as termelétricas são responsáveis por 29,53% da matriz, sendo a segunda maior fonte.

## **2.1 Consumo de Energia Elétrica no Brasil**

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo desde 1952, ano inicial<sup>6</sup> da série histórica de consumo total, disponível no banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. O consumo total de energia elétrica cresceu, desde 1970 até 2012<sup>7</sup>, a uma taxa média anual de 6,2%, sendo negativa apenas para os anos de 2001 e 2009, devido ao racionamento e a crise econômica no fim de 2008.

O consumo de eletricidade normalmente é dividido entre as classes industrial, residencial, comercial e outros, sendo que nesse último grupo inclui-se a classe rural, poderes públicos, serviços públicos mais consumo próprio e iluminação pública. A classe industrial é

---

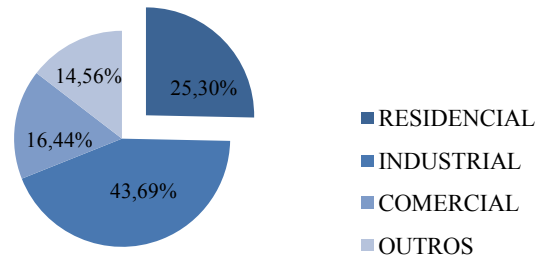
<sup>5</sup> Segundo dados do Banco de Informações de Geração - BIG da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, acessado em 26/03/2015. Disponível em:

[www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm)

<sup>6</sup> Início da série em 1952, acessado em 26/03/2015. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>.

<sup>7</sup> Dados da Eletrobrás, acessado em 26/03/2015. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>.

responsável pela maior participação no consumo total de energia elétrica, seguida pela residencial. A Figura 1 apresenta, para o ano de 2008/2009<sup>8</sup>, a parcela do consumo nacional de energia elétrica por classe.

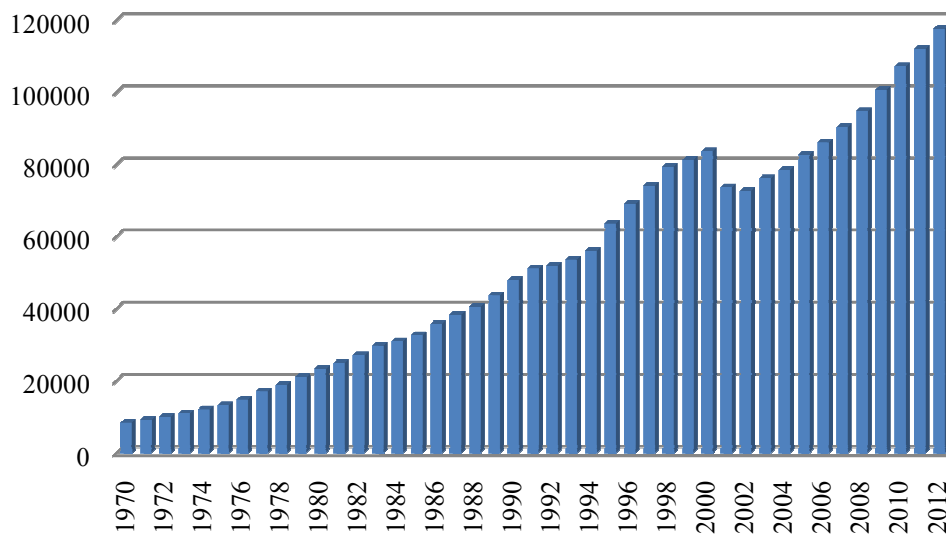


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da EPE (2013).

Figura 1 - Consumo Nacional de Energia Elétrica por Classe

Para a classe residencial, o consumo de energia elétrica saltou de 8.365 GWh em 1970 para 117.567 GWh em 2012, com uma taxa média anual de 6,6%, maior que a do setor como um todo. A Figura 2 apresenta essa evolução, sendo possível observar um crescimento considerável até o ano 2000 interrompido em 2001 por conta dos impactos dos planos de racionamento. O consumo passou de 83.614 GWh em 2000 para 73.622 GWh em 2001, com um decréscimo de -11,95%. A retomada do crescimento foi a partir de 2003 e apenas em 2006 o consumo alcança o que foi gasto em 2000.

<sup>8</sup>Uma média foi obtida entre as classes de consumo dos anos de 2008 e 2009.

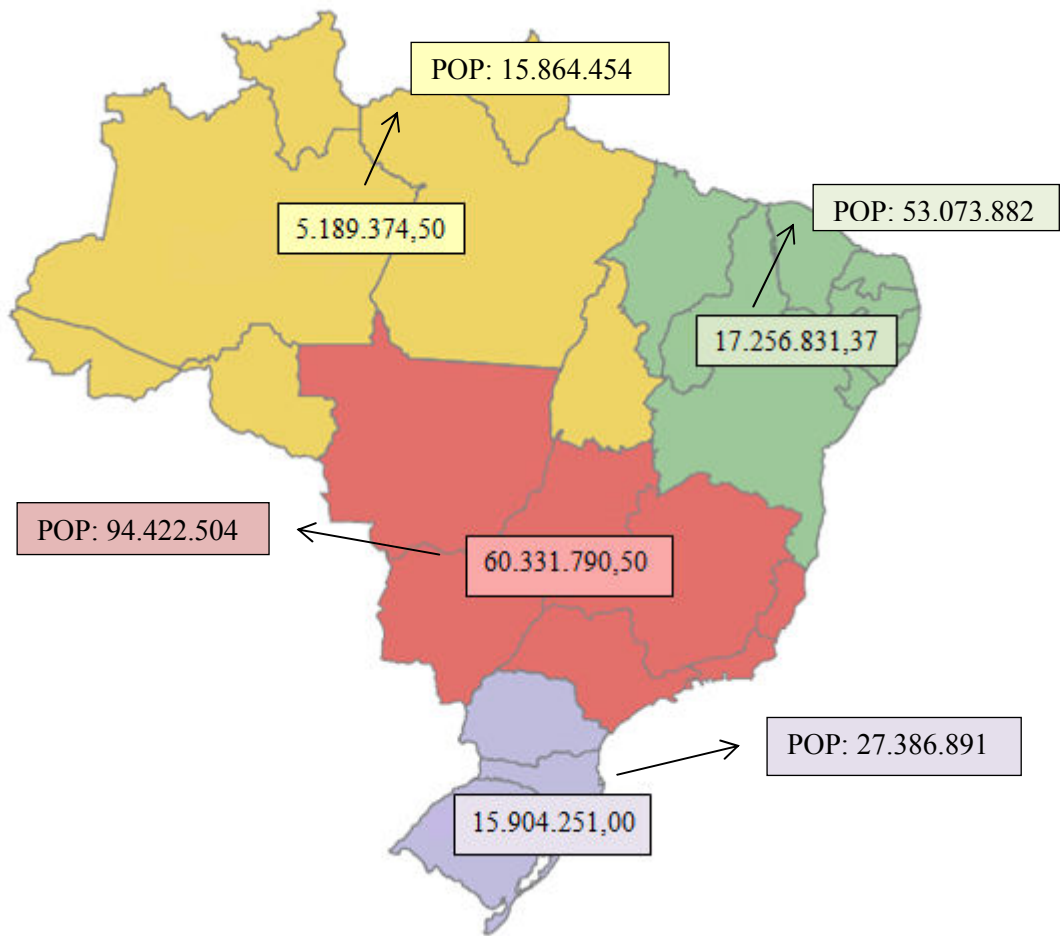


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Eletrobrás no IPEADATA (2013).

Figura 2 – Evolução do Consumo de Energia Elétrica Residencial no Brasil (GWh) de 1970 a 2012

Considerando o consumo residencial de energia elétrica por região macroeconômica, a Figura 3 ilustra como ele é dado. As regiões Sudeste e Centro-Oeste juntas consomem aproximadamente 60,3 TWh, sendo responsáveis pelo maior consumo no Brasil, em seguida têm-se as regiões Nordeste, Sul e Norte.

Segundo a ANEEL (2008), a região Nordeste é um exemplo do impacto da geração de renda no consumo de energia elétrica, pois em maio de 2008 a EPE detectou que, pela primeira vez na história, o volume de energia demandado pelas residências dessa região (que abriga 28% da população nacional) ultrapassou o da região Sul (15% da população nacional). Esse resultado indica uma tendência baseada tanto na expansão do consumo médio por domicílio, em função do aumento de renda e de programas sociais de transferência de recursos do Governo Federal (em especial o Bolsa Família) quanto na evolução do número de domicílios atendidos no Programa Luz para Todos.

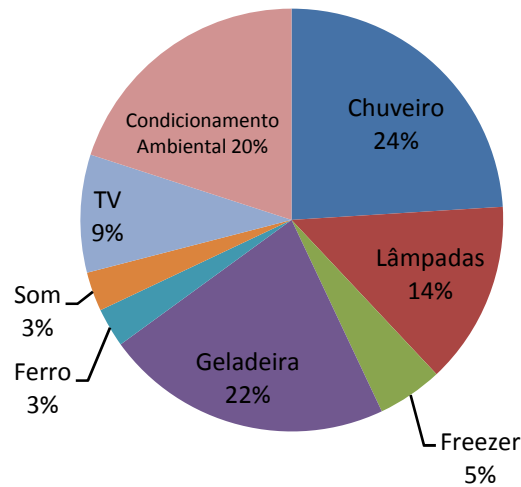


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IBGE.

Figura 3 - Consumo de Energia Elétrica (MWh) do Setor Residencial e População<sup>9</sup> por Regiões em 2008/2009.

De acordo com a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia – PPH da PROCEL, com ano base em 2005, a participação dos eletrodomésticos mais importantes no consumo residencial do país pode ser dada como o da Figura 4. Nela percebe-se que a refrigeração (geladeiras e freezers) representam 27% do consumo, seguida pelo aquecimento de água (chuveiro) 24% e condicionamento ambiental com 20%.

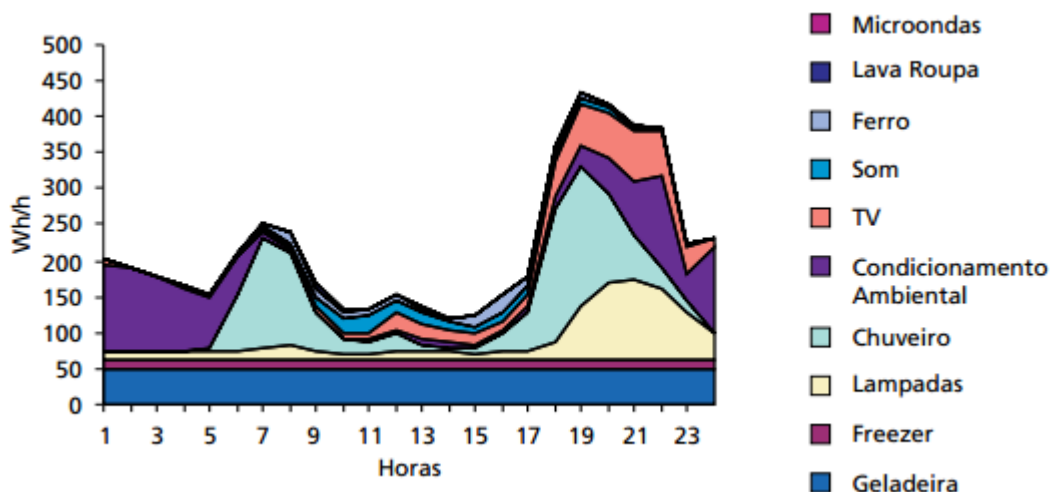
<sup>9</sup>Dada a periodicidade da informação, considerou-se a população do ano de 2010.



Fonte: Eletrobrás – PROCEL (2009)

Figura 4 – Consumo Residencial de Energia Elétrica por Eletrodomésticos no Brasil

Para ilustrar como se distribui o consumo de energia elétrica de diferentes eletrodomésticos ao longo de um dia, a Figura 5 apresenta uma curva de carga<sup>10</sup> diária típica da classe residencial do país. Nela, observa-se que: o consumo de energia da geladeira e freezers são constantes, que o condicionamento ambiental ocorre em maior intensidade nos períodos matutinos e noturnos, que o uso do chuveiro é maior nos inícios da manhã e da noite e que o uso da televisão e da iluminação é maior no período noturno.



Fonte: Eletrobrás – PROCEL (2009)

Figura 5 – Curva de Carga Diária Média no Brasil

<sup>10</sup> Segundo Cotrim (2009) curva de carga é uma curva que apresenta a demanda em função do tempo,  $D(t)$ , para dado período  $T$ .

### **3Revisão de Literatura**

O foco deste estudo refere-se à estimação de elasticidades da demanda de eletricidade em relação à renda, preço e outras variáveis no contexto brasileiro. Os estudos relacionados que foram identificados na pesquisa bibliográfica nem sempre adotam o mesmo foco porque alguns se preocupam com outros aspectos, como previsão e testes de significância de variáveis explicativas. Dentre aqueles que focam na estimação de elasticidades, alguns se baseiam no uso de dados em séries de tempo e outros no uso de dados em corte-transversal ou painel. A revisão de literatura apresentada a seguir está dividida segundo esse último aspecto, com o exame dos estudos de dados temporais feito inicialmente e posteriormente o dos estudos com dados de corte-transversal ou painel. Com o intuito de resumir esses resultados um quadro resumo com as elasticidades é apresentado. Em seguida é realizada também uma revisão teórica de trabalhos internacionais sobre o tema.

#### **3.1Estudos de séries temporais**

Modiano (1984) realizou um dos primeiros estudos econométricos sobre demanda de energia elétrica no Brasil. O autor estimou por mínimos quadrados ordinários (MQO) as elasticidades preço e renda da demanda de energia elétrica para as três principais classes de consumo: industrial, residencial e comercial, com dados anuais de 1966 a 1981. Usando um modelo de ajustamento dinâmico de demanda de energia, o autor calculou elasticidades preço de longo prazo de -0,40 para a classe residencial, -0,18 para a classe comercial e -0,22 para a classe industrial. Em relação à elasticidade renda, o autor obteve valores acima de 1,0 para todas as classes de consumo.

Andrade e Lobão (1997) estimaram as elasticidades renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil para o período de 1963/95. Usaram como variáveis explicativas do consumo residencial de energia elétrica, a tarifa residencial de energia elétrica, a renda familiar e o preço dos aparelhos eletrodomésticos. Usaram três métodos distintos de estimação: mínimos quadrados ordinários (MQO), variáveis instrumentais em dois estágios e a modelagem de um vetor autoregressivo (VAR) com mecanismo de correção de erro



(VEC). Encontraram elasticidades-renda e preço aproximadamente iguais a 0,21 e -0,051, respectivamente, pelo método de estimação de Johansen. Comparando os resultados obtidos pelos três diferentes métodos de estimação, verificou-se que as estimativas produzidas para a demanda residencial de longo prazo foram muito semelhantes.

Garcez e Ghirardi (2003) estimaram relações econométricas entre o consumo de eletricidade e as variáveis renda, preço e estoque de eletrodomésticos, tendo como objetivo estimar as elasticidades de demanda de eletricidade no setor residencial para o Estado da Bahia. Os autores estimaram diferentes modelos dinâmicos, como defasagens distribuídas e vetoriais autorregressivos, usando dados mensais no período de 1994-2002. Como resultado, obtiveram estimativas da elasticidade preço de curto-prazo variando de -0,03 a -0,07 e da elasticidade renda variando de 0,127 a 0,394.

Schmidt e Lima (2004) estimaram as elasticidades preço e renda de longo prazo da demanda por energia elétrica nas classes de consumo residencial, comercial e industrial, tal como Modiano (1984), e também apresentaram previsões de consumo de energia elétrica. Os autores estimaram modelos vetoriais autorregressivos com correção de erro usando séries anuais de 1969 a 1999, produzindo assim um avanço metodológico em relação a Modiano (1984) que aplicou apenas MQO. Para explicar o consumo total residencial, foram consideradas as séries de tarifa (tarifa média residencial), renda (rendimento médio real dos assalariados) e preço dos eletrodomésticos (IPA-DI - Bens de Consumo Duráveis). Como resultado, os autores encontraram, no caso particular da classe residencial, estimativas de -0,085 para a elasticidade preço e de 0,539 para a elasticidade renda.

Siqueira e Hollanda (2005) propuseram uma metodologia que capturasse os efeitos do racionamento nas previsões de demanda de energia elétrica do Nordeste brasileiro, usando dados para o período de 1970 a 2000. Os autores, no entanto, se concentraram nas estimações das elasticidades-renda e preço nas três classes principais de consumo: residencial, industrial e comercial. Os autores usaram três métodos de estimação: MQO, mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) e modelo VEC. Através dos modelos VEC, encontraram, para a classe residencial, estimativas de elasticidade-preço igual a -0,133 para o curto prazo e -0,412 para o longo prazo e elasticidade-renda iguais a 0,110 e 1,429 no curto e no longo prazo, respectivamente.

Mattos e Lima (2005) estimaram a demanda residencial de energia elétrica em Minas Gerais, usando dados anuais de 1970 a 2002. Os autores destacam que a demanda por energia

elétrica é função da renda do consumidor, da tarifa e do estoque de equipamentos que necessitam de energia elétrica para seu funcionamento, mas por falta de qualidade dos dados o autor não utilizou o estoque de equipamentos acreditando que as variações nas tarifas, na renda dos consumidores e no preço dos eletrodomésticos captariam o efeito desta variável. Depois de identificar que as séries estudadas eram não-estacionárias, os autores optaram pela estimação de um modelo VEC. Como resultado, constataram que a demanda residencial de eletricidade é mais sensível a variações na renda que no preço da energia elétrica, embora tanto a elasticidade-renda quanto a elasticidade-preço tenham se mostrado inferiores à unidade (elasticidade renda e preço iguais a 0,532 e -0,258, respectivamente). Concluíram também que a última é maior em Minas Gerais do que no Brasil, sugerindo padrões diferenciados do consumo de eletricidade entre os diversos Estados do País. Isto também havia sido constatado no estudo de Garcez e Ghirardi (2003) para o Estado da Bahia.

É importante compreender a trajetória do consumo de energia elétrica para captar os fatores que o afetam ao longo do tempo. Leon e Pessanha (2005) analisaram a dinâmica do consumo de energia elétrica residencial a partir de 1980. Mostraram que a evolução do consumo de energia segue uma trajetória quase monótona e ascendente até o início do racionamento e que após 1994, o consumo médio estava fortemente correlacionado com o rendimento médio domiciliar. Entre 1994 e 1999, com o forte aumento do rendimento domiciliar, o aumento do consumo médio e do número de consumidores favoreceu o maior incremento do consumo anual. De janeiro de 2000 a maio de 2001, período que antecedeu o racionamento, a queda do rendimento domiciliar reduziu o crescimento do consumo médio. Já no período de junho de 2001 a maio de 2002, houve decréscimo do consumo provocado pela forte redução do consumo médio das unidades consumidoras. O aumento do consumo do restante do ano de 2002 e em 2003 foi explicado pela retomada do consumo médio e pela entrada de novos consumidores.

Leite (2006) deu continuidade aos trabalhos de projeção da demanda por energia elétrica para o Brasil. Utilizando dados de 1966 a 2005 para todas as classes de consumo o autor aplicou um modelo de correção de erros para estimar as elasticidades-renda e preço e como resultado encontrou valores iguais a 1,18 e -0,90, respectivamente.

Outro ponto importante e que motiva a realização deste estudo é a relação existente entre qualidade de vida e consumo de energia. Pereira (2007) estudou a relação entre o consumo residencial de energia (elétrica, gás liquefeito de petróleo (GLP) e lenha) e a

qualidade de vida para as condições brasileiras do período de 1970 a 2005. Usando indicadores de qualidade de vida como índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), Infantil (IDI) e Familiar (IDF) e as demandas energéticas para o setor residencial a autora constatou uma correlação positiva entre a demanda energética e a qualidade de vida. Conclui que os aumentos do consumo residencial de energia útil, bem como as políticas energéticas efetuadas pelo Governo Federal contribuíram para a melhoria da qualidade de vida da população, em especial a de baixa renda, no Brasil de 1970 a 2005. Neste contexto, Francisco (2010) encontrou que medidas de consumo médio de energia elétrica agregadas por áreas de ponderação são excelentes indicadores regionais de concentração de renda e classificação econômica dos domicílios para o município de São Paulo. No que se refere às capitais brasileiras, Cohen (2002) encontra que a medida que a renda das famílias aumentam, esse gasto em energia também aumenta.

Irffiet *al.* (2009) propuseram estimar pelos métodos de OLS Dinâmico (DOLS) de mudança de regime a demanda por energia elétrica para as classes residencial, comercial e industrial na região Nordeste do Brasil no período de 1970 a 2003. A motivação dos autores foi contribuir para um melhor planejamento energético e para tanto projetaram a demanda por energia elétrica através das elasticidades-preço e renda das classes estudadas. Como resultado, encontraram para a classe residencial elasticidades-preço de curto e longo prazos iguais a -0,2078 e -0,6872 respectivamente, enquanto as elasticidades-renda de curto e longo prazos foram 0,0127 e 0,6840 respectivamente obtidas por DOLS. Já pelo método de mudança de regime, as elasticidades-preço de curto e longo prazos encontradas foram respectivamente de -0,2696 e -0,5043, e as elasticidades-renda de curto e longo prazos de 0,0426 e 0,8767, respectivamente.

Amaral e Monteiro (2010) buscaram entender se as características da demanda de energia elétrica residencial se alteraram depois do ano de 2000 e qual a magnitude atual das elasticidades-renda e preço. Para tanto, usaram séries anuais de consumo de energia elétrica, população, IGP-DI, PIB *per capita*, IPA-OG – eletrodomésticos e IPC – geral para o período de 1974 a 2008. O método aplicado foi o de MQO, que respeitou os pressupostos básicos do modelo e revelou elasticidades-preço e renda iguais a -0,43 e 0,74 respectivamente. Entretanto, a partir dos anos 2000, a elasticidade-renda alterou-se para 0,61 sugerindo que as pessoas mantiveram mudanças de hábito no consumo da época de racionamento, tornando assim a utilização da energia elétrica residencial mais eficiente.

De Oliveira *et al.* (2010) tiveram como objetivo o desenvolvimento de um modelo de previsão do consumo de energia elétrica no Brasil. Para tanto, modelaram um VAR e um VEC para previsão usando séries anuais do consumo residencial de energia elétrica, do PIB, da tarifa média residencial de energia elétrica e do preço de eletrodomésticos no período de 1980-2003. Como resultado encontraram elasticidades-preço e renda de longo prazo da demanda residencial de energia elétrica iguais a -0,3912 e 0,9649, respectivamente.

Farinazzo (2012) se dedicou ao estudo da previsão de demanda de energia elétrica da classe residencial com o objetivo de obter as estimativas das elasticidades preço e renda, a projeção do consumo na classe analisada e também a projeção do total de unidades consumidoras residenciais. Para isso, o autor utilizou a modelagem VAR e obteve elasticidade-preço igual a -0,892 e elasticidade-renda igual a 1,339, todas de longo prazo.

Viana e Silva (2014) desenvolveram um modelo para projeção do consumo residencial de energia elétrica para o período de 2009-2017. Usando dados anuais de 1975 a 2006 do PIB, da tarifa média residencial e do índice de preços dos eletrodomésticos para explicar o consumo residencial de eletricidade, os autores realizaram teste de raiz unitária, que revelou séries não estacionárias, e posteriormente utilizaram o conceito de cointegração. Em seguida estimaram modelos de correção de erros vetoriais que foi usado para fazer a projeção. As elasticidades-renda e preço encontradas no estudo foram 1,79 e -0,71, respectivamente. Segundo os autores, a elasticidade-preço encontrada foi maior do que a usualmente obtida pela literatura porque o comportamento dos consumidores da classe residencial pode ter sido alterado pela política de racionamento e se mantido. Por sua vez, a elasticidade-renda foi mais elevada que a obtida em outros estudos, segundo os autores em função das políticas de crédito ou mesmo transferências de renda governamentais que podem ter impactado de maneira positiva sobre o consumo de energia.

### **3.2 Estudos de corte-transversal e painel**

Há poucos estudos usando dados de corte-transversal, painel e, sobretudo, que tenham se preocupado com a estimação de elasticidades.

Ação (2003) procurou fazer uma estimativa do perfil de consumo de energia elétrica para as classes de renda e Regiões Metropolitanas, pesquisadas na POF de 1996, considerando os principais equipamentos eletroeletrônicos observados, seus usos finais e as formas de

energia que utilizam. A autora encontrou, para esse ano, que 51,7% de toda a energia elétrica consumida pelo setor residencial era destinada à classe de maior renda, enquanto a classe de menor renda consumia apenas 5,9% do total de energia elétrica do setor residencial. Além disso, o consumo médio mensal das famílias que pertenciam à classe de renda mais alta era mais que o dobro do consumo das famílias pertencentes à menor classe de renda. Para as regiões, constatou-se a relação existente entre o consumo médio mensal por domicílio e o nível econômico da região. Os domicílios que pertenciam às cidades das regiões Norte e Nordeste apresentaram os menores consumos médios, justificados pela baixa posse de equipamentos. Em contrapartida, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste foram encontrados os maiores consumos médios por domicílio.

Garbacz (1983) realizou um estudo parecido com o aqui proposto ao considerar um modelo de demanda residencial por eletricidade usando uma amostra de domicílios americanos para estimar as elasticidades parciais da renda e do preço no período de 1978 a 1979. Para tanto, o autor usou um modelo com três equações, estimadas simultaneamente usando mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E), incluindo variáveis como renda familiar, tamanho da família, *dummies* de região, urbanização, raça e eletrodomésticos, idade do chefe de família entre outras. As elasticidades parciais encontradas foram 0,102 para a renda e -0,193 para o preço, enquanto as elasticidades totais foram 0,410 para a renda e -1,403 para o preço.

Silva *et al.* (2012) investigaram os efeitos do Programa Luz Para Todos (PLT) sobre a demanda residencial de energia elétrica nos municípios do Estado da Bahia no período de 2000 a 2010. Para tanto, utilizaram técnicas de análise multivariada usando dados do Censo Demográfico e posteriormente um modelo de Painel Dinâmico utilizando-se da técnica do Método dos Momentos Generalizados (MMG). Encontraram elasticidade renda e preço aproximadamente igual a 0,36 e -0,050 respectivamente e concluíram que houve efeito positivo do PLT na demanda de energia elétrica, apesar deste não se dar de forma uniforme entre os municípios, e que os consumidores se mostraram poucos sensíveis às variações no preço da energia, e mais sensíveis a variações na renda.

Leon e Pessanha (2012a) trabalharam conjuntamente com dados temporais e de corte-transversal, em um estudo onde apresentaram uma metodologia para projeção do consumo residencial. Para tanto, fizeram uso de uma estimativa da série histórica do consumo médio por faixa de rendimento domiciliar realizada com o auxílio de uma função relacionando consumo médio com um índice de difusão. Tal índice foi construído usando informações da difusão dos eletrodomésticos através dos dados das PNADs, que revelam se o domicílio

possuía os eletrodomésticos e não o quantitativo dos mesmos. O estudo mostrou que houve uma forte difusão dos eletrodomésticos nas diversas faixas de rendimento e um crescimento no consumo médio residencial até o ano de 1999. Já o período de 2002 a 2008 corresponde ao aprendizado social em conservar energia, refletindo uma baixa taxa de crescimento anual do consumo médio residencial.

Leon *et al.* (2007) acreditaram que a composição do consumo de energia elétrica residencial exigiria uma construção mais complexa para representar a inter-relação das variáveis demográficas com os indicadores do consumo de energia elétrica residencial. Os autores usaram microdados da coleção de PNADs do período de 1992-2005 para projetar o consumo de energia elétrica. Essa projeção se mostrou conservadora no sentido de que uma redução da desigualdade deve aumentar a difusão de eletrodomésticos nas primeiras classes de rendimento.

Por fim, Achão (2003) destaca que a análise sobre o consumo residencial de energia deve ser realizada considerando as características socioeconômicas, aspectos regionais e hábitos culturais da população, de modo a permitir que se relacione o consumo de energia com as diferenças econômicas, sociais e regionais de nosso país. Por tanto, no presente trabalho, buscaram-se evidências das diferenças de consumo energético entre as classes socioeconômicas e as regiões brasileiras e também como as características do domicílio e seus residentes afetam esse consumo.

O quadro 1 seguinte resume as elasticidades-preço e elasticidades-renda estimadas nos trabalhos acima citados.

| <b>Autores</b>      | <b>Período</b> | <b>Elasticidade-preço</b>  | <b>Elasticidade-renda</b>  |
|---------------------|----------------|--|--|
| Modiano             | 1963 - 1981    | -0,40  | 1,0  |
| Andrade e Lobão     | 1963 - 1995    | -0,051   | 0,21   |
| Garcez e Ghirardi   | 1994 - 2002    | Entre -0,03 e -0,07  | Entre 0,127 e 0,394  |
| Schmidt e Lima      | 1969 - 1999    | -0,085   | 0,539  |
| Siqueira e Hollanda | 1970 - 2000    | CP: -0,133<br>LP: -0,412   | CP*: 0,110<br>LP*: 1,429   |
| Mattos e Lima       | 1970 - 2002    | -0,258   | 0,532  |
| Leite               | 1966 - 2005    | -0,90  | 1,18   |
| Irrfiet <i>al.</i>  | 1970 - 2003    | DOLS:<br>CP: -0,2078<br>LP: -0,6872<br>Mudança de<br>Regime:<br>CP: -0,2696<br>LP: -0,5043 | DOLS:<br>CP: 0,0127<br>LP: 0,6840<br>Mudança de<br>Regime:<br>CP: 0,0426<br>LP: 0,8767 |
| Amaral e Monteiro   | 1974 - 2008    | -0,43  | Até 2000: 0,74<br>Após 2000: 0,61  |
| De Oliveira         | 1980 - 2003    | LP: -0,3912  | LP: 0,9649   |
| Farinazzo           | 1980 - 2010    | -0,892   | 1,339  |
| Viana e Silva       | 1975 - 2006    | -0,71  | 1,79   |
| Garbacz             | 1978 - 1979    | EP: -0,193<br>ET: -1,403   | EP**: 0,102<br>ET**: 0,410   |
| Silva <i>et al.</i> | 2000 - 2010    | -0,050   | 0,36   |

Fonte: Elaboração Própria.\*CP = Curto prazo e LP = Longo prazo.\*\* EP = Elasticidade parcial e ET = Elasticidade total.

Quadro 1 – Resumo das Estimativas de Elasticidades-preço e Elasticidades-renda para a Classe Residencial

### 3.3 Estudos Internacionais

Dada a importância socioeconômica da produção e do consumo de energia elétrica, os estudos nesta área há muito tempo já vem sendo desenvolvidos pelo mundo afora, envolvendo diferentes formas funcionais e técnicas de estimação .

Houthakker (1951) realizou um dos primeiros trabalhos sobre demanda residencial de energia elétrica, ainda nos anos 50, em que considera a tarifa de energia uma tarifa bipartite. O autor estimou as elasticidades preço e renda para 42 municípios do Reino Unido com dados de 1937 a 1938 através de um modelo que explica o consumo de energia pelas variáveis preço da eletricidade, renda da família, preço do gás e estoque de equipamentos eletrodomésticos. Encontrou como resultado elasticidades-renda e preço iguais a 1,17 e -0,89 respectivamente.

Taylor (1975) resenhou trabalhos que estudaram a demanda de energia elétrica, principalmente a residencial. Entre esses trabalhos encontram-se os de Fisher e Kaysen (1962), Houthakker e Taylor (1970), Wilson (1971), Mountet *al.* (1973), Lyman (1973) e Houthakker *et al.* (1973). Todos estimaram as elasticidades-renda e preço da demanda de energia elétrica residencial. Na sequência, esses estudos serão comentados com base em Taylor (1975).

No primeiro trabalho analisado por Taylor (1975), os autores Fisher e Kaysen (1962) abordaram a demanda residencial e industrial por energia elétrica e foram os primeiros a distinguir a demanda de curto e longo prazo. Usando dados de 47 estados americanos para os anos de 1946 a 1957, os autores explicaram o gasto de energia elétrica com a renda, o preço da energia, do gás e dos eletrodomésticos, quantidade de eletrodomésticos entre outras. Como resultado obtiveram elasticidades-preço e renda de curto prazo iguais a -0,15 e 0,10.

Houthakker e Taylor (1970) estimaram uma equação para os gastos com consumo pessoal de eletricidade onde o consumo passado (a variável dependente defasada), a renda e os preços relativos eram as variáveis explicativas do modelo. Usando séries temporais para o período de 1947 a 1964 encontraram elasticidades-renda e preço de curto prazo iguais a 0,13 e -0,13 e de longo prazo iguais a 1,93 e -1,89, respectivamente.

Wilson (1971) analisa a demanda de eletricidade residencial e também a demanda residencial para seis diferentes categorias de eletrodomésticos. A demanda por eletricidade é explicada por variáveis que medem o preço da eletricidade, a renda média da família, o número de cômodos no domicílio, o preço médio do gás natural e também a temperatura. As



elasticidades-renda e preço encontradas são, respectivamente, iguais a -0,46 e -1,33. O autor interpreta o modelo adotado como de longo prazo dado que são usados dados em corte transversal.

Mountet *al.* (1973) estudaram a demanda de energia elétrica de curto e longo prazo. Considerando observações anuais de 47 estados americanos de 1947 a 1970, os autores consideraram variáveis como renda *per capita*, população, preço da eletricidade, do gás e dos aparelhos domésticos defasados em um ano, a temperatura média do mês de janeiro variando entre os estados ou regiões, mas não ao longo do tempo, e também a variável dependente defasada. Estimando o modelo por MQO e variáveis instrumentais encontraram elasticidades renda e preço de curto prazo iguais a 0,02 e -0,14 e de longo prazo iguais a 0,20 e -1,20, respectivamente.

Já Lyman (1973) estudou os três mercados: residencial, comercial e industrial. Uma das inovações do estudo foi considerar a função de demanda sendo não linear. Levando em consideração o preço da eletricidade e do gás, índice de preços, renda, variáveis demográficas e clima o estudo teve como resultado elasticidades preço e renda negativas. O autor conclui que a elasticidade preço da demanda residencial é positivamente correlacionada com a renda e que a elasticidade renda da demanda é zero ou negativa nas regiões do sul e para a maioria das regiões consideradas o tamanho da elasticidade renda varia inversamente com o nível de renda.

Por fim, Taylor (1975) descreve o estudo de Houthakker *et al.* (1973). Nesse trabalho, os autores consideram a relação entre a demanda de energia do período *icom* a demanda do período anterior sendo proporcional à relação de demanda de energia desejada do período *icom* a demanda do período anterior, sendo a demanda desejada função do preço da eletricidade e da renda. Usando séries temporais e dados em corte transversal encontraram elasticidades renda e preço de curto prazo iguais a 0,14 e -0,09 e longo prazo iguais a 1,64 e -1,02, respectivamente.

Os resultados do trabalho de Halvorsen (1975) sugerem que a elasticidade preço da demanda de energia elétrica de longo prazo é pelo menos igual a unidade contrariando, segundo o autor, a suposição comum de que a demanda não responde ao preço. Para chegar a tal resultado, o autor estimou por Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) as equações de demanda estrutural de energia e de preço para 48 estados americanos no período de 1961 a 1969.

Munasinghe (1980) destaca em seu trabalho mais um motivo para estudar a demanda de energia elétrica residencial. Utilizando os resultados de uma pesquisa com os

consumidores de energia elétrica residencial na cidade de Cascavel no Brasil, o autor estuda a ideia de que a sociedade incorre em custos quando existem interrupções do serviço de energia e que o custo principal seria equivalente à perda de lazer. A queda de energia comprometeria a alimentação e também o uso de equipamentos elétricos. Logo, estudos como este motivam o planejamento energético que é alcançado compreendendo como é determinada a demanda de energia no país, evitando perdas sociais.

Bentzen e Engstid (1993) estudaram o caso da Dinamarca usando dados anuais de 1948 a 1990. Após encontrarem que as séries consumo de energia, preço real da energia e PIB real eram não-estacionárias aplicaram a metodologia de cointegração e correção de erros. Encontraram elasticidades renda e preço iguais a 1,21 e -0,47, respectivamente.

Dahl (1993) realizou um levantamento dos trabalhos que estimaram as elasticidades-preço, preço-cruzada, renda e de outras variáveis relevantes da demanda por diversos tipos de energia: total, eletricidade, gás natural, carvão, petróleo e derivados<sup>11</sup>. A autora descreveu trabalhos para a demanda de eletricidade residencial como o de Taylor (1975), que já foi discutido aqui, Taylor (1977), Bohi (1981), Kirby (1983), Bohi e Zimmerman (1984) e outros que serão resumidos nos parágrafos seguintes.

Taylor (1977) fez uma expansão do seu trabalho de 1975 incluindo mais 8 trabalhos que incluem uma melhor modelagem da demanda por considerar opções de eletrodomésticos e áreas geográficas menores. Nestes estudos, o autor observa uma elasticidade preço de longo prazo um pouco menor do que a anteriormente encontrada. As médias das elasticidades encontradas na classe residencial foram de -0,30 e -1,28 para elasticidades preço de curto e longo prazo e 0,15 e 0,72 para elasticidades renda, respectivamente.

Bohi (1981) também realizou sua pesquisa através de 25 estudos para a demanda residencial de eletricidade e encontrou elasticidades preço de curto prazo variando entre -0,03 e -0,54 e de longo prazo entre 0 e -2,10. Já as elasticidades renda de curto e longo prazo variando ambas entre -0,32 e 2,20<sup>12</sup>.

Kirby (1983) pesquisou 10 estudos sobre a demanda residencial de eletricidade sendo muitos já incluídos nos estudos anteriores. A autora encontrou grande variação nas elasticidades e observou que mínimos quadrados generalizados (MQG) e modelos de coeficientes aleatórios não se desempenham tão bem quanto os mínimos quadrados ordinários (MQO) ou componentes dos erros.

---

<sup>11</sup> Dado o interesse deste trabalho, apenas o que foi dito referente à eletricidade será descrito aqui.

<sup>12</sup> Valores retirados da tabela 4, p. 48 (S10-S16) do trabalho de Dahl (1993).

Bohi e Zimmerman (1984) realizaram uma pesquisa sobre as elasticidades da demanda geral de eletricidade. Para a classe residencial, considerando o modelo que inclui um estoque estático de aparelhos com dados desagregados, as elasticidades encontradas de curto prazo variam entre -0,20 e -0,76 para elasticidade preço e entre 0,11 e 0,42 para elasticidade renda.

Por fim, Dahl (1993) resume os até então novos trabalhos sobre elasticidades da demanda de energia elétrica para a classe residencial. As médias de todos os estudos sugerem que todas as elasticidades-renda e preço são inelásticos, em média, com elasticidades-preço de curto, médio e longo prazo de -0,22, -0,65 e -0,91 e elasticidade renda de curto, médio e longo prazo mais inconsistentes de 0,18, 0,87 e 0,49, mas ressalta a grande disparidade entre os estudos.

Silk e Joutz (1997) estimaram as elasticidades da demanda residencial dos Estados Unidos usando técnicas de cointegração, que permite desenvolver uma análise de curto e longo prazo através do modelo de correção de erros, com dados anuais de 1949 até 1993. Como resultado, encontraram elasticidades preço e renda de longo prazo iguais a -0,48 e 0,52, respectivamente.

Chang e Martinez-Chombo (2003) estimam a função de demanda de eletricidade do México, para os setores residencial, comercial e industrial, aplicando uma nova metodologia que combina análise de cointegração com coeficientes variando no tempo. A demanda de eletricidade é explicada por variáveis que representam a renda, o preço, e sazonalidades. Encontraram elasticidades renda e preço do setor residencial iguais a 1,95 e -0,44 respectivamente.

Espey e Espey (2004) propuseram o uso de meta-análise de regressão usando dados das estimações de elasticidade de outros trabalhos para tentar resumir quantitativamente a literatura empírica adotada, com o objetivo de fornecer informações para reguladores, os decisores políticos e empresas do setor de energia sobre o comportamento dos consumidores residenciais às alterações de preços e de renda no consumo de energia elétrica. Para os dados usados na análise, as estimativas de elasticidade-preço de curto prazo varia em um intervalo de -2,01 até -0,004 com uma média de -0,35, a elasticidade-preço de longo prazo de -2,25 a -0,04 com uma média de -0,85. Já para a elasticidade renda de curto prazo têm-se estimativas variando de 0,04 a 3,48 com média igual a 0,28 enquanto de elasticidade renda de longo prazo está entre 0,02 a 5,74 com média de 0,97.

Narayan e Smyth (2005) encontram estimativas das elasticidades-preço e renda da demanda residencial de eletricidade de longo e curto prazo da Austrália. Para tanto, os autores fizeram uso de um modelo autoregressivo com defasagens distribuídas (ARDL) usando como

variáveis explicativas, além da renda e do preço da energia, temperatura e o preço do gás (bem substituto da eletricidade no país). Estimando dois modelos encontraram elasticidades renda de longo prazo iguais a 0,323 e 0,408. No curto prazo, foram encontradas elasticidades renda iguais a 0,0121 e 0,0415, uma para cada modelo, todas indicando que o consumo de eletricidade é um bem normal. Tais resultados corroboram a ideia de que a demanda por energia é mais elástica no curto prazo do que no longo. A elasticidade preço de longo prazo encontrada foi -0,541 e de curto prazo igual a -0,263. A temperatura se mostrou significativa apenas em um dos modelos de longo prazo.

Zachariadis e Pashourtidou (2007) estudaram o consumo de eletricidade nos setores residencial e de serviços em Cipro para o período de 1960 a 2004. Como metodologia adotaram testes de raiz unitária e vetor de correção de erros e encontraram elasticidade-renda de longo prazo acima da unidade e elasticidade preço variando entre -0,30 e -0,43.

Contreras *et al.* (2009) dão continuidade aos poucos estudos sobre a demanda de energia ser um bem inferior. Os autores fazem uma análise para os estados americanos com dados do ano de 2002. Usando variáveis que medem o preço médio da eletricidade, renda do domicílio, variáveis climáticas e dummies de região para explicar o consumo de energia elétrica, os autores encontram, via MQO, elasticidade preço igual -0,5936 e elasticidade renda igual a -0,4377 confirmando a ideia de que aumentos na renda não necessariamente aumentam a demanda por energia elétrica.

Labandeira *et al.* (2012) estimaram a elasticidade preço da demanda de eletricidade no caso espanhol usando dados mensais de setembro de 2005 a agosto de 2007 para os setores residencial e industrial. Através de um modelo de efeitos aleatórios para dados em painel foi encontrada uma elasticidade preço da demanda de energia elétrica de curto prazo igual a -0,2536 para as famílias, fato que se mostrou coerente com os outros estudos citados no trabalho.

## 4 Metodologia

### 4.1 Consumo de Energia para o Setor Elétrico

Primeiramente, é importante explicar a diferença conceitual que existe entre os termos consumo de energia e demanda de energia para o setor elétrico. Segundo a ANEEL (2008), demanda “é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado”. Ou seja, a demanda representa a estrutura de geração e transmissão da energia elétrica que a concessionária disponibiliza ao consumidor. Contudo, a energia elétrica consumida para a ANEEL (2008) “é o total de energia utilizada pelos equipamentos elétricos, ou eletrodomésticos” que pode ser entendida como a quantidade de energia ativa consumida. Neste trabalho, a energia elétrica consumida será chamada de demanda uma vez que essa é a variável econômica que representa a utilidade que o consumo de energia elétrica proporciona aos moradores do domicílio.

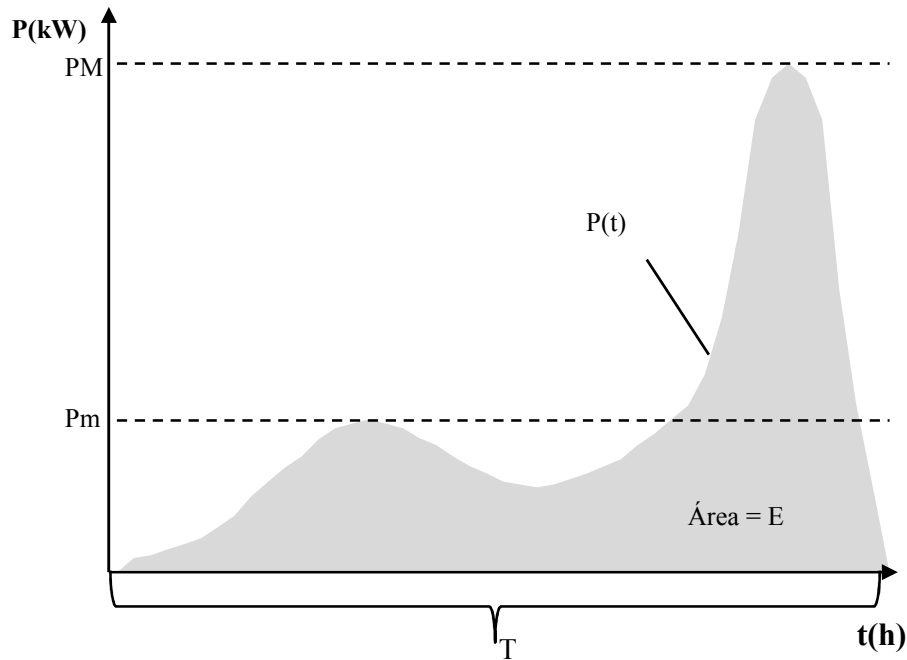
El Hage *et al.* (2011) cita que a energia consumida é uma variável escalar que representa o valor acumulado da potência consumida em um intervalo de tempo. Em termos matemáticos, a energia elétrica consumida pode ser representada pela equação:

$$E(t) = \int_0^t P(t) \cdot dt \quad (1)$$

Sendo  $P(t)$  a potência elétrica no instante  $t$  e  $E(t)$  a energia acumulada do instante 0 ao instante  $t$ .

Graficamente, pode-se representar a energia residencial consumida através de uma curva de carga que, por sua vez, mostra os dados da potência em função do tempo,  $P(t)$ .

A curva de carga das residências no Brasil é caracterizada por ser constante ao longo do dia e possuir picos entre as 18 e 21 horas, em que grande parte dos equipamentos elétricos estão sendo utilizados simultaneamente por ser o momento em que a população retorna à residência. A Figura 6 mostra a curva de carga típica de um dia útil de um consumidor.



Fonte: Elaboração própria baseada em El Hage *et al.* (2011).

Figura 6- Curva de Carga Residencial

Outro conceito importante é o de fator de carga, que corresponde à razão entre a potência média e a máxima. Como o fator de carga relaciona a potência máxima (PM) e a potência média (Pm) pode-se através de sua fórmula encontrar a equação da energia (E). Seja *fc* o fator de carga definido como:

$$fc = \frac{Pm}{PM} = \frac{E}{T \cdot PM} \quad (2)$$

Então, por simples substituição obtém-se:

$$E = fc \cdot T \cdot PM \quad (3)$$

$$E = \frac{Pm}{PM} \cdot T \cdot PM \quad (4)$$

$$E = Pm \cdot T \quad (5)$$

Logo, a energia consumida pode ser definida como o produto entre a potência média utilizada ao longo do dia e o intervalo de tempo de consumo (T). Essa definição é essencial para compreender os passos seguintes e a equação de partida dos autores Fisher e Kaysen (1962) na próxima seção deste capítulo.

## 4.2 Modelagem Econômica do Consumo de Energia

A maioria dos estudos empíricos sobre a demanda de eletricidade partem de um modelo teórico da relação de demanda para especificar uma equação econométrica a ser estimada. Usualmente, o modelo teórico é uma função tipo Cobb-Douglas definida como segue:

$$CE_i = \delta p_i^{\theta_p} y_i^{\theta_y} e_i^{\theta_e} \quad (6)$$

Onde  $CE$  é o consumo de eletricidade,  $p$  a tarifa de eletricidade,  $y$  a renda e  $e$  o estoque de equipamentos elétricos. O subscrito  $i$  representa o domicílio. Os termos  $\delta$ ,  $\theta_p$ ,  $\theta_y$ ,  $\theta_e$  são parâmetros e os três últimos representam elasticidade-preço, elasticidade-renda e elasticidade-estoque de equipamentos elétricos, respectivamente.

Uma expansão da equação (6) pode ser obtida incluindo outras variáveis:

$$CE_i = \delta p_i^{\theta_p} y_i^{\theta_y} e_i^{\theta_e} \prod_{s=1}^S Z_{si}^{\theta_s} \quad (7)$$

onde  $Z_{si}^{\theta_s}$ , é a  $s$ -ésima variável ( $s = 1, \dots, S$ ) e os  $\theta_s$  são parâmetros.

Aplicando o logaritmo neperiano aos dois lados da equação (7), tem-se:

$$\ln CE_i = \ln \delta + \theta_p \ln p_i + \theta_y \ln y_i + \theta_e \ln e_i + \sum_{s=1}^S \theta_s \ln Z_{si} \quad (8)$$

Entretanto, a equação (8) é apenas uma aplicação da teoria básica da demanda por bens finais para o caso da eletricidade. Em seu trabalho, Taylor (1975) descreve um modelo teórico mais detalhado de Fisher e Kaysen (1962) que consideram o consumo de eletricidade uma demanda derivada do consumo de serviços produzidos por equipamentos elétricos. Logo, seria a demanda por serviços o elemento determinante, em última instância, do consumo de eletricidade individual ou domiciliar no curto prazo. No longo prazo, a demanda de eletricidade seria derivada também da demanda por equipamentos elétricos, dado que no curto prazo considera-se esta demanda constante.

Baseando em Fisher e Kaysen (1962 *apud* Taylor, 1975) pode-se partir do seguinte modelo:

$$CE_i = \sum_{j=1}^n u_j p e_j q e_{ji} + \sum_{r=1}^{h_i} v_r p i_r q i_{ri} \quad (9)$$

Onde  $CE_i$  é o consumo de eletricidade em KWh do domicílio  $i$ ,  $u_j$  o tempo de utilização do  $j$ -ésimo equipamento elétrico em horas,  $p e_j$  a potência do  $j$ -ésimo equipamento elétrico em kW,  $q e_{ji}$  a quantidade do  $j$ -ésimo equipamento elétrico em unidades do domicílio  $i$ ,  $v_r$  o tempo de utilização do  $r$ -ésimo equipamento de iluminação elétrica em horas,  $p i_r$  a potência do  $r$ -ésimo equipamento de iluminação elétrica em kW,  $q i_{ri}$  a quantidade do  $r$ -ésimo equipamento de iluminação elétrica em unidades do domicílio  $i$ .

No curto prazo, são dadas as quantidades de equipamentos e as potências. Os equipamentos elétricos podem variar por categoria (geladeira, micro-ondas, ventilador, etc.) e dentro de cada categoria por tamanho, idade e outras condições assim como pela potência.

Diante da grande variedade de equipamentos eletrodomésticos disponíveis nas residências e ao mesmo tempo diante da falta de informações mais precisas nas POFs sobre os equipamentos de iluminação nos domicílios, torna-se difícil usar o modelo acima para compor uma especificação de modelo econométrico estimável. Fisher e Kaysen (1962 *apud* Taylor, 1975) propuseram uma especificação mais simplificada da equação (9), e ao mesmo tempo mais agregada, como a que segue:

$$CE_i = u_i p q e_i + v_i p c o m_i + \varepsilon_i \quad (10)$$

Onde  $u_i$  é demanda de utilização média dos equipamentos elétricos em kWh,  $p q e_i$  é a soma da quantidade de equipamentos do domicílio  $i$  multiplicada pela potência dos mesmos,  $v_i$  é demanda de utilização média dos equipamentos de iluminação elétrica em kWh,  $p c o m_i$  é a quantidade de cômodos existentes no domicílio  $i$  multiplicada pela potência da iluminação de cada cômodo e  $\varepsilon_i$  um termo de erro.

No entanto, as variáveis  $u_i$  e  $v_i$  que determinam o tempo de utilização de eletricidade são funções de variáveis como a renda do domicílio ( $y$ ) e o preço da eletricidade ( $p$ ), como seguem nas equações:

$$u_i = \beta_0 p_i^{\beta_p} y_i^{\beta_y} \prod_{s=1}^S z_{s_i}^{\beta_s} \text{ ou } \ln u_i = \ln \beta_0 + \beta_p \ln p_i + \beta_y \ln y_i + \sum_{s=1}^S \beta_s \ln z_{s_i} \quad (11)$$

$$v_i = \gamma_0 p_i^{\gamma_p} y_i^{\gamma_y} \prod_{s=1}^S z_{s_i}^{\gamma_s} \text{ ou } \ln v_i = \ln \gamma_0 + \gamma_p \ln p_i + \gamma_y \ln y_i + \sum_{s=1}^S \gamma_s \ln z_{s_i} \quad (12)$$

Onde  $\beta_0$ ,  $\beta_p$ ,  $\beta_y$ ,  $\beta_s$ ,  $\gamma_0$ ,  $\gamma_p$ ,  $\gamma_y$ ,  $\gamma_s$  são parâmetros do modelo e  $z_{s_i}$  outras variáveis demográficas e climáticas que afetam a decisão do consumidor em quanto consumir os serviços dos aparelhos elétricos.



Substituindo  $u_i$  e  $v_i$  na equação para  $CE_i$ , obtém-se o modelo econométrico estimável:

$$CE_i = \left( \beta_0 p_i^{\beta_p} y_i^{\beta_y} \prod_{s=1}^S z_{s_i}^{\beta_s} \right) pqe_i + \left( \gamma_0 p_i^{\gamma_p} y_i^{\gamma_y} \prod_{s=1}^S z_{s_i}^{\gamma_s} \right) pcom_i + \varepsilon_i \quad (13)$$

ou

$$CE_i = \left( \ln \beta_0 + \beta_p \ln p_i + \beta_y \ln y_i + \sum_{s=1}^S \beta_s \ln z_{s_i} \right) pqe_i + \quad (14)$$

$$+ \left( \ln \gamma_0 + \gamma_p \ln p_i + \gamma_y \ln y_i + \sum_{s=1}^S \gamma_s \ln z_{s_i} \right) pcom_i + \varepsilon_i$$

$$CE_i = (\ln \beta_0) pqe_i + \beta_p \ln p_i \cdot pqe_i + \beta_y \ln y_i \cdot pqe_i + \sum_{s=1}^S \beta_s \ln z_{s_i} \cdot pqe_i +$$

$$+ (\ln \gamma_0) pcom_i + \gamma_p \ln p_i \cdot pcom_i + \gamma_y \ln y_i \cdot pcom_i + \sum_{s=1}^S \gamma_s \ln z_{s_i} \cdot pcom_i + \varepsilon_i$$

Essa especificação evidencia a importância de interagir cada variável explicativa com as variáveis  $PQE$  e  $PCOM$ . As especificações usuais incluem apenas termos isolados para cada uma das variáveis adotadas e, com isso, pode-se estar omitindo elementos importantes da determinação do consumo de energia elétrica. Um dos efeitos indesejáveis neste contexto é o problema do viés das estimativas paramétricas decorrentes de variáveis omitidas (e.g. Wooldridge, 2010).

Uma versão mais generalizada poderia combinar a representação usual (sem termos de interação). A aplicação desenvolvida na dissertação buscou inicialmente compor as duas versões apresentadas, a baseada na teoria da demanda por um produto e a baseada na demanda por serviços de eletricidade, através da especificação do seguinte modelo:

$$CE_i = \alpha_g + \theta_{pg} P_i + \theta_{yg} Y_i + \theta_{eg} PQE_i + \theta_{cg} PCOM_i + \theta_{mg} MOR_i + \theta_{og} IDO_i + \theta_{dg} IDM_g + \theta_{tg} TEM_g$$

$$+ (\beta_{pg} P_i + \beta_{yg} Y_i + \beta_{dg} IDM_i + \beta_{og} IDO_i + \beta_{mg} MOR_i + \beta_{tg} TEM_i) \cdot PQE_i$$

$$+ (\gamma_{pg} P_i + \gamma_{yg} Y_i + \gamma_{dg} IDM_i + \gamma_{og} IDO_i + \gamma_{mg} MOR_i + \gamma_{tg} TEM_i) \cdot PCOM_i$$

$$+ u_i \quad (15)$$

Onde  $i = 1, \dots, n_g$  é o índice de domicílios,  $n_g$  o tamanho da amostra do grupo  $g$  e  $g = 1, \dots, G$  é o índice de grupos. Os grupos foram definidos por classes sociais e regiões macroeconômicas totalizando 20 grupo, sendo 5 regiões com 4 classes sociais. As novas variáveis incluídas na equação (15) são definidas como:

MOR: o número de moradores,

IDO: quantidade de idosos,

IDM: idade média no domicílio e

TEM: temperatura média compensada.

Inicialmente, os modelos foram estimados segundo essa especificação, mas devido a dois problemas ela acabou sendo deixada de lado. O primeiro foi a forte colinearidade apresentada entre os termos nas variáveis isoladas e os termos em interação. Por exemplo,  $Y_i$  e  $Y_i \cdot Y_i PQE_i$  eram muito correlacionadas, o que trazia prejuízos à estimação e sobretudo ao cômputo das estatísticas- $t$ . O segundo problema foi que em certos casos fazia sentido considerar uma relação não-linear entre o consumo de eletricidade e certas variáveis explicativas. Por exemplo, a relação com a variável temperatura é de se esperar ter uma representação em formato de U. Em regiões com maior ocorrência de dias frios, portanto de temperaturas baixas, o consumo de eletricidade tende a ser maior porque as pessoas passam mais tempo em casa (já que no Brasil é pouco usual o uso de aquecedores mesmo em dias frios). Em regiões com maior ocorrência de dias quentes, por sua vez, o consumo de eletricidade também tende a ser maior porque as pessoas ligam ventiladores e aparelhos de ar-condicionado. Em regiões com maior ocorrência de dias com temperaturas amenas, o consumo de eletricidade tende a ser mais baixo, pois os consumidores utilizam uma menor carga de climatização.

Sendo assim, a especificação que acabou sendo usada foi a seguinte:

$$CE_i = \alpha_g + \theta_{pg}P_i + \theta_{yg}Y_i + \theta_{eg}PQE_i + \theta_{cg}PCOM_i + \theta_{mg}MOR_i + \theta_{og}IDO_i + \theta_{ag}IDM_g + \theta_{tg}TEM_g + \\ + \delta_{pg}P_i^2 + \delta_{yg}Y_i^2 + \delta_{pg}PQE_i^2 + \delta_{pg}PCOM_i^2 + \delta_{pg}MOR_i^2 + \delta_{pg}IDO_i^2 + \delta_{pg}IDM_i^2 + \delta_{pg}TEM_i^2 + u_i$$

(16)

A equação (16) foi estimada para todos os 20 grupos e à medida que as variáveis foram apresentando insignificância estatística as mesmas foram sendo retiradas até se chegar a uma especificação particular para cada grupo.

#### 4.2.1 Elasticidades-preço e Elasticidade-renda

As elasticidades têm como objetivo medir a reação ocorrida em uma variável quando uma outra variável for modificada. Logo, a elasticidade-preço da demanda energia elétrica indica a variação na demanda por energia elétrica quando o preço da energia aumentarem um por cento. Já a elasticidade-renda da demanda revela a variação na demanda por energia elétrica quando a renda do domicílio aumentar em um por cento.

Na especificação (16), somente as variáveis  $CE_i$ ,  $P_i$  e  $Y_i$  foram consideradas em versão logarítmica. Todas as outras foram consideradas em sua escala original. Diante disso, a especificação acima pode ser considerada do tipo semilogarítmica e as elasticidades-preço e renda, neste caso, têm de ser computadas de acordo com as seguintes expressões:

$$\varepsilon_{P,CE} = \frac{\delta CE_i}{\delta P_i} = \theta_{pg} + 2\delta_{pg}P_i \quad (17)$$

$$\varepsilon_{Y,CE} = \frac{\delta CE_i}{\delta Y_i} = \theta_{yg} + 2\delta_{yg}Y_i \quad (18)$$

#### 4.3 Estratégia de Estimação

A equação (16) foi estimada para cada grupo pelo método dos mínimos quadrados ponderados (MQP), com pesos determinados pelo plano amostral complexo da POF 2008/9. O objetivo dos pesos amostrais é refletir o número de unidades populacionais que cada unidade amostral representa. Esta seção explica as principais razões de escolha desse método e não de outro (como, por exemplo, variáveis instrumentais) para se estimar as elasticidades.

Inicialmente, observe que a Figura 7 abaixo mostra o tipo de relacionamento causal que se espera existir entre a variável dependente CE e as variáveis explicativas no âmbito do modelo teórico aqui considerado. Como explicado antes, o CE depende diretamente do nível de utilização dos eletrodomésticos e dos equipamentos de iluminação dentro dos domicílios.

Por sua vez, o nível de utilização depende do conjunto de variáveis explicativas (já definidas anteriormente)  $P$ ,  $Y$ ,  $IDM$ ,  $IDO$ ,  $MOR$  e  $TEM$ . Observe que, portanto, a figura indica nexos causais que vão numa só direção, das variáveis explicativas para o uso dos equipamentos, representados por  $PQE$  e  $PCOM$ , e destes para o consumo de eletricidade. Não faz sentido, *a priori*, pensar que o consumo de eletricidade determine ou cause de volta, de forma estrutural, as variáveis explicativas.

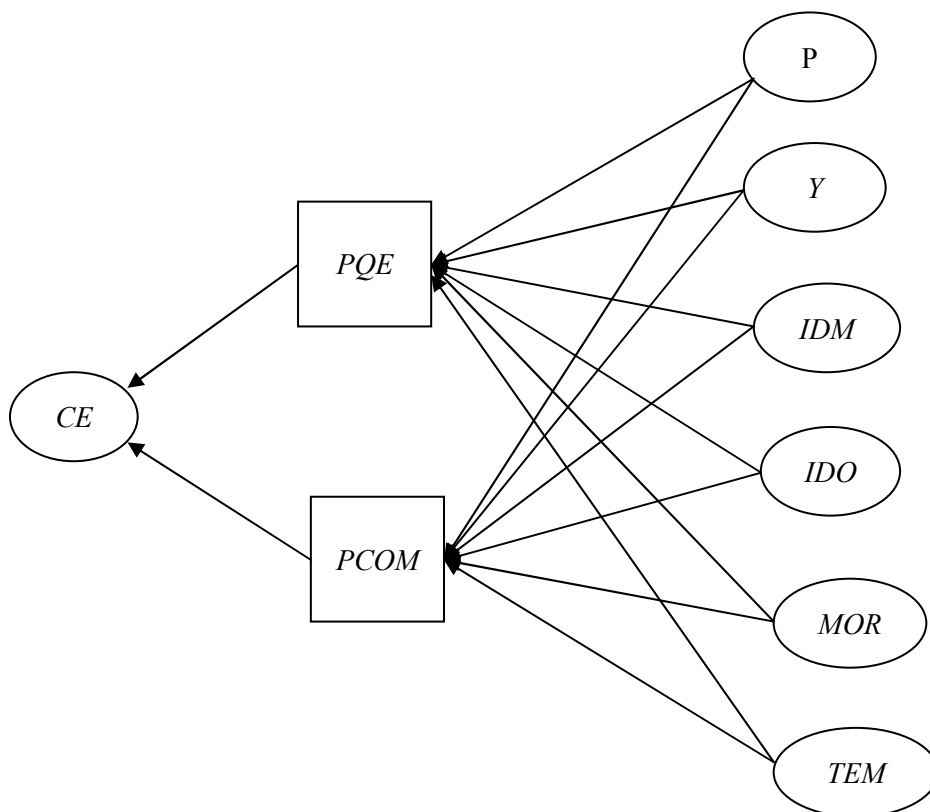


Figura 7 - Relação Causal entre as Variáveis

Isso é particularmente evidente no caso das variáveis  $IDM$ ,  $IDO$ ,  $MOR$  e  $TEM$ . No caso da variável  $Y$ , faz sentido considerar que ela determina o consumo de eletricidade, pois consumidores com maiores níveis de renda naturalmente tendem a consumir mais eletricidade e consumidores com menor nível de renda a consumir menos. Mas o reverso faz pouco ou nenhum sentido, isto é, assumir que o consumo de eletricidade determina a renda dos consumidores. No caso da eletricidade, é mais plausível admitir que seu consumo responde apenas passivamente à variações de renda. A única variável explicativa para a qual talvez fizesse sentido assumir que é causada de volta, de forma estrutural, pelo  $CE$ , seria o preço ou

tarifa de eletricidade. Em modelos teóricas da demanda por bens normais, o preço é uma variável importante para determinar a oferta e, conseqüentemente, o consumo de equilíbrio (entre oferta e demanda) do bem.

Entretanto, no caso concreto do mercado residencial de eletricidade no Brasil, isso provavelmente não acontece por razões institucionais associadas ao modelo de regulação do setor elétrico. Como o mercado residencial/domiciliar é cativo das distribuidoras de eletricidade, o modelo vigente de regulação impõe restrições ao valor da tarifa de eletricidade para esse segmento em particular. Pelas regras vigentes, as tarifas das distribuidoras são reajustadas de cinco em cinco anos, no âmbito do chamado processo de revisão tarifária. E na lógica da revisão tarifária, a magnitude dos reajustes para cada distribuidora é determinada pelas condições de custo da distribuidora mais eficiente, dispositivo que permite proporcionar, em última instância, tarifas módicas aos consumidores cativos. Em suma, em determinado momento a estrutura de tarifas residenciais, embora possa variar regionalmente, está fixa e suas diferenças regionais se devem mais à lógica do modelo de regulação do que propriamente às diferenças de condições de oferta entre as distribuidoras. Portanto, é plausível aqui também assumir que o sentido causal vai apenas de  $P$  para  $CE$ .

Assim, para fins de determinar uma estratégia de estimação das equações econométricas, foi adotada aqui a hipótese de que todas as variáveis explicativas são estritamente exógenas. Do ponto de vista econométrico, isso significa assumir que nenhuma delas tem correlação com o termo de erro do modelo e que, portanto, não existe o problema da endogeneidade. Conseqüentemente, o estimador de MQO nesses casos apresenta boas propriedades de eficiência, consistência e normalidade assintótica<sup>13</sup>.

Além disso, as equações foram estimadas considerando-se o tipo de plano amostral complexo adotado no levantamento da POF 2008/9. Isso significa que o estimador usado na verdade é um caso de MQP, onde os pesos são determinados pelo plano amostral adotado. A pesquisa da POF 2008/9, feita pelo IBGE, disponibiliza aos usuários os pesos das variáveis o que permitiu que nesta pesquisa fosse usado o pacote de comandos *svy* do *software* STATA. Este pacote proporciona rotinas para estimação de modelos de regressão linear via MQP no contexto de dados amostrais complexos. Além da maior eficiência no uso dos dados disponíveis para estimação do modelo, se comparado ao uso de MQO, outra vantagem é que o

---

<sup>13</sup>Para maiores detalhes ver Wooldridge (2010).

uso de MQP com pesos do plano amostral complexo também torna o processo de estimação robusto à presença de heterocedasticidade nos erros do modelo. No caso do uso de MQO, a regressão robusta é obtida usando-se a fórmula de White (1980). No entanto, no caso do uso de MQP para planos amostrais complexos, o estimador da variância dos erros e dos parâmetros são generalizações da fórmula de White e, portanto, já incorporam a possibilidade de heterocedasticidade nos dados (STATA Corporation, 2013).

Cameron e Trivedi (2005) mostram como os estimadores são obtidos quando se incorpora pesos amostrais. Considerando dados da pesquisa com pesos de amostragem iguais a uma matriz  $w_i$ , um dos estimadores possíveis é o MQP usando os pesos amostrais. Dada a regressão linear (19), então os estimadores MQP serão obtidos através da equação (20).

$$y = X'\beta + u \quad (19)$$

$$\hat{\beta}_{\text{MQP}} = (X'WX)^{-1}X'Wy \quad (20)$$

Onde  $y$  é um vetor das observações da variável dependente,  $X'$  é um vetor das observações das variáveis explicativas,  $\beta$  um vetor de parâmetros,  $u$  um vetor dos distúrbios não observados e  $W = \text{Diag}[w_i]$ , sendo  $w_i$  a matriz de pesos amostrais da POF considerada neste estudo.

## 5 Base de Dados

### 5.1 Variável dependente

A variável dependente escolhida para este estudo foi a quantidade consumida de energia elétrica em quilowatts imputada (CE). A POF do IBGE divulga duas variáveis de consumo de eletricidade. A primeira refere-se à última conta paga do mês dentro do período de referência de 90 dias da pesquisa. A segunda também é definida da mesma forma, mas diversos de seus valores foram substituídos por valores imputados pela equipe de pesquisa do IBGE. É esta segunda, então, a variável de CE que foi considerada na construção dos modelos e estimação de elasticidades, por ser uma variável mais coerente com os valores reais e, portanto, livre de possíveis erros.

O processo de crítica e imputação da variável CE teve como objetivo garantir a qualidade e consistência dos dados. Segundo Silva(1988, *apud* Descrição dos Registros da POF 2008-2009, IBGE, p.54) a variável quantidade consumida foi inicialmente disposta em diagramas de dispersão com o objetivo de identificar valores que caracterizavam erros de registro. Após esta etapa, os dados foram submetidos a um sistema de crítica e imputação automática onde esta avaliação foi realizada através de processo denominado Crítica e Imputação para dados Quantitativos - CIDAQ. O sistema CIDAQ teve suas funções definidas para tratamento de erros de resposta ou de medida e não-resposta parcial.

Tal sistema incorpora os seguintes aspectos metodológicos pertinentes (IBGE, 2004):

- Tratamento multivariado de dados, onde os dados podem ser avaliados levando-se em consideração o comportamento conjunto de várias variáveis, como por exemplo, valor de despesa e quantidade consumida;
- Análise exploratória prévia e transformação de dados, que permite trabalhar com distribuições padronizadas;
- Estimação robusta de parâmetros, a partir de dados incompletos, que implementa pesos diferentes para observações mais distantes do conjunto das observações;
- Detecção de casos suspeitos (*outliers*) e
- imputação dos dados faltantes ou rejeitados.

Para ajudar na obtenção de resultados na forma de elasticidades, foi utilizado neste estudo o logaritmo natural da variável quantidade consumida de energia elétrica que passou a ser denominada como LCE.

## 5.2 Variáveis explicativas

**1) Renda (Y):** a renda considerada foi a renda total mensal do domicílio. Esta identifica o valor em reais do rendimento bruto total mensal do domicílio. Segundo a descrição dos registros da POF, o rendimento total é obtido através do somatório dos rendimentos brutos monetários mensais de todos os moradores do domicílio, obtidos através do trabalho, transferências e outras rendas, mais a parcela relativa aos rendimentos não monetários mensais do domicílio, acrescido da variação patrimonial, que compreende vendas de imóveis, recebimentos de heranças e o saldo positivo da movimentação financeira. Para fins de obtenção das estimativas de elasticidade, esta variável foi transformada em logaritmo natural e denominada LY.

**2) Preço (P):** foi construída com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A ANEEL disponibiliza as tarifas médias de fornecimento com início em janeiro de 2003, por empresa, macrorregião brasileira e classes de consumo de energia. A partir de um mapa das áreas de abrangência das concessionárias distribuidoras de energia retirado da ANEEL (2005), foi possível associar cada distribuidora à sua região de atendimento. Com isso, foi feita uma média da tarifa residencial e rural entre todas as distribuidoras para obter as tarifas por estado sendo os meses considerados janeiro de 2003 e janeiro de 2009. Esta variável também foi transformada em logaritmo natural e denominada LP.

**3) Potência da quantidade dos eletrodomésticos (PQE):** foi construída como a média ponderada de diferentes tipos de aparelhos informados pelo domicílio. Ou seja, para que tal processo fosse coerente, foi preciso multiplicar o número de cada aparelho pela sua potência média em watts conforme exibido na tabela 1 antes de somar os valores resultantes. Somar a quantidade de eletrodomésticos puramente daria a um DVD a mesma medida que um ferro elétrico, por exemplo. Usando a média ponderada das potências, como descrito, se possui uma medida de gasto elétrico em watts dos aparelhos.



Os eletrodomésticos considerados para este estudo são os que constam na POF 2008/2009, sendo os seguintes:

- freezer,
- máquina de lavar louças,
- batedeira de bolo,
- liquidificador,
- aspirador de pó,
- ferro elétrico,
- máquina de lavar roupas,
- televisão em cores,
- televisão em preto e branco,
- ar condicionado,
- ventilador e/ou circulador de ar
- máquina de costura,
- secador de cabelos,
- microcomputador,
- forno micro-ondas,
- máquina de secar roupas.
- grill,
- geladeira 1 porta,
- geladeira 2 portas,
- equipamento de som,
- processador de alimentos,
- forno elétrico,
- DVD.

Tabela 1 – Potências Médias dos Aparelhos Elétricos

| Aparelhos elétricos                                      | Potência média em watts |
|--|-------------------------|
| Aparelho de som 3 em 1                                   | 80                      |
| Ar-condicionado (média entre 7.500, 10.000 e 12.000 BTU) | 1.267                   |
| Aspirador de pó  | 100                     |
| Batedeira  | 120                     |
| DVD  | 15                      |
| Ferro elétrico   | 1.000                   |
| Forno elétrico (média entre o grande e o pequeno)        | 1.150                   |
| Forno micro-ondas  | 1.200                   |
| Freezer  | 130                     |
| Geladeira 1 porta  | 90                      |
| Geladeira 2 portas                                       | 130                     |
| Grill  | 900                     |
| Lavadora de louças                                       | 1.500                   |
| Lavadora de roupas                                       | 500                     |
| Liquidificador   | 300                     |
| Máquina de costura                                       | 100                     |
| Microcomputador  | 120                     |
| Multiprocessador   | 420                     |
| Secador de cabelo (média entre o grande e o pequeno)     | 1.000                   |
| Secadora de roupa (média entre a grande e a pequena)     | 2.250                   |
| TV em cores (média entre às de 14”, 18”, 20” e 29”)      | 82,5                    |
| TV em preto e branco                                     | 40                      |
| Ventilador (média entre o pequeno e o de teto)           | 92,5                    |

Fonte: Procel.

**4) Potência dos cômodos (PCOM):** foi obtida multiplicando a potência da lâmpada mais popular à época, incandescente 60 W, pelo total de cômodos existente no domicílio obtendo uma medida em watts.

**5) Número de moradores (MOR):** foi retirada das POFs de forma direta e representa a soma do número total de moradores dentro do mesmo domicílio.

**6) Idade média dos moradores (IDM):** foi construída a partir da variável idade calculada em anos completos das POFs que foi calculada com base na data de nascimento e a

data de início de preenchimento da Caderneta de Despesa Coletiva (POF3). Somaram-se as idades de cada morador e dividiu-se pelo número de moradores do domicílio.

**7) Temperatura média (TEM):** foi obtida no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados disponibilizados pelo INMET são por estações de coleta e mês. Cada estado possui no mínimo uma estação, com exceção do estado de Rondônia que neste caso foram usados os dados do estado do Acre. As estações escolhidas foram as das capitais, mas por não haver todas as informações ou nenhuma do período estudado para o Mato Grosso do Sul considerou-se Cuiabá, para Alagoas considerou-se Palmeira dos Índios, para Mato Grosso considerou-se Padre Ricardo Remetter e para Piauí considerou-se Esperantina. O INMET disponibiliza as temperaturas compensadas médias de cada mês do período de coleta das POFs e a partir desses dados foi realizada uma média do período obtendo informações por estado. A temperatura compensada média é uma média das temperaturas registradas às 00 hora, com às das 12 horas mais a máxima e a mínima do ar sendo a da 00 hora multiplicada por dois (Varejão Silva, 2006)<sup>14</sup>.

**8) Número de idosos (IDO):** foi construída a partir da variável idade em anos completos das POFs. Para moradores com idade maior ou igual a 60 anos atribui-se o título de idoso. Para cada domicílio foi somada a quantidade de idosos para criar a variável IDO.

**9) Dummies DNO, DNE, DCO e DSE:** representam as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, conforme:

$$DNO_i = \begin{cases} 1 & (\text{região Norte}) \\ 0 & (\text{outra região}) \end{cases} \quad DNE_i = \begin{cases} 1 & (\text{região Nordeste}) \\ 0 & (\text{outra região}) \end{cases}$$

$$DCO_i = \begin{cases} 1 & (\text{região Centro - Oeste}) \\ 0 & (\text{outra região}) \end{cases} \quad DSE_i = \begin{cases} 1 & (\text{região Sudeste}) \\ 0 & (\text{outra região}) \end{cases}$$

$$DSU_i = \begin{cases} 1 & (\text{região Sul}) \\ 0 & (\text{outra região}) \end{cases}$$

**10) Classes econômicas AB, C, D e E:** foram definidas de acordo com Neri (2011)<sup>15</sup> e definidas através da variável Y. Os valores das rendas dos domicílios do ano de 2002/03 foram levados para preços de janeiro de 2009 para viabilizar as comparações entre os dois

<sup>14</sup> Varejão Silva (2006) explicita a seguinte fórmula, desenvolvida por Serra (1974), para a temperatura compensada:

$$t = (2 \cdot t_{00} + t_{12} + t_x + t_n)/5,$$

Onde  $t_{00}$  e  $t_{12}$  referem-se, respectivamente, às temperaturas observadas às 00 e às 12 Tempo médio de Greenwich (TMG),  $t_x$  traduz a temperatura máxima do dia em questão (obtida através do termômetro de máxima) e  $t_n$  especifica a temperatura mínima desse mesmo dia (resultante da leitura do termômetro de mínima).

<sup>15</sup> Quadro 3.1 da página 81 em Neri (2011).

períodos considerados. O índice de inflação utilizado foi o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo)<sup>16</sup>. Segue tabela com os limites de renda total do domicílio de cada classe:

Tabela 2 – Definição das Classes Socioeconômicas por Renda Domiciliar Total (preços de 2009)

| Classes   | Inferior* | Superior |
|-----------|-----------|----------|
| <i>E</i>  | 0.00      | 657,28   |
| <i>D</i>  | 657,28    | 1.050,25 |
| <i>C</i>  | 1.050,25  | 4.528,33 |
| <i>AB</i> | 4.528,33  | -        |

Atualização dos limites com base em Neri (2011).

\*Inclusive.

### 5.3 A POF

Para compreender os determinantes do consumo de energia elétrica entre os domicílios brasileiros, fez-se uso dos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) que, segundo o IBGE, contém informações gerais sobre os domicílios, famílias e pessoas, hábitos de consumo, despesas e recebimentos das famílias pesquisadas, tendo como unidade de coleta os domicílios. O tempo definido para cada pesquisa foi de 12 meses, sendo a POF 2002/2003 realizada entre julho de 2002 e junho de 2003 e a POF 2008/2009 entre maio de 2008 e maio de 2009. Devida à abrangência do período de coleta das informações, foi necessário que os valores levantados nas pesquisas fossem valorados a preços de uma determinada data. Para a POF 2002/2003 a data referencial para apresentação dos resultados foi 15 de janeiro de 2003 e para a POF 2008/2009 foi 15 de janeiro de 2009. A fim de permitir a comparação dos dados em valores de ambas as POFs, todos os valores usados aqui foram levados para o mês de janeiro de 2009. Entretanto, tal comparação foi apenas para as estatísticas descritivas uma vez que a POF 2002/2003 não foi usada para fins de estimação.

Ao todo, a POF 2002/2003 é constituída por uma amostra de 48.470 domicílios e a POF 2008-2009 por 55.970 domicílios. Como cada domicílio na amostra representa um

<sup>16</sup> Foi utilizado o seguinte fator de atualização monetária:  $IPCA_{2011}/IPCA_{01,2009} = 1,142583$ . Sendo o  $IPCA_{2011}$  uma média do índice no referido ano.

determinado número de domicílios particulares na população, foi lhes atribuído um peso amostral ou fator de expansão. Assim, a POF 2002/2003 representa uma população de 48 milhões de domicílios e a POF 2008/2009 de 58 milhões de domicílios.

Para a POF, domicílio é a unidade amostral da pesquisa e se caracteriza por ser a moradia estruturalmente separada e independente, constituída por um ou mais cômodos, sendo que as condições de separação e independência de acesso devem ser satisfeitas. Já o termo Unidade de Consumo (UC) é a unidade básica de investigação e análise dos orçamentos. Na POF, o termo “família” é considerado equivalente à Unidade de Consumo e compreende um único morador ou conjunto de moradores que compartilham da mesma fonte de alimentação, isto é, utilizam um mesmo estoque de alimentos e/ou realizam um conjunto de despesas alimentares comuns. Nos casos onde não existia estoque de alimentos nem despesas alimentares comuns a identificação ocorreu através das despesas com moradia (IBGE, 2004).

### **5.3.1 Amostragem**

De acordo com IBGE (2004), a concepção do plano de amostragem adotado na POF 2002/2003 é basicamente a mesma que foi empregada na POF 1995/1996. Entretanto, como a POF 2002/2003 teve sua abrangência territorial ampliada, o planejamento da amostra foi distinto neste sentido, além de utilizar outra variável para estratificação e dimensionamento da amostra. Na POF de 2002/2003, adotou-se, portanto, um plano amostral conglomerado em dois estágios, com estratificação geográfica e estatística (a partir de variável que caracteriza os estratos socioeconômicos) das unidades primárias de amostragem que correspondem aos setores da base geográfica do Censo Demográfico 2000. A estratificação geográfica teve por intuito espalhar geograficamente a amostra, garantindo a participação na amostra das diferentes partes do território brasileiro, o que é de extrema importância dado o enfoque deste trabalho. Para a construção dos estratos estatísticos, foi considerado o rendimento dos domicílios, obtido através do Censo Demográfico.

Os setores foram selecionados por amostragem sistemática com probabilidade proporcional ao número de domicílios no setor, ao passo que os domicílios foram selecionados por amostragem aleatória simples sem reposição, dentro dos setores selecionados. Em seguida, foi aplicado procedimento de distribuição dos setores (e respectivos domicílios selecionados) ao longo dos 12 meses de duração da pesquisa,

garantindo ao longodos trimestres a coleta em todos os estratos geográficos e socioeconômicos (IBGE, 2004).

Segundo o IBGE (2010), o plano de amostragem adotado para a POF 2008/2009 é basicamente o mesmo implementado na POF 2002/2003. Apesar de a estratificação ser diferente na última edição, no sentido que será explicado adiante, é possível reproduzir a estratificação das edições anteriores agregando estratos, podendo-se comparar resultados obtidos para os mesmos domínios.

Um fator importante que facilita a integração entre as diferentes pesquisas domiciliares do IBGE é a utilização de uma infraestrutura amostral comum, cadastro e amostra, definidos especialmente para atender a diferentes pesquisas ao mesmo tempo. A amostra comum, denominada amostra mestra, é um conjunto de setores censitários, que são considerados unidades primárias de amostragem no planejamento amostral de cada uma das pesquisas que utilizarão essa infraestrutura comum. Assim, como em outras pesquisas por amostragem realizadas pelo IBGE, a POF também possui em seu planejamento amostral um estágio de seleção de setores censitários e, na edição de 2008/2009, utilizou como base de seleção a amostramestra desenhada no âmbito do planejamento do referido sistema. No âmbito da teoria estatística, a POF 2008/2009 adotou um plano amostral de conglomerado em dois estágios, com estratificações geográfica e estatística das unidades primárias de amostragem que correspondem aos setores da base geográfica do Censo Demográfico 2000.

### **5.3.2 Aspectos da coleta de informações**

Como instrumentos de coleta, foram usados seis tipos de questionários para a POF 2002/2003 e sete para a POF 2008/2009. A POF 2002/2003 é constituída pelos seguintes questionários:

- POF1: Domicílio,
- POF2: Despesa Coletiva,
- POF3: Caderneta de Despesa Coletiva,
- POF4: Despesa Individual,
- POF5: Rendimento Individual e
- POF6: Condições de Vida.

Por sua vez, a POF 2008/2009 é constituída pelos questionários:

- POF1: Características do Domicílio e dos Moradores,
- POF2:Aquisição Coletiva,
- POF3:Caderneta de Aquisição Coletiva,
- POF4:Aquisição Individual,
- POF5:Trabalho e Rendimento Individual,
- POF6:Avaliação das Condições de Vida e
- POF7: Bloco de Consumo Alimentar Pessoal.

As informações de cada questionário são também divididas por tipos de registro. A POF 2002/2003 possui 14 tipos de registro e a POF 2008/2009 possui 15 tipos. Para fins deste estudo foram utilizados os seguintes registros:

**Tipo 1 (POF1):** Contêm informações sobre as características de cada um dos domicílios entrevistados. Foram consideradas informações a respeito do número de moradores, número de cômodos, quantidade de UCs, fator de expansão, quantidade de banheiros e origem da energia elétrica (apenas para a POF 2002/3) e informações sobre fonte própria de geração ou rede geral de energia elétrica (apenas para a POF 2008/9).

**Tipo 2 (POF1):** Contêm informações sobre cada morador identificado na pesquisa. Foram usadas as informações referentes ao número de identificação do informante, ano de nascimento, idade em anos e renda total.

**Tipo 4 para POF 2002/2003 e Tipo 5 para POF 2008/2009 (POF2):** Contêm informações sobre a posse de bens duráveis no domicílio. Para a POF 2002/3 foram considerados vinte e um tipos de eletrodomésticos e na POF 2008/2009 vinte e quatro tipos. Ao todo vinte e oito eletrodomésticos foram utilizados nesse estudo.

**Tipo 5 para POF 2002/2003 e Tipo 6 para POF 2008/2009 (POF2):** Contém dados sobre as despesas correntes com habitação: gastos com energia elétrica, água e esgoto, gás encanado, pequenos reparos no imóvel, consertos de eletrodomésticos, entre outros. Considerou-se apenas a quantidade de energia elétrica em quilowatt e o valor da despesa com energia elétrica.

## 5.4 Análise preliminar

Magalhães e Lima (2004) destacam que a estatística descritiva é, em geral, utilizada na etapa inicial de uma análise, quando há contato com os dados pela primeira vez. O objetivo é resumir as informações de um específico conjunto de valores denominado amostra. Os autores concluem que “a estatística descritiva pode ser definida como um conjunto de técnicas destinadas a descrever e resumir os dados, a fim de que possamos tirar conclusões a respeito de características de interesse”. Nesta seção as tabelas aqui apresentadas serão úteis para descrever o comportamento das variáveis consideradas.

No primeiro momento, as tabelas 3 e 4 foram montadas<sup>17</sup> com o intuito de compreender o comportamento das variáveis para cada período e com isso a evolução dessas<sup>18</sup>.

A variável quantidade de consumo de energia elétrica (CE) revelou um aumento médio do consumo de energia em quilowatts (kW) de um período para outro de aproximadamente 9,6%. Já a variável preço do quilowatt (P) em 2002/03 foi mínimo em Roraima e máximo no Rio de Janeiro enquanto em 2008/09 foi mínimo no Amapá e máximo em Alagoas com um aumento no preço médio de 11,76% entre os períodos.

A renda (Y) também revelou um aumento médio de um período para outro de aproximadamente 9,2%. As variáveis número de cômodos (COM) e temperatura média (TEM) apresentaram poucas variações entre os períodos, sendo esta última com valor mínimo para o estado do Paraná e máximo para Roraima nos dois tempos. As tabelas também revelaram que enquanto a quantidade média de moradores (MOR) se reduz, a média da variável idade média (IDM) e a média do número de idosos (IDO) aumentaram de um período para outro.

---

<sup>17</sup> Considera-se o plano amostral no *software* STATA através do sistema de comandos *svy*. Tal sistema possibilita apenas médias, proporções, razões e totais como estatísticas descritivas, por isso nem todas as estatísticas possíveis são exibidas aqui.

<sup>18</sup> No apêndice A os histogramas das variáveis são apresentados a fim de demonstrar a distribuição dos dados.



Tabela 3 - Estatísticas Descritivas das Variáveis no período 2002/2003

| Variáveis  | Obs. na Amostra | Obs. na População | Média    | Min.  | Máx.       |
|------------|-----------------|-------------------|----------|-------|------------|
| CE (kW)    | 41029           | 42464657          | 147,22   | 1     | 2.839      |
| P (R\$)    | 48470           | 48394067          | 0,34     | 0,268 | 0,439      |
| Y (R\$)    | 48470           | 48394067          | 2.532,71 | 6,04  | 537.039,40 |
| PQE (W)    | 48470           | 48394067          | 2.521,97 | 0     | 19.180     |
| COM (Un)   | 48470           | 48394067          | 5,80     | 1     | 30         |
| MOR (Qta)  | 48470           | 48394067          | 3,63     | 1     | 20         |
| IDM (Anos) | 48470           | 48394067          | 32,73    | 5,33  | 102        |
| TEM (°C)   | 48470           | 48394067          | 23,54    | 18,41 | 28,52      |
| IDO (Qta)  | 48470           | 48394067          | 0,32     | 0     | 6          |

Fonte: Resultado da pesquisa, baseado em IBGE (2002/03).

Tabela 4 - Estatísticas Descritivas das Variáveis no período 2008/2009

| Variáveis  | Obs. na Amostra | Obs. na População | Média   | Min.  | Máx.       |
|------------|-----------------|-------------------|---------|-------|------------|
| CE (kW)    | 49268           | 52548970          | 161,32  | 1     | 7.274      |
| P (R\$)    | 55970           | 57691781          | 0,38    | 0,244 | 0,518      |
| Y (R\$)    | 55970           | 57691781          | 2766,51 | 0,00  | 117.219,20 |
| PQE (W)    | 55970           | 57691781          | 3019,84 | 0     | 28.935,5   |
| COM (Un)   | 55970           | 57691781          | 5,98    | 1     | 27         |
| MOR (Qta)  | 55970           | 57691781          | 3,30    | 1,00  | 20,00      |
| IDM (Anos) | 55970           | 57691781          | 35,90   | 5,67  | 103        |
| TEM (°C)   | 55.970          | 57691781          | 23,02   | 17,41 | 28,10      |
| IDO (Qta)  | 55970           | 57691781          | 0,37    | 0     | 4          |

Fonte: Resultado da pesquisa, baseado em IBGE (2008/09).

As tabelas que seguem revelam a importância de considerar o plano amostral e os pesos amostrais. Elas mostram a dispersão dos domicílios por regiões geográficas e classes socioeconômicas em cada período estudado. Entretanto, apenas a tabela 5 foi criada fazendo

as devidas considerações acerca do plano amostral e por isso representa a população enquanto a Tabela 6 considerou as informações puras disponibilizadas nas POFs, apenas da amostra.

Pode-se notar na tabela 5 um maior número de domicílios na região Sudeste, seguida pela Nordeste em ambos os anos e um maior crescimento de domicílios na região Norte seguida por Centro Oeste, Nordeste, Sul e Sudeste. Dentre as classes sociais, a classe C possui o maior número de domicílios em ambos os anos, evidenciando que a maioria das famílias pesquisadas pertence a essa classe. Entretanto, a taxa de crescimento da classe C, de um período para o outro, é o que mais se destaca assim como a queda da classe E. Logo, percebe-se um movimento de ascensão entre as classes onde o número de domicílios na mais baixa diminui e nas mais altas aumentam, no caso a classe C seguida pela classe AB.

A tabela 6 apresenta o mesmo tipo de informação da tabela 5, mas sem considerar os pesos amostrais. Os resultados encontrados na tabela 6 mostraram-se bem diferentes, o que levaria a uma análise errônea dos resultados dado que estes não servem para inferência da população mas apenas para uma análise da amostra.

Tabela 5- Número de Domicílios por Classes e Regiões Segundo as POFs de 2002/2003 e 2008/2009 Considerando os Pesos Amostrais

|              | Ano 2002-2003     | Ano 2008-2009     | % de Crescimento |
|--------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Norte        | 3.100.000         | 3.900.000         | 25,81%           |
| Nordeste     | 12.000.000        | 15.000.000        | 25,00%           |
| Sudeste      | 22.000.000        | 25.000.000        | 13,64%           |
| Centro-Oeste | 3.500.000         | 4.400.000         | 25,71%           |
| Sul          | 7.800.000         | 8.900.000         | 14,10%           |
| <b>Total</b> | <b>48.400.000</b> | <b>57.200.000</b> | <b>18,18%</b>    |
| Classe AB    | 6.400.000         | 8.300.000         | 29,69%           |
| Classe C     | 23.000.000        | 32.000.000        | 39,13%           |
| Classe D     | 9.000.000         | 9.400.000         | 4,44%            |
| Classe E     | 10.000.000        | 8.400.000         | -16,00%          |
| <b>Total</b> | <b>48.400.000</b> | <b>58.100.000</b> | <b>20,04%</b>    |

Fonte: Resultado da pesquisa, baseado em IBGE (2002/03 e 2008/09).

Tabela 6- Número de Domicílios por Classes e Regiões Segundo as POFs de 2002/2003 e 2008/2009 Sem os Pesos Amostrais

|              | Ano 2002-2003 | Ano 2008-2009 | % de Crescimento |
|--------------|---------------|---------------|------------------|
| Norte        | 6.868         | 7.611         | 10,82%           |
| Nordeste     | 18.624        | 19.232        | 3,26%            |
| Sudeste      | 8.643         | 14.078        | 62,88%           |
| Centro-Oeste | 8.233         | 8.333         | 1,21%            |
| Sul          | 6.102         | 6.716         | 10,06%           |
| <b>Total</b> | <b>48.470</b> | <b>55.970</b> | <b>15,47%</b>    |
| Classe AB    | 4.764         | 5.820         | 22,17%           |
| Classe C     | 20.257        | 29.045        | 43,38%           |
| Classe D     | 9.901         | 10.789        | 8,97%            |
| Classe E     | 13.548        | 10.316        | -23,86%          |
| <b>Total</b> | <b>48.470</b> | <b>55.970</b> | <b>15,47%</b>    |

Fonte: Resultado da pesquisa, baseado em IBGE (2002/03 e 2008/09).

A Tabela 7 resume a distribuição dos domicílios brasileiros por regiões e classes socioeconômicas. Analisando cada classe, pode-se obter conclusões sobre a evolução socioeconômica das famílias no decorrer dos anos em cada macro região.

A região Sudeste possui a maioria dos domicílios das classes AB e C em ambos os anos. A classe AB apresentou maior crescimento na região Norte, seguida por Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. Já a classe C cresceu mais no Nordeste brasileiro, seguida por Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, sendo essas duas últimas com igual crescimento. O Sudeste era a região com mais domicílios na classe D, entretanto, o Nordeste assumiu o posto no período 2008/2009. A classe D apresentou grande crescimento no Nordeste, crescimento esse quase o dobro da região seguinte, Norte. Centro-Oeste revelou crescimento baixo para a classe sendo evidente a queda de mais de 90% no Sudeste e mais de 20% no Sul. A classe E foi a única classe com o maior número de domicílios no Nordeste nos dois períodos estudados, mesmo com queda para todas as regiões brasileiras. As maiores quedas ocorreram nas regiões Sudeste e Centro-Oeste seguidas por Sul, Norte e por fim Nordeste. Estes resultados vão de encontro com os do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) que constrói uma série com a proporção do número de domicílios pobres com base nas respostas

da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/IBGE)<sup>19</sup>. A Tabela 8 mostra os resultados da média da proporção do número de domicílios pobres entre 2002/2003 e 2008/2009, que são os anos de interesse deste trabalho. Em todas as regiões o número desse tipo de domicílio caiu de um período para outro além de evidenciar que, assim como aqui encontrado, a região com o maior número de domicílios na classe E continua sendo o Nordeste.

Observando os dados sob a ótica das regiões, tem-se que na região Norte houve grande crescimento da classe AB seguida pela C. No Nordeste houve destaque para o maior crescimento da classe C, depois AB e D. Na região Centro-Oeste também houve grande crescimento da classe C e um pouco menor para a classe AB. Na região Sudeste a classe que mais cresceu foi a C seguida por AB. Por fim, o Sul tem maior crescimento da classe AB, sendo esse o dobro da classe C, a segunda com maior crescimento na região.

Por fim, conclui-se desta etapa que a classe que obteve a maior taxa de crescimento no período estudado foi a classe C e que a classe E foi a que menos cresceu, ou melhor, foi a única que apresentou diminuição ao longo do tempo. Este resultado corrobora com os encontrados por Neri (2008), em que o autor concluiu que os dados, que vão de 2002 a 2008, indicavam uma continuidade da queda da miséria e a expansão da classe média (classe C) observada depois do fim da recessão de 2003.

---

<sup>19</sup>Considera-se a proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* inferior à linha de pobreza. A linha de pobreza considerada pelo IPEA é o dobro da linha de extrema pobreza, uma estimativa do valor de uma cesta de alimentos com o mínimo de calorias necessárias para suprir adequadamente uma pessoa, com base em recomendações da FAO e da OMS.

Tabela 7 - Número de Domicílios por Regiões e Classes

|                                |           | NO        | NE         | CO        | SE         | SU        | Total      |
|--------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| <b>2002</b>                    | Classe AB | 210.000   | 700.000    | 430.000   | 4.000.000  | 1.000.000 | 6.400.000  |
|                                | Classe C  | 1.300.000 | 3.900.000  | 1.600.000 | 12.000.000 | 4.400.000 | 23.000.000 |
|                                | Classe D  | 720.000   | 2.700.000  | 710.000   | 3.400.000  | 1.400.000 | 9.000.000  |
|                                | Classe E  | 920.000   | 4.900.000  | 780.000   | 2.700.000  | 980.000   | 10.000.000 |
|                                | Total     | 3.150.000 | 12.200.000 | 3.520.000 | 22.100.000 | 7.780.000 | 48.400.000 |
| <b>2008</b>                    | Classe AB | 350.000   | 1.000.000  | 640.000   | 4.800.000  | 1.500.000 | 8.300.000  |
|                                | Classe C  | 2.000.000 | 6.200.000  | 2.400.000 | 15.000.000 | 5.500.000 | 32.000.000 |
|                                | Classe D  | 830.000   | 3.500.000  | 740.000   | 330.000    | 1.100.000 | 9.400.000  |
|                                | Classe E  | 760.000   | 4.300.000  | 580.000   | 2.000.000  | 780.000   | 8.400.000  |
|                                | Total     | 3.940.000 | 15.000.000 | 4.360.000 | 22.130.000 | 8.880.000 | 58.100.000 |
| <b>Taxa de Crescimento (%)</b> | Classe AB | 66,67     | 42,86      | 48,84     | 20,00      | 50,00     | 29,69      |
|                                | Classe C  | 53,85     | 58,97      | 50,00     | 25,00      | 25,00     | 39,13      |
|                                | Classe D  | 15,28     | 29,63      | 4,23      | -90,29     | -21,43    | 4,44       |
|                                | Classe E  | -17,39    | -12,24     | -25,64    | -25,93     | -20,41    | -16,00     |
|                                | Total     | 25,08     | 22,95      | 23,86     | 0,14       | 14,14     | 20,04      |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 8 – Proporção de Domicílios Pobres (%) por Regiões

|                     | Média da proporção de domicílios pobres em 2002/03 | Média da proporção de domicílios pobres em 2008/09 | Taxa de crescimento da proporção dos pobres (%) |
|---------------------|--|--|---|
| Região Norte        | 39,30  | 25,74  | -34,50  |
| Região Nordeste     | 50,27  | 33,24  | -33,89  |
| Região Centro-Oeste | 19,99  | 9,68   | -51,58  |
| Região Sudeste      | 17,92  | 9,27   | -48,27  |
| Região Sul          | 17,91  | 9,09   | -49,23  |

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPEADATA retirados da PNAD.

## **6 Análise Empírica**

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados dos modelos estimados. A equação (16) foi estimada para cada classe socioeconômica em cada macrorregião brasileira, obtendo ao todo 20 equações produto de 5 regiões com 4 classes. Na subseção seguinte, são apresentadas tabelas com as estimativas das equações por macrorregião brasileira e dentro de cada tabela os resultados por classes socioeconômicas. Uma primeira análise estatística dos resultados também é realizada nessa primeira subseção. Na subseção 6.2 é feita uma discussão das elasticidades tanto inter-regionais quanto interclasses assim como uma comparação com os resultados da literatura nacional.

### **6.1 Resultados**

As tabelas seguintes mostram os resultados encontrados por regiões e classes econômicas. Primeiramente é importante ressaltar que as estimações foram feitas usando-se o módulo de comandos *svy* do *software* STATA 12.0, que permite análise de regressão linear com dados amostrais complexos.

Vale lembrar também que os métodos de estimação adotados pelos comandos *svy* são robustos à ocorrência de heterocedasticidade. Logo, não há a necessidade de correções deste tipo ou testes pós-estimação.

Inicialmente, as estimações foram feitas para os dois períodos da POF, tanto 2002/2003 quanto 2008/2009. Entretanto, os resultados encontrados para o período de 2002/2003 foram pouco significativos. Uma explicação para esse resultado foi o racionamento ocorrido entre junho de 2001 a fevereiro de 2002 devido à falta de investimentos adequados na geração de energia elétrica (Bardelin, 2004). Com o racionamento, mudanças de comportamento por parte dos consumidores podem não ter sido captadas pelos dados do referido período, o que levaria a um mau ajustamento das estimações.

No geral, pode-se perceber que os ajustes das estimações foram melhores para as classes de maior renda. Para todas as regiões, a classe que possui o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é a AB seguida por C enquanto D e E apresentam ajustes mais baixos.

A seguir, serão discutidas as variáveis incluídas nos modelos com exceção do preço e da renda que, por terem maior destaque neste trabalho, serão analisadas na próxima subseção.

Observa-se na tabela 9 os resultados encontrados por classes na região Norte. Para todas as classes, a potência referente ao número de cômodos e à quantidade de equipamentos elétricos, a temperatura e temperatura ao quadrado, assim como o número de moradores são importantes para explicar o consumo de energia elétrica domiciliar. Todas, com exceção da temperatura e das demais variáveis ao quadrado, quando variam positivamente aumentam também o consumo de energia. No caso da temperatura, quanto maior ela estiver menor será o consumo, entretanto esse movimento ocorrerá até determinado ponto em que o aumento de temperatura passa a aumentar o consumo. A idade média dos moradores aumenta o consumo apenas para as classes AB e C, indicando que para essas classes o aumento das idades levaria ao maior consumo de energia. Para as classes AB e D um aumento da potência dos eletrodomésticos leva a um aumento do consumo de energia até certo ponto em que, dada a potência de alimentação que corresponde à demanda máxima presumida instalada<sup>20</sup>, o consumo não aumentará mais. Tal conclusão também pode ser feita para a variável potência dos cômodos da estimação referente à classe C. Ainda em tal classe, o número de moradores aumentam o consumo de energia, entretanto esse aumento ocorre até determinado ponto também.

---

<sup>20</sup>Para maiores detalhes ver Cotrim (2009).

Tabela 9 – Resultados da Região Norte por Classes para o Período de 2008/2009

| Variáveis         | Variável dependente: LCE   |                           |                           |                           |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                   | AB                         | C                         | D                         | E                         |
| LP                | -0,933***<br>(0,212)       | -0,805***<br>(0,136)      | -0,339*<br>(0,180)        | -0,671***<br>(0,195)      |
| LY                | 0,173*<br>(0,0913)         | 0,285***<br>(0,0456)      | 0,180<br>(0,158)          | 0,0621<br>(0,0582)        |
| PCOM              | 0,000759***<br>(0,000251)  | 0,00117***<br>(0,000415)  | 0,000703***<br>(0,000259) | 0,000650*<br>(0,000344)   |
| PCOM <sup>2</sup> | -                          | -6,08e-07<br>(5,07e-07)   | -                         | -                         |
| PQE               | 0,000163***<br>(2,99e-05)  | 0,000116***<br>(1,06e-05) | 0,000245***<br>(3,93e-05) | 0,000248***<br>(2,96e-05) |
| PQE <sup>2</sup>  | -7,28e-09***<br>(2,04e-09) | -                         | -1,39e-08*<br>(7,12e-09)  | -                         |
| TEM               | -6,191**<br>(2,401)        | -7,346***<br>(1,176)      | -5,788***<br>(1,634)      | -5,678***<br>(1,709)      |
| TEM <sup>2</sup>  | 0,117**<br>(0,0457)        | 0,139***<br>(0,0223)      | 0,110***<br>(0,0309)      | 0,108***<br>(0,0324)      |
| MOR               | 0,0672***<br>(0,0189)      | 0,0978***<br>(0,0260)     | 0,0447***<br>(0,0113)     | 0,00869<br>(0,0154)       |
| MOR <sup>2</sup>  | -                          | -0,00774***<br>(0,00222)  | -                         | -                         |
| IDM               | 0,00880***<br>(0,00322)    | 0,00339**<br>(0,00142)    | -                         | -                         |
| Constante         | 83,36***<br>(31,64)        | 97,62***<br>(15,45)       | 78,63***<br>(21,70)       | 77,13***<br>(22,43)       |
| Observações       | 648                        | 3.143                     | 1.137                     | 950                       |
| R <sup>2</sup>    | 0,300                      | 0,199                     | 0,148                     | 0,151                     |

Fonte: Elaboração própria.

Obs: Erros padrões em parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Diferente da interpretação anterior, para a região Nordeste (tabela 10) aumentos na temperatura aumentam também o consumo de energia, salvo para a classe E em que tal variável não foi significativa. Adicionalmente, a variável número de idosos é significativa para todas as classes exceto para E, e para as classes AB e C possuem um efeito negativo no consumo e para a classe D positivo.



Tabela 10 -Resultados da Região Nordeste por Classes para o Período de 2008/2009

| Variáveis         | Variável dependente: LCE   |                            |                           |                           |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                   | AB                         | C                          | D                         | E                         |
| LP                | -1,808*<br>(1,082)         | -0,309***<br>(0,0575)      | -0,261***<br>(0,0679)     | -0,293***<br>(0,0787)     |
| LP <sup>2</sup>   | -1,042*<br>(0,574)         | -                          | -                         | -                         |
| LY                | 2,819***<br>(0,966)        | 0,251***<br>(0,0219)       | 0,167**<br>(0,0743)       | 0,0794***<br>(0,0223)     |
| LY <sup>2</sup>   | -0,147***<br>(0,0514)      | -                          | -                         | -                         |
| PCOM              | 0,00133***<br>(0,000349)   | 0,000447***<br>(8,87e-05)  | 0,000466***<br>(0,000121) | 0,000273**<br>(0,000137)  |
| PCOM <sup>2</sup> | -7,00e-07***<br>(2,32e-07) | -                          | -                         | -                         |
| PQE               | 0,000168***<br>(2,05e-05)  | 0,000192***<br>(1,65e-05)  | 0,000221***<br>(3,18e-05) | 0,000225***<br>(3,16e-05) |
| PQE <sup>2</sup>  | -6,38e-09***<br>(1,29e-09) | -1,17e-08***<br>(2,32e-09) | -1,96e-08**<br>(8,11e-09) | -1,82e-08*<br>(1,02e-08)  |
| TEM               | 0,0472*<br>(0,0256)        | 0,0471***<br>(0,0129)      | 0,0443***<br>(0,0156)     | -                         |
| MOR               | 0,0565***<br>(0,0123)      | 0,105***<br>(0,0137)       | 0,0218***<br>(0,00765)    | 0,0287***<br>(0,00643)    |
| MOR <sup>2</sup>  | -                          | -0,00570***<br>(0,00108)   | -                         | -                         |
| IDM               | 0,00412**<br>(0,00189)     | 0,0157***<br>(0,00255)     | -0,00327***<br>(0,000947) | -                         |
| IDM <sup>2</sup>  | -                          | -0,000142***<br>(2,84e-05) | -                         | -                         |
| IDO               | -0,0619**<br>(0,0288)      | -0,0468***<br>(0,0149)     | 0,0425*<br>(0,0223)       | -                         |
| Constante         | -11,67**<br>(4,542)        | -0,0805<br>(0,351)         | 1,258**<br>(0,641)        | 2,869***<br>(0,152)       |
| Observações       | 1.177                      | 7.461                      | 4.002                     | 4.592                     |
| R <sup>2</sup>    | 0,345                      | 0,224                      | 0,112                     | 0,095                     |

Fonte: Elaboração própria.

Obs: Erros padrões em parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Na região Centro-Oeste variáveis como potência dos cômodos e dos eletrodomésticos ao quadrado não se mostraram muito relevantes na explicação do consumo de energia, apenas essa última para a classe E. A variável temperatura aumenta o consumo quando varia positivamente, entretanto esse aumento não ocorre indefinidamente. Os domicílios dessa região costumam gastar menos energia quando a temperatura está muito alta.

Tabela 11 -Resultados da Região Centro-Oeste por Classes para o Período de 2008/2009

| Variáveis        | Variável dependente: LCE  |                            |                           |                            |
|------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                  | AB                        | C                          | D                         | E                          |
| LP               | -1,838***<br>(0,331)      | -1,327***<br>(0,147)       | -1,303***<br>(0,220)      | -1,774***<br>(0,297)       |
| LY               | 0,0864**<br>(0,0402)      | 0,156***<br>(0,0265)       | 0,0491<br>(0,146)         | 0,0201<br>(0,0160)         |
| PCOM             | 0,000823***<br>(0,000172) | 0,000527***<br>(0,000119)  | 0,000649***<br>(0,000213) | 0,000608**<br>(0,000255)   |
| PQE              | 5,44e-05***<br>(7,62e-06) | 9,12e-05***<br>(1,76e-05)  | 9,24e-05***<br>(2,25e-05) | 0,000187***<br>(3,80e-05)  |
| PQE <sup>2</sup> | -                         | -3,01e-09<br>(1,93e-09)    | -                         | -1,99e-08***<br>(4,70e-09) |
| TEM              | 2,549***<br>(0,605)       | 1,661***<br>(0,293)        | 1,386***<br>(0,435)       | 1,687**<br>(0,682)         |
| TEM <sup>2</sup> | -0,0516***<br>(0,0124)    | -0,0342***<br>(0,00601)    | -0,0287***<br>(0,00892)   | -0,0358**<br>(0,0140)      |
| MOR              | 0,206***<br>(0,0472)      | 0,206***<br>(0,0258)       | 0,228***<br>(0,0433)      | 0,0191<br>(0,0166)         |
| MOR <sup>2</sup> | -0,0115**<br>(0,00471)    | -0,0150***<br>(0,00266)    | -0,0204***<br>(0,00583)   | -                          |
| IDM              | 0,00579***<br>(0,00178)   | 0,0106***<br>(0,00282)     | -                         | -0,00412***<br>(0,00134)   |
| IDM <sup>2</sup> | -                         | -8,70e-05***<br>(3,23e-05) | -                         | -                          |
| Constante        | -29,89***<br>(7,626)      | -18,69***<br>(3,670)       | -14,42***<br>(5,555)      | -17,29**<br>(8,487)        |
| Observações      | 942                       | 4.110                      | 1.227                     | 939                        |
| R <sup>2</sup>   | 0,389                     | 0,204                      | 0,164                     | 0,173                      |

Fonte: Elaboração própria.

Obs: Erros padrões em parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Para a região Sudeste, a potência dos eletrodomésticos ao quadrado foi relevante apenas para as classes C e D assim como a temperatura ao quadrado. A temperatura mostrou correlação positiva com o consumo apenas para as classes AB e E e para as classes em que revelou sinal negativo, quando elevada ao quadrado a temperatura apresentou sinal positivo. A idade média é relevante apenas para as classes AB e C, impactando positivamente no consumo de energia quando aumenta e, além disso, para a classe C ocorre uma redução quando há valores altos para a variável. Quando o número de idosos aumenta o consumo diminui para as classes D e E, e para esta última o consumo aumenta a partir de determinado ponto.

Tabela 12 - Resultados da Região Sudeste por Classes para o Período de 2008/2009

| Variáveis        | Variável dependente: LCE  |                            |                            |                           |
|------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                  | AB                        | C                          | D                          | E                         |
| LP               | -1,122***<br>(0,350)      | 0,747***<br>(0,215)        | 0,0917<br>(0,151)          | -2,005***<br>(0,399)      |
| LY               | 0,106**<br>(0,0424)       | 0,126***<br>(0,0272)       | 1,486***<br>(0,391)        | 0,270**<br>(0,107)        |
| PCOM             | 0,000335***<br>(0,000108) | 0,000508***<br>(0,000114)  | 0,000789***<br>(0,000256)  | 0,000220<br>(0,000351)    |
| PQE              | 6,68e-05***<br>(7,49e-06) | 0,000116***<br>(1,90e-05)  | 0,000211***<br>(4,07e-05)  | 0,000167***<br>(3,55e-05) |
| PQE <sup>2</sup> | -                         | -5,72e-09***<br>(1,90e-09) | -2,43e-08***<br>(6,49e-09) | -                         |
| TEM              | 0,0703***<br>(0,0200)     | -2,327***<br>(0,309)       | -3,664***<br>(0,558)       | 0,0825***<br>(0,0315)     |
| TEM <sup>2</sup> | -                         | 0,0509***<br>(0,00678)     | 0,0803***<br>(0,0122)      | -                         |
| MOR              | 0,104***<br>(0,0142)      | 0,237***<br>(0,0250)       | 0,0789***<br>(0,0149)      | 0,211***<br>(0,0611)      |
| MOR <sup>2</sup> | -                         | -0,0167***<br>(0,00280)    | -                          | -0,0206***<br>(0,00677)   |
| IDM              | 0,00341**<br>(0,00137)    | 0,00935***<br>(0,00315)    | -                          | -                         |
| IDM <sup>2</sup> | -                         | -7,09e-05**<br>(3,35e-05)  | -                          | -                         |
| IDO              | -                         | -                          | -0,0770**<br>(0,0378)      | -0,327*<br>(0,179)        |
| IDO <sup>2</sup> | -                         | -                          | -                          | 0,232**<br>(0,0943)       |
| Constante        | 0,814<br>(0,863)          | 29,78***<br>(3,675)        | 46,14***<br>(6,760)        | -1,555<br>(1,218)         |
| Observações      | 1.854                     | 7.702                      | 1.930                      | 1.203                     |
| R <sup>2</sup>   | 0,243                     | 0,166                      | 0,154                      | 0,159                     |

Fonte: Elaboração própria.

Obs: Erros padrões em parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Já para a região Sul, quando a temperatura aumenta o consumo de energia diminui. A idade média ao quadrado é significativa apenas para as classes AB e C e idosos para as classes C e D.

Tabela 13 - Resultados da Região Sul por Classes para o Período de 2008/2009

| Variáveis        | Variável dependente: LCE  |                            |                           |                           |
|------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                  | AB                        | C                          | D                         | E                         |
| LP               | -1,194***<br>(0,294)      | -1,088***<br>(0,187)       | -0,958**<br>(0,401)       | -1,408***<br>(0,486)      |
| LY               | -2,462***<br>(0,837)      | 0,160***<br>(0,0310)       | 0,105<br>(0,177)          | -0,0607<br>(0,0695)       |
| LY <sup>2</sup>  | 0,132***<br>(0,0445)      | -                          | -                         | -                         |
| PCOM             | 0,000229*<br>(0,000129)   | 0,000771***<br>(0,000108)  | 0,00139***<br>(0,000313)  | 0,000566<br>(0,000366)    |
| PQE              | 5,36e-05***<br>(6,78e-06) | 8,08e-05***<br>(1,39e-05)  | 0,000100***<br>(2,90e-05) | 7,83e-05***<br>(2,12e-05) |
| PQE <sup>2</sup> | -                         | -3,03e-09***<br>(1,15e-09) | -5,01e-09*<br>(2,62e-09)  | -                         |
| TEM              | -0,0507***<br>(0,0147)    | -0,0182*<br>(0,0102)       | -0,0394**<br>(0,0182)     | -0,0316<br>(0,0254)       |
| MOR              | 0,434***<br>(0,0875)      | 0,302***<br>(0,0284)       | 0,164***<br>(0,0513)      | 0,402***<br>(0,0944)      |
| MOR <sup>2</sup> | -0,0390***<br>(0,0122)    | -0,0232***<br>(0,00337)    | -0,0139**<br>(0,00612)    | -0,0341***<br>(0,0118)    |
| IDM              | 0,0292***<br>(0,0101)     | 0,0113***<br>(0,00351)     | -                         | 0,00450*<br>(0,00257)     |
| IDM <sup>2</sup> | -0,000272**<br>(0,000125) | -7,07e-05*<br>(4,02e-05)   | -                         | -                         |
| IDO              | -                         | -0,0740***<br>(0,0248)     | -0,0861**<br>(0,0420)     | -                         |
| Constante        | 14,57***<br>(3,890)       | 1,618***<br>(0,346)        | 2,926**<br>(1,323)        | 2,955***<br>(0,915)       |
| Observações      | 999                       | 3.967                      | 753                       | 532                       |
| R <sup>2</sup>   | 0,277                     | 0,217                      | 0,172                     | 0,216                     |

Fonte: Elaboração própria.

Obs: Erros padrões em parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

## 6.2 Discussão

A seguir dois quadros com as elasticidades-preço e elasticidades-renda estimadas são apresentados.

Tabela 14 - Elasticidades-preço Estimadas

| Regiões | Classes |        |         |        |
|---------|---------|--------|---------|--------|
|         | AB      | C      | D       | E      |
| N       | -0,933  | -0,805 | -0,339  | -0,671 |
| NE      | -3,892  | -0,309 | -0,261  | -0,293 |
| CO      | -1,838  | -1,327 | -1,303  | -1,774 |
| SE      | -1,122  | 0,747  | 0,0917* | -2,005 |
| S       | -1,194  | -1,088 | -0,958  | -1,408 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos. \*Não significativa.

Tabela 15 - Elasticidades-renda Estimadas

| Regiões | Classes |       |         |          |
|---------|---------|-------|---------|----------|
|         | AB      | C     | D       | E        |
| N       | 0,173   | 0,285 | 0,180*  | 0,0621*  |
| NE      | 2,525   | 0,251 | 0,167   | 0,0794   |
| CO      | 0,0864  | 0,156 | 0,0491* | 0,0201*  |
| SE      | 0,106   | 0,126 | 1,486   | 0,270    |
| S       | -2,198  | 0,160 | 0,105   | -0,0607* |

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos. \*Não significativa.

### 6.2.1 Elasticidade-preço

Das elasticidades-preço estimadas, muitas apresentaram significância estatística e sinal negativo como o esperado. Para as classes C e D da região Sudeste, as elasticidades-preço apresentaram sinal positivo, sendo a última sem significância. No caso da elasticidade da classe C tal resultado indicaria uma relação positiva entre o preço e o consumo de eletricidade, o que não é esperado teoricamente.

Ao todo, as elasticidades-preço estimadas variam entre -3,892 e 0,747, sendo a primeira para classe AB na região Nordeste e a última para a classe C também na região Sudeste, caso citado no parágrafo acima. No primeiro caso, a elasticidade-preço da demanda da classe AB na região Nordeste indica que a demanda por energia elétrica é elástica e que esta é a classe mais sensível se comparada com todos os outros resultados obtidos. Um

aumento do preço da energia causaria uma redução de maior impacto no consumo de eletricidade para esse grupo.

Na região Norte, as elasticidades-preço variam entre -0,933 a -0,339, sendo todas inelásticas ao preço da energia. Isso significa que aumentos no preço diminuem o consumo de energia em magnitude inferior à variação no preço. As classes menos sensíveis às variações do preço na referida região são as classes D e E. Na região Nordeste as elasticidades variam entre -3,892 para a classe AB, que se obteve através da equação (17), e -0,261 para a classe D. Tais resultados sugerem que nestas regiões o custo marginal de reduzir o consumo de energia elétrica para as famílias mais pobres é maior do que para as classes mais ricas, dado que para as mais pobres o consumo de energia é de extrema importância para o bem estar mínimo, ou seja, a energia gasta é suficiente apenas para manter o que seria essencial no cotidiano das famílias.

Para a região Centro-Oeste, as elasticidades-preço variam entre -1,838 a -1,303 e na região Sudeste a elasticidade-preço da classe AB se revelou igual a -1,122. Nesses casos, tem-se que os domicílios possuem demanda elástica para a energia elétrica. Ou seja, tais domicílios são mais sensíveis às variações de preço da eletricidade reduzindo a quantidade consumida em um nível superior à variação do preço.

Na região Sul, tem-se elasticidades-preço entre -1,408 e -0,958 sendo a última da classe D a única inelástica na região. A mais sensível é a classe E, seguida pelas classes AB e C.

Entre as classes socioeconômicas, a classe AB possui o maior número de elasticidades-preço elásticas, exceto a região Norte com elasticidade igual a -0,933. Na classe C as regiões Centro-Oeste e Sul também apresentaram elasticidades mais elásticas enquanto Norte e Nordeste elasticidades-preço da demanda inelásticas. Na classe D, muitas das elasticidades são inelásticas, com exceção da região Centro-Oeste. Na classe E, Norte e Nordeste são inelásticas e as demais regiões apresentam elasticidades mais sensíveis.

Em geral, esses resultados sugerem que um aumento no preço da energia elétrica causará uma diminuição da quantidade de energia demanda em nível superior ao aumento no preço na classe AB enquanto grande parte dos domicílios na classe D responderá com uma diminuição do consumo em quantidade proporcionalmente menor que o aumento do preço. Sob a ótica das regiões, as elasticidades-preço da demanda das regiões Centro-Oeste e Sul são as mais elásticas e a Norte e Nordeste as mais inelásticas. Logo, um aumento no preço causaria uma diminuição da demanda por energia maior nas regiões Centro-Oeste e Sul e uma

diminuição menor no Norte e Nordeste, sendo essas duas últimas regiões com maiores proporções de domicílios pobres de acordo com a tabela 8 apresentada no capítulo anterior.

Como visto na literatura nacional diversos valores para a elasticidade-preço são encontrados. As elasticidades-preço encontradas em estudos como o de Irfiet *al.* (2009), Amaral e Monteiro (2010), Farinazzo (2012) e Leite (2006) variam entre -0,90a -0,20, o que está de acordo com as elasticidades encontradas para a região Norte e Nordeste com exceção da classe AB. Entretanto, Garbacz (1983) encontrou elasticidade-preço maior que a unidade o que justificaria os resultados encontrados para as demais regiões.

### 6.2.2 Elasticidade-renda

Com exceção da elasticidade da classe AB na região Sul, todas as elasticidades-renda estimadas apresentaram sinal positivo esperado. Entretanto, para as classes D e E das regiões Norte, Centro-Oeste e Sul as elasticidades-renda não apresentaram significância estatística.

A região Norte apresenta elasticidades menores que a unidade, sendo menor para classe AB, 0,173 e maior para classe C, 0,285. Logo, para essa região o aumento no consumo de energia elétrica é proporcionalmente menor que o aumento na renda.

Para a região Nordeste, a menor elasticidade, no valor de 0,0794, é da classe E que vai aumentando até chegar à classe AB sendo igual a 2,525. Tal resultado sugere que um aumento na renda das famílias na região citada aumente mais o consumo de energia elétrica das classes com maior poder aquisitivo e menos para as classes mais pobres, indicando que a prioridade das famílias de renda mais baixa nessa região quando a renda aumentanão é o consumo de energia elétrica.

Para a região Centro-Oeste, a elasticidade renda da classe AB se revelou baixa, menor que a da classe C, sendo todas pouco sensíveis a variações na renda. A região Sudeste apresentou elasticidades-renda de demanda entre 0,106 e 1,486 sendo a primeira para a classe AB e a segunda para a classe D. Nessa última região percebe-se que um aumento na renda aumenta mais o consumo das classes mais pobres do que a das mais ricas.

Já para a região Sul, a elasticidade-renda da demanda da classe AB foi negativa, indicando que um aumento na renda diminuiria o consumo de energia, enquanto a elasticidade da classe C se revelou menor que um, revelando um aumento no consumo menor que o aumento da renda.

Os domicílios da classe AB revelaram menor elasticidade-renda da demanda na região Sul, seguida por Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste. Para a classe C, as elasticidades encontradas variaram de 0,126 a 0,285, sendo a menor no Sudeste e a maior no Norte. Logo, variações na renda dessas classes aumentariam mais o consumo de energia nas regiões Nordeste e Norte e menos nas regiões Sul e Sudeste, respectivamente.

No geral, as regiões Norte, Nordeste e Sudeste aumentariam mais o consumo de energia elétrica no caso de uma variação positiva na renda do que as regiões Centro-Oeste e Sul.

Para a classe D, a maior elasticidade-renda encontrada é para o Sudeste e a menor no Nordeste. Logo, para a classe D um aumento na renda aumenta mais o consumo de energia na região Sudeste do que para o Nordeste. Já as elasticidades encontradas para a classe E são baixas, principalmente para o Nordeste revelando que um aumento na renda para tais domicílios pouco aumentaria a demanda por energia.

Assim como para a elasticidade-preço, várias elasticidades-renda foram encontradas na literatura nacional. Garcez e Ghirardi (2003) encontraram elasticidades-renda entre 0,127 e 0,394 que corroboram com os resultados encontrados no Norte, para as classes AB e C, no Nordeste, para as classes C e D, no Centro-Oeste, para a classe C, no Sudeste, para as classes C e E e no Sul, para a classe C. Irfiel *al.* (2009) encontraram elasticidade-renda da demanda de energia de curto prazo baixa como as encontradas para o Centro-Oeste, classe AB, e Nordeste, classe E.



## 7 Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo estimar as elasticidades da demanda de eletricidade em relação à renda, preço e outras variáveis no contexto brasileiro utilizando os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2008/2009. Para tanto, diferentes formas funcionais de modelos foram estimados via mínimos quadrados ponderados e testados a fim de se obter a melhor especificação, que se revelou do tipo semi-logarítmica com termos ao quadrado.

Inicialmente, com o intuito de inserir o contexto elétrico na dissertação, foram apresentados um breve histórico das transformações ocorridas no setor elétrico e como é dado o consumo de energia elétrica no país. Uma revisão dos trabalhos nacionais e internacionais foi realizada focando nas elasticidades-renda e preço estimadas e nos modelos teóricos considerados.

Na análise descritiva, o consumo de energia elétrica revelou um aumento na média de aproximadamente 9,6% de 2002/2003 para 2008/2009. O preço da energia também revelou aumento na média de 11,76%, enquanto o aumento da renda foi de 9,2%. A classe C apresentou o maior crescimento entre os períodos das POFs e a classe E uma expressiva queda. A classe C cresceu mais na região Nordeste e a classe E demonstrou decréscimo maior na região Sudeste e Centro-Oeste.

Nos modelos estimados, as significâncias das variáveis variaram de região para região e de classe para classe. Para todas as regiões, as variáveis potência dos cômodos e potência dos eletrodomésticos afetou positivamente o consumo de energia, como esperado.

A variável temperatura média compensada afetou negativamente o consumo nas regiões Norte e Centro-Oeste, mas tal efeito ocorre até determinado ponto quando a temperatura passa a afetar positivamente o consumo. Na região Nordeste, a temperatura afetou positivamente o consumo e no Sul tal efeito foi negativo.

A variável quantidade de moradores afetou positivamente o consumo em todas as regiões, entretanto em algumas classes esse aumento ocorreu até certo ponto onde começou a afetar negativamente o consumo. Um aumento na variável número de idosos ocasionaria uma queda no consumo na maior parte dos resultados, e as demais variáveis apresentaram diferentes resultados para cada região e classe.

Os resultados das elasticidades-preço indicam que um aumento no preço da energia elétrica causaria uma diminuição da quantidade de energia demanda em nível superior ao aumento no preço na classe AB enquanto grande parte dos domicílios na classe D

responderia com uma diminuição do consumo em quantidade inferior ao aumento do preço. Sob a ótica das regiões um aumento no preço causaria uma diminuição da demanda por energia maior nas regiões Centro-Oeste e Sul e uma diminuição menor no Norte e Nordeste.

As elasticidades-preço encontradas em estudos como o de Irffiet *al.* (2009), Amaral e Monteiro (2010), Farinazzo (2012) e Leite (2006) vieram ao encontro com as elasticidades encontradas para a região Norte e Nordeste com exceção da classe AB. Entretanto, Garbacz (1983) encontrou elasticidade-preço maior que a unidade o que justificaria os resultados encontrados para as demais regiões.

As elasticidades-renda indicam que variações na renda das classes AB e C aumentariam mais o consumo de energia nas regiões Nordeste e Norte e menos nas regiões Sul e Sudeste, respectivamente. Para a classe D, um aumento na renda aumentaria mais o consumo de energia na região Sudeste. Para a classe E, um aumento na renda nos domicílios da região Nordeste pouco aumentaria a demanda por energia. As regiões Norte, Nordeste e Sudeste aumentariam mais o consumo de energia elétrica no caso de uma variação positiva na renda do que as regiões Centro-Oeste e Sul.

Garcez e Ghirardi (2003) encontraram elasticidades-renda que corroboram com os resultados encontrados no Norte, para as classes AB e C, no Nordeste, para as classes C e D, no Centro-Oeste, para a classe C, no Sudeste, para as classes C e E e no Sul, para a classe C. Irffiel *al.* (2009) encontraram elasticidade-renda da demanda de energia de curto prazo mais baixa como as encontradas para o Centro-Oeste, classe AB, e Nordeste, classe E.

Diante das considerações acima, pode-se concluir que os determinantes do consumo de energia elétrica no Brasil não são iguais para todas as regiões e classes socioeconômicas. Considerar de forma desagregada os efeitos de cada variável contribui para uma política energética mais eficiente dado os objetivos que se pretende obter. Além disso, este trabalho contribui para estudos futuros que queiram usar a POF no contexto energético visto que os dados do período 2002/2003 não se ajustaram bem.

## 8 Referências

- AMARAL, R. M.; MONTEIRO, M. V. S. P. A demanda por energia elétrica residencial no Brasil: Estimativa das elasticidades renda e preço após o apagão. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. **Anais**. São Carlos, São Paulo, 2010.
- Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. – Brasília: ANEEL, 2005.
- Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil – Fatores de Conversão**. 3. ed. – Brasília: ANEEL, 2008.
- ACHÃO, C. C. L. **Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro**. (Dissertação de Mestrado) - Rio de Janeiro, RJ - Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2003.
- ANDRADE, T. A & LOBÃO, W. J. A. **Elasticidade renda e preço da demanda residencial de Energia Elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1997. (Texto para discussão nº 489).
- BARDELIN, C. E. A. **Os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica**. (Dissertação de Mestrado) – São Paulo, SP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Poli/USP, 2004.
- BENTZEN, J. e ENGSTED, T. Short- and long-run elasticities in energy demand: a cointegration approach. **Energy Economics** 15, 15, 9–16, 1993.
- CACHAPUZ, P. B. B. **O planejamento da expansão do setor de energia elétrica: a atuação da Eletrobras e do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2002, v. 1.
- CAMERON, A. C e TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: Methods and Applications**. Cambridge University press, 2005.
- CHANG, Y.; MARTINEZ-CHOMBO, E. Electricity demand analysis using cointegration and error-correction models with time varying parameters: The Mexican case. **Rice University**, WP2003-10, 2003.
- COHEN, C., **Padrões de Consumo: Desenvolvimento, Meio-Ambiente e Energia no Brasil**. (Tese de D.Sc.) -Rio de Janeiro, RJ- COPPE/UFRJ, 2002.
- CONTRERAS, S.; SMITH, W.; ROTH, T. P.; FULLERTON JR, T. M. Regional evidence regarding U.S. residential electricity consumption. **Empirical Economics Letters**, v. 8, p. 827-832, 2009.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

DAHL, C. A survey of energy demand studies in support of the development of NEMS, **US Department of Energy**, October, 1993.

DE OLIVEIRA, B. H. A. M.; DAMÁZIO, J. M.; LEONE, R. J. G.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. A. S. Um modelo de previsão do consumo residencial de energia elétrica no Brasil. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 28, n. 1, p. 15, 2010.

DEATON, A. Panel data from time series of cross-sections. **Journal of Econometrics**, 30(1), 109-126. 1985.

EL HAGE, F., FERRAZ, L. P. C., DELGADO, M. A. **A estrutura tarifária de energia elétrica: teoria e aplicação**. Rio de Janeiro: Synergia: ABRADÉE; Brasília: ANEEL, 2011.

ELETRONBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial Relatório Brasil - Sumário Executivo**. Rio de Janeiro: ELETRONBRAS; PROCEL, 187 p. 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional)**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumonacionaldeenergiael%C3%A9trica%20por%20classe%20931995-2009.aspx>. Acessado em: 26/03/2015.

ESPEY, J. A.; ESPEY, M. Turning on the Lights: A Meta-Analysis of Residential Electricity Demand Elasticities. **Journal of Agricultural and Applied Economics** 36: 65–81. 2004.

FARINAZZO, R. A. **A Demanda por Energia Elétrica Residencial no Brasil: 2011-2020**. (Dissertação de Mestrado) - Rio de Janeiro, RJ. – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC Rio, 2012.

FRANCISCO, E. R. **Indicadores de renda baseados em consumo de energia elétrica: abordagens domiciliar e regional na perspectiva da estatística espacial**. (Tese de Doutorado) – São Paulo, SP - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, FGV- SP, 2010.

GARBACZ, C. A model of residential demand for electricity using a national household sample. **Energy Economics**, 5(2), 124-128, 1983.

GARCEZ, E.W.; GHIRARDI, A. G. Elasticidades da demanda residencial de energia elétrica. In: XXXI Encontro Nacional de Economia. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós Graduação em Economia. **Anais**. 2003.

HALVORSEN, R. Residential demand for electric energy. **The Review of Economics and Statistics**, p. 12-18, 1975.

HOUTHAKKER, H. S. Some calculations of electricity consumption in Great Britain. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A, 114:351-371, 1951.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares 2008–2009: Despesas, rendimentos, e condições de vida.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares 2002–2003: Primeiros Resultados.** 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS – IPEA. **Dados macroeconômicos, regionais e sociais.** Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acessado em 10/03/2015.

IRFFI, G.; CASTELAR, I.; SIQUEIRA, M. L.; LINHARES, F. C. Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. **Econ.aplic.**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 69-98, jan-mar 2009.

LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M.; LÓPEZ-OTERO, X. Estimation of elasticity price of electricity with incomplete information. **Energy Economics**, v. 34, n. 3, p. 627-633, 2012.

LEITE, A. D. **A Energia Do Brasil.** Editora Nova Fronteira, 1997.

LEITE, S. Q. **Projeções para a demanda por energia elétrica no Brasil, 2006-2015.** (Dissertação de Mestrado Profissionalizante) – Rio de Janeiro, RJ – Faculdades Ibmecc, 2006.

LEON, N.; PESSANHA, J.F.M. Dinâmica da Evolução do Consumo de Energia no Setor Residencial. In: XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. **Anais.** Curitiba, 2005.

LEON, N.; PESSANHA, J.F.M. Long-term forecasting of household and residential electric customers in Brazil. **IEEE Latin America Transactions**, v. 10, n. 2, MARCH 2012a.

LEON, N. e PESSANHA, J.F.M. Cenários de conservação de energia na projeção de mercado da classe residencial. In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. **Anais.** Juiz de Fora, 2012.

LEON, N., PESSANHA, J. F. M., BOSIGNOLI, D. O. A Distribuição de Renda na Previsão de Mercado de Energia Elétrica das Residências. In: XIX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. **Anais.** Rio de Janeiro, 2007.

MAGALHÃES, M. N. e DE LIMA, A. C. P. MAGALHÃES. **Noções de probabilidade e estatística.** Editora da Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática e Estatística (IME-USP), 6ª edição, 2004.

MATTOS, L. B. Uma Estimativa da Demanda Industrial de Energia Elétrica no Brasil: 1974-2002. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 7, n. 2, 2005.

MATTOS, L. B.; LIMA, J. E. Demanda residencial de energia elétrica em Minas Gerais: 1970-2002. **Nova Economia**, v. 15, n. 3, p. 31-52, 2005.

MATTOS, L.B., REIS, B. S., LIMA, J. E. e LÍRIO, V. S. Demanda industrial de energia elétrica em Minas Gerais, 1970-2002. **Revista de Economia e Agronegócio**, 3 (1). 97-120, 2005.

MODIANO, E. M. **Elasticidades-renda e preços da demanda de energia elétrica no Brasil**. PUC-Rio/Departamento de Economia, 1984.(Texto para Discussão nº 68).

MOURA, F. A.; MONTINI, A. A.; CASTRO, J. B. B. Modelagem do Consumo de Energia Elétrica Residencial no Brasil Através de Modelos ARMAX. XIV Seminário em Administração. **Anais**.out/2011.

MUNASINGHE, M. Costs incurred by residential electricity consumers due to power failures. **Journal of Consumer Research**, p. 361-369, 1980.

NARAYAN, P. K.; SMYTH, R. The residential demand for electricity in Australia: an application of the bounds testing approach to cointegration. **Energy policy**, v. 33, n. 4, p. 467-474, 2005.

NERI, M. C. **A nova classe média: o lado brilhante da base da pirâmide**. Editora Saraiva, 2011.

PEREIRA, A. P. A. **Consumo Residencial de Energia e Desenvolvimento Humano: Um Estudo da Realidade Brasileira de 1970 a 2005**.(Dissertação de Mestrado) – Itajubá, MG - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2007.

SANTOS, P. E. S. Tarifa de Distribuição para Unidades Consumidoras e Micro-Geradores Considerando a Elasticidade-Preço das Cargas. (Tese de Doutorado) – Itajubá, MG - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2008.

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**.Rio de Janeiro, v. 58, p. 67-98, jan./mar. 2004.

SILK, J. I.; JOUTZ, F. L. Short and long-run elasticity's in US residential electricity demand: a cointegration approach. **Energy Economics**, v. 19, n. 4, p. 493-513, 1997.

SILVA, N. R.; OLIVEIRA, E. N.; GOMES, M. F. M.; LIMA, J. E. Dinâmica do consumo residencial de energia elétrica dos municípios do Estado da Bahia, 2000 a 2010. In: VII Encontro de Economia Baiana. **Anais**. Salvador – Bahia, 2012.

SIQUEIRA, M. L.; HOLLANDA, H. A Demanda Setorial por Energia Elétrica no Pós-Racionamento de 2001: Previsões de Longo Prazo para o Nordeste Brasileiro.In: X Encontro Regional de Economia.**Anais**. Fortaleza, 2005.

STATA CORPORATION. **Stata Survey Data Reference Manual: Release 13**. Statistical Software, Texas: Stata Corporation, 2013.

TAYLOR, L. D. The demand for electricity: a survey. **The Bell Journal of Economics**, v. 6, n.1, p. 74-110, 1975.

VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: INMET, p. 449, 2006. Disponível em: [http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf). Acessado em: 22/03/2015.

WHITE, H.A heteroskedasticity consistent covariance matrix estimator and a direct test of heteroskedasticity. **Econometrica**, v. 58, n. 4, p. 817-838, 1980.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, v. 1 of **MIT Press Books**, 2010.

ZACHARIADIS, T.; PASHOURTIDOU, N. An empirical analysis of electricity consumption in Cyprus. **Energy Economics**, 29 (2), 183-198, 2007.

## APÊNDICE A – Histogramas

A seguir são apresentados os histogramas das variáveis dependente e explicativas usadas na dissertação.

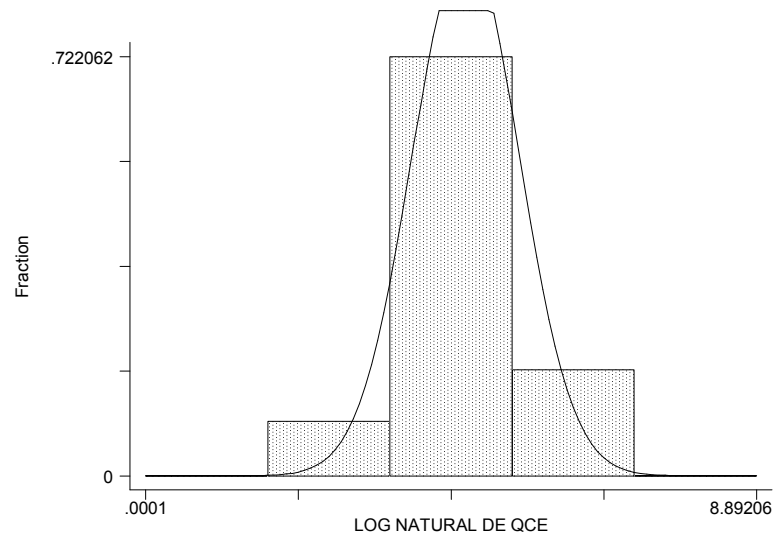


Figura 8 – Histograma da Variável Dependente Quantidade Consumida de Energia Elétrica

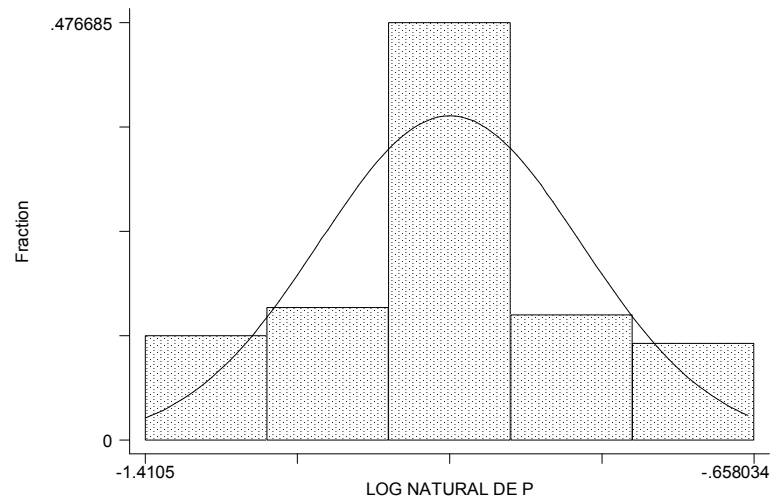


Figura 9 – Histograma da Variável Preço



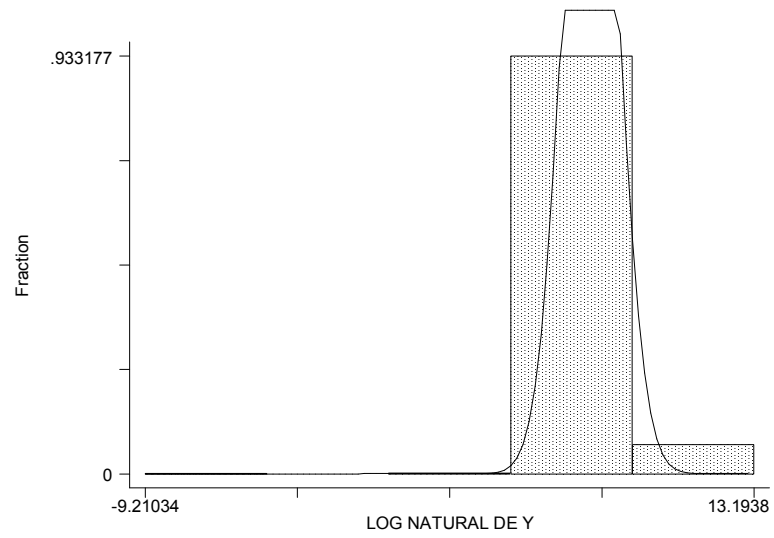


Figura 10 – Histograma da Variável Renda

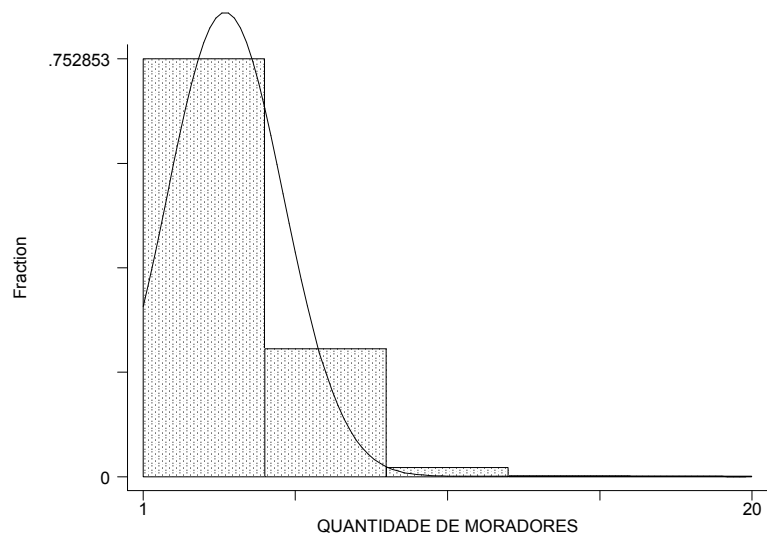


Figura 11 – Histograma da Variável Número de Moradores

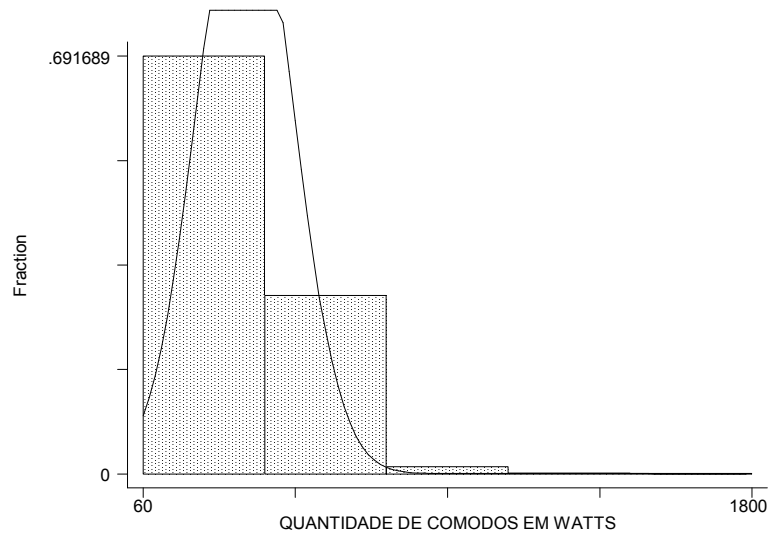


Figura 12 – Histograma da Variável Potência dos Cômodos

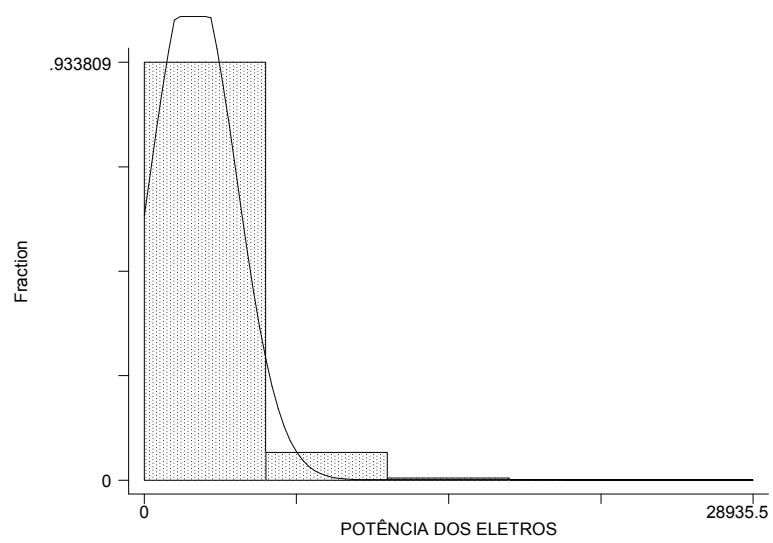


Figura 13– Histograma da Variável Potência da Quantidade dos Eletrodomésticos

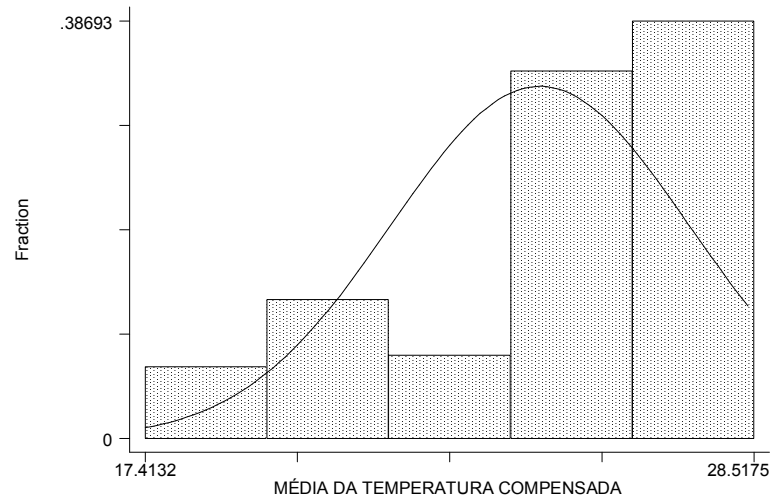


Figura 14– Histograma da Variável Temperatura Média

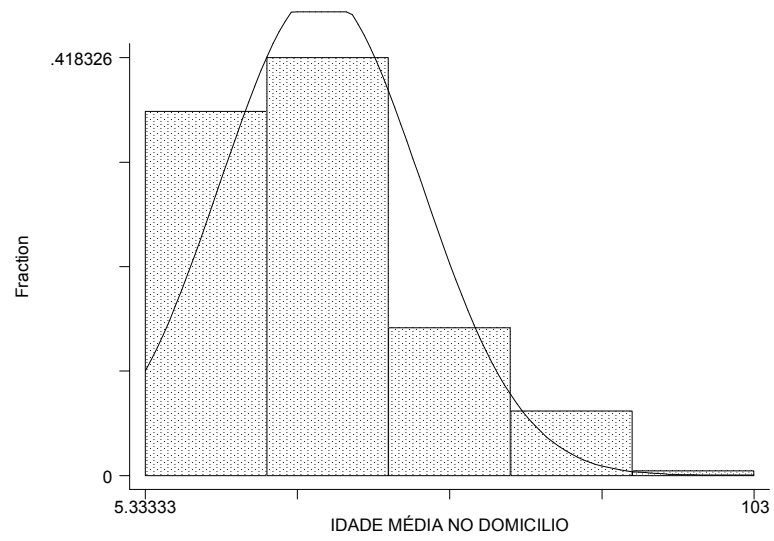


Figura 15– Histograma da Variável Idade Média dos Moradores

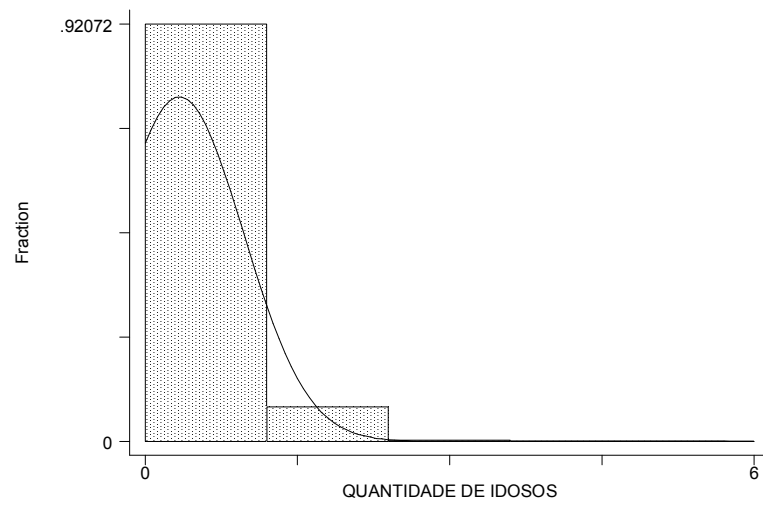


Figura 16– Histograma da Variável Número de Idosos