UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA

LUDMILA DE SÁ FONSECA E GOMES

A demanda por energia elétrica residencial no Brasil: 1999-2006
Uma estimativa das elasticidades-preço e renda por meio de painel

Orientador: Prof. Dr. Francisco Anuatti Neto

RIBEIRÃO PRETO
2010

LUDMILA DE SÁ FONSECA E GOMES

A demanda por energia elétrica residencial no Brasil: 1999-2006
Uma estimativa das elasticidades-preço e renda por meio de painel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Anuatti Neto

RIBEIRÃO PRETO

2010

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Rudinei Toneto Junior
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Walter Belluzzo Júnior
Chefe do Departamento de Economia

FICHA CATALOGRÁFICA

Gomes, Ludmila de Sá Fonseca

Estimação das Elasticidades Preço e Renda no Brasil com Dados em Painel: 1999/2006. Ribeirão Preto, 2010.

72 p.; 30cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Economia Aplicada.

Orientador: Neto, Francisco Anuatti

1. Energia elétrica. 2. Demanda Residencial. 3. Elasticidades. 4. Dados em Painel. 5. Distribuidoras.

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação da FEARP-USP que me propiciou a evolução necessária durante o curso de mestrado. Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Francisco Anuatti Neto, pela orientação e suporte que recebi durante todo o curso. A sua contribuição foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao amigo Daniel S. Junior pelo apoio e contribuições que enriqueceram o trabalho. À amiga Ana Maria Barufi, não só pelas suas valiosas contribuições, mas, principalmente, pela amizade incondicional, generosidade e apoio, dispensados a mim desde o início do mestrado. Agradeço aos amigos Raul Santos e Sylvia pela amizade, incentivo e sábios conselhos que recebi e guardarei para sempre em meu coração. Um agradecimento especial à minha família. Aos meus pais e irmãs que sempre me apoiaram e me deram o suporte necessário para minha formação e ao meu esposo Gervásio, pelo companheirismo, cumplicidade e apoio incondicionais em todos os momentos. A sua dedicação e determinação são, sem dúvida, inspirações para mim. Sem ele, o desenvolvimento deste curso de mestrado teria sido impossível.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estimar as elasticidades-preço e renda da demanda residencial por energia elétrica no Brasil utilizando dados em painel. A heterogeneidade da economia brasileira faz com que existam diversos padrões de consumo residencial de energia elétrica e diferentes estruturas tarifárias entre as distribuidoras. Nesse sentido, este trabalho utiliza um banco de dados em painel formado por 63 distribuidoras de energia elétrica no Brasil, para o período 1999-2006. Isso permite controlar possíveis efeitos individuais não observáveis existentes entre as distribuidoras. Três métodos de estimação em painel foram aplicados: o *Pooled OLS*, o de Efeitos Fixos e o de Efeitos Aleatórios. Além disso, também foi testado se no período de racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001/2002, ocorreu alguma alteração na sensibilidade dos consumidores com relação a variações nas tarifas de energia elétrica e na renda dos consumidores no período. Os resultados mostraram que a utilização de dados em painel produz estimativas de elasticidades preço e renda de acordo com a teoria econômica. Além disso, os resultados ficaram próximos aos da literatura nacional. Os resultados também mostraram que no período do racionamento aumentou a sensibilidade dos consumidores com relação a alterações nas tarifas de energia elétrica.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to estimate the price and income elasticities of residential electric power demand in Brazil using panel data. The heterogeneity of the Brazilian economy leads to the existence of different patterns of residential electric power consumption and different tariffs structures among the electric power utilities companies. In this regard, this work uses a panel database composed by information about 63 electric power companies in Brazil, in the period 1996-2006. Three panel data methods were applied: Pooled OLS, Fixed Effects and Random Effects. Furthermore, it also was tested if there were some changes in the sensitivity of the consumers regarding the variations in the price and income variables during the electric power rationing in Brazil, in 2001/2002. The results showed that the panel data provides estimations of price and income elasticities in accordance with the economic theory. In addition, the results were close to those in the national literature. The estimations also showed the sensitivity of consumers increased in the period of electric power rationing.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 5
1 MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA ELÉTRICA 11
1.1 Características da energia elétrica 11
1.2 O setor elétrico brasileiro 13
1.3 Oferta e demanda de energia elétrica no Brasil 16
1.3.1 Consumo de Energia Elétrica no Brasil 18
1.4 Política tarifária e evolução das tarifas de energia elétrica no Brasil 21
1.5 Distribuição de energia elétrica no Brasil 23
2 REVISÃO DA LITERATURA 29
2.1 Referencial teórico da demanda residencial por energia elétrica 29
2.2 Estimação de demanda de energia por meio de modelos de dados em painel 32
3 METODOLOGIA 35
3.1 Base de Dados 36
3.2 Estimação de modelos de dados em painel 39
3.2.1 *Pooled OLS* 39
3.2.2 Primeiras Diferenças 40
3.2.3 Efeitos Fixos (EF) 40
3.2.4 Efeitos Aleatórios (EA) 42
3.2.5 Teste de *Hausman* 42
4 RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES 45
4.1 Resultados das estimações utilizando tarifas médias 45
4.2 Resultados do modelo utilizando tarifas homologadas 47
4.3 Comparação entre as estimações dos dois modelos 49
4.4 Comparação com outros estudos da literatura 49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 51
REFERÊNCIAS 55
APÊNDICE 1 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NAS ESTIMAÇÕES 59
APÊNCICE 2 - RELAÇÃO DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA POR UNIDADE FEDERATIVA 65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Capacidade Instalada de Energia Elétrica no Brasil: 1999/2008 17
Figura 2 - Estrutura da OIE por fonte de geração no Brasil em 2007 17
Figura 3 - Evolução da participação da energia elétrica no consumo total de energia no Brasil: 1970/2007 18
Figura 4 – Participação % das classes no total do consumo de energia elétrica no Brasil, 1970-2007 19
Figura 5 - Estrutura do consumo residencial de energia elétrica no Brasil, 2007 20
Figura 6 - Evolução do consumo residencial de energia elétrica no Brasil, 1970/2006 21
Figura 7 - Tarifas médias reais (R$/MWh) por classe de consumo no Brasil, 1995-2007 23
Figura 8 – Localização espacial das distribuidoras de energia elétrica no Brasil: 2009 24
Figura 9 – Mapa das tarifas residenciais por distribuidora de Energia: 2008 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de Consumidores Residenciais por Distribuidora de Energia: 1999/2007 25

Tabela 2 – Consumo Residencial de Energia Elétrica (em GWh) por Distribuidora de Energia: 1999/2007 26

Tabela 3 – Resultados de estimações de outros estudos 34

Tabela 5`- Estatística descritiva do banco de dados referente às variações entre as 63 distribuidoras no período 1999-2006. 38

Tabela 6 – Resumo dos resultados utilizando tarifas médias 46

Tabela 7 - Resultados das estimações usando tarifas homologadas 47

Tabela 8 – Consumo de energia elétrica residencial (kWh): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras 59

Tabela 9 – Tarifa média de energia elétrica residencial (R$/kWh): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras 59

Tabela 10 – Tarifas homologadas de energia elétrica residencial R$/kWh): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras 59

Tabela 11 – Renda (PIB) na 4área de concessão (Mil R$): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras 60

Tabela 12 – Consumo de energia elétrica residencial (kWh): estatística descritiva referente à variação entre os períodos de tempo 61

Tabela 13 – Tarifa média de energia elétrica residencial (R$/KWh): estatística descritiva referente à variação entre os períodos de tempo 62

Tabela 14 – Tarifas homologadas de energia elétrica residencial R$/kWh): estatística descritiva à variação entre os períodos de tempo 63

Tabela 15 – Renda (PIB) na área de concessão (Mil R$): estatística descritiva referente à à variação entre os períodos de tempo 64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE: Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN: Balanço Energético Nacional

CCEE: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo

GWh: Gigawatts-hora

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

I PND: Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento

II PND: Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento

KWh: Kilowatts-hora

MAE: Mercado Atacadista de Energia

MME: Ministério de Minas e Energia

MME: Ministério de Minas e Energia

MWH: Megawatts-hora

OIE: Oferta Interna de Energia

ONS: Operador Nacional do Sistema Elétrico

PCH: Pequenas Centrais Hidrelétricas

PND: Plano Nacional de Desestatização

TEP: Toneladas Equivalentes de Petróleo

IPCA: Índice de Preços ao Consumidor Amplo

INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um insumo essencial para o bem estar da sociedade, visto que é utilizado em praticamente todas as atividades desenvolvidas dentro de uma economia. Por conta disso, possui características particulares que a distingue de outros bens. Primeiro, a energia elétrica desempenha um papel fundamental na manutenção das atividades diárias relacionadas ao bem-estar da população. Além disso, trata-se de um bem local com restrições significativas para transportes de longas distâncias, não sendo, tampouco estocada, devendo ser produzida de acordo com a quantidade consumida. Por outro lado, a construção de novas unidades geradoras, bem como a expansão das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica exige intervalos de tempo consideráveis e grandes volumes de recursos. Essas características, quando associadas às diferentes características dos mercados consumidores locais, como padrão tecnológico, nível de renda, clima, políticas tributários e outros, fazem com que diferentes padrões de consumo de energia elétrica possam surgir em uma economia.

A essencialidade da energia elétrica para o consumidor é observada nos resultados dos modelos econométricos, sobretudos nas elasticidades-preço e renda. Essas elasticidades geralmente situam-se próximas de zero, revelando a insensibilidade dos consumidores com relação a aumentos/reduções das tarifas de energia elétrica ou na renda dos consumidores. Desse modo, flutuações de preços e volatilidade não podem ser evitadas em mercados com baixa capacidade ociosa. Em situações de racionamento de energia elétrica como a que ocorreu no Brasil no período 2001/2002, especialmente o consumidor residencial, sofre diretamente os efeitos das alterações no mercado, dado o pouco grau de substituição da energia elétrica com relação às demais fontes de energia.

No Brasil, a partir da segunda metade da década de 90, o setor de energia elétrica passou por um intenso processo de reestruturação do seu modelo institucional vigente desde 1964 (quando foi criado). Até a primeira metade dos anos 90, o setor elétrico apresentou elevadas taxas de expansão da oferta, baseadas nas disponibilidades de autofinanciamento por meio de tarifas reais, recursos da União e financiamento externo. No entanto, a partir dos anos 80 diversos fatores levaram à exaustão do modelo, o que tornou premente a busca por soluções, que culminariam na sua reformulação. Nesse sentido, as mudanças no setor tiveram como objetivo principal, o aumento da participação de investimentos privados no setor e o

redesenho do papel do Estado, que passou a ter um caráter regulatório em detrimento à provisão direta de serviços.

Em 1995 foi implantado um novo modelo institucional para o setor elétrico que visava a transferência de monopólio estatal para o mercado privado, com livre competição nos mercados de geração e comercialização de energia. Uma das primeiras medidas adotadas foi a desestatização do setor, com a criação do regime de permissão e concessão de prestação de serviços públicos, liberando, dessa forma, o mercado de energia elétrica do monopólio estatal e estabelecendo normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões dos serviços públicos, respectivamente. O modelo tinha como princípio básico a privatização das atividades de geração, transmissão e distribuição.

Dentro dessa reestruturação, a criação de um órgão regulador independente foi fundamental para a determinação das políticas do setor. Nesse sentido, a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1996, fortaleceu institucionalmente o setor elétrico brasileiro. A ANEEL tornou-se o órgão regulador do setor no âmbito federal e as suas funções ficaram voltadas principalmente para a regulação e a fiscalização dos agentes na nova estrutura do setor, realização de licitações para novas concessões e fixação de critérios e estabelecimento de reajustes tarifários nos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

No contexto de atuações da ANEEL, coube à agência adotar uma nova política tarifária para o setor. Na antiga estrutura, de monopólios públicos estatais verticalizados, as tarifas eram equalizadas geograficamente em todo território nacional. Dentro da nova política tarifária adotada foi introduzido o regime tarifário de “serviço pelo preço” e “equilíbrio econômico financeiro”. As tarifas passaram a ser fixadas nos contratos de concessão ou permissão resultantes de licitação pública e com regras de revisão estabelecidas nos editais de licitação, a partir do método de preço-teto (*price-cap*). Essas regras de revisão passaram a considerar o equilíbrio econômico-financeiro inicial das empresas, as regras de participação no mercado e a obrigação mínima de investimentos. Dentro desse contexto de política tarifária, a ANEEL também iniciou um processo de eliminação de algumas distorções tarifárias, como os subsídios cruzados e os contratos especiais de fornecimento de energia elétrico para grandes consumidores (ANEEL, 2005; REGO, 2007).

Como resultado da nova política tarifária - além dos fatores locais já citados anteriormente como tributação, padrão tecnológico, clima e nível de renda, as tarifas de energia elétrica no Brasil – houve o aumento da influência de fatores locais como densidade de demanda e equilíbrio econômico-financeiro das empresas de distribuição. Desse modo, começaram a surgir no Brasil novos padrões tarifários entre as distribuidoras.

Uma das hipóteses subjacentes a este trabalho é que, na estimação das elasticidades preço e renda da demanda residencial de energia elétrica, o controle da heterogeneidade individual não-observável das distribuidoras de energia elétrica no Brasil pode fornecer melhores estimativas do que os modelos tradicionais de séries temporais utilizando dados agregados para a economia brasileira como um todo.

Diante desse contexto, este trabalho busca responder à seguinte questão: controlando o efeito individual não observável, em que medida alterações nas tarifas de energia elétrica e na renda dos consumidores pode influenciar na evolução do consumo de energia elétrica? Para responder este problema, o trabalho tem o objetivo de estimar as elasticidades preço e renda da demanda residencial de energia elétrica por meio de um banco de dados anuais em painel, formado por 63 distribuidoras de energia elétrica no Brasil, para o período 1999-2006. Isso permitirá captar tanto as variações individuais de cada distribuidora no tempo, quanto às variações dessas unidades entre si.

As características da economia brasileira fazem com que o segmento residencial de demanda de energia elétrica seja foco de grande atenção, tanto da ANEEL, quanto do governo, no âmbito das políticas públicas. Atualmente estão sendo colocadas em prática metas de universalização do atendimento em todo território nacional. A compreensão do comportamento do consumidor diante de mudanças nos preços cobrados pela energia elétrica e na sua renda deve servir de base na elaboração de políticas públicas e na regulação econômica do mercado de energia elétrica. Este trabalho busca complementar a literatura existente sobre estimação de elasticidades-preço e renda de energia elétrica no Brasil, visto que ainda não foram realizados estudos utilizando a abordagem de dados em painel. Isso permitirá a realização de comparações com os resultados encontrados em alguns trabalhos do Brasil, onde foram estimadas as elasticidades utilizando modelagens de séries de tempo.

Além desta introdução, este trabalho é composto de mais cinco capítulos. No Capítulo 1 é feita uma análise a respeito do mercado brasileiro de energia elétrica. Após um breve resumo a respeito do setor de energia elétrica é realizada uma análise sobre o mercado de distribuição de energia elétrica residencial, composto pelas 63 concessionárias de energia tratadas nesse estudo. São utilizadas informações a respeito da localização espacial das distribuidoras, consumo de energia elétrica e número de consumidores atendidos por cada uma das distribuidoras durante o período analisado.

No Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico que servirá de base para a estimação das elasticidades preço e renda da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. Inicialmente são apresentados os trabalhos listados na literatura nacional e internacional sobre demanda residencial de energia elétrica. Em seguida, feita uma revisão dos trabalhos de estimação de demanda de energia elétrica que utilizaram dados em painel em suas análises. A revisão mostra que a estimação das elasticidades preço e renda da demanda por energia elétrica utilizando dados em painel ainda é um tema pouco explorado pela literatura. Por outro lado, nos trabalhos existentes na literatura nacional, não foram encontrados estudos utilizando modelos com dados em painel. Todos os trabalhos encontrados na literatura nacional estimaram a demanda residencial de energia elétrica através de dados em séries de tempo.

No Capítulo 3 é apresentada a base de dados usada no trabalho e a metodologia econométrica empregada na estimação da demanda residencial de energia elétrica. A base de dados é formada por um painel de 63 distribuidoras que fornecem energia elétrica em todo o território nacional. Dois tipos de tarifas foram utilizados: tarifas médias calculadas pela ANEEL e tarifas fixadas pela ANEEL, através de resoluções homologatórias. A revisão dos métodos econométricos utilizando dados em painel apontaram para a estimação das equações de demanda a partir de um procedimento padrão, com a aplicação dos métodos *Pooled OLS*, Painel com Efeitos Fixos e Painel com Efeitos Aleatórios.

No Capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados encontrados nas estimações, sendo realizada também uma comparação entre os resultados encontrados e com os de outros estudos no Brasil. Como esperado, os valores encontrados das elasticidades preço e renda da demanda estão de acordo com a teoria econômica. Nos três métodos de estimação testados, os resultados apresentam significância estatística. Após a aplicação do Teste de *Hausman* constatou-se que o método de Efeitos Fixos forneceu os resultados mais consistentes. Além disso, a inclusão de uma variável qualitativa (*dummy)* no modelo, com o objetivo de controlar

os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido entre junho de 2001 e fevereiro de 2002, revelou que os consumidores foram mais sensíveis ás variações nas variáveis preço e renda durante aquele período.

Finalmente, no Capítulo 5 são apresentadas algumas considerações finais a respeito dos resultados encontrados no trabalho.

1 MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA ELÉTRICA

Neste capítulo são apresentadas as características da energia elétrica, bem como uma análise do setor elétrico brasileiro com respeito às características de mercado e à estrutura tarifária das distribuidoras de energia elétrica no Brasil. Após a apresentação das características da oferta e demanda de energia elétrica é realizado um breve resumo a respeito das transformações ocorridas no setor elétrico brasileiro nos últimos anos. Em seguida, é conduzida uma análise sobre o mercado de distribuição de energia elétrica das 63 concessionárias de energia elétrica tratadas nesse estudo. Para esta análise serão utilizadas informações sobre a localização espacial das distribuidoras de energia elétrica, consumo de energia elétrica e número de consumidores atendidos por cada distribuidora.

1.1 Características da energia elétrica

A energia elétrica é um insumo essencial para o bem estar da sociedade, visto que é utilizado em praticamente todas as atividades desenvolvidas dentro de uma economia. A evolução da oferta e demanda por energia ocorreu concomitantemente ao desenvolvimento da sociedade moderna. A existência de poucos bens substitutos fez com que a sociedade se tornasse altamente dependente deste insumo.

Do ponto de vista da demanda, a energia elétrica desempenha um papel fundamental na manutenção das atividades diárias, relacionadas ao bem estar da população, devendo para tanto ser fornecida continuamente. Além disso, trata-se de um bem local com restrições significativas para transportes de longas distâncias, não sendo, tampouco estocada, devendo ser produzida de acordo com a quantidade consumida.

A oferta de energia elétrica, por sua vez, compreende atividades intensivas em capital. A construção de novas unidades geradoras, bem como a expansão das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, exige intervalos de tempo consideráveis e grandes volumes de recursos. Essas características de oferta, quando associadas às especificidades dos mercados consumidores locais, como padrão tecnológico, nível de renda, clima, políticas tributários e

outros, faz com que a oferta de energia elétrica tenha que se adequar a diferentes padrões de consumo que surgem em uma economia.

Os estudos de demanda de energia elétrica em geral envolvem a aplicação de modelos econométricos para a estimação de equações de demanda. A essencialidade da energia elétrica para o consumidor é observada nos resultados desses modelos, sobretudo nas elasticidades-preço e renda. Essas elasticidades geralmente situam-se próximas de zero, revelando a insensibilidade dos consumidores com relação aos aumentos/reduções das tarifas de energia elétrica ou na renda desses agentes. Consequentemente, a curva de oferta da energia elétrica também é pouco elástica nas proximidades da capacidade limite de oferta. Desse modo, elevações de preços e volatilidade não podem ser evitadas em mercados com baixa capacidade ociosa. Em períodos de racionamento de energia elétrica, por exemplo, o consumidor residencial sofre diretamente os impactos causados pelas alterações no mercado, dado o pouco grau de substituição da energia elétrica com relação a outras fontes de energia.

A demanda residencial por energia elétrica é derivada da demanda pelos serviços, tais como: aquecimento da água, resfriamento, preparação e armazenamento de alimentos e entretenimento, ou seja, atividades que são realizadas através do uso de aparelhos elétricos. Os determinantes do consumo residencial de energia elétrica são: o preço cobrado pela energia elétrica, a renda do consumidor, a estrutura residencial, além das características climáticas e demográficas.

Compreender o comportamento do consumidor residencial de energia elétrica é fundamental não só para os agentes econômicos, como também para a elaboração de políticas públicas, planejamento da energia elétrica e para a regulação econômica do mercado de energia elétrica. Flutuações nos preços das tarifas públicas - sobretudo da energia elétrica - e na renda auferida pelo consumidor provocam alterações no orçamento doméstico, influindo, portanto, na quantidade demandada de energia elétrica. A relevância do setor residencial no consumo total de energia elétrica de uma economia é inquestionável, destacando-se quase sempre como um dos segmentos que mais demandam energia.

1.2 O setor elétrico brasileiro

No setor elétrico brasileiro são realizadas as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. O planejamento do setor é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e a regulação setorial é desempenhada pela ANEEL. A geração de energia elétrica é uma atividade aberta à competição. Os agentes têm livre acesso ao sistema de transporte (transmissão e distribuição) e podem comercializar a sua energia livremente. Os agentes de geração estão divididos em estatais, produtores independentes e autoprodutores. Em 2007 estes agentes foram responsáveis pela geração de 444.582,8 GWh de energia elétrica.

O transporte de energia elétrica é realizado através de linhas de transmissão que constituem a rede básica com tensão acima de 230 kW (Kilowatts). Esta rede constitui vias de uso livre, podendo ser utilizada por qualquer outro agente, desde que remunere devidamente o seu proprietário pelo uso. A atividade de transmissão sofre regulação técnica e econômica e os projetos são contratados através de processo licitatório também coordenado pela ANEEL. A maior parte das redes de transmissão é controlada pela Eletrobrás, *holding* estatal de empresas de geração e transmissão de energia elétrica.

A distribuição de energia elétrica é realizada por 63 concessionárias/distribuidoras, privadas em sua maioria, que operam em regime de concessão para a prestação de serviços públicos e por mais 34 pequenas cooperativas de eletrificação rural. Cada agente é responsável pela distribuição de energia elétrica numa determinada área de concessão, sendo as suas atividades reguladas pela ANEEL. As distribuidoras também permitem acesso a outros agentes de mercado às redes de distribuição (com tarifas reguladas pela ANEEL) e tem autonomia para estabelecer contratos livres de compra e venda de energia elétrica. A seção (1.5) apresenta uma descrição mais detalhada sobre as empresas do segmento de distribuição.

Na atividade de comercialização, os agentes atuam em atividades de compra, importação e exportação de energia a outros comercializadores, geradores, distribuidores ou consumidores livres. Logo, comercializam energia elétrica tanto no atacado quanto no varejo, através de contratos de curto e de longo prazo e no mercado *spot* (à vista). Os preços são negociados livremente entre os agentes. O segmento de comercialização se expandiu no Brasil a partir da

reestruturação do setor elétrico e a consequente desverticalização das atividades de geração, transmissão e distribuição que resultou na necessidade de agentes para realizar atividades intermediação entre os segmentos.

Cabe ressaltar ainda que no setor elétrico brasileiro existem atualmente dois tipos de consumidores de energia: o livre e o cativo. O consumidor livre é aquele que pode negociar a sua energia elétrica diretamente com os distribuidores, comercializadores e autoprodutores. Esse tipo de consumidor tem que pagar pelos serviços de transmissão e distribuição, que tem as suas tarifas reguladas pela ANEEL. Os consumidores que demandam pelos menos 3 MW de energia elétrica podem se tornar consumidores livres, desde que sejam atendidas algumas determinações da ANEEL. O consumidor cativo é aquele que não reúne as condições necessárias exigidas para se tornarem livres. Para este tipo de consumidor, o consumo de energia elétrica é restrito à distribuidora de energia elétrica que possui concessão de atuar na sua área geográfica, tendo as tarifas de fornecimento de energia reguladas pela ANEEL. Os consumidores residenciais de energia elétrica enquadram-se na classe de consumidores cativos.

A partir da segunda metade da década de 90, o setor elétrico brasileiro passou por um processo de reestruturação que alterou seu modelo institucional, vigente desde 1964 (quando foi criado). Segundo Pires (1999), dentre estas mudanças destaca-se, o redesenho do papel do Estado que passou a ter um caráter regulatório em detrimento à provisão direta de serviços. De acordo com o autor, até a primeira metade dos anos 90, o setor apresentou elevadas taxas de expansão da oferta, baseadas nas disponibilidades de autofinanciamento por meio de tarifas reais, recursos da União e financiamento externo. No entanto, a partir dos anos 80 diversos fatores levaram à exaustão do modelo, o que tornou premente a busca por soluções, que culminariam na sua reformulação. Nesse sentido, as mudanças implementadas tiveram como objetivo aumentar a participação de investimentos privados no setor.

O processo de reestruturação do setor elétrico no Brasil foi iniciado em 1990, a partir da implementação do Programa Nacional de Desestatização (PND). Este programa teve como metas: a recuperação dos preços dos serviços públicos brasileiros, a minimização de aportes por parte do Tesouro Nacional e a criação de condições para a atuação de agentes privados na prestação de serviços públicos. No processo de privatizações da infraestrutura, o setor elétrico foi um dos primeiros a ser privatizado, o que contribuiu para estimular investimentos no setor,

demonstrando uma grande preocupação por parte do Governo, na expansão e modernização de vários segmentos ligados à energia elétrica, de forma a sustentar as projeções de crescimento do país.

Em 1995 foi implantado um novo modelo institucional para o setor elétrico que visava à transferência de monopólio estatal para o mercado privado, com livre competição para os mercados de geração e comercialização de energia. Uma das primeiras medidas de desestatização adotadas foi o estabelecimento do regime de permissão e concessão de prestação de serviços públicos, liberando dessa forma, o mercado de energia elétrica do monopólio estatal e estabelecendo normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões dos serviços públicos, respectivamente[1]. O modelo tinha como princípio básico a privatização das atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Outros pontos fundamentais implantados pelo modelo foram: (i) a desverticalização do setor elétrico; (ii) a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1996; (iii) a criação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em 1998; (iv) instituição do Mercado Atacadista de Energia (MAE), também em 1998 e que mais tarde seria substituído pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) em 2004; (v) a livre comercialização de energia; (vi) o livre acesso à transmissão e à distribuição; (vii) e a proibição de comportamento anticompetitivo, como a prática de subsídios cruzados, por exemplo (LANDI, 2006).

Dentro desse novo modelo, a criação de um órgão regulador independente seria fundamental para a determinação das políticas do setor. Nesse sentido, a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1996, fortaleceu institucionalmente o setor elétrico brasileiro. A ANEEL tornou-se o órgão regulador do setor no âmbito federal e as suas funções ficaram focadas principalmente na regulação e fiscalização dos agentes na nova estrutura do setor elétrico, realização de licitações para novas concessões e fixação de critérios e estabelecimento de reajustes tarifários nos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Nos últimos anos, o órgão teve uma atuação intensa no setor elétrico brasileiro devido à necessidade a agir sobre uma estrutura setorial muito complexa.

No contexto das atuações da ANEEL, coube à agência implementar uma nova política tarifária no setor. Na antiga estrutura, de monopólios públicos estatais verticalizados, as

[1] Lei n. 8.987/1995 e Lei n. 9.074/1995.

tarifas eram equalizadas geograficamente em todo território nacional. Dentro da nova política tarifária adotada foi introduzido o regime tarifário de "serviço pelo preço" e "equilíbrio econômico financeiro". As tarifas passaram a ser fixadas nos contratos de concessão ou permissão resultantes de licitação pública e com regras de revisão estabelecidas nos editais de licitação, a partir do método de preço-teto (*price-cap*). Essas regras de revisão passaram a considerar o equilíbrio econômico-financeiro inicial das empresas, as regras de participação no mercado e a obrigação mínima de investimentos. Dentro desse contexto de política tarifária, a ANEEL também iniciou um processo de eliminação de algumas distorções tarifárias como os subsídios cruzados e os contratos especiais de fornecimento de energia elétrico para grandes consumidores (ANEEL, 2005; REGO, 2007).

Como resultado da nova política tarifária, além dos fatores locais já citados anteriormente, como: tributação, padrão tecnológico, clima e nível de renda, houve o aumento da influência de fatores como densidade da demanda e equilíbrio financeiro das empresas de distribuição no mercado de distribuição de energia elétrica no país. Desse modo, começaram a surgir no Brasil novos padrões tarifários entre as distribuidoras. Esses padrões serão analisados mais adiante, na seção 1.4.

1.3 Oferta e demanda de energia elétrica no Brasil

De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008, a oferta interna de energia (OIE) no Brasil foi de 238,8 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), em 2007. A indústria de energia representa um dos mais importantes setores da infraestrutura econômica do Brasil, sendo responsável pelo abastecimento de 92% da OIE. Os 8% restantes são importados, na forma de carvão mineral e derivados, gás natural, energia elétrica, petróleo e seus derivados. O setor de petróleo e derivados, que responde por 37,4% da OIE representa a maior fonte de oferta de energia no Brasil, seguido pelo setor de cana-de-açúcar com 15,9%. O setor elétrico é responsável por 14,9% da OIE do Brasil.

A expansão do parque gerador de energia elétrica teve seu auge a partir do Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), entre 1974 e 1979. Neste período foram iniciados vários dos grandes empreendimentos hidrelétricos brasileiros como, por exemplo, a usina Itaipu binacional, na divisa do Brasil com Paraguai e a usina de Tucuruí, no Estado do Pará. A

capacidade instalada de energia elétrica evoluiu consideravelmente a partir desse período (Figura 1). Em 1974, a capacidade de geração total de energia elétrica era de 18,1 GW (gigawatts) e, em 2008, de 102,6 GW, o que representou uma expansão de 468,8% no período.

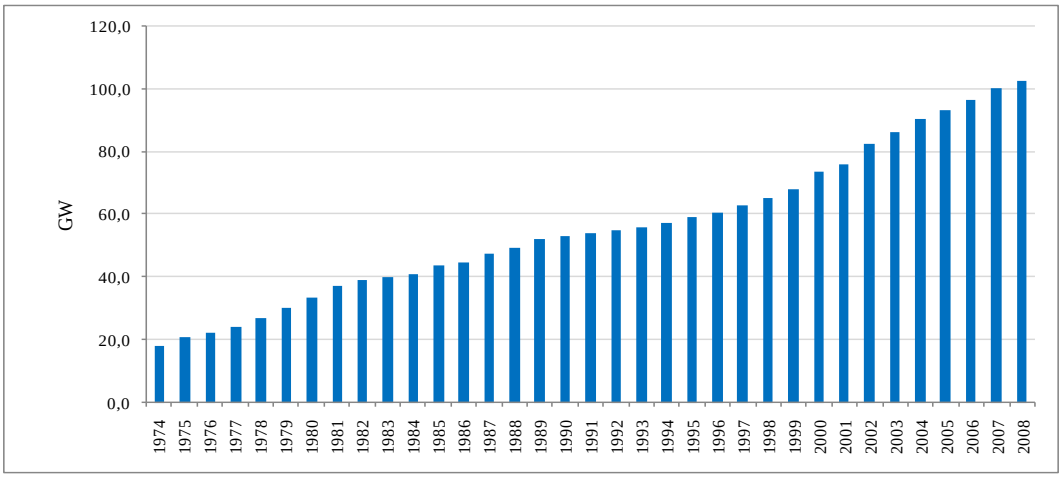

Figura 1 - Capacidade Instalada de Energia Elétrica no Brasil: 1999/2008

A Figura 1 também permite observar que no período 1995-2000, quando ocorreu a reestruturação do setor elétrico, ocorreu uma leve desaceleração da evolução da capacidade instalada, devido à redução dos investimentos no setor. Como consequência, foi necessário adotar um programa de racionamento de energia elétrica no período de junho/2001 a fevereiro/2002.

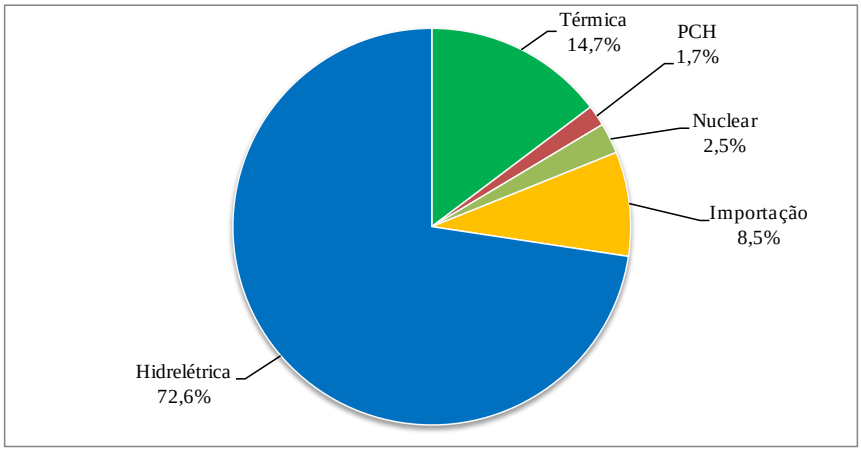

Figura 2 - Estrutura da OIE por fonte de geração no Brasil em 2007
Fonte: BEN, 2008.

A oferta de energia elétrica no Brasil é altamente concentrada na geração hidrelétrica, quando comparada com padrões internacionais. De acordo com a figura 2, em 2007, a geração

hidrelétrica foi responsável por 72,6% da energia elétrica ofertada internamente no país, seguida pela energia térmica que representou 14,7% do total. As importações representaram 8,5%, a geração nuclear, 2,7% e as pequenas centrais hidrelétricas (PCH[2]), 1,5% do total. A elevada participação da energia hidrelétrica no total da geração é um dos elementos que contribuem para que as fontes de energia renováveis sejam responsáveis por aproximadamente 50% da oferta interna de energia no país.

1.3.1 Consumo de Energia Elétrica no Brasil

As estratégias de desenvolvimento adotadas no Brasil na década de 70, especialmente, o Primeiro e o Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), tiveram grandes implicações no processo de industrialização nacional. Durante este período, o país passou por um processo de desenvolvimento econômico considerável que levou a um aumento no consumo de energia elétrica nos diversos segmentos de demanda e na participação da energia elétrica na matriz energética nacional.

Como pode ser observado na figura 3 a seguir, a participação da energia elétrica no consumo total de energia passou de 5,6%, em 1970, para 16,4%, em 2007. Também pode ser verificado que, no período 2001-2002, quando foi adotado o programa de racionamento de energia elétrica no país, ocorreu uma redução no consumo de energia elétrica, diminuindo, portanto, a sua participação no consumo total de energia do país. Essa redução foi decorrente de fatores como: a substituição por outras fontes e/ou uso mais eficiente de energia elétrica, dentre outros.

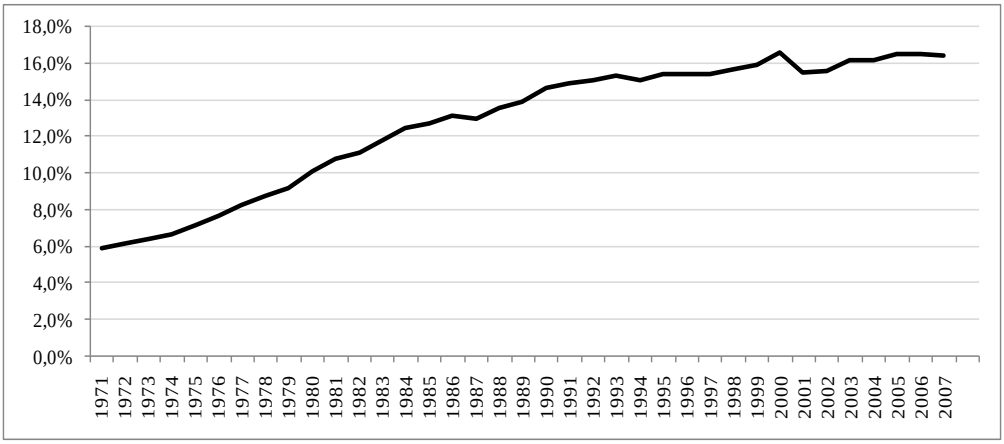

Figura 3 - Evolução da participação da energia elétrica no consumo total de energia no Brasil: 1970/2007
Fonte: Fonte: BEN, 2008.

[2] Capacidade de geração < = 30 MW.

Em 2007, o consumo total de energia elétrica no Brasil foi de 412,1 GWh. No âmbito setorial, a classe industrial detém a maior participação no consumo total de energia elétrica. Em 2007, conforme a Figura 4, a participação do segmento industrial foi de 46,7%, seguido pela classe residencial, com 22,1% e o comercial com 14,6%. A outras classes de consumo que englobam os setores energéticos, publico rural e transportes, representam 16,6% do consumo total de energia elétrica no país.

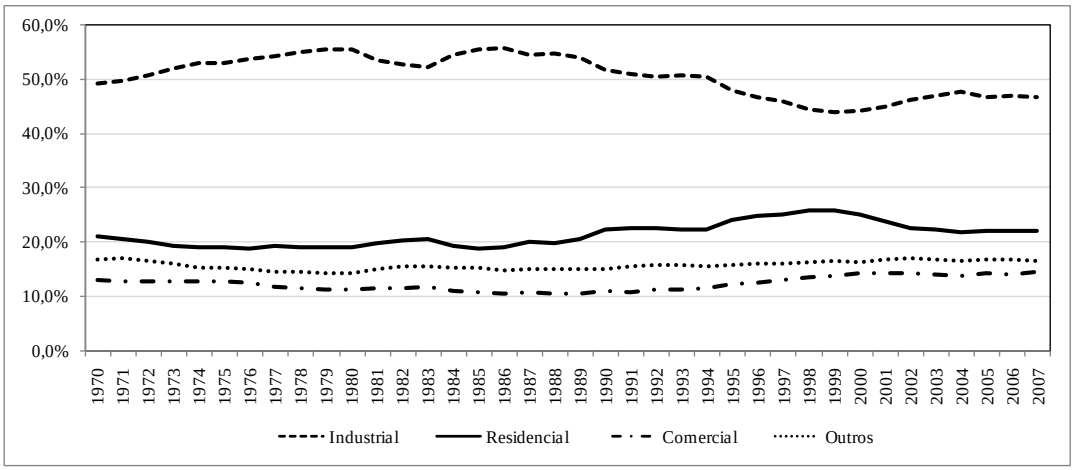

Figura 4 – Participação % das classes no total do consumo de energia elétrica no Brasil, 1970-2007
Fonte: BEN, 2008

A figura 4 mostra que o segmento industrial apresentou um considerável aumento na participação do consumo total de energia elétrica nas décadas de 70 e 80. Nos anos 70, a taxa de crescimento médio anual do consumo deste segmento foi de 13,6%, enquanto que as classes residencial e comercial tiveram, respectivamente, taxas de crescimento de 10,5% e 10,2%. Na década de 80, mesmo considerando o baixo crescimento econômico houve um crescimento anual razoável nas três classes de consumo. A classe residencial apresentou uma taxa de crescimento médio anual de 7,6%, seguida pela classe comercial com 6,0% e pela industrial com 5,8%. Isso fez com que nos últimos anos ocorresse redução na participação do consumo industrial de energia elétrica no consumo total. Esta redução na participação do segmento industrial ocorreu a partir da segunda metade da década de 80, apresentando, contudo, uma leve recuperação no ano 2000. Por outro lado, nesse mesmo período, a classe residencial apresentou uma elevação na participação do consumo total de energia elétrica.

A figura 5 a seguir apresenta estrutura do consumo residencial de energia no Brasil no ano de 2007. Pode-se observar que a energia elétrica, responsável por com 35,1% do consumo residencial de energia elétrica, juntamente com a lenha, também com 35,1% e o GLP, com

26.5% são as principais fontes de energia utilizadas pelos consumidores residenciais. No caso da lenha, o uso residencial desta fonte de energia é voltado para atividades de cocção e aquecimento. Com o crescimento da renda familiar nos últimos anos, a lenha tem sido substituída por outras fontes de energia, no entanto, dada a baixa eficiência obtida na sua queima, esta fonte ainda ocupa uma posição importante na composição das fontes de energia da classe de consumo residencial.

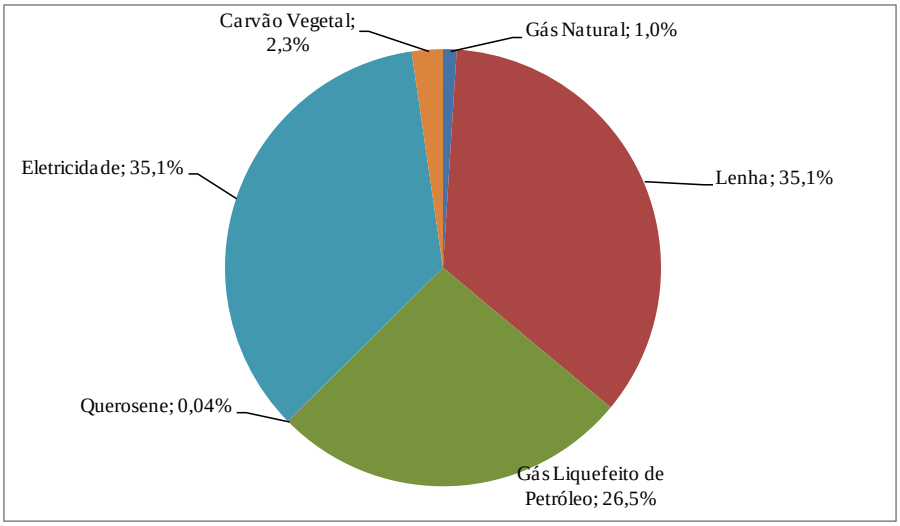

Figura 5 - Estrutura do consumo residencial de energia elétrica no Brasil, 2007
Fonte: BEN, 2008.

Especificamente com relação à classe residencial de energia elétrica, a Figura 6 apresenta a evolução do consumo deste segmento no período 1970/2007. É possível observar o consumo residencial de energia elétrica apresentou uma evolução considerável no decorrer de toda a série. Observa-se também que nos anos de 2001 e 2002 ocorreu uma queda significativa no consumo, como consequência dos impactos do plano de racionamento. Apesar da retomada do crescimento a partir de 2003, isto se deu de forma um pouco mais lenta, o que expressa um possível aumento da eficiência energética por parte desta classe de consumo.

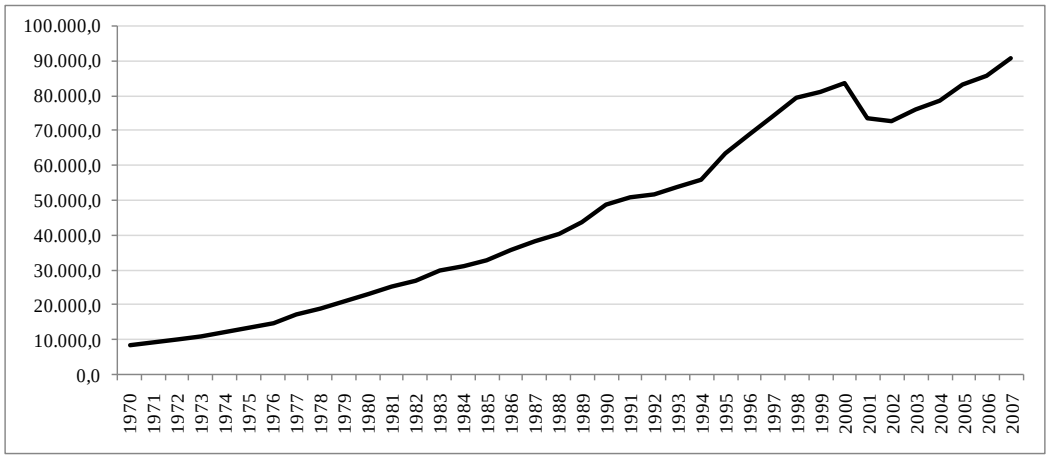

Figura 6 - Evolução do consumo residencial de energia elétrica no Brasil, 1970/2006
Fonte: BEN, 2008.

1.4 Política tarifária e evolução das tarifas de energia elétrica no Brasil

A formulação de uma nova política tarifária foi um dos pontos mais importantes do novo modelo do setor elétrico brasileiro. As tarifas de energia elétrica eram baseadas no custo de produção e equalizadas geograficamente em todo território nacional até o ano 1993. A partir desse período, foram introduzidos os conceitos de regime tarifário de "serviço pelo preço" e "equilíbrio-econômico financeiro", em que as tarifas passaram a ser fixadas no contrato de concessão ou permissão resultante de licitação pública. Nesse novo modelo tarifário, foram estabelecidas regras de revisão tarifária nos editais dos contratos de licitação. Essas regras passaram a considerar o equilíbrio econômico-financeiro inicial das empresas, as regras de participação no mercado e a obrigação mínima de investimentos (SANTOS, 2010; ANEEL, 2005).

Nesse sentido, a ANEEL passou a regular as tarifas cobradas pelas distribuidoras de energia elétrica aos consumidores finais, bem como garantir o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras. Para a tarifa de varejo da distribuição foi implantado o método de regulação por incentivos, através do *price-cap*, onde o regulador, no caso a ANEEL, estipula um preço inicial limite a ser cobrado pela distribuidora que permanece até o reajuste tarifário subseqüente. O reajuste passou a ser feito anualmente através de um índice geral de preços, menos um Fator X de produtividade, fixado pela ANEEL (ANEEL, 2005).

Uma das vantagens do *price-cap* é que este faz refletir na tarifa os elementos de um mercado competitivo local. O método permite que ganhos de produtividade possam ser apropriados tanto pelas distribuidoras, quanto pelos consumidores. A distribuidora pode internalizar qualquer ganho de produtividade entre as revisões tarifárias, acima e abaixo do Fator X, o que funciona como um incentivo pela busca da eficiência. O consumidor, por sua vez, também se apropria de ganhos de produtividade, pois quanto maior for o Fator X fixado pelo regulador, menor será o reajuste anual da tarifa. Além destas vantagens, o regime permite que os custos não-gerenciáveis das distribuidoras sejam transferidos diretamente para as tarifas (SANTOS, 2010; ANEEL, 2005).

Além do reajuste tarifário anual destinado a restabelecer o poder de compra da receita das distribuidoras, a ANEEL também realiza a revisão tarifária periódica, implementada geralmente após um período de 3 ou 4 anos, definidos nos contratos de concessão inicial com o objetivo de monitorar o equilíbrio econômico-financeiro da concessão. Nesse processo é calculado o reposicionamento tarifário e o estabelecimento de um novo Fator X, que é fixado igual a zero, antes da primeira revisão. Dentro dessa nova estrutura tarifária, a ANEEL passou a divulgar, através de resoluções homologatórias, os reajustes tarifários anuais concedidos às distribuidoras de energia elétrica.

Cabe ressaltar ainda que no processo de regulação tarifária, a ANEEL também eliminou os subsídios cruzados entre as classes de consumo e os contratos especiais de fornecimento para alguns grandes consumidores, estabelecidos na década de 1980. Nesse sentido, as tarifas de energia elétrica no Brasil passaram a sofrer mais a influência de fatores locais e relacionados às distribuidoras e menos de fatores nacionais como ocorria no antigo modelo tarifário.

Diante da reestruturação do setor elétrico e da introdução de uma nova política tarifária, as tarifas médias anuais de energia elétrica apresentam um comportamento diferenciado na economia brasileira nos últimos anos. No início da reestruturação do setor, o Governo tinha como objetivo recompor o equilíbrio financeiro das empresas de energia elétrica, a fim de torná-las mais atraentes no processo de privatização, bem como garantir taxas de retorno capazes de estimular novos investimentos. Esse objetivo fez com que as tarifas de energia elétrica tenham sofrido aumentos consideráveis desde 1995 quando teve início o processo de privatização das empresas de distribuição de energia elétrica.

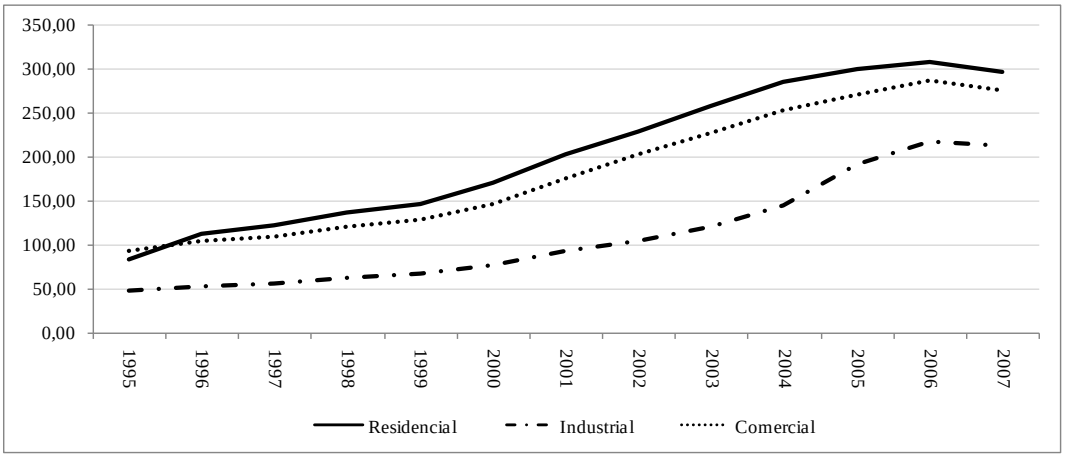

Figura 7 - Tarifas médias reais (R$/MWh) por classe de consumo no Brasil, 1995-2007
Fonte: ANEEL, 2008a

A Figura 7 apresenta a evolução das tarifas médias reais de energia elétrica no Brasil, deflacionadas pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), para as três principais classes de consumo. Verifica-se que no período entre 1997 a 2006, as tarifas dos três segmentos apresentaram significativos aumentos. No setor residencial, as tarifas tiveram um aumento de 255,5%. Já o setor comercial e industrial teve aumentos de 194,2% e 343,6%, respectivamente. Apesar de a classe industrial ter apresentado os maiores aumentos tarifários, as tarifas mais elevadas ainda são cobradas da classe residencial.

Algumas considerações devem ser feitas com relação aos aumentos tarifários. Os aumentos descritos anteriormente foram superiores à inflação no período analisado. Isso denota a política de recomposição das taxas de retorno do setor. Por outro lado, a evolução dessas tarifas resultou em um quadro de tarifas diferenciadas entre as distribuidoras, já que estas apresentam características e mercados distintos, como poderá ser observado na próxima seção.

1.5 Distribuição de energia elétrica no Brasil

Conforme foi antecipado na seção (1.2), o mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil conta atualmente com 63 concessionárias, estatais ou privadas, de serviços públicos que abrangem todo o país e mais 34 cooperativas de eletrificação rural. As concessionárias de distribuição estatais são controladas pelos governos federal, dos estados e dos municípios. Em diversas concessionárias privadas verifica-se a presença, em seus grupos de controles, de empresas nacionais, norte-americanas, portuguesas e espanholas. O mercado consumidor é

composto de cerca de 47 milhões de unidades consumidoras, sendo que 85% desse total são formados pelo consumidor residencial.

Do total de 63 distribuidoras, 13 estão localizadas no estado de São Paulo, 7 no estado do Rio Grande do Sul e 6 no de Santa Catarina. Os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraíba e Paraná contam com 3 distribuidoras, cada um. Amazonas, Espírito Santo, Goiás, Roraima e Sergipe são estados que possuem 2 distribuidoras. Os estados restantes dispõem de apenas uma distribuidora para atender às suas demandas por energia. Na Figura 8 abaixo é possível visualizar a localização espacial das 48 principais distribuidoras de energia elétrica do Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE), responsáveis pelo atendimento de 99% do mercado brasileiro de energia elétrica.

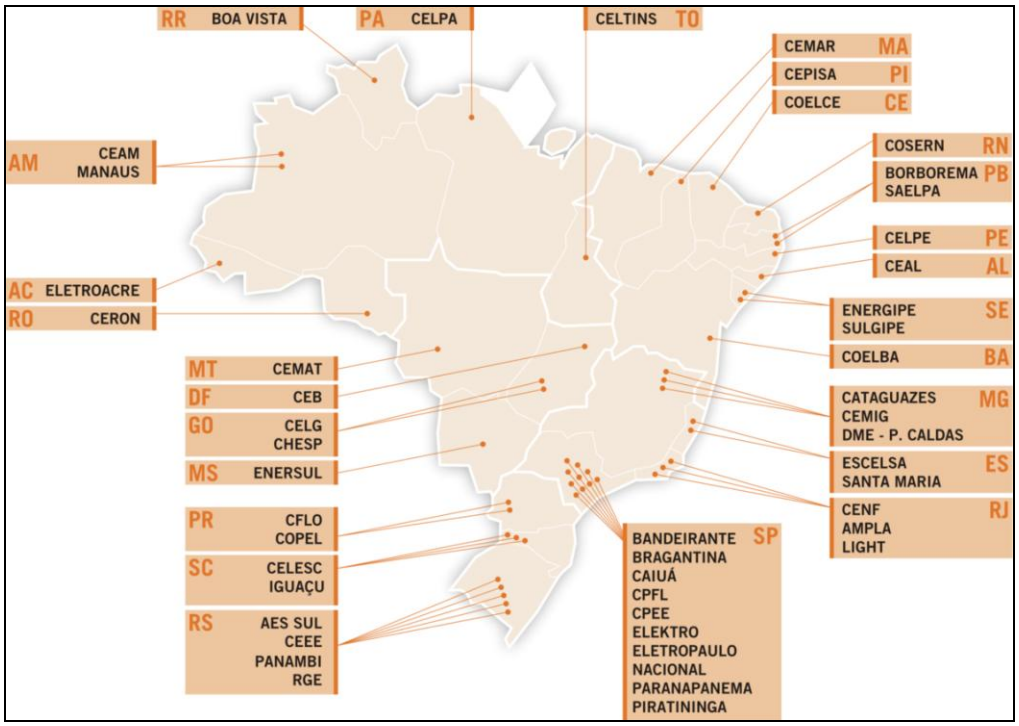

Figura 8 – Localização espacial das distribuidoras de energia elétrica no Brasil: 2009
Fonte: ABRADEE, 2009a.

As Tabelas 1 e 2 a seguir apresentam, respectivamente, informações a respeito do número de consumidores residenciais atendidos por 51 distribuidoras de energia elétrica e o consumo, em GWh, de cada uma dessas distribuidoras no período 1999/2007.

Tabela 1 – Número de consumidores residenciais por distribuidora de energia elétrica: 1999/2007

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AES SUL	727.155	767.395	767.395	789.881	819.845	840.217	858.445	878.388	901.740
AMPLA	1.399.670	1.511.991	1.511.991	1.587.778	1.732.532	1.841.608	1.920.602	1.946.516	2.007.065
BANDEIRANTE	1.892.000	1.032.714	1.032.714	1.114.443	1.137.365	1.164.452	1.175.375	1.252.268	1.283.295
BOA VISTA	42.972	45.908	45.908	46.981	51.136	54.155	55.879	58.293	61.928
BORBOREMA	93.128	102.138	102.138	105.383	-	112.521	115.920	121.798	126.452
BRAGANTINA	-	-	-	-	-	-	87.295	90.430	93.121
CAIUÁ	-	145.505	145.505	149.450	152.330	156.465	159.969	163.941	165.805
CATAGUAZES	193.969	213.498	213.498	218.858	225.237	232.004	238.962	246.980	-
CEAL	483.247	531.945	531.945	551.662	574.344	595.061	630.853	667.153	703.354
CEAM	-	-	-	-	-	142.616	148.321	158.026	169.874
CEB	455.013	504.463	504.463	541.375	566.983	609.033	632.661	653.064	673.322
CEEE	1.011.587	1.052.729	1.052.729	1.077.870	1.096.564	1.116.792	1.135.599	1.155.806	1.178.398
CELESC	1.260.832	1.365.640	1.365.640	1.411.572	1.461.018	1.514.443	1.564.770	1.616.046	1.672.117
CELG	1.226.269	1.368.374	1.368.374	1.438.757	1.501.789	1.553.905	1.606.019	1.653.908	1.705.600
CELPA	821.325	920.650	920.650	992.319	1.044.296	1.117.162	1.160.065	1.215.023	1.270.590
CELPE	1.657.189	1.824.784	1.824.784	1.882.642	1.989.688	2.040.414	2.097.207	2.185.431	2.304.670
CELTINS	182.919	209.930	209.930	218.338	231.346	244.865	256.510	271.524	292.046
CEMAR	869.331	916.385	916.385	933.746	972.661	1.005.470	1.080.495	1.150.936	1.258.850
CEMAT	449.654	512.593	512.593	544.182	569.698	604.644	634.766	660.382	692.801
CEMIG	4.060.681	4.429.005	4.429.005	4.615.178	4.729.673	4.830.935	4.927.966	5.064.556	5.188.601
CENF	-	66.247	66.247	68.013	-	71.646	73.620	75.600	76.960
CEPISA	472.478	518.031	518.031	542.715	572.715	601.087	630.361	666.264	701.693
CER	-	-	-	14.537	14.926	-	-	-	-
CERON	-	226.867	226.867	242.598	258.610	264.157	281.919	294.827	302.779
CFLO	-	-	-	-	-	37.091	38.125	39.212	40.050
CHESP	-	18.620	18.620	19.073	19.793	20.273	20.652	21.161	21.593
COELBA	2.352.058	2.667.650	2.667.650	2.735.512	2.873.176	3.000.725	3.131.867	3.151.292	3.363.698
COELCE	1.417.947	1.567.785	1.567.785	1.595.764	1.686.963	1.871	1.943.684	2.020.251	2.036.981
COPEL	2.167.965	2.304.333	2.304.333	2.361.718	2.428.812	2.495.584	2.561.066	2.637.502	2.713.463
COSERN	582.059	642.342	642.342	660.844	689.867	713.596	743.680	785.396	827.558
CPEE	-	32.409	32.409	33.378	34.410	35.217	36.097	36.903	37.635
CPFL	2.266.084	2.507.801	2.507.801	2.600.199	2.626.112	2.683.411	2.759.124	2.835.180	2.914.904
DME - P.CALDAS	-	44.910	44.910	46.227	47.537	48.566	49.931	51.346	52.551
ELEKTRO	1.337.447	1.466.268	1.466.268	1.518.939	1.564.790	1.604.317	1.637.410	1.674.743	1.712.012
ELETROACRE	-	94.763	94.763	97.645	102.460	108.422	114.049	117.947	124.915
ELETROCAR	-	21.162	21.162	21.695	22.333	11.894	23.121	-	-
ELETROPAULO	3.983.516	4.205.044	4.205.044	4.504.028	4.543.842	4.671.250	4.851.432	5.043.596	5.243.309
ENERGIPE	346.062	363.313	363.313	377.514	389.418	405.961	419.059	438.759	461.890
ENERSUL	429.373	469.893	469.893	489.211	503.544	525.497	536.343	562.830	579.586
ESCELSA	661.173	725.908	725.908	756.409	764.264	774.805	812.000	830.388	860.408
IGUAÇU	-	15.731	15.731	16.223	16.782	17.490	17.993	18.391	18.938
LIGHT	2.732.205	2.933.758	2.933.758	3.033.423	3.097.431	3.161.345	3.465.954	3.182.639	3.209.764
MANAUS	281.074	327.184	327.184	340.324	-	351.799	358.835	368.335	383.919
NACIONAL	-	-	-	-	-	72.505	74.438	76.323	78.450
PANAMBI	-	9.589	9.589	9.922	10.646	11.512	12.030	12.175	12.369
PARANAPANEMA	-	-	-	-	-	118.185	120.561	123.090	124.975
PIRATININGA	-	993.118	993.118	1.072.152	1.054.504	1.093.541	1.115.861	1.148.128	1.182.976
RGE	699.240	734.232	734.232	758.549	790.201	805.276	823.227	847.711	872.178
SAELPA	669.022	675.031	675.031	686.239	709.599	731.498	745.837	779.890	-
SANTA MARIA	-	40.342	40.342	42.158	43.654	45.135	46.940	48.520	50.356
SULGIPE	60.937	68.440	68.440	72.781	76.313	49.621	83.204	89.598	94.913
URUSSANGA	-	2.844	2.844	2.948	3.126	3.126	3.235	-	-
TOTAL	**37.287.580**	**41.201.262**	**41.201.263**	**42.943.155**	**43.804.336**	**44.315.169**	**48.021.339**	**49.190.472**	**49.852.459**

Fonte: ABRADEE,2009b.

Tabela 2 – Consumo residencial de energia elétrica (em GWh) por distribuidora: 1999/2007

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AES SUL	1.579	1.620	1.620	1.627	1.641	1.679	1.742	1.779	1.890
AMPLA	3.310	2.754	2.754	2.676	2.859	2.995	3.141	3.290	3.481
BANDEIRANTE	4.920	2.169	2.169	2.115	2.172	2.314	2.307	2.535	2.640
BOA VISTA	128	141	141	148	148	153	158	158	176
BORBOREMA	121	110	110	110	-	121	129	141	150
BRAGANTINA	-	-	-	-	-	149	160	172	181
CAIUÁ	-	267	267	271	282	287	306	319	338
CATAGUAZES	333	291	291	291	297	296	307	316	-
CEAL	662	573	573	563	639	645	686	694	740
CEAM	-	-	-	-	-	183	188	216	244
CEB	1.407	1.241	1.241	1.265	1.372	1.444	1.508	1.590	1.705
CEEE	2.176	2.166	2.166	2.106	2.136	2.129	2.150	2.197	2.332
CELESC	2.847	2.976	2.976	3.007	3.121	3.139	3.602	3.475	3.747
CELG	2.230	2.017	2.017	2.028	2.188	2.335	2.469	2.557	2.682
CELPA	1.417	1.465	1.465	1.495	1.595	1.658	1.771	1.806	1.945
CELPE	2.514	2.332	2.332	2.295	2.588	2.599	2.795	2.890	3.030
CELTINS	272	271	271	281	302	317	338	357	392
CEMAR	925	941	941	972	1.023	1.038	1.127	1.202	1.353
CEMAT	1.170	1.070	1.070	1.110	1.168	1.197	1.285	1.336	1.416
CEMIG	7.448	6.475	6.475	6.360	6.700	6.526	6.590	6.838	6.813
CENF	-	115	115	118	-	123	125	128	134
CEPISA	595	545	545	549	609	625	663	656	709
CER	-	-	-	22	22	-	-	-	-
CERON	-	474	474	495	506	506	528	567	579
CFLO	-	-	-	-	-	59	62	65	67
CHESP	-	23	23	23	24	25	25	26	27
COELBA	3.113	2.905	2.905	2.846	3.158	3.292	3.498	3.662	4.042
COELCE	1.963	1.730	1.730	1.670	1.867	1.914	2.178	2.255	2.412
COPEL	4.306	4.312	4.312	4.307	4.382	4.467	4.653	4.837	5.143
COSERN	825	768	768	757	848	899	977	1.064	1.154
CPEE	-	60	60	60	63	66	67	71	74
CPFL	5.521	4.851	4.851	4.801	5.031	5.155	5.445	5.712	6.111
DME - P.CALDAS	-	77	77	77	81	83	86	91	95
ELEKTRO	2.914	2.605	2.605	2.540	2.701	2.799	3.186	3.125	3.259
ELETROACRE	-	180	180	175	168	185	203	220	231
ELETROCAR	-	39	39	41	40	42	42	-	-
ELETROPAULO	12.349	10.467	10.467	10.237	10.727	11.258	11.863	12.687	13.500
ENERGIPE	470	400	400	407	447	473	498	525	564
ENERSUL	935	869	869	862	872	912	925	928	943
ESCELSA	1.374	1.186	1.186	1.134	1.193	1.192	1.195	1.371	1.488
IGUAÇU	0	31	31	32	32	33	35	36	37
LIGHT	7.709	6.730	6.730	6.354	6.617	6.610	7.225	7.256	7.342
MANAUS	752	807	807	807	-	788	812	782	815
NACIONAL	-	-	-	-	-	139	148	154	166
PANAMBI	-	18	18	18	20	22	24	23	22
PARANAPANEMA	-	-	-	-	-	205	215	222	234
PIRATININGA	-	2.112	2.112	2.035	2.164	2.183	2.356	2.485	2.644
RGE	1.404	1.400	1.400	1.406	1.419	1.437	1.466	1.492	1.605
SAELPA	716	638	638	654	721	743	779	821	-
SANTA MARIA	-	71	71	67	73	73	75	81	86
SULGIPE	52	49	49	48	54	56	58	67	70
URUSSANGA	-	6	6	6	6	6	6	85.277	-
TOTAL	**78.457**	**72.347**	**72.347**	**71.268**	**74.076**	**77.574**	**82.177**	**170.554**	**88.808**

Fonte: ABRADEE, 2009b.

Obs.: Os dados de consumo incluem as vendas de energia sem interrupção e excluem as vendas a concessionárias.

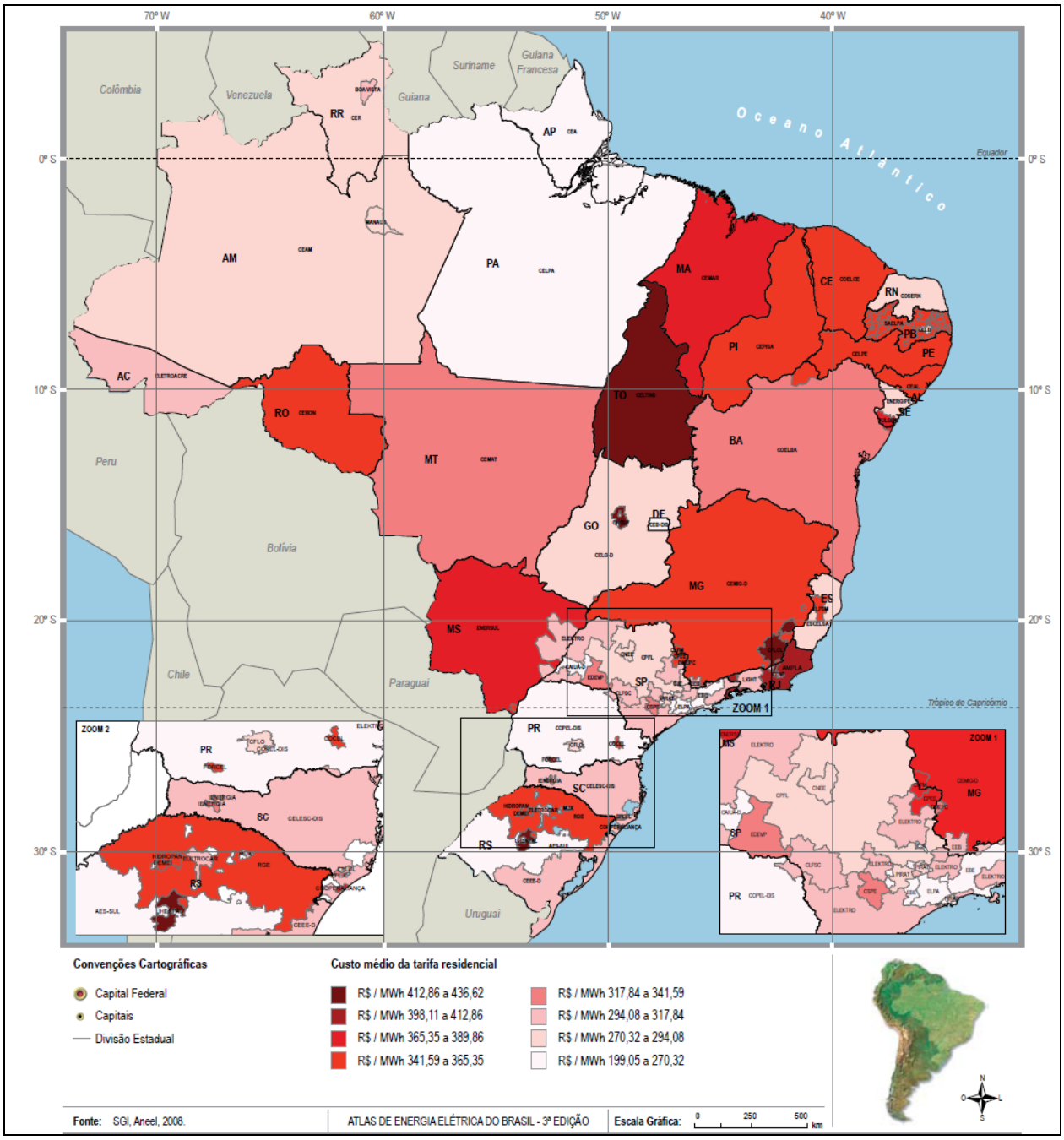

Figura 9 – Mapa das tarifas residenciais de energia elétrica por distribuidora: 2008
Fonte: ANEEL, 2008b

As características da economia brasileira fazem com que o segmento residencial de demanda de energia elétrica seja alvo de grande atenção, tanto por parte da ANEEL, quanto do Governo, no âmbito da formulação das políticas sociais. Atualmente, estão sendo colocadas em prática metas de universalização do atendimento. A Figura 9 apresenta as tarifas residenciais por distribuidora para o ano de 2008. Pode-se observar que existe uma considerável heterogeneidade tarifária entre as distribuidoras no território nacional. De um modo geral, a região Nordeste apresenta tarifas mais elevadas, enquanto que as regiões Norte

e Sul as mais baixas. Nesse sentido, diante de diferentes padrões tarifários em todo território nacional associado às condições econômicas, tecnológicas, climáticas e outros, é possível levantar a hipótese de que os consumidores podem reagir diferentemente em relação a alterações nos preços de energia elétrica ou na sua renda disponível.

Diante desse contexto e do problema de pesquisa apresentado na Introdução deste trabalho, a estimação das elasticidades preço e renda da demanda residencial de energia elétrica por meio de painel de 63 distribuidoras de energia elétrica no Brasil permitirá captar tanto as variações individuais no mercado de cada distribuidora. Além disso, os métodos de estimação aplicados permitirão controlar os efeitos individuais não observáveis referentes ao mercado consumidor de cada distribuidora.

No próximo capítulo será apresentada a revisão da literatura sobre a estimação de equações de demanda residencial de energia elétrica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta o referencial teórico que servirá de base para a estimação das elasticidades de preço e renda da demanda residencial de energia elétrica deste trabalho. O capítulo está dividido em duas seções. Na primeira seção é feita uma descrição do referencial teórico da demanda residencial por energia elétrica, sendo citados os principais trabalhos feitos sobre este tema dentro da literatura. Na segunda parte é feita uma revisão dos trabalhos de estimação de demanda de energia elétrica que utilizaram dados em painel em suas análises. A revisão mostra que estimação das elasticidades preço e renda da demanda por energia elétrica utilizando dados em painel ainda é um tema pouco explorado pela literatura.

2.1 Referencial teórico da demanda residencial por energia elétrica

A estimação da demanda residencial por energia elétrica está baseada nos pressupostos neoclássicos de maximização da utilidade e minimização do gasto do consumidor. Uma das principais abordagens utilizadas é a parametrização da demanda por energia elétrica através da função demanda ou utilidade. Os modelos econométricos de demanda por energia elétrica são, na sua maioria, elaborados com dados agregados, ou seja, utilizando dados de séries de tempo.

A literatura sobre demanda residencial por energia elétrica é vasta e remonta os anos 50. Um dos primeiros trabalhos realizados foi o de Houthakker (1951), intitulado *"Some Calculations of Electricity Consumption in Great Britain".* Neste estudo, o autor estima as elasticidades preço e renda da demanda residencial por energia elétrica de 42 cidades do Reino Unido no período 1937-38. Usando um modelo em log, o autor estima as elasticidades-preço e renda, encontrando os valores de 1,17 e -0,89 para cada uma, respectivamente. Contudo, o trabalho não deixa claro se essas elasticidades são de curto ou de longo prazo.

Fisher e Kaysen (1962) foi um dos primeiros trabalhos realizados de análise de demanda residencial por energia elétrica no mundo. Os autores estimaram e demanda residencial de 47 estados americanos, no período 1946-57. Nesse estudo, os autores partiram do princípio de que a energia elétrica não é um bem consumido de forma direta, mas através do uso de máquinas equipamentos elétricos. As variáveis econômicas, segundo os autores, são determinantes primários da demanda por energia elétrica do setor residencial. Assim,

utilizaram um modelo de dois estágios, em que o consumo no curto prazo (primeiro estágio) depende do estoque de equipamentos e de três componentes: a renda, o preço da energia elétrica e a taxa de utilização de equipamentos elétricos. Em um segundo estágio (longo prazo), os autores tentaram explicar os fatores que afetam o estoque de equipamentos. O modelo sugerido usa a taxa de crescimento do estoque de equipamento em função da renda esperada, da população, dos preços esperados de energia e do número de domicílios. "Provavelmente, a lição mais importante do estudo de Fisher e Kaysen (1962) é de que apesar dos autores terem recorrido a um modelo com distinção entre os efeitos de utilização de curto prazo e impactos do estoque de equipamentos no longo prazo, vários problemas nos dados ocorreram, gerando estimativas imprecisas, especialmente para o longo prazo" (MADLENER, 1996).

Hsaio e Mountain (1985) estimaram a elasticidade-renda da demanda por energia elétrica usando dados em *cross-section* para a província de Ontário, no Canadá. Os métodos de média condicional e de Pseudo-Instrumental foram utilizados para calcular a elasticidade renda de curto prazo. Os resultados encontrados foram de 0,161 e 0,174, respectivamente.

Comprovada a existência de diversos estudos de demanda por energia elétrica em países industrializados e reconhecendo a necessidade de uma reformulação no modelo tradicionalmente usado em países desenvolvidos para aplicações em estudos de demanda por energia elétrica de países em desenvolvimento, o trabalho de Holtedahl e Joutz, em 2004, traz uma contribuição para a literatura econômica, ao criar um modelo de demanda por energia elétrica para o caso de Taiwan. Neste trabalho, os autores estimam as elasticidades preço e renda da demanda residencial por energia elétrica naquele país, para o período 1955/96, utilizando procedimentos de correção de erros e cointegração.

Na Dinamarca, Bentzeg e Engsted (1993) aplicaram técnicas de cointegração e a metodologia de correção de erros para estimar as elasticidades da demanda residencial por energia elétrica, no curto e longo prazo, no período 1948-90. Silk e Joutz (1997), utilizando a mesma metodologia, também estimaram a elasticidade da demanda residencial por energia elétrica nos EUA a partir de dados anuais para o período 1949-1993.

No Brasil, um dos primeiros estudos feitos tratando de demanda por energia elétrica foi o trabalho de Modiano (1984). No estudo, o autor analisa a evolução do consumo e dos preços de energia elétrica para quatro grupos de consumidores: industrial, comercial, residencial e

outros. Para tanto, foram estimados dois modelos alternativos para o consumo da energia elétrica: o primeiro supondo um ajustamento instantâneo do consumo à demanda e o segundo, pressupondo um ajustamento parcial do consumo à demanda. Especificamente, foram estimadas as elasticidades-preço e renda para o período 1963/81. Os resultados encontrados para demanda residencial de energia elétrica foram de -0,403 para a elasticidade-preço e de 1,130 a para elasticidade-renda.

Andrade e Lobão (1997) atualizam parte do trabalho feito por Modiano (1984) e estimam a demanda residencial de energia elétrica para o período 1963-1995. Para tanto, os autores adotam uma modelagem vetorial auto-regressiva (VAR) e utilizando dados anuais, partem do princípio de que o consumo residencial é função da tarifa, da renda e do estoque de eletrodomésticos, sendo este último função da renda e dos seus preços. Os resultados encontrados foram de -0,051 para elasticidade-preço e de 0,213 para elasticidade-renda.

Mais recentemente, outro estudo realizado no Brasil foi o de Schmidt e Lima (2004). Utilizando técnicas de cointegração, o trabalho teve como um dos objetivos a estimação das elasticidades, preço e renda, de longo prazo, da demanda por energia elétrica nas classes de consumo residencial comercial e industrial. Utilizando métodos de cointegração, os autores encontraram para consumo residencial, elasticidades preço de -0,085 e renda, de 0,539, respectivamente. Os resultados obtidos foram de magnitude inferior aos obtidos por Modiano (1984), para as elasticidades preço e renda no longo prazo. Em relação aos resultados obtidos por Andrade e Lobão (1997), que utilizaram a mesma metodologia, as elasticidades encontradas foram superiores a destes autores.

A primeira consideração a respeito dos estudos que tratam da demanda energia elétrica no Brasil é de que o tema é muito pouco explorado pela literatura nacional. Atualmente, existem poucos estudos tratando da demanda residencial de energia elétrica no país. Além disso, os trabalhos realizados utilizaram, em sua maioria, dados em séries de tempo para o cálculo de elasticidades de preço e renda. Por outro lado, não existem estudos onde tenham sido utilizadas abordagens alternativas à aplicação de modelos de séries temporais. A experiência internacional aponta para a utilização de novos métodos de estimação, em especial os modelos de dados em painel. Contudo, a literatura que trata desses modelos ainda é muito escassa, não havendo, portanto, muitos estudos abordando a questão da demanda residencial de energia elétrica utilizando modelagens por meio de painel.

2.2 Estimação de demanda de energia por meio de modelos de dados em painel

O trabalho pioneiro na aplicação de técnicas de dados em painel para estimação da demanda por energia foi o estudo de Balestra e Nerlove (1966) que estimaram as elasticidades da demanda por gás natural, nos Estados Unidos. Neste trabalho seminal, os autores demonstraram a importância dos preços relativos de combustíveis na determinação da demanda de energia e o efeito-substituição entre fontes. Os resultados encontrados foram de -0,62 para a elasticidade-preço e de 0,62 para elasticidade-renda, ambas no longo prazo.

Outro estudo foi o de Baltagi e Griffin (1983) que estimaram a demanda por gasolina para países da OCDE. Estes autores pontuam que a utilização de dados em painel, que considera tanto as variações entre as unidades em *cross-section*, quanto às variações no tempo, é mais eficiente do que considerar apenas estas variações individualmente. O respaldo teórico para essas considerações pode ser encontrado em Hsaio (1985 e 1986), Klevmarken (1989), Wooldrige (2001) e Baltagi (2001).

Pindyck (1979) investiga os padrões do consumo residencial por energia elétrica, estimando as elasticidades de longo prazo de nove países desenvolvidos. Ele estima as especificações de modelos translog e logit e encontra algumas evidências de que elasticidades-preço da demanda por energia devem ser de fato consideravelmente maiores do que as elasticidades encontradas em muitos outros trabalhos anteriores. A sua elasticidade-preço encontrada foi de -1,1. Essa descoberta de altas elasticidades foi reafirmada através dos trabalhos de Zilberfarb e Adams (1981) e de Beenstock e Willcocks (1981), embora esses dois trabalhos tenham se concentrado em elasticidades-renda da demanda agregada de energia.

Acton, Mitchell e Solhberg (1980) desenvolveram um estudo teórico e empírico para estimar demanda residencial por energia elétrica sujeita a uma estrutura de tarifas em bloco. Usando dados de centenas de famílias americanas, os autores construíram uma medida para o preço marginal utilizado pelas famílias e controlam a demanda por oito principais utensílios elétricos. Eles encontraram elasticidades preço variando de -0,35 a -0,70 e elasticidades-renda em torno de 0,40.

Nos Estados Unidos, Chern e Bouis (1988) analisa as mudanças estruturais nos parâmetros da demanda residencial por energia elétrica através da especificação e estimação de um modelo dinâmico utilizando dados, por estado americano, para o período 1955-78. Eles utilizam sucessivas sobreposições de amostras com períodos de dez anos e encontram algumas

evidências de mudanças estruturais significantes nas elasticidades da demanda para diversas variáveis independentes. Na opinião dos autores, essas mudanças foram causadas principalmente pela adoção de novas tecnologias nos principais utensílios elétricos utilizados pelas famílias.

Mais recentemente, outro trabalho com aplicação de dados em painel é o estudo de Liu (2004), onde são estimadas as elasticidades-preço e renda da energia elétrica, gás natural e óleo diesel, nos países da OCDE, no período de 1978-99, para os segmentos industrial, comercial e residencial. Utilizando o Método dos Momentos Generalizados (GMM) proposto por Arellano e Bond (1991), o autor fez uma comparação entre as aplicações de painel com efeito fixo, efeito aleatório e painel dinâmico. Os resultados encontrados para as elasticidades-preço e renda da demanda residencial por energia elétrica foram de -0,030 e 0,058, respectivamente.

Outros trabalhos que utilizaram dados em painel para estimação de elasticidades da demanda por energia elétrica foram: Kouris (1976) que encontrou valores para elasticidades-preço e renda de -0.77 e 0.84, respectivamente; Nordhaus (1977) que encontrou elasticidade-preço variando entre -0,03 e -0,68 para preço e 0,29 e 1,11 para renda, usando um painel de dados sobre o consumo agregado de energia de sete países; Hesse e Tarkka (1986) que estudaram a demanda por energia na indústria manufatureira européia antes de depois do choque do petróleo de 1973 e usando dois conjuntos de dados em painel sobre demanda de energia elétrica de nove países encontraram elasticidades-preço variando entre -0,31 e -0,35, antes do choque e variando entre - 0.14 e -0.49, depois do choque do petróleo.

A tabela 3 a seguir resume os resultados das elasticidades-preço e renda residenciais calculadas por outros estudos.

Tabela 3 – Resultados de estimações de outros estudos

Autor	Tipo de dados	Elasticidade-Preço	Elasticidade-Renda
Experiência Nacional			
Modiano (1966)	Séries temporais	-0,403	1,130
Andrade e Lobão (1997)	Séries temporais	-0,051	0,213
Schmidt e Lima (1997)	Séries temporais	-0,085	0,539
Experiência Intenacional			
Balestra e Nerlove (1966)	Painel	-0,630	0,620
Kouris (1976)	Painel	-0,770	0,840
Nordhaus (1977)	Painel	entre -0.03 e -0.68	entre 0.29 e 1.11
Acton, Mitchell e Solhberg (1980)	Painel	-0,350	0,400
Hesse e Tarkka (1986)	Painel	-0,350	0,49
Bentzen e Engsted (1993)	Séries temporais	-0,465	1,213
Houthakker e Joutz (2004)	Séries temporais	-0,893	1,166
Liu (2004)	Painel	-0,030	0,058

Segue no próximo capítulo a especificação da estimação das elasticidades-preço e renda da demanda de energia elétrica no Brasil com a utilização de modelos de dados em painel.

3 METODOLOGIA

Esta seção consiste em descrever metodologia empregada neste trabalho. Está dividida em duas partes: na primeira é feita uma descrição da base de dados utilizada e na segunda, são apresentados os métodos de estimação que serão utilizados para estimação da demanda residencial por energia elétrica. neste trabalho, além dos métodos de estimação usados para estimar as elasticidades da demanda residencial de energia elétrica das 63 distribuidoras.

De acordo com a revisão da literatura apresentada no Capítulo 2, de um modo geral, a equação de demanda residencial por energia elétrica segue uma especificação padrão em que a quantidade demandada, (Y_t), depende do preço do bem demandado, (P_{gt}), do preço do bem substituto, (P_{st}) da renda das famílias, (R_t) e do estoque de equipamentos domésticos (E_t). Desse modo a especificação completa da equação de demanda pode assumir a seguinte forma genérica:

$$Y_t = f(P_{gt}, P_{st}, R_t, E_t) \tag{3.1}$$

A inexistência de informações referentes ao estoque de equipamentos elétricos domésticos e informações sobre preços dos produtos substitutos da energia elétrica, como por exemplo, o gás natural e a lenha em algumas regiões do Brasil, que atendessem às especificidades do banco de dados em painel, a serem apresentadas na próxima seção, fez com que estas variáveis não fossem incluídas na especificação final da equação de demanda. Desse modo, a equação de demanda residencial a ser considerada neste trabalho assumirá a seguinte especificação genérica:

$$Y_t = f(P_{gt}, R_t) \tag{3.2}$$

Logo, o modelo econométrico pode ser descrito como:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 P_{gt} + \beta_2 R_t + u_t \tag{3.3}$$

Onde β_0, β_1, e β_2 são os parâmetros a serem estimados. u_t é o termo aleatório.

Para obter as elasticidades-preço e renda da demanda residencial de energia elétrica, considera-se a estimação da equação acima na forma logarítmica:

$$Log\ (Y_t) = \beta_0 + \beta_1 log(P_{gt}) + \beta_2\ log\ R_t + u_{it} \qquad (3.4)$$

Desse modo, os parâmetros estimados β_1 e β_2 seriam aproximações das elasticidades-preço e renda da demanda residencial de energia elétrica.

3.1 Base de Dados

As quatro principais variáveis a serem utilizadas na estimação da demanda residencial de energia elétrica foram: consumo e tarifas residenciais de energia elétrica por distribuidora e Produto Interno Bruto (PIB) e população dos municípios que compõem a área de concessão de cada distribuidora. Essas informações forma obtidas de três fontes de dados distintas: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ANEEL e IPEADATA.

Os dados de consumo e tarifa residencial de energia elétrica foram disponibilizados diretamente pela ANEEL. Estas informações foram enviadas em três arquivos no formato Excel contendo informações anuais sobre as 63 distribuidoras[3] de energia elétrica tratadas neste estudo, referentes ao consumo de energia elétrica, à receita e às tarifas médias cobradas por cada uma dessas distribuidoras, para a classe de consumo residencial, para o período de 1999 a 2008. Os arquivos dispõem ainda de dados referentes ao número de consumidores atendidos por cada concessionária e dados que descrevem quais os municípios brasileiros atendidos por cada distribuidora de energia. A variável consumo de energia elétrica é medida em kWh (quilowatt-hora), a receita, em R$ a preços correntes e por fim o número de consumidores por distribuidora.

No entanto, uma primeira análise das informações disponibilizadas pela ANEEL mostrou que estas apresentavam algumas limitações para a montagem do banco de dados em painel. Em relação à tarifa média residencial de energia elétrica, utilizada para representar a variável preço, foi observado que a ANEEL calcula essa tarifa a partir de uma divisão simples da receita obtida com a venda de energia elétrica para a classe residencial pela quantidade

[3] A relação das 63 distribuidoras de energia que compõem este trabalho encontra-se no Apêndice 3.

consumida de energia elétrica, em kWh, da respectiva classe de consumo, para cada uma das distribuidoras. A utilização dessa tarifa pode acarretar em inconsistências nas estimações, já que a quantidade consumida seria utilizada com variável dependente nas estimações, o que denotaria certa endogeneidade das informações contidas no modelo a ser estimado. Para minimizar o risco de gerar estimações viesados e/ou inconsistentes, optou-se por gerar estimações, tanto com as tarifas médias calculadas pela ANEEL, quanto com as tarifas homologadas pela ANEEL e compará-las. As tarifas homologadas estão disponibilizadas nas resoluções homologatórias, em que a ANEEL concede reajustes anuais às distribuidoras. Por se tratar de uma variável exógena, acredita-se que a questão da endogeneidade nos dados seja solucionada. Nesse sentido, as tarifas homologadas foram coletadas a partir das resoluções da ANEEL que estão disponibilizadas na respectiva *homepage* da agência, para cada uma das 63 distribuidoras. A classe de consumo residencial escolhida para coletar as tarifas homologadas foi a tarifa residencial B1.

Para representar a variável renda da área de concessão de cada distribuidora foi utilizado a o PIB municipal, coletado através da *homepage* do IPEADATA. Desse modo, a partir das informações sobre os municípios da área de concessão de cada uma das 63 distribuidoras, foi construída uma variável PIB da área de concessão, a partir da agregação dos PIB's dos municípios atendidos por cada distribuidora. Como esses dados só estão disponíveis para o período 1999 a 2006, este ficou definido como o intervalo de tempo para este trabalho.

Na construção das variáveis consumo de energia elétrica per capita e renda per capita da área de concessão, também foram encontradas várias inconsistências nas informações sobre número de consumidores por distribuidora, disponibilizadas inicialmente pela ANEEL. Uma alternativa seria a utilização das informações da ABRADEE sobre o número de consumidores por distribuidora, que foram apresentadas no Capítulo 1. No entanto, essas informações não estão disponíveis para todas as 63 distribuidoras. Logo, optou-se por utilizar a população da área de concessão, ao invés do número de consumidores para calcular o per capita das variáveis. Os dados sobre população municipal também foram coletados através da *homepage* do IPEADATA. A partir dessas informações foi construída uma variável para representar a população da área de concessão de cada distribuidora, a partir da agregação da população de cada município atendido por cada distribuidora.

Para trabalhar com valores reais das variáveis tarifa e PIB foi utilizado o IPCA do IBGE.

O banco de dados final deste trabalho se constitui na integração das bases de dados da ANEEL entre si, e destas com a base do IPEADATA, de forma que as informações referentes à receita, consumo, tarifa, renda e população estejam dispostas na forma anual e por distribuidora de energia. A partir dos dados sobre população da área de concessão, serão utilizados os valores *per-capita* de consumo e renda. Por outro lado, para trabalhar com valores reais das variáveis tarifa e PIB foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) do IBGE para deflacioná-las, tendo como ano base o ano de 2000.

A Tabela 4 apresenta a estatística descritiva das variáveis do banco de dados definido acima, referente às variações entre as 63 distribuidoras no período 1999-2006. As estatísticas por distribuidora e por ano são apresentadas no Apêndice 1.

Tabela 4`- Estatística descritiva do banco de dados referente às variações entre as 63 distribuidoras no período 1999-2006.

Variável	Observ.	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Consumo de energia elétrica residencial (kWh)	504	1.233.052,98	2.066.521,77	3.301,00	12.687.397,41
Tarifa média de energia elétrica residencial (R$/kWh)	504	200,80	58,19	100,72	365,79
Tarifas homologadas de energia elétrica residencial (R$/kWh)	504	228,93	65,77	127,41	406,38
Renda (PIB) na área de concessão (Mil/R$)	504	19.499.462,67	35.421.649,49	15.972,39	240.007.853,92

Pode-se observar na Tabela 4 que os dados das 63 distribuidoras para o período de 1999-2006 formam um banco de dados em painel com 504 observações. Cabe ressaltar que para todas as estatísticas os valores referentes às tarifas homologadas são superiores aos valores das tarifas médias.

A próxima seção apresenta algumas considerações referentes aos métodos de estimação a serem utilizados.

3.2 Estimação de modelos de dados em painel

O objetivo desta seção é apresentar uma síntese dos principais métodos de estimação de modelos de dados em painel, com base em Wooldridge (2001 e 2006). Os modelos de dados em painel referem-se aos modelos formulados para estimar parâmetros através de um conjunto de dados longitudinais. Estes dados possuem a dimensão tanto de corte transversal, quanto temporal. Desse modo, um banco de dados em painel consiste de repetidas observações no tempo, de maneira que a mesma amostra de indivíduos, famílias, firmas, cidades e outros é observada no tempo. Além de permitir captar tanto as variações entre os elementos da unidade observacional (indivíduos da *cross-section*), quanto às variações no tempo, uma das principais vantagens da estimação com dados em painel é que esta envolve o controle da regressão por características não observáveis, se estas forem invariantes no tempo, ou seja, permite que os efeitos específicos (heterogeneidade) do indivíduo sejam controlados.

Um modelo de dados em painel pode ser descrito da seguinte forma:

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \tag{3.5}$$

Na equação acima, i representa a unidade *cross-section* de indivíduos, enquanto que t a extensão de tempo em que os indivíduos são observados. O termo X'_{it} possui K regressores, incluindo o vetor de 1's (para a constante). O efeito específico é representado por $z'_i\alpha$, onde z_i contém um conjunto de variáveis específicas que podem ser observados ou não, e se mantém constantes ao longo do tempo. O modelo a ser empregado depende do tipo de heterogeneidade assumida. A seguir é apresentada uma síntese de cada método de estimação utilizado neste trabalho.

3.2.1 *Pooled OLS*[4]

O termo *Pooled* é utilizado na literatura para representar a idéia de que em diferentes pontos no tempo uma nova amostra aleatória é obtida da população relevante. Neste caso, se z_i da equação (3,5) possuir somente um termo constante (ou uma média), o método dos Mínimos

[4] O termo *OLS* é a abreviação (em inglês) *Ordinary Least Squares*, que em português significa Mínimos Quadrados Ordinários.

Quadrados Ordinários (MQO) gera estimativas consistentes e eficientes de α e β, visto que no *Pooled* é suposta a exogeneidade estrita entre o termo aleatório e as variáveis explicativas. Desta forma, é possível fazer a agregação de todos os dados em corte transversal e estimar os parâmetros de interesse pelo método MQO.

3.2.2 Primeiras Diferenças

Um dos métodos de estimação mais utilizados na correção de problemas de efeitos não-observáveis é o método de Primeiras Diferenças (ou *First Differencing*), que consiste em retirar as primeiras diferenças de todas as variáveis do modelo.

Supondo uma equação a ser estimada:

$$Y_{it} = X'_{it}\,\beta + \alpha + \varepsilon_{it} \tag{3.6}$$

Tomando uma equação referente ao período anterior e subtraindo-a de (3.6):

$$Y_{it} - Y_{it-1} = (X'_{it} - X'_{it-1})\beta + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}) = \Delta Y_{it} = \Delta X'_{it}\beta + \Delta\varepsilon_{it} \tag{3.7}$$

Ou seja, o efeito não-observável é retirado da equação se este for invariante no tempo, de maneira que a equação, em diferenças, pode ser estimada por MQO da mesma forma que a estimação do *Pooled*. Neste caso, as hipóteses clássicas de regressão agora devem ser feitas sobre o modelo com diferenças.

3.2.3 Efeitos Fixos (EF)

Um método alternativo para eliminar o efeito não-observado de um modelo e que funciona melhor sob certas hipóteses é o estimador de Efeitos Fixos.

Tomando a equação (3.5), se o termo z_i for não-observado, mas correlacionado com X'_{it}, então o estimador de MQO é viesado e inconsistente, como consequência do problema de se ter no modelo uma variável relevante omitida. Neste caso, o modelo poderá ser especificado por:

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + \alpha + \varepsilon_{it} \quad (3.8)$$

Na equação (3.8) acima, $\alpha = z'_i$ abrange os efeitos não observados que afetam Y_{it}. O método denominado de Efeito Fixo assume que α é um termo constante específico de cada indivíduo que não varia ao longo do tempo. O objetivo do método é eliminar α_i, ou seja, todos os efeitos não observados e constantes ao longo do tempo.

Na aplicação do método, tira-se a média da equação para cada observação *i*:

$$\overline{Y_i} = \overline{X_i}\beta + \alpha + \bar{\varepsilon} \quad (3.9)$$

Como o termo α é constante ao longo do tempo, ele aparecerá nas duas equações. Subtraindo (3.9) de (3.5), resultará em:

$$y_{it} - \overline{y_i} = (x_{it} - \overline{x_i})'\beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i) \text{ ou } \ddot{y}_{it} = \ddot{x}\beta + \ddot{\varepsilon}_{it} \quad (3.10)$$

Com a aplicação do procedimento o efeito individual, α_i, é eliminado da equação. A equação poderá ser estimada pelo método *Pooled OLS*. Os estimadores obtidos através desse procedimento são denominados estimadores de Efeitos Eixos.

A estimação por Efeitos Fixos impõe algumas restrições ao modelo. A mais importante é que variáveis constantes no tempo não devem ser inclusas na estimação. Isso porque quando a média temporal é igual ao valor de cada observação e ao se subtrair cada observação da média o resultado é zero e a variável fixa no tempo desaparece da regressão. Estas variáveis seriam perfeitamente colineares à variável α_i, o que impossibilitaria a estimação do modelo, já que a hipótese de inexistência de multicolinearidade perfeita não seria atendida.

Ao fazer uma comparação entre os métodos de Primeiras Diferenças e o de Efeitos Fixos, é importante observar que quando a duração temporal inclui apenas dois períodos, ou seja, quando $T = 2$, ambos os métodos apresentam os mesmos resultados. Contudo, para períodos de tempo maiores que 2, no painel, ou seja $T > 2$, o melhor estimador irá depender do padrão de autocorrelação entre os erros. Se os erros não são autocorrelacionados, o melhor estimador é o de Efeitos Fixos.

3.2.4 Efeitos Aleatórios (EA)

Se o efeito individual específico, ou não observado, não for correlacionado com o $x_{it,}$ então o modelo pode ser descrito da seguinte forma:

$$y_{it} = x'_{it}\,\beta + (\alpha + u_i) + \varepsilon_{it} \qquad (3.11)$$

O procedimento por Efeitos Aleatórios assume que u_i é um erro específico aleatório semelhante a $\varepsilon_{it,}$ porém com a diferença de ser constante ao longo do tempo para cada indivíduo. Se a equação for estimada por MQO os seus estimadores serão ineficientes. Isso decorre do fato de que haverá termos constantes para os indivíduos somados no erro aleatório da equação e que trarão problemas de autocorrelação. Para resolver esse problema, o método de Efeitos Aleatórios estima os coeficientes utilizando o método *GLS (Generalized Least Squares).*

3.2.5 Teste de *Hausman*

Após as estimações realizadas com os métodos de Efeitos Fixos e de Efeitos Aleatórios estes podem ser comparados através da aplicação do Teste de *Hausman*[5]. A diferença entre os dois métodos é a presença, ou não, de correlação entre os regressores e os efeitos específicos (heterogeneidades individuais), ou seja, o viés. Aplica-se então o teste e sob as hipóteses nula e alternativa a seguir, pode-se concluir qual dos dois métodos é o que gera resultados mais consistentes.

A hipótese nula do teste é:

H_0: *Corr* $(x_{it}, \alpha_i) = 0$ e $\beta_{EF} = \beta_{EA}$ (portanto, não há viés, logo EF e EA são consistentes, porém EA é mais eficiente, pois utiliza o método *GLS*.

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

A estatística do teste é representada pela seguinte expressão:

[5] Ver Hausman (1978).

$$H = (\hat{\beta}_{EF} - \hat{\beta}_{EA})[VAR(\hat{\beta}_{EF}) - VAR(\hat{\beta}_{EA})]^{-1}(\hat{\beta}_{EF} - \hat{\beta}_{EA}) - \chi_q^2 \quad (3.12)$$

Com base nos modelos acima apresentados, será estimada a demanda residencial por energia elétrica no Brasil, utilizando o banco de dados em painel apresentado na seção anterior. Serão aplicados os métodos *Pooled OLS*, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios em duas equações de demanda. A diferença elas é que na primeira utiliza-se a tarifa média (P_m) calculada pela ANEEL, enquanto que a segunda utiliza tarifa homologada (P_h), fixada exogenamente pela ANEEL.

Portanto, as equações a serem estimadas são:

$$Ln\ C_{(it)} = \beta_0 + \beta_1 ln\ P_{m(it)} + \beta_2 lnY_{(it)} + \varepsilon_{it} \quad (3.13)$$

$$Ln\ C_{(it)} = \beta_0 + \beta_1 ln\ P_{h(it)} + \beta_2 lnY_{(it)} + \varepsilon_{it} \quad (3.14)$$

Onde para i=63 e t=*1999-2006*:

C = Consumo per capita de energia elétrica residencial (MWh);
P_m = Tarifa média de energia (R$);
P_h = Tarifa homologada de energia (em reais);
Y = PIB (R$) per capita da área de concessão das distribuidoras (*Proxy* para Renda);
u = Termo de erro.

O próximo capítulo apresenta os resultados das estimações.

4 RESULTADOS DAS ESTIMAÇÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados das estimações realizadas. A equação de demanda apresentada no Capítulo 3 foi estimada duas vezes. Na primeira estimação, para representar a variável preço de energia elétrica residencial utiliza, são utilizadas as tarifas médias disponibilizadas pela ANEEL, calculadas através da divisão simples de receita (em R$) sobre consumo (em MWh). Na segunda estimação a variável preço, agora exógena, é representada pelas tarifas homologadas pela ANEEL, através de resoluções homologatórias em que são concedidos os reajustes anuais em cada uma das 63 distribuidoras.

4.1 Resultados das estimações utilizando tarifas médias

Serão apresentados os resultados das estimações para os três métodos de estimação utilizados: *Pooled OLS,* Efeito Fixo e Efeito Aleatório, além do teste de teste de *Hausman* para se definir o melhor resultado, entre Efeito Fixo e Efeito Aleatório. Em seguida, é realizada uma comparação entre estes resultados encontrados nas duas estimações e os resultados de outros trabalhos, onde equações de demanda residencial por energia elétrica foram estimadas por meio de séries temporais e/ou dados em painel. Para realizar as estimações foi utilizado o *software Stata*, versão 10.0.

A Tabela 5 apresenta os resultados das estimativas dos parâmetros referentes à elasticidade-preço e à elasticidade-renda da demanda residencial de energia elétrica no Brasil utilizando as tarifas médias calculadas pela ANEEL para representar a variável preço da energia elétrica. Além disso, foi inclusa no modelo uma variável *dummy* multiplicativa para o ano de 2002 com relação à variável tarifa média, a fim de testar os efeitos do racionamento sobre a sensibilidade do consumidor em relação à variações de preço no período. Apesar de o relacionamento ter sido iniciado em 2001, a introdução de uma *dummy* para este ano gerou estimativas não significantes. O mesmo ocorreu com a variável renda para ambos os anos.

Os resultados se apresentaram de acordo com a teoria econômica, ou seja, elasticidade-preço com sinal negativo e elasticidade-renda com sinal positivo. Após a aplicação do teste de Hausman a hipótese $H_{0:}\ \beta_{EF} = \beta_{EA}$ foi rejeitada, já que os resultados mostram que $\beta_{EF} \neq \beta_{EA.}$ Logo, o estimador de Efeitos Fixos se apresentou como o mais consistente.

Tabela 5 – Resumo dos resultados utilizando tarifas médias

Parâmetro	*Pooled*	Efeito Fixo	Efeito Aleatório
Constante	-0.652 (0,144)	-0.605 (0,120)	-0,652 (0,143)
Elasticidade-preço	- 0,129 (0,023)	-0,111 (0,024)	- 0,129 (0,023)
Elasticidade-renda	0,194 (0,042)	0,102* (0,055)	0,194 (0,042)
$Dummy_{2002}$	-0,017 (0,003)	-0,016 (0,003)	-0,017 (0,003)

Nota: Estimativas significantes a 1% e os valores entre parênteses referem-se ao erro padrão.
*Os valores entre parênteses referem-se ao nível de significância de 5%.

Elatsticidade-preço

Nos três métodos aplicados, as estimações referentes às elasticidades-preço apresentaram sinais negativos. A melhor estimativa, dado o teste de Hausman que apontou para a escolha do método de Efeitos Fixos, foi o de - 0,111. Pode-se inferir que, dadas as especificidades do banco de dados e dos métodos de estimação, a demanda residencial por energia elétrica é inelástica em relação à preço. Neste sentido, aumentos nas tarifas residenciais médias de energia elétrica fazem com que os consumidores reajam negativamente, reduzindo suas demandas por energia elétrica. No entanto, essa redução na demanda é consideravelmente pequena. Também é possível observar na Tabela 5 que os valores da elasticidade-preço são semelhantes nos três métodos de estimação utilizados, o que de certa forma garante uma certa robustez dos resultados.

Elasticidade-renda

Para a elasticidade-renda, nos três métodos testados as estimações apresentaram sinais positivos, como esperado. O valor mais consistente, dado o teste de Hausman, foi o de 0,102. Pode-se inferir que, a demanda residencial por energia elétrica é inelástica em relação à renda de maneira que aumentos no nível de renda fazem com que os consumidores, reajam positivamente, aumentando suas demandas por energia elétrica. Diferente dos resultados para a elasticidade-preço, as elasticidades-renda apresentaram consideravelmente diferentes entre os três métodos de estimação.

Variável dummy

A introdução da variável *dummy* na equação, para o ano de 2002, gerou resultados significantes e com sinal esperado, conforme a Tabela 5. Ou seja, para este, a elasticidade-preço foi de (|0,111| + |-0,016|) = |-0,127|, que em valores absolutos é superior aos resultados encontrados nos demais anos. Logo, durante o período de racionamento, o consumidor residencial tornou-se mais sensível a alterações nos preços da energia elétrica.

4.2 Resultados do modelo utilizando tarifas homologadas

A Tabela 6 apresenta os resultados das estimativas dos parâmetros referentes à elasticidade-preço e à elasticidade-renda da demanda residencial de energia elétrica no Brasil utilizando as tarifas homologadas pela ANEEL para representar a variável preço da energia elétrica. Uma variável *dummy* multiplicativa com relação à tarifa homologada também foi introduzida, apresentando significância apenas para o ano de 2002. No caso da variável renda, a *dummy* não foi significante para nenhum ano.

Novamente os resultados se apresentaram de acordo com a teoria econômica, ou seja, elasticidade-preço com sinal negativo e elasticidade-renda com sinal positivo. Após a aplicação do teste de Hausman a hipótese H_0: $\beta_{EF} = \beta_{EA}$ também foi rejeitada, já que os resultados mostram que $\beta_{EF} \neq \beta_{EA}$. Portanto, o estimador de Efeitos Fixos mais uma vez se apresentou como o mais consistente.

Tabela 6 - Resultados das estimações usando tarifas homologadas

Parâmetro	*Pooled*	Efeito Fixo	Efeito Aleatório
Constante	-0,738 (0,140)	-0,696 (0,117)	-0,736 (0,140)
Elasticidade-preço	- 0,110 (0,023)	-0,089 (0,024)	- 0,110 (0,023)
Elasticidade-renda	0,195 (0,041)	0,091* (0,055)	0,195 (0,042)
$Dummy_{2002}$	-0,016 (0,003)	-0,015 (0,003)	-0,016 (0,003)

Nota: Estimativas significantes a 1% e os valores entre parênteses referem-se ao erro padrão.
*: O valor desta estimativa apresenta significância a 10%

Elasticidade-preço

As estimações referentes às elasticidade-preço apresentaram sinal negativo e ficaram próximas de zero. O valor mais consistente, dado o teste de Hausman foi o de -0,089, com significância a 1%, estimado por meio do método de Efeitos Fixos. Logo, utilizando tarifas homologadas, ao invés de tarifas médias, a demanda residencial por energia elétrica também se apresentou inelástica em relação a preço, de maneira que aumentos nas tarifas residenciais homologadas de energia elétrica fazem com que os consumidores reajam negativamente, reduzindo suas demandas por energia elétrica. A Tabela 6, por sua vez, novamente mostra que os valores da elasticidade-preço são semelhantes nos três métodos de estimação utilizados, o que de certa forma garante uma certa robustez dos resultados gerados utilizando tarifas homologadas.

Elasticidade-renda

Quanto à elasticidade-renda, nos três métodos testados as estimações apresentaram sinal positivo e menores que 1. Sendo que pelo método de Efeitos Fixos esta foi de 0,091. Isso permite definir a demanda residencial de energia elétrica como inelástica em relação à renda. Essa inelasticidade também permite concluir que aumentos no nível de renda fazem com que os consumidores, reajam positivamente, com um pequeno aumento nas suas demandas por energia elétrica. Com relação aos métodos de estimação utilizados, pode-se observar na Tabela 6 que as elasticidades-renda apresentaram consideravelmente diferentes entre os três métodos de estimação, o que não ocorrem com as elasticidades-preço.

Variável dummy

A introdução da variável *dummy* na equação, para o ano de 2002, gerou parâmetros significantes e com sinal esperado, mostrando que para este ano a elasticidade-preço foi de (|0,089 | + |-0,015|) = 0,104 que, em valores absolutos, também é superior aos resultados encontrados nos demais anos. Isso mostra que, utilizando tarifas homologadas para variável preço, foi possível captar que durante o período de racionamento, o consumidor residencial tornou-se mais sensível a alterações nos preços da energia elétrica.

4.3 Comparação entre as estimações dos dois modelos

Uma comparação entre as duas estimações, com tarifas médias e tarifas homologadas, mostra que existe poucas diferenças nos resultados. No entanto, os resultados com tarifas homologadas são os mais apropriados para análise, pois ao serem fixados exogenamente pela ANEEL, estão de acordo com a teoria econométrica, não incorrendo em problemas de endogeneidade no modelo.

Em ambas as equações o método de Efeitos Fixos gerou parâmetros mais eficientes, as elasticidades-preço apresentaram valores próximos nas três métodos de estimação e as elasticidades-renda valores consideravelmente distantes uns dos outros. No entanto, deve-se destacar que as estimações utilizando tarifas homologadas geraram parâmetros menores em relação àqueles gerados com tarifas médias. Essas informações devem ser comparadas com outras estimativas da literatura e geradas com outros métodos de estimação.

4.4 Comparação com outros estudos da literatura

Devido à diversidade de métodos e as poucas aplicações de dados em painel para estimar a demanda residencial de energia elétrica na literatura internacional, os resultados encontrados neste trabalho serão comparados com a literatura nacional.

A análise comparativa com alguns estudos realizados no Brasil (sintetizados na Tabela 3 do Capítulo 2) mostra que as elasticidades-preço de -0,051 estimadas através de séries temporais em Andrade e Lobão (1997) e -0,085 em Schmidt e Lima (1997), utilizando séries temporais, são menores em relação à elasticidade-preço encontras estimadas neste trabalho utilizando tarifas médias, que foram de -0,111 (para o método de Efeitos Fixos). Por outro lado, a elasticidade-preço estimada com tarifas homologadas de -0,089 são próximas de Andrade e Lobão, bem como Schmidt e Lima. Quanto às elasticidade-preço de -0,403, estimadas por Modiano (1984), também utilizando séries temporais, estão superiores, tanto em relação as elasticidade-preço estimadas com tarifas médias, quanto com tarifas homologadas. Desse modo, os valores para as elasticidade-preço encontrados neste trabalho com tarifas homologadas se aproximam dos valores encontrados na literatura recente.

Quanto às elasticidades-renda encontradas neste trabalho, de 0,103 utilizando tarifas médias e de 0,091 (para o método de Efeitos Fixos), estão inferiores a todos os valores estimados 1,130 por Modiano (1984) e Schmidt e Lima (1997), 0,539. No entanto, estão próximas de 0,213 encontrado por Andrade e Lobão (1997). De modo, as estimações com dados em painel para a elasticidade-renda encontradas neste trabalho são inferiores àquelas encontradas em outros trabalhos utilizando séries temporais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo calcular as elasticidades-preço e renda da demanda residencial por energia elétrica referente á área de concessão de 63 distribuidoras de energia do Brasil. Devido às diferentes tarifas de energia disponibilizadas pela ANEEL, foram realizadas duas estimações econométricas das equações de demanda, uma utilizando tarifas médias e outra utilizando tarifas homologadas. Foram aplicados três métodos de estimação para dados em painel: *Pooled OLS*, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios. Por conta do regime de racionamento de energia implantado no Brasil entre os anos de 2001 e 2002 foi inclusa uma *dummy* para o ano de 2002 no modelo. Ao final do trabalho foi realizando uma comparação dos resultados com outros encontrados na literatura nacional.

No Capítulo 1, inicialmente foram apresentadas as características da energia elétrica, enquanto produto consumido pelos agentes econômicos. Em seguida, um breve histórico das transformações ocorridas no setor elétrico brasileiro e também o padrão de oferta e demanda de energia no Brasil. Essa análise mostrou que os anos de 2001/2002 forma atípicos em relação à demanda por energia elétrica no Brasil, devido aos efeitos do racionamento. Ao final do capítulo, foi realizada uma descrição da política tarifária no setor elétrico brasileiro, bem como a composição da estrutura de distribuição de energia elétrica formada pelas distribuidoras de energia elétrica.

No Capítulo 2 foi apresentado o referencial teórico que serviu de base para a especificação do modelo econométrico utilizado para estimar as elasticidades preço e renda da demanda residencial de energia elétrica. A revisão apresentou os principais trabalhos sobre a demanda residencial por energia elétrica e também os trabalhos de estimação de demanda de energia que utilizando dados em painel. Pôde-se concluir que existem poucos trabalhos na literatura internacional sobre a estimação da demanda residencial por energia elétrica utilizando dados em painel e inexistentes na literatura nacional.

A metodologia de estimação, bem como o banco de dados, foi apresentada no Capítulo 3. Nesta etapa alguns problemas no banco de dados tiveram que ser superadas. Foi necessário construir uma variável para representar o PIB da área de concessão de cada distribuidora, com ma *proxy* para renda, a partir da agregação dos PIB's municipais. O mesmo teve que ser feito com a variável população utilizada para encontrar os valores per capital, já que foram

encontradas várias inconsistências no número de consumidores residenciais por distribuidora, disponibilizado pela ANEEL. Uma análise sobre o método utilizado pela ANEEL para calcular a tarifa residencial média mostrou que esta se tratava de uma tarifa endógena. Desse modo, foi tomada a decisão de realizar duas estimações, uma utilizando tarifas médias e outra utilizando tarifas homologadas.

No Capítulo 4 foram apresentados e interpretados os resultados das estimações. Inicialmente verificou-se que as estimações geraram parâmetros de acordo com a teoria econômica. A aplicação do teste Hausman mostrou que o estimador de Efeito Fixo mostrou ser o mais eficiente. As estimações realizadas com tarifas homologadas se mostraram inferiores àquelas estimadas utilizando tarifas médias, porém são as mais apropriadas. De um modo geral pode-se concluir que, dadas as especificidades do banco de dados e estimação com dados em painel, os consumidores residenciais de energia elétrica no Brasil são inelástico em relação à preço e à renda. Um aumento nas tarifas de energia elétrica faz com que os consumidores reduzam suas demandas e um aumento de renda faz com que estes aumentem suas demandas. No entanto, com a elasticidade-renda foi maior, tais consumidoras são sensíveis à renda do que aos aumentos nas tarifas. A aquisição de eletrodomésticos pelas famílias dados os aumentos de renda pode explicar essa maior sensibilidade.

A utilização de uma variável *dummy* para ano de 2002 resultou em parâmetros negativos e significantes. Isso levou a concluir que no período do racionamento de energia elétrica alguns fatores contribuíram para que os consumidores se tornassem mais sensíveis a preço.

A comparação com a literatura mostrou que a estimação da elasticidade-preço utilizando dados em painel, com tarifas homologadas, gerou parâmetros mais próximos da literatura mais recente no Brasil que utilizaram dados de séries temporais. No entanto, a elasticidade-renda forma inferiores às da literatura, tanto com tarifas médias quanto com tarifas homologadas. Essas comparações, no entanto, precisam ser tomadas com cautela, já que se trata de métodos de estimação diferentes. Mas se considerarmos os benefícios da utilização de modelos com dados em painel, que captam tantos as variações entre os indivíduos quantos as variações no tempo, reduzem a possibilidade de superestimar ou subestimar os valores das elasticidades, como pode ocorrer nos modelos com séries temporais.

Algumas características do banco de dados precisam ser ressaltadas com o objetivo de auxiliar em futuros trabalhos. As estimações utilizando tarifas homologadas se mostraram se mais confiáveis por estarem mais próximas da literatura. Logo, estimação da demanda residencial por energia elétrica para outras classes de consumo, com dados em painel, precisa considerar este resultado. Por outro lado, também deve ser considerado que neste trabalho foi utilizado uma *proxy* para a variável renda, construída a partir da agregação dos dados de PIB municipal. Uma alternativa em futuros trabalhos poderia ser o uso de informações sobre salários das famílias.

Diante das considerações apresentas acima, pode-se concluir que as estimações encontradas neste trabalho contribuem para o aprofundamento dos estudos sobre estimação de demanda residencial por energia elétrica no Brasil, já que apresenta uma inovação em relação aos trabalhos anteriores, que é a aplicação de modelos com dados em painel. Como os modelos com dados em painel permitem controlar efeitos não observáveis entre as unidades individuais, o modelo poderia ser utilizados para avaliar possíveis efeitos de políticas regionais ou sociais, nas áreas de concessão, sobre a demanda residencial por energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ACTON, J. P.; MITCHELL, B. M.; SOHLBERG, R. *Estimating residential electricity demand under declining block tariffs: an econometric study using micro-data.* **Applied Economics**. v. 12, n. 2, p. 145-161, 1980.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Tarifas de energia elétrica para os consumidores finais**. Brasília, 2005.

_____. Consumo setorial de energia elétrica. Brasília, 2008a.

_____. **Atlas de energia elétrica**: energia no Brasil e no mundo. Brasília, 2008b. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par1_cap1.pdf>.

ANDRADE, T.; LOBÃO, W. Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. **Texto para Discussão**, 489. Rio de Janeiro: IPEA, 1997.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies.** v. 58, p. 277-297, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA – ABRADEE. **Localização das distribuidoras de energia elétrica**. São Paulo, 2009a. Disponível em: < www.abradee.org.br>.

_____ **Número de consumidores e consumo residencial de energia elétrica por distribuidora**. São Paulo, 2009b. Disponível em: < www.abradee.org.br>.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN. **Ministério de Minas e Energia**, Brasília – DF, 2008.

BALESTRA, P.; NERLOVE, M. Pooling cross-section and time-series data in the estimation of a dynamic model: The demand for natural gas, **Econometrica.** v. 34, p. 585-612, 1966.

BALTAGI, B. H.; Griffin, J. M. Gasoline demand in the OECD: An application of pooling and testing procedures. **European Economic Review**. v. 22, p. 117-137, 1983.

BALTAGI, B.H. ***Econometric Analysis of Panel Data***. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2001.

BEENSTOCK, M; WILLCOCKS, P. *Energy consumption and economic activity in industrialized countries*: *the dynamic aggregate time series relationship*. **Energy Economics**. v3, n. 4, p. 225-232, 1981.

BENTZEN, J.; ENGSTED, T. Short and long-run elasticities in energy demand: a cointegration approach. **Energy Economics**, v.15, n.1, p.9-16, 1993.

BJORNER, T. B. *et al. Industrial companies demand for electricity: evidence from a micropanel*. **Energy Economics**, North-Holland, v.23, n.5, p. 595-617, 2001.

BRAGA, J. M. **A modelagem da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

BRASIL. Lei n. 8.987 de 13/02/1995. **Diário Oficial – República Federativa do Brasil**: Poder Executivo. Brasília, DF, 1995.

BRASIL. Lei n. 9.074 de 07/07/1995. **Diário Oficial – República Federativa do Brasil**: Poder Executivo. Brasília, DF, 1995.

CHERN, W.; BOUIS, H. E. *Structural changes in residential electricity demand.* **Energy Economics.** v. 10, n. 3. p. 213-222, 1988.

FISHER, F. M.; KAYSEN, C. ***A study in econometrics: residential electricity demand in the United States.*** Amsterdam: North-Holland, 1962.

HESSE, D.M.; TARKKA, H. *The demand for capital, labor and energy in European manufacturing industry before and after the oil price shocks*. **Scandinavian Journal of Economics** 88, 529-546, 1986.

HISAO, C. *Benefits and limitations of panel data*. **Econometric Reviews.** v. 4, p.121-174, 1985.

HSIAO, C. and MOUNTAIN, D. Estimating the Short-Run Income Elasticity of Demand or Electricity by Using Cross- Sectional Categorized Data. **Journal of the American Statistical Association**. v. 80, n. 390, p. 259-288, 1985.

HISAO, C. *Analysis of Panel Data*. **Cambridge University Press**, Cambridge, 1986.

HOLTEDAHL, P.; JOUTZ, F. L. *Residential electricity demand in Taiwan.* **Energy Economics**, North-Holland, v. 26, n. 2, p. 201-224, 1984.

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

HONDROYIANNIS, G. *Estimating Residential Demand for Electricity in Greece*. **Energy Economics** 26, 319– 334, 2004.

HUJER R.; SCHNEIDER, H. *The Analysis of Labor Market Mobility using Panel Data*. **European Economic Review** 33, North-Holland, p.530-563, 1989.

KAMERSCHEN, D. R.; PORTER, D. V. *The demand for residential, industrial and total electricity,* 1973 - 1998. **Energy Economics**, North-Holland, v.26, n.7, p.87-100, 2004.

KLEVMARKEN, N.A. *Panel studies: What can we learn from them?* **European Economic Review.** v.33, p. 523-529, 1989.

KOURIS, G. *Energy consumption and economic activity in industrialized economies - a note*. **Energy Economics.** v. 5, p. 207-212, 1983.

LANDI, Mônica. **Energia elétrica e políticas públicas:** a experiência do setor elétrico brasileiro no período 1934 a 2005. São Paulo, 2006. Tese (Doutorado em Energia) – Programa Interunidades em Energia, Instituto de Energia e Eletrotécnica, Universidade de São Paulo.

LIU, Gang. *Estimating Energy Demand Elasticities for OECD Countries - A Dynamic Panel Data Approach*. Statistics Norway, Research Department - **Discussion Papers.** n. 373, 2004.

MADLENER, R. (1996). *Economic Analysis of Residential Energy Demand: a survey.* **Journal of Energy Literature**. v. 2, p. 3-32.

MODIANO, E. M. Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil. **Texto para discussão**. n. 68. Rio de Janeiro: PUC/RJ 1984. 1984.

NORDHAUS, W.D. *The demand for energy: an international perspective*. In Nordhaus, W.D. (Ed.) ***International Studies of the Demand for Energy***. Amsterdam: North-Holland, 1977.

PESARAN, M. H. e Smith, R. *Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels*. **Journal of Econometrics**, v. 68, n. 1, p. 79-113, 1995.

PIRES, J. C. L. O processo de reformas do setor elétrico brasileiro. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 12, p. 137-168, 1999.

PINDYCK, R.S. ***The structure of world energy demand***. Cambridge, MA: MIT Press, 1979.

REGO, E. E. **Usinas hidrelétricas "Botox":** aspectos regulatórios e financeiros nos leilões de energia. São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado em Energia). Programa Interunidades em Energia. Instituto de Energia e Eletrotécnica, Universidade de São Paulo.

SANTOS, G. F. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. São Paulo, 2010. Tese (Doutorado em Teoria Econômica). Programa de Pós-Graduação em Economia. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 180 p.

SHIN, J. S. *Perception of price when price information is costly: evidence from residencial electricity demand.* **The Review of Economics and Statistics**, v, 67, n. 4, p. 591-598, 1985.

SCHMIDT, C. A.; J, LIMA, M. A. Demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 58, n. 1, p. 67-98, 2004.

SILK, J. I.; JOUTZ, F. L. *Short and long-run elasticities in US residential electricity demand: a co-integration approach.* **Energy Economics**, North-Holland, v.19, n.4, p 493-513, 1997.

SILVA, S. M. **Análise econométrica da demanda de energia elétrica nos setores residencial-urbano e rural do Brasil 1970-1999. 2001**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

WESTLEY, G. D. ***New directions in econometric modeling of energy demand***. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, 1992.

WOOLDRIDGE, J. M. E**conometrics Analysis of Cross Section and Panel Data.** The Massachusetts Institute of Technology Press, 2001.

_____. **Introdução à Econometria: Uma abordagem moderna.** Thomson Learning, São Paulo, 2006.

ZILBERFARB, B.; ADAMS, F.G *The energy GDP relationship in developing countries: empirical evidence and stability tests*. **Energy Economics.** v. 3, n. 4, p. 244-8, 1981.

APÊNDICE 1 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NAS ESTIMAÇÕES

Variação entre as distribuidoras

Tabela 7 – Consumo de energia elétrica residencial (kWh): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1999	63	1.288.635,83	2.230.656,49	3.301,00	12.348.864,00
2000	63	1.326.686,90	2.277.666,63	3.464,00	12.599.582,00
2001	63	1.163.918,49	1.937.831,22	3.444,00	10.466.754,00
2002	63	1.122.307,94	1.865.429,58	3.573,00	10.237.203,00
2003	63	1.192.851,01	1.968.722,44	3.581,83	10.742.109,67
2004	63	1.213.954,40	2.011.345,52	3.618,39	11.240.797,69
2005	63	1.278.953,51	2.120.275,27	3.728,20	11.862.976,75
2006	63	1.277.115,76	2.189.794,91	3.838,44	12.687.397,41

Tabela 8 – Tarifa média de energia elétrica residencial (R$/kWh): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1999	63	141,14	13,84	100,72	173,87
2000	63	150,09	15,93	104,60	181,76
2001	63	156,49	18,47	107,14	194,31
2002	63	168,66	22,06	110,02	219,89
2003	63	203,08	29,56	138,98	269,17
2004	63	237,24	30,73	168,65	288,56
2005	63	266,11	32,95	180,33	327,90
2006	63	283,62	36,88	180,33	365,79

Tabela 9 – Tarifas homologadas de energia elétrica residencial R$/kWh): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1999	63	152,97	13,27	127,41	192,50
2000	63	163,80	14,29	138,22	206,07
2001	63	177,40	17,55	143,54	232,88
2002	63	195,83	24,77	150,02	280,76
2003	63	245,94	21,84	196,81	320,52
2004	63	277,28	29,09	197,07	370,48
2005	63	301,36	32,75	227,84	376,01
2006	63	316,88	39,45	235,20	406,38

Tabela 10 – Renda (PIB) na 4área de concessão (Mil R$): estatística descritiva referente à variação da entre as distribuidoras

Ano	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1999	63	16.530.898,00	30.174.421,58	15.972,39	170.476.372,59
2000	63	17.616.814,48	31.660.169,34	19.238,33	177.788.190,93
2001	63	17.577.200,44	31.095.415,47	22.368,83	172.079.793,86
2002	63	19.537.422,30	36.115.769,26	30.902,76	213.873.138,47
2003	63	19.779.187,26	36.169.931,45	28.647,44	213.413.976,03
2004	63	20.908.592,37	37.669.861,69	28.802,64	217.432.959,57
2005	63	21.618.193,35	39.556.707,71	30.608,53	233.956.137,79
2006	63	22.427.393,16	40.882.414,92	35.786,67	240.007.853,92

Variação entre os períodos de tempo (Ver lista de distribuidoras no Apêndice 2)

Tabela 11 – Consumo de energia elétrica residencial (kWh): estatística descritiva referente à variação entre os períodos de tempo

Distribuidora	N. de observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1	8	1.663.122,33	66.789,83	1.578.864,00	1.778.732,51
2	8	2.984.414,12	218.286,84	2.650.845,00	3.290.169,03
3	8	3.151.295,93	1.233.323,51	2.115.353,00	4.963.461,00
4	8	146.449,19	10.203,75	128.336,00	157.735,51
5	8	254.001,92	83.249,47	53.847,40	312.379,00
6	8	309.178,34	19.666,77	291.198,00	342.453,00
7	8	237.154,61	23.182,29	203.828,00	275.790,62
8	8	640.720,27	48.220,58	563.401,00	693.906,91
9	8	187.471,66	45.464,84	147.620,00	282.825,64
10	8	1.407.477,91	117.617,66	1.241.364,00	1.589.542,11
11	8	2.160.655,34	77.330,61	2.013.653,10	2.284.558,00
12	8	121.719,28	10.123,63	109.844,00	140.582,27
13	8	2.798.804,51	813.848,64	858.627,31	3.487.041,76
14	8	2.280.004,10	189.423,02	2.016.925,00	2.556.961,00
15	8	1.600.400,86	140.331,41	1.416.991,00	1.806.014,21
16	8	2.582.257,56	204.587,03	2.295.470,00	2.887.520,56
17	8	306.037,22	32.028,65	271.946,00	356.838,08
18	8	1.019.294,73	95.887,13	924.714,00	1.202.386,88
19	8	1.202.110,76	86.344,17	1.075.385,00	1.336.393,56
20	8	6.836.480,88	438.959,39	6.360.335,00	7.573.760,00
21	8	125.774,45	7.829,88	115.325,00	139.150,00
22	8	609.270,58	44.603,08	544.747,00	662.565,09
23	8	20.654,81	1.605,36	18.094,00	22.383,65
24	8	505.161,50	30.451,66	473.806,00	567.133,42
25	8	58.313,28	3.782,68	54.734,00	64.880,76
26	8	24.565,91	1.321,85	22.699,00	26.150,32
27	8	45.322,66	3.292,19	40.826,00	49.893,04
28	8	3.227.057,63	281.631,93	2.857.038,00	3.662.000,15
29	8	1.940.305,81	216.367,30	1.665.572,00	2.254.612,69
30	8	29.567,25	2.262,86	26.572,00	33.651,06
31	8	4.463.703,02	190.663,16	4.306.166,00	4.836.708,62
32	8	879.901,31	103.832,18	757.604,00	1.064.119,99
33	8	65.921,26	4.283,80	59.834,00	70.547,76
34	8	5.286.008,86	378.798,30	4.801.364,00	5.772.523,00
35	8	226.726,70	13.147,88	208.325,00	241.999,00
36	8	85.016,48	5.978,40	76.884,00	93.459,25
37	8	40.718,44	1.242,51	39.341,00	42.609,80
38	8	85.540,71	7.072,97	77.174,00	98.892,17
39	8	151.162,83	13.303,48	131.843,00	171.930,83
40	8	2.863.651,52	205.598,82	2.539.709,00	3.124.984,62
41	8	186.728,02	17.173,83	167.167,87	220.480,13
42	8	40.382,92	1.460,21	37.915,00	41.999,22
43	8	11.523.210,56	983.495,42	10.237.203,00	12.687.397,41
44	8	460.996,69	42.386,22	400.096,00	525.000,57
45	8	909.564,24	39.819,53	862.481,00	977.162,00
46	8	1.269.128,07	103.322,82	1.133.548,00	1.386.243,00
47	8	6.021,71	215,94	5.778,00	6.359,66
48	8	32.497,79	2.141,24	29.567,00	36.083,56
49	8	48.406,85	5.469,88	41.982,00	57.691,65
50	8	3.568,61	168,62	3.301,00	3.838,44
51	8	7.041.557,56	507.443,09	6.354.372,00	7.743.656,00
52	8	791.442,74	17.078,52	755.415,00	806.807,00
53	8	51.283,54	3.442,34	46.629,00	55.550,00
54	8	8.524,77	1.096,46	7.075,00	10.009,26
55	8	141.351,48	9.575,04	127.685,00	153.827,49
56	8	13.018,24	837,77	11.375,00	14.029,59
57	8	20.255,81	2.015,23	17.921,00	23.054,55
58	8	1.434.318,18	33.392,16	1.400.170,00	1.492.170,64
59	8	723.575,83	59.610,07	637.755,00	821.138,50
60	8	76.777,14	5.369,04	67.993,00	83.411,00
61	8	57.048,42	6.821,85	48.236,00	67.248,78
62	8	6.157,08	246,70	5.983,57	6.668,38
63	8	213.124,96	15.644,98	191.522,00	235.392,51

Tabela 12 – Tarifa média de energia elétrica residencial (R$/KWh): estatística descritiva referente à variação entre os períodos de tempo

Distribuidora	N. de observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1	8	216,99	48,06	160,80	286,04
2	8	246,16	72,00	157,10	347,28
3	8	215,96	68,35	136,00	303,10
4	8	189,24	51,69	135,35	273,19
5	8	205,87	51,02	134,98	270,99
6	8	229,77	67,31	147,82	323,81
7	8	153,09	35,31	118,83	195,25
8	8	187,02	59,21	142,90	304,20
9	8	151,88	54,07	104,72	230,59
10	8	197,97	54,95	136,76	267,78
11	8	216,30	53,57	152,85	283,27
12	8	177,36	40,43	135,05	234,86
13	8	212,60	64,26	138,09	298,71
14	8	200,25	49,87	149,31	286,00
15	8	198,72	44,23	146,21	258,70
16	8	176,02	52,30	129,62	268,21
17	8	213,83	60,13	154,69	318,02
18	8	180,87	50,30	135,38	259,93
19	8	225,41	60,44	156,64	301,13
20	8	223,49	76,32	136,26	342,88
21	8	210,80	76,53	132,06	319,50
22	8	179,61	56,31	138,66	296,32
23	8	145,02	43,28	106,32	207,50
24	8	210,96	61,32	152,85	301,37
25	8	183,77	40,65	131,49	240,08
26	8	199,16	55,21	142,96	289,64
27	8	203,77	57,60	142,42	292,13
28	8	197,64	43,92	151,53	268,40
29	8	198,14	45,19	149,29	272,88
30	8	191,20	62,27	125,94	292,88
31	8	198,45	41,79	149,20	253,98
32	8	178,86	32,98	142,84	225,34
33	8	219,20	78,19	137,56	336,67
34	8	230,52	57,22	163,59	301,49
35	8	209,96	71,89	130,17	310,60
36	8	218,88	70,49	142,24	320,71
37	8	190,67	55,41	132,52	266,16
38	8	207,41	60,16	141,83	295,18
39	8	220,30	56,48	152,24	296,76
40	8	225,05	71,96	146,73	329,90
41	8	195,68	56,60	132,63	279,36
42	8	175,95	46,08	131,50	243,69
43	8	212,51	57,82	142,17	281,97
44	8	191,06	43,67	141,44	248,53
45	8	230,28	84,56	144,39	365,79
46	8	215,12	50,84	149,35	286,64
47	8	201,87	61,76	127,39	300,23
48	8	201,40	71,41	126,77	315,41
49	8	207,53	48,66	143,14	260,83
50	8	181,82	83,50	100,72	300,42
51	8	234,46	52,13	162,35	306,54
52	8	210,75	70,08	138,21	334,76
53	8	222,68	76,18	142,98	338,02
54	8	170,95	64,80	113,95	269,95
55	8	214,90	55,30	147,48	287,38
56	8	189,23	65,12	131,49	307,74
57	8	197,77	57,14	143,27	288,30
58	8	225,44	57,88	159,39	299,27
59	8	177,45	43,84	131,18	253,97
60	8	208,60	67,31	135,17	317,14
61	8	173,19	30,92	149,17	228,31
62	8	200,34	51,42	137,44	267,97
63	8	173,55	12,01	146,35	180,33

Tabela 13 – Tarifas homologadas de energia elétrica residencial R$/kWh): estatística descritiva à variação entre os períodos de tempo

Distribuidora	N. de observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1	8	229,24	47,67	168,09	282,82
2	8	281,01	90,60	165,22	373,39
3	8	242,19	50,04	177,17	309,33
4	8	207,33	55,45	150,76	291,84
5	8	214,25	53,72	141,42	277,43
6	8	260,44	92,63	153,10	396,59
7	8	185,18	52,93	127,41	285,02
8	8	220,06	62,19	148,69	313,40
9	8	219,53	60,82	155,60	306,03
10	8	214,50	40,12	151,07	256,21
11	8	233,35	46,56	161,66	293,41
12	8	209,74	66,73	140,58	308,14
13	8	232,31	65,26	147,15	310,44
14	8	228,00	55,87	158,37	302,68
15	8	234,07	55,76	161,29	298,72
16	8	212,44	74,05	140,14	325,34
17	8	253,20	86,20	156,44	390,83
18	8	241,31	75,32	162,27	353,33
19	8	240,44	61,33	166,13	315,07
20	8	264,27	87,77	170,18	394,32
21	8	233,40	89,52	136,93	352,66
22	8	214,71	69,66	140,05	310,38
23	8	191,05	47,20	133,47	258,76
24	8	245,22	69,03	163,07	344,93
25	8	196,57	49,63	131,49	261,72
26	8	246,61	82,89	152,52	373,83
27	8	223,91	69,22	148,40	317,98
28	8	233,43	75,60	147,75	339,53
29	8	244,26	80,95	152,66	356,84
30	8	220,17	65,49	157,46	322,37
31	8	220,89	50,62	157,02	282,73
32	8	206,91	49,85	145,92	264,86
33	8	231,74	82,35	141,56	350,21
34	8	251,06	55,66	182,86	316,51
35	8	209,96	71,89	130,17	310,60
36	8	232,01	77,42	144,17	339,24
37	8	214,83	58,49	154,98	291,55
38	8	225,51	66,04	149,22	316,42
39	8	216,13	60,55	150,02	296,76
40	8	265,55	70,27	181,36	348,89
41	8	229,07	63,39	158,21	327,63
42	8	192,88	53,55	136,61	260,91
43	8	233,89	52,07	156,74	294,74
44	8	224,70	69,97	143,72	318,92
45	8	257,08	98,71	155,37	406,38
46	8	245,41	57,18	166,00	320,34
47	8	243,35	68,15	167,58	341,95
48	8	233,77	73,69	145,87	344,66
49	8	215,18	48,02	145,87	267,67
50	8	223,62	71,32	141,58	314,08
51	8	260,66	45,61	192,50	314,01
52	8	211,83	51,13	145,74	269,97
53	8	234,79	82,68	142,97	352,69
54	8	208,92	63,69	142,94	297,04
55	8	219,66	58,02	144,56	291,17
56	8	239,45	90,41	146,29	399,22
57	8	215,69	64,93	150,24	310,51
58	8	242,59	63,23	168,84	319,06
59	8	225,95	75,45	144,55	341,07
60	8	227,24	79,54	141,08	354,31
61	8	248,59	80,70	153,90	363,81
62	8	213,94	52,25	154,92	282,14
63	8	227,68	64,91	144,06	308,06

Tabela 14 – Renda (PIB) na área de concessão (Mil R$): estatística descritiva referente à à variação entre os períodos de tempo

Distribuidora	N. de Observações	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
1	8	30.071.863,16	1.115.949,58	28.134.117,73	31.683.606,31
2	8	56.684.452,80	8.373.780,84	45.782.987,20	69.266.416,82
3	8	44.436.846,10	2.406.302,30	40.389.734,64	47.898.517,52
4	8	1.152.252,51	351.480,36	639.362,58	1.543.404,72
5	8	2.963.621,92	307.182,70	2.440.916,84	3.313.344,14
6	8	3.950.640,05	317.967,08	3.610.927,40	4.479.330,60
7	8	27.733,63	5.072,50	20.046,20	35.786,67
8	8	28.257,58	8.358,69	15.972,39	40.888,48
9	8	3.339.886,33	459.428,21	2.774.389,46	4.304.072,02
10	8	40.993.315,06	11.293.193,05	23.631.273,94	53.209.851,85
11	8	26.887.706,03	2.971.423,25	23.265.852,03	30.338.452,17
12	8	1.560.400,70	145.125,48	1.338.224,61	1.823.290,29
13	8	45.282.391,02	6.003.326,90	36.171.415,51	53.065.645,15
14	8	27.693.626,43	5.731.607,19	18.807.811,17	33.506.160,26
15	8	21.827.070,09	2.988.003,49	17.703.915,64	26.344.137,86
16	8	29.880.967,58	1.673.946,01	27.775.268,98	33.079.776,19
17	8	4.305.784,86	1.540.450,49	2.236.275,83	5.709.909,28
18	8	12.615.987,42	3.261.741,81	8.407.528,41	16.991.420,54
19	8	18.269.504,08	4.877.205,41	12.424.073,35	24.970.962,13
20	8	105.203.230,76	9.418.470,41	93.664.817,45	120.316.606,10
21	8	1.170.522,80	73.228,94	1.077.179,52	1.324.257,37
22	8	6.147.733,75	933.237,43	5.018.666,84	7.575.979,45
23	8	484.738,06	161.584,96	228.310,30	629.483,65
24	8	6.671.543,96	1.098.000,66	5.312.501,70	8.084.484,78
25	8	1.041.376,24	160.430,93	840.402,47	1.206.341,88
26	8	398.921,16	60.918,50	298.206,76	470.071,20
27	8	678.739,38	37.045,14	599.477,17	709.475,41
28	8	50.615.007,81	4.348.541,54	44.567.773,04	56.702.438,16
29	8	23.409.038,27	2.728.911,42	19.805.009,79	27.492.347,04
30	8	300.175,72	41.226,87	229.097,54	349.997,53
31	8	73.177.173,33	7.395.128,26	64.286.065,88	81.452.186,30
32	8	10.007.514,81	1.285.804,20	8.090.055,60	12.148.195,98
33	8	1.199.534,10	98.619,55	1.089.270,12	1.339.480,65
34	8	117.245.110,40	12.823.710,05	102.833.474,15	136.767.443,10
35	8	3.224.792,88	51.956,99	3.150.072,30	3.311.659,41
36	8	1.199.534,10	98.619,55	1.089.270,12	1.339.480,65
37	8	586.150,87	73.447,55	480.526,80	680.692,96
38	8	1.607.098,36	65.486,67	1.482.721,78	1.699.878,67
39	8	1.863.046,17	203.373,13	1.604.676,23	2.205.171,75
40	8	35.490.636,27	1.419.306,03	33.272.184,10	38.165.504,29
41	8	2.283.655,04	508.857,74	1.653.388,02	2.870.212,22
42	8	629.110,47	67.260,40	545.968,53	754.674,01
43	8	204.878.552,89	27.733.680,39	170.476.372,59	240.007.853,92
44	8	6.853.410,68	1.118.822,60	5.101.459,45	8.171.005,78
45	8	12.306.893,15	1.034.997,00	10.877.650,36	13.481.561,89
46	8	23.758.469,04	4.275.024,40	19.406.319,16	30.509.023,08
47	8	108.574,36	13.724,92	91.766,17	127.713,75
48	8	807.766,41	82.990,65	642.546,51	918.549,56
49	8	1.733.654,84	389.829,75	1.183.927,98	2.336.355,05
50	8	89.328,91	10.178,10	72.926,54	104.410,69
51	8	97.587.397,12	10.128.052,53	84.610.943,61	107.586.835,75
52	8	16.095.940,70	1.674.335,01	13.741.256,41	18.947.419,78
53	8	484.273,01	25.559,91	444.238,41	520.410,36
54	8	173.074,26	31.555,00	122.196,87	207.600,68
55	8	1.939.407,61	179.914,56	1.689.097,75	2.232.306,72
56	8	1.774.285,05	146.715,55	1.601.245,99	1.977.677,51
57	8	392.969,38	58.218,65	311.409,55	480.630,31
58	8	29.601.434,70	1.131.237,26	27.806.371,43	30.872.332,22
59	8	8.311.826,75	900.462,69	6.907.156,75	9.853.463,96
60	8	1.065.280,45	142.573,22	858.384,68	1.315.968,65
61	8	755.122,24	66.935,44	632.734,96	835.815,78
62	8	153.436,03	12.662,18	130.993,42	168.399,01
63	8	2.988.358,57	155.619,66	2.797.548,77	3.251.297,73

APÊNCICE 1 - RELAÇÃO DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA POR UNIDADE FEDERATIVA

AC	ELETROACRE - Companhia de Energia elétrica do Acre
AL	CEAL - Companhia Energética de Alagoas
AM	CEAM - Companhia Energética do Amazonas
	MANAUS-ENERGIA - Manaus Energia S/A
AP	CEA - Companhia de Energia elétrica do Amapá
BA	COELBA - Companhia de Energia elétrica do Estado da Bahia
CE	COELCE - Companhia Energética do Ceará
DF	CELB - Companhia Energética de Brasília
ES	ESCELSA - Espírito Santo Centrais Elétricas S/A
	ELFSM - Empresa Luz e Força Santa Maria S/A
GO	CELG - Companhia Energética de Goiás
	CHESP - Companhia Hidroelétrica São Patrício
MA	CEMAR - Companhia Energética do Maranhão
MG	CFLCL - Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina
	CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
	DMEPC - Departamento Municipal de Energia elétrica de Poços de Caldas
MS	ENERSUL - Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A
MT	CEMAT - Centrais Elétricas Mato-Grossenses
PA	CELPA - Centrais Elétricas do Pará
PB	CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica
	COPEL-DIS - Copel Distribuição S/A
	SAELPA - Saelpa S/A de Eletrificação da Paraíba
PE	CELPE - Companhia Energética de Pernambuco
PI	CEPISA - Companhia Energética do Piauí
PR	CFLO - Companhia Força e Luz do Oeste
	COCEL - Companhia Campolarguense de Energia
	FORCEL - Força e Luz Coronel Vivida Ltda
RJ	AMPLA Energia e Serviços S/A
	CENF - Companhia de Energia elétrica de Nova Friburgo
	LIGHT
RN	COSERN - Companhia Energética do rio Grande do Norte
RO	CERON - Centrais Elétricas de Rondônia S.A
RR	BOA VISTA ENERGIA S/A
	CER - Companhia Energética de Roraima
RS	AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S/A
	DEMEI - Departamento Municipal de Energia de Ijuí
	ELETROCAR - Centrais Elétricas de Carazinho S/A

	MUX-Energia - Muxfeldt Marin & Cia. Ltda
	UHENPAL - Usina Hidro Elétrica Nova Palma Ltda.
	HIDROPAN - Hidroelétrica Panambi S/A.
	RGE - Rio Grande Energia S/A
SC	CEB - Companhia de Energia elétrica da Borborema
	CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A
	COOPERALIANÇA - Cooperativa Aliança S.A.
	IENERGIA - Iguaçu Distribuidora de Energia Elétrica Ltda.
	EFLJC - Empresa Força e Luz João Cesa Ltda.
	EFLUL - Empresa Força e Luz Urussanga Ltda.
SE	ENERGIPE - Empresa Energética de Sergipe S/A.
	SULGIPE - Companhia Sul Sergipana se Energia elétrica
SP	BANDEIRANTE ENERGIA S/A.
	CAIUÁ Serviços de Energia elétrica S/A
	CPEE - Companhia Paulista de Energia Elétrica
	CPFL - Companhia Piratininga de Força e Luz
	CLFSC - Companhia Luz e Força Santa Cruz
	CSPE - Companhia Sul Paulista de Energia
	EEB - Empresa Elétrica Bragantina S/A.
	ELEKTRO - Elektro Energia elétrica e Serviços S/A
	ELETROPAULO - Eletropaulo Metropolitana Energia elétrica de São Paulo S/A
	JAGUARI - Companhia Jaguari de Energia
	MOCOCA - Companhia Luz e Força de Mococa
	CNEE - Companhia Nacional de Energia Elétrica
	EDEVP - Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S/A
TO	CELTINS - Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins