

NELSON SORDI

**ESTIMATIVA DA ELASTICIDADE DA RENDA E PREÇO DA DEMANDA DE
ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NO PARANÁ
(REGIÃO DE CONCESSÃO OUTORGADA A COPEL)
PERÍODO 1990 - 2006**

**Monografia apresentada como requisito parcial
à conclusão do curso de Ciências Economias,
Setor de Ciências Sociais da Universidade
Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. José Wladimir Freitas da
Fonseca**

**CURITIBA
2007**


TERMO DE APROVAÇÃO

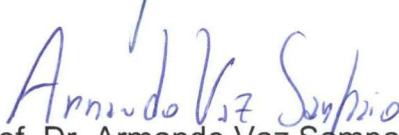
NELSON SORDI


ESTIMATIVA DA ELASTICIDADE DA RENDA E PREÇO DA DEMANDA DE
ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NO PARANÁ
(REGIÃO DE CONCESSÃO OUTORGADA A COPEL)
PERÍODO 1990 – 2006

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel no Curso de Graduação em Ciências Econômicas, do Setor de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:


Prof. Dr. Wladimir Freitas da Fonseca
Departamento de Ciências Econômicas, UFPR


Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio
Departamento de Ciências Econômicas, UFPR


Prof. Dr. Mauricio Vaz Lobo Bittencourt
Departamento de Ciências Econômicas, UFPR

Curitiba, 08 de novembro de 2007.

Dedico este trabalho à minha esposa Débora e aos meus filhos Raquel, Marina e Ivan, que sempre estiveram ao meu lado, compreendendo os momentos de ausência e co-participando da minha felicidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer à DEUS, por ter me dado a salvação através de seu Filho Jesus e pela força, entendimento e disposição para a conclusão deste curso.

“... Deus amou ao mundo, de tal maneira, que deu o Seu Filho Unigênito, para que todo aquele que Nele crê não pereça, mas tenha a vida eterna.” (Evangelho de João 3:16)

Agradeço em especial ao meu professor e orientador Doutor Wladimir Freitas da Fonseca por sua paciência, atenção, dedicação e interesse pela qualidade do meu trabalho e para que o mesmo chegasse a bom termo.

Agradeço também aos professores Dr. Armando Vaz Sampaio e Dr. Mauricio Vaz Lobo Bittencourt pelas críticas e sugestões, que me foram de grande proveito.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VI
ÍNDICE DE TABELAS.....	VII
RESUMO.....	IX
INTRODUÇÃO.....	1
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
1.1 MAXIMIZAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS DO CONSUMIDOR.....	10
1.2 TEORIA DA ELASTICIDADE DA DEMANDA.....	14
1.3 ESTIMAÇÃO ECONOMETRICA E RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	15
1.4 AVALIAÇÃO DO MODELO.....	17
1.4.1 Estimação dos Parâmetros por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).....	17
1.4.2 Estimação dos Parâmetros por Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E).....	22
1.4.3 Séries Temporais.....	22
1.4.4 Co-integração de Séries Temporais.....	25
1.4.5 Mecanismo de Correção de Erros.....	25
2 COMPORTAMENTO DA ELASTICIDADE DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NA COPEL.....	27
2.1 PERÍODO PRÉ-PRIVATIZAÇÃO DO SETOR – 1990 A 1993.....	30
2.1.1 O Financiamento do Setor.....	32
2.1.2 A Tarifa de Energia.....	33
2.1.3 O Comportamento do Consumidor Residencial da COPEL.....	35
2.2 PERÍODO DA PRIVATIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO – 1994 A 2003.....	36
2.2.1 O Setor Elétrico Nacional e a COPEL.....	37
2.2.2 As Tarifas de Energia Elétrica.....	39
2.2.3 O Comportamento do Consumidor residencial.....	43
2.3 A CRISE DE 2001 – 2001 A 2003.....	45
2.3.1 As Raízes da Crise da Oferta de Energia.....	47
2.3.2 O Racionamento.....	49
2.3.3 O Comportamento do Consumidor.....	51
2.4 PERÍODO PÓS-PRIVATIZAÇÃO - 2004 A 2006.....	53
2.4.1 O Financiamento do Setor.....	53
2.4.2 A Tarifa de Energia Residencial.....	55
2.5 A PROJEÇÃO DE DEMANDA DA COPEL (2007 – 2010).....	56
3 ESTIMAÇÃO DA DEMANDA.....	58
3.1 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	58
3.2 FONTES DE DADOS.....	60
3.2.1 Índice de atualização dos dados.....	60
3.2.2 A Tarifa de Energia Residencial (Ten ou T).....	62
3.2.3 Consumo Residencial (Cen, Cons ou C).....	64
3.2.4 Número de consumidores residenciais (NRes ou NR).....	65
3.2.5 Renda do consumidor (Ypc ou Y).....	66
3.2.6 Estoque de eletrodomésticos (Peld ou PE).....	67

3.3 MODELO ECONOMETRICO.....	69
3.4 OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO.....	71
3.4.1 Testes de Validação dos Modelos e Resultados.....	72
3.5 PROJEÇÃO DE DEMANDA 2007-2010.....	83
3.5.1 Previsão do consumo 2007-2010.....	85
3.5.2 Comparações com a Projeção da COPEL.....	87
3.5.3 Análise Crítica dos Resultados	88
4 CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 - INSTITUIÇÕES FEDERAIS LIGADAS AO SETOR DE ENERGIA .	28
GRÁFICO 3.1 – COMPORTAMENTO DA RENDA E DOS PREÇOS DOS ELETRODOMÉSTICOS	68
GRÁFICO 3.2 – COMPORTAMENTO DO CONSUMO, N° DE RESIDÊNCIAS E TARIFA.....	68
GRÁFICO 3.3 – RESPOSTA AO IMPULSO – RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS.....	82
GRÁFICO 3.4 – PREVISÃO* DO CONSUMO 2007-2010, PARA OS CENÁRIOS I, II E III – (1980-2010).....	87
GRÁFICO 3.5 – COMPARAÇÃO COM OS CONSUMOS PREVISTOS PELA COPEL – (2006-2010).....	91
GRÁFICO 3.6 – COMPARAÇÃO DO CENÁRIO I COM OS CENÁRIOS DA COPEL - 2006-2017	93

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 0.1 – CAPITAL SOCIAL DA COPEL – COMPOSIÇÃO ACIONÁRIA.....	3
TABELA 2.1 – EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	29
TABELA 2.2 – COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE INFLAÇÃO E VALORES DO PIB _{PC} -PR - PERÍODO 1990-93	32
TABELA 2.3 – TARIFAS MÉDIAS PARA CONSUMO RESIDENCIAL NA COPEL E DIFERENÇAS – ANUAL (1990-1993)	34
TABELA 2.4 – CONSUMO, TARIFA, RENDA, IPA-ELETRODOMÉSTICOS E N ^o DE RESIDÊNCIAS – 1990-93	36
TABELA 2.5 - PERCENTUAIS DE DESCONTO SOBRE A TARIFA RESIDENCIAL POR FAIXA DE CONSUMO MENSAL	40
TABELA 2.6 – TARIFAS RESIDENCIAIS REAIS E MÉDIAS E VARIAÇÕES - ANUAL	42
TABELA 2.7 – EMPRÉSTIMOS E FINANCIAMENTOS – COPEL	43
TABELA 2.8 – CONSUMO, TARIFA, RENDA, IPA-ELETRODOMÉSTICOS E N ^o DE RESIDÊNCIAS – 1994-2000	44
TABELA 2.9 – CONSUMO PER CAPITA BRASILEIRO E MUNDIAL - 2002	45
TABELA 2.10 – CONSUMO, TARIFA, RENDA, IPA-ELETRODOMÉSTICOS E N ^o DE RESIDÊNCIAS – 2001-2003	46
TABELA 2.11 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NO BRASIL 2000-2005	51
TABELA 2.12 – CONSUMO, TARIFA, RENDA E N ^o DE RESIDÊNCIAS – 2000- 2004	52
TABELA 2.13 – EMPRÉSTIMOS E FINANCIAMENTOS – COPEL	54
TABELA 2.14 – COMPOSIÇÃO DAS DEBÊNTURES – COPEL	55
TABELA 2.15 – ENERGIA, TARIFA, RENDA, IPA - ELETRODOMÉSTICOS, NÚMERO DE RESIDÊNCIAS ATENDIDAS PELA COPEL.....	56
TABELA 3.1 - IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO RESIDENCIAL ...	60
TABELA 3.2 – IPCA – NÚMERO ÍNDICE MENSAL 1980 A 2006.....	61
TABELA 3.3 – TARIFA 1980 A 2006 - VALORES NOMINAIS, EM REAIS E EM REAIS CORRIGIDOS PARA 2006	62
TABELA 3.4 – CONSUMO E NÚMERO DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS - 1980 A 2006 - COPEL.....	65
TABELA 3.5 – PIB PER CAPITA PARANAENSE 1980 A 2006	66
TABELA 3.6 – PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS 1980 - 2006	67
TABELA 3.7 – SIMULAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS (MQO).....	72
TABELA 3.8 – SIMULAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS DE DOIS ESTÁGIOS (MQ2E)	73
TABELA 3.9 – TESTE ADF (DICKY-FULLER AUMENTADO) PARA A RAIZ UNITÁRIA.....	75
TABELA 3.10 – ESTRUTURA DE DEFASAGEM DO MODELO VAR (P).....	76
TABELA 3.11 – TESTES DE CO-INTEGRAÇÃO.....	76
TABELA 3.12 – PARÂMETROS DE CO-INTEGRAÇÃO.....	77
TABELA 3.13 – ELASTICIDADES ESTIMADAS	77

TABELA 3.14 – ESTIMAÇÃO $\Delta \text{LN}(\text{CONS})$	80
TABELA 3.15 – ELASTICIDADE PREÇO E RENDA PARA DIVERSOS AUTORES	83
TABELA 3.16 – PROJEÇÃO DA TARIFA, RENDA E PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS PARA O CENÁRIO I	84
TABELA 3.17 – PROJEÇÃO DA TARIFA, RENDA E PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS PARA O CENÁRIO II	84
TABELA 3.18 – PROJEÇÃO DA TARIFA, RENDA E PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS PARA O CENÁRIO III	85
TABELA 3.19 – PREVISÃO DO CONSUMO 2007-2010, PARA OS CENÁRIOS I, II E III	85
TABELA 3.20 - CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL - COPEL	88
TABELA 3.21 – COMPARAÇÃO COM O CENÁRIO DE REFERÊNCIA DA COPEL	90
TABELA 3.22 – COMPARAÇÃO COM OS CENÁRIOS DA COPEL	91
TABELA 3.23 – COMPARAÇÃO COM O CENÁRIO DE REFERÊNCIA DA COPEL, COMPARAÇÃO DO ANO 2010 EM RELAÇÃO A 2006...	92

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é analisar o comportamento do consumidor da classe residencial na área de concessão da COPEL, considerando as alterações ocorridas no setor elétrico nacional. Neste sentido procurou-se estimar a elasticidade de preço e renda, de curto e longo prazos do consumo de energia elétrica, no período de 1990 a 2006. Os modelos utilizados foram o MQO e o MQ2E. Após a identificação da não-estacionariedade das séries, optou-se pelo conceito de co-integração, com vetor auto-regressivo (VAR), sendo estimado um Mecanismo de Correção de Erros (MCE). Para as regressões foi utilizado o programa computacional *E-views*, que forneceu também os cálculos e parâmetros para possibilitar as análises. Os resultados obtidos mostraram que, no curto prazo o consumo é mais sensível à renda que à tarifa, enquanto que no longo prazo o processo se inverte e o consumo se torna mais sensível à tarifa que à renda, embora tanto a elasticidade-renda como a elasticidade-preço resultaram inferiores à unidade, tanto para o curto como para o longo prazo. Foram simuladas as previsões para o consumo no período 2007-2010 e comparadas com as previsões da COPEL, no mesmo período, onde se pode comprovar a consistência dos resultados alcançados neste trabalho.

INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo a ELETROBRÁS (2006a, p. 21), as três principais classes de consumidores de energia elétrica são: a classe industrial, que responde por 46,5% do consumo total; a classe residencial, em segundo lugar, com 23,8%, enquanto a classe comercial responde por 15,3% do consumo total. Os demais consumidores são agregados em uma classe única chamada de “outros” com um total de consumo de 14,4% do total consumido.

O Sistema Elétrico Brasileiro de geração de energia é predominantemente hidráulico e constituído por longas linhas de transmissão de energia. Atualmente a geração hidráulica de energia elétrica responde por aproximadamente 78% da capacidade instalada (ELETROBRÁS, 2006a). Isto torna peculiar o sistema elétrico nacional em relação aos demais países, inclusive com os respectivos reflexos na definição das tarifas de energia.

Podemos dividir a história do nosso setor elétrico em períodos distintos. Primeiramente o período anterior à privatização, no qual o sistema era predominantemente estatal e capitaneado pelas Centrais Elétricas do Brasil (ELETROBRÁS) e suas subsidiárias como ELETROSUL, ELETRONORTE, CHESF e FURNAS, além de Itaipu Binacional. Nos Estados o Governo local possuía o controle das companhias de energia de âmbito estadual.

A partir da década de 90 as empresas estatais do setor elétrico entraram no processo de privatização, mais especificamente durante o governo Fernando Henrique Cardoso - FHC. O objetivo da privatização do setor era desonerar o orçamento público, alterando a concepção de Estado produtor para o Estado Regulador, ou seja, o Estado passaria a exercer apenas as funções de regular e fiscalizar o setor, deixando de lado a sua principal função até então de planejador e investidor principal.

Durante ainda esta fase, mais especificamente em 2001, segundo mandato de FHC, ocorreu também a grande crise de oferta de energia, um grande racionamento, que ficou conhecido como “apagão”, com conseqüências para toda a economia.

A privatização do setor elétrico no Brasil provocou profundos reajustes estruturais na gestão dos serviços de energia com o objetivo de viabilizar o retorno dos investimentos do capital privado. Essa política de atração do capital privado levou à elaboração de contratos cujo equilíbrio econômico-financeiro teve uma repercussão direta nas tarifas dos consumidores de energia em todos os níveis: industrial, comercial e residencial. Aliado a isto, a crise de oferta de energia pela qual o país passou em 2001, teve conseqüências imediatas no mercado consumidor por meio de campanhas de racionamento, o que levou a uma contenção da demanda. Tal contenção repercutiu por sua vez nos preços ao consumidor final, fazendo com que houvesse reajuste nas tarifas de energia a fim de garantir as taxas de retorno do capital privado.

Como parte do processo de privatização as empresas estatais de energia elétrica deixaram de investir no setor, passando esta responsabilidade para a iniciativa privada. Ocorreu que, devido às incertezas decorrentes da falta de regulamentação, a iniciativa privada também não investiu o suficiente, levando o sistema a uma grave crise de oferta de energia em 2001¹.

A COPEL² como parte integrante do setor elétrico nacional esta sujeita às mesmas legislações e normatizações que trabalhavam no sentido de desregulamentar o setor elétrico nacional e o prepararam para as privatizações.

O que mostra claramente esta situação pode ser observado através da Tabela 0.1, do Balanço da Composição Acionária do Capital Social da COPEL ao longo da década de 90 até meados da primeira década do segundo milênio.

A quantidade de ações em posse do Governo do Estado do Paraná caíram de mais de 80% do total, até o início da década de 90, para 31,1% em 2006. As ações em posse do BNDESPAR e na custódia em bolsas de valores passaram de 0,0% para 67,9% no mesmo período.

¹ Segundo MATTOS (2005), a Secretaria de Política Econômica estimou em dois pontos percentuais o impacto do racionamento de energia elétrica sobre o crescimento previsto do PIB brasileiro de 2001.

² COPEL – Companhia Paranaense de Energia, empresa de economia mista, tendo como acionista majoritário o Governo do Estado do Paraná, que possui a concessão de atendimento de 98% dos municípios paranaenses.

Apesar do Governo do Estado do Paraná possuir apenas 31,1% das ações da empresa, as ações em sua posse são aquelas de capital votante, ou seja, 58,6% das ações ordinárias com direito a voto.

TABELA 0.1 – CAPITAL SOCIAL DA COPEL – COMPOSIÇÃO ACIONÁRIA

ACIONISTA	1990 %	1994 %	1998 %	2000 %	2006 %
Governo do Paraná	81,0	82,7	31,1	31,1	31,1
Eletrobrás	12,0	10,0	5,6	0,6	0,6
FDE ³		2,2	-	-	-
BNDESPAR ⁴		-	17,9	24,7	24,0
Custódia em Bolsa		3,5	44,5	43,4	43,9
Outros	7,0	1,6	0,9	0,5	0,4
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Autor, com base nos Relatórios Anuais da COPEL.

O que se pode constatar é a forte redução das ações de posse estatal (Governo do Paraná e Eletrobrás) e o sensível aumento nas ações de posse privada como BNDESPAR e bolsa de valores, como reflexo do processo de privatização à que a empresa estava sendo submetida.

Todo este processo deveria culminar com a deflagração do leilão da venda das ações ao setor privado, marcado para outubro de 2001, que por fatores diversos não chegou à sua concretização. Permanecendo dessa forma a maioria do capital votante da empresa, em poder do Governo do Estado do Paraná.

O objetivo desta monografia é analisar a evolução do consumo de energia elétrica da classe residencial como reflexo do comportamento do consumidor, na área de concessão da COPEL, a partir da análise da elasticidade de preço e renda da demanda de energia elétrica residencial no período de 1990 a 2006, considerando tanto o período anterior ao processo de privatização, como o processo de privatização em si e a crise de oferta de energia.

E, com base na estimação da função demanda, projetar a curva com a previsão do consumo para os próximos quatro anos (2007-2010) e compará-la com a projeção de demanda por energia elétrica residencial elaborada pela COPEL.

³ FDE – Fundo de Desenvolvimento Econômico

⁴ BNDESPAR – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – Participações

A teoria a ser utilizada será a da maximização da utilidade do consumidor, dada sua restrição orçamentária, tendo em vista ser esta a teoria econômica que considera a demanda por bens e serviços, sendo a sua solução a própria equação da demanda, cuja sensibilidade será objeto de análise.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico estabelecerá as bases para a discussão acerca do objeto do trabalho a ser desenvolvido. A ferramenta principal da análise será a teoria da elasticidade a ser descrita como resultado de um problema microeconômico de maximização de utilidade, considerando a demanda (consumo) e o preço da energia elétrica da classe residencial e a renda do consumidor.

Segundo MARSHALL (1988) as mudanças nos padrões de consumo e produção de mercadorias podem fazer com que os preços estabelecidos para o consumo ou produção deixem de ser os seus preços normais de procura e oferta.

Portanto um crescimento da procura de uma mercadoria implica em um aumento de preços ou de forma semelhante, um aumento da quantidade ofertada, pode achar compradores a cada preço⁵.

O aumento da procura por uma mercadoria em relação à elevação da quantidade produzida pode ser vista de três formas diferentes:

- Rendimento Constante;
- Rendimento Decrescente; e
- Rendimento Crescente.

No primeiro caso, Rendimento Constante, o aumento da procura leva a um aumento da produção sem alterar o custo. Um exemplo seria uma indústria com capacidade ociosa, em que seria possível aumentar a produção sem necessidade de investimentos adicionais no curto prazo.

Para o Rendimento Decrescente, o aumento da procura eleva o preço e faz com que se eleve a produção, porém este aumento da produção não se dá no mesmo nível do Rendimento Constante, o que justificaria o aumento nos preços.

No caso do Rendimento Crescente, um aumento da procura faz com que haja um excesso de produção, fazendo os preços baixar.

⁵ Isto ocorre na medida em que já existem as máquinas, equipamentos e instalações para um determinado nível de produção, mas que por falta de maior demanda estão sendo sub-utilizados.

Ainda segundo MARSHALL (1988) se o preço de procura exceder o preço de oferta, elas serão efetuadas de forma a satisfazer o comprador, vendedor ou ambos.

A Utilidade Marginal daquilo que recebe é maior do que a do que dá. A outra parte, se não ganha, pelo menos também não perde.

Dessa forma a satisfação máxima é atingida no ponto de equilíbrio da oferta e demanda. Esta satisfação máxima pode ser denominada também de Maximização do Consumidor.

Para esse trabalho, pode se traduzir a maximização do consumidor como o uso racional da energia elétrica pelas famílias, na busca pela máxima satisfação com o mínimo custo.

Por outro lado, conforme lembrado por BERNDT (1991) a eletricidade é um bem de consumo indireto, sendo utilizada para fazer funcionar os aparelhos eletrodomésticos, entendidos como os bens duráveis consumidos pelas famílias.

Estes equipamentos consomem uma determinada quantidade de energia por hora, ou seja, kW.h.

Quando o preço da energia – tarifa – aumenta, o consumidor pode atuar no sentido de reduzir a utilização de seus aparelhos domésticos, visando a redução do consumo, ou trocando por aparelhos mais eficientes. Se os preços diminuïrem, o que ocorre normalmente é o inverso em relação ao consumo.

O conjunto dos eletrodomésticos é conhecido na literatura como Estoque de Eletrodomésticos.

No curto-prazo a demanda por energia nas residências é oriunda do estoque desses equipamentos existentes em cada residência. No longo-prazo a variação desse estoque implica na variação da demanda.

Outro fato importante é que as tarifas de energia elétrica não são proporcionais linearmente ao consumo, ao contrário, são normalmente escalonadas, por faixa de consumo, para identificar os consumidores de baixa renda, dando a estes uma tarifa menor. À medida que o consumo aumenta as tarifas tendem a aumentar relativamente, por grupo de consumidores de acordo com o nível de consumo, chamada de tarifa por blocos, ou por faixas de consumo.

Pela teoria econômica a tarifa adequada seria a tarifa marginal⁶. A tarifa por bloco faz surgir diversas tarifas marginais, de acordo com o número de blocos.

Outra forma de lidar com a tarifa seria através da tarifa média. Esta seria o total de gasto em moeda com a energia, dividido pela quantidade de energia consumida, ou seja, preço médio.

A tarifa também é influenciada pela a introdução de sobretaxas ou encargos de tarifa durante os períodos de pico ou fora de pico, de consumo, do tipo encargos pela energia e encargos pela demanda contratada, o que dificultará também a determinação de um valor de tarifa comum ou tarifa marginal.

Ainda segundo BERNDT (1991), temos duas formas de considerar o estoque de eletrodomésticos na análise da demanda residencial, a primeira seria a consideração do estoque de eletrodomésticos de forma explicitamente incluída no cálculo da demanda por energia elétrica residencial, a segunda seria a consideração de forma implícita deste mesmo estoque.

Para o modelo econométrico de demanda de eletricidade com estoque de equipamentos explicitamente incluídos sugere-se a adoção de dois modelos de equações, uma de curto e outra de longo-prazo.

No modelo de curto-prazo, os estoques de eletrodomésticos são fixos. O cálculo da demanda seria feito através da somatória do consumo normal (kW.h) de todos os eletrodomésticos de todas as residências.

$$\mathbf{q}_{it} = \mathbf{u}_{it} \cdot \mathbf{W}_{it} = \mathbf{u}_{it}(\mathbf{Y}_{it}, \mathbf{P}_{it}) \cdot \mathbf{W}_{it} \quad (1.1)$$

onde:

q_{it} = consumo em kW.h da i-ésima residência no tempo t

W_{it} = total de kW.h instalado na i-ésima residência no tempo t

u_{it} = taxa de utilização do estoque de equipamento da i-ésima residência no tempo t

u_{it} = é função da renda real *per capita*, Y_{it} , e do preço real da eletricidade, P_{it} .

Para os autores q_{it} pode ser definido como:

$$\mathbf{q}_{it} = \mathbf{P}_{it}^{\alpha} \cdot \mathbf{Y}_{it}^{\beta} \cdot \mathbf{W}_{it} \quad (1.2)$$

α = Elasticidade preço da demanda por eletricidade

⁶ Tarifa marginal – preço em R\$/kWh, determinado para disponibilização para a venda no mercado de um kWh adicional.

β = Elasticidade renda da demanda por eletricidade
a qual após a transformação logarítmica se torna:

$$\ln q_{it} = \alpha \cdot \ln P_{it} + \beta \cdot \ln Y_{it} + \ln W_{it} \quad (1.3)$$

A dificuldade desta análise está em encontrar a quantidade de equipamentos por residência e potência elétrica dos mesmos. Para os autores “estimar W_{it} por Estado e ano com alguma confiabilidade estaria simplesmente fora de questão”.

Uma importante lição, segundo BERNDT (1991), é que é desejável incluir as quantidades de estoque de equipamentos eletrodomésticos diretamente na equação de curto-prazo da demanda de eletricidade e, portanto, distinguir efeitos de utilização de curto-prazo, do impacto do estoque de equipamentos no longo-prazo, problemas de dados podem ser intransponíveis. Podendo assim resultar na estimação de parâmetros imprecisos e insatisfatórios, particularmente para o modelo de longo-prazo.

A principal fraqueza desta abordagem que inclui diretamente o estoque de equipamentos na medida de demanda de eletricidade é justamente a imprevisão do estoque de eletrodomésticos por residência, o consumo dos mesmos e a frequência de seu uso.

Para o modelo econométrico de demanda de eletricidade com estoque de equipamentos considerados indiretamente, a demanda seria afetada por outras variáveis como: nível de renda, preços e outros fatores.

Neste caso a demanda poderia ser obtida pela demanda (D) atual, pela demanda passada, pela renda (Y), pelos preços (P) e outros fatores (X), por exemplo, como segue.

$$y_t = \alpha + \beta_1 \cdot D_{1,t} + \beta_2 D_{2,t-1} + \beta_3 \cdot Y_t + \beta_3 \cdot P_t + \dots + \beta_k \cdot X_{kt} + \varepsilon_i \quad (1.4)$$

A estimação pelo método dos ‘Mínimos Quadrados Ordinários’ – MQO produzirá estimação consistente de parâmetros, desde que ε_i seja independentemente distribuído.

Para BERNDT (1991) ainda, no que se refere à escolha da forma da função, uma parte substancial da pesquisa econométrica existente sobre a demanda por eletricidade tem empregado a forma funcional do “log-linear”.

Esta forma é atrativa porque seus coeficientes estimados podem ser interpretados como a elasticidade de curto-prazo e a elasticidade de longo-prazo e serem obtidas de forma direta.

Porém alguns problemas podem ser apontados:

1) Por assumir que as elasticidades estimadas são constantes, isto pode criar complicações, particularmente se no período previsto preço e renda são completamente diferentes daqueles observados historicamente. Ex: se a elasticidade renda estimada de longo-prazo é maior que 1, significa que a divisão do orçamento crescerá com a renda. Desde que a soma das partes do orçamento nunca poderá exceder a unidade, em algum momento o gasto com energia elétrica deverá cair.

Simultaneamente se a elasticidade preço de longo-prazo é maior que 1 em valor absoluto, então a divisão do orçamento deve crescer com o incremento do preço, mas outra vez, isto não deve ocorrer indefinitivamente. Finalmente como os preços podem continuar a aumentar, a demanda deve tornar-se preço elástica.

A constante de elasticidade incorporada na forma funcional “log-linear” não pode, portanto, ser integralmente válida. Uma forma de contornar este problema é generalizar a especificação “log-linear” pela adição como variáveis exploratórias no universo da variável original.

2) Em alguns casos a adição de um regressor sem muito critério, pode introduzir inconsistências com a teoria econômica. Por exemplo, se assumirmos que a equação da demanda estimada está baseada nos dados que representam os resultados de consumidores maximizando suas utilidades, neste caso o “log-linear” seria uma função utilidade adequada.

Por coerência com a teoria econômica a função utilidade deve ser positiva, mas diminuindo a utilidade marginal, e o resultado da equação de demanda deve ser homogêneo e de grau zero para o preço e para a renda. A parte principal da soma das elasticidades renda deve ser 1 (um). Assim se deduz que é consistente com a maximização da utilidade somente se a função de utilidade é “log-linear”.

Essas duas considerações – a indesejável restrictividade da elasticidade constante assumida e a necessidade de assegurar a consistência da equação de

demanda com a adequada função de utilidade – tem gerado crescente interesse na forma da especificação da utilidade funcional que não coloca restrição na substituição de elasticidades.

Em resumo, embora a função “log-linear” tenha sido empregada em inúmeros estudos econométricos ela é altamente restritiva e pode gerar uma constante de elasticidade estimada que pode não ser a correta. Por essa razão recentemente, econométricos tem incrementado formas funcionais mais flexíveis de especificações. Todavia, precisamente por ser relativamente simples, a função “log-linear” é ainda utilizada por muitos analistas de demanda de eletricidade.

1.1 MAXIMIZAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS DO CONSUMIDOR

Para a análise da Maximização do Consumidor deve ser considerada a Teoria do Comportamento do Consumidor. Esta teoria considera a resposta à seguinte questão: De que forma o consumidor decide gastar sua renda limitada, nas diversas mercadorias de que necessita?

A alocação de seus recursos determina as demandas pelos diversos bens.

Segundo PINDYCK (2002), o comportamento do consumidor considera três etapas:

a) Preferência do Consumidor

De que forma pode ser representada a preferência do consumidor pelas diversas mercadorias?

Deverão ser utilizados os recursos de descrições gráficas e algébricas.

b) Restrições Orçamentárias

Por ter uma renda limitada, o consumidor deve considerar os preços e as quantidades de mercadorias a ser consumidas e desta forma fazer escolhas.

c) Escolhas do consumidor

Considerando suas preferências e a sua restrição orçamentária o consumidor deve fazer as escolhas pelas mercadorias que otimiza o seu consumo.

Para PINDYCK (2002), a teoria da demanda baseia-se na premissa de que os consumidores maximizam a utilidade sujeita a uma restrição orçamentária.

Partindo da definição de que a Utilidade é um modo de atribuir a preferência a cada cesta de mercadoria encontrada no mercado, a Utilidade Marginal de uma

mercadoria é definida como a variação da Utilidade Total em razão de aumento de uma unidade no consumo desse bem.

Para simplificação, associamos o consumo adicional de dois bens diferentes X e Y, nesse caso a Utilidade Marginal associada ao consumo adicional do bem X, deve considerar a derivada parcial da função utilidade relativa ao bem X.

Se $U = f(X,Y)$, representa a Utilidade Marginal para a mercadoria X, temos:

$$U_x = \partial U(X,Y) / \partial X \quad (1.5)$$

Neste caso o consumidor deverá otimizar a função utilidade:

$$\text{Maximizar } U(X,Y) \quad (1.6)$$

Sujeito à Restrição Orçamentária:

$$P_x \cdot X + P_y \cdot Y = R \quad (1.7)$$

onde:

$U \rightarrow$ É a função de utilidade;

X e $Y \rightarrow$ São as quantidades dos dois bens;

P_x e $P_y \rightarrow$ São os preços dos bens X e Y;

$R \rightarrow$ É a renda do consumidor.

A solução da equação (1.6) deve considerar a equação (1.7).

Segundo SCHMIDT (2002), o estabelecimento da relação do preço, renda do consumidor e demanda residencial por energia elétrica, objeto deste estudo, pode ser descrito como resultado de um problema microeconômico de maximização de utilidade, sujeita a uma restrição orçamentária, onde a solução encontrada para o problema é a quantidade demandada de energia elétrica residencial, ou seja:

Máx $U(x)$

Sujeito à restrição: $P_i \cdot Q_i + P_c \cdot Q_c + P_s \cdot Q_s + P_o \cdot Q_o = R$

Solução: $Q_i = f(P_i, P_c, P_s, P_o)$

Onde $U(x)$ é a função de utilidade do indivíduo, Q_i é a quantidade demandada de energia elétrica, $Q_{c,s,o}$ são as quantidades demandadas de bens

complementares⁷, substitutos⁸ e outros bens respectivamente. Estes 'outros bens' não serão considerados para efeito deste estudo.

P_i é o preço da energia elétrica residencial e $P_{s,c,o}$ são os preços dos bens complementares, substitutos e outros bens respectivamente, e R é a renda do consumidor. Sendo que a restrição orçamentária significa que a soma de todos os bens adquiridos pelo consumidor não deve exceder a renda de que dispõe.

Por sua vez, MATTOS (2005), em concordância com outros autores em estudos realizados no Brasil, a tarifa a ser utilizada para estabelecer o preço da energia é a tarifa residencial média. Nos trabalhos pesquisados sobre a estimativa da função de demanda a tarifa média é a mais usada, devido à maior acessibilidade dos dados e por ser a variável de conhecimento do consumidor residencial e considera por este para a definição ou alteração do seu padrão de consumo.

Deverá ser estabelecida a análise econométrica das funções de demanda, estabelecendo, para isso, um dos modelos dentre aqueles apresentados por SARTORIS (2003, p. 234).

Para LOBÃO (1997), a quantidade de energia elétrica residencial demandada é função do preço da energia (tarifa residencial média) – PE_t , da Renda do consumidor – R_t e do estoque de equipamentos eletrodomésticos nas residências – EE_t , onde t é o tempo, ou seja:

$$Q_t = f(PE_t, R_t, EE_t) \quad (1.8)$$

Para MATTOS (2005) e SCHMIDT (2004), a quantidade de energia elétrica residencial demandada é função do preço da energia (tarifa residencial média) – PE_t , da Renda do consumidor – R_t e do preço do fator substituto à energia elétrica - PS_t , onde t é o tempo, ou seja:

$$Q_t = f(PE_t, R_t, PS_t) \quad (1.9)$$

⁷ Será considerado como bem complementar os aparelhos eletrodomésticos.

⁸ São considerados como bens substitutos da energia elétrica residencial: o aquecimento a gás e por energia solar, usados no aquecimento de água, outras fontes não relevantes no caso brasileiro.

Ainda segundo MATTOS (2005) aumentos (reduções) na tarifa de energia, *coeteris paribus*, provocam reduções (aumentos) na quantidade consumida, indicando uma relação inversa entre as variáveis. Da mesma forma o uso mais intenso de equipamentos elétricos resulta no aumento da demanda. A renda do consumidor influencia diretamente na variação do consumo, alterando a restrição orçamentária do consumidor pelo uso mais intenso da energia elétrica ou pela aquisição de novos equipamentos elétricos. Os preços de bens substitutos influenciam diretamente no consumo da energia elétrica, porém além de restringir à análise da demanda de energia elétrica industrial, esta variável foi abandonada posteriormente em seu trabalho, por apresentar problemas relativos à multicolinearidade no modelo.

Os bens substitutos perfeitos para a energia elétrica residencial não são factíveis, pois não existe no mercado outro bem ou serviço que possa substituir a energia elétrica fornecida por uma concessionária local.

Considera-se, para fins deste trabalho, que as residências estão sendo atendidas por energia elétrica ou simplesmente não recebem este serviço nem outro substituto da energia elétrica.

O gás (GLP ou GN) e a energia solar poderiam ser considerados bens substitutos, porém imperfeitos, já que são utilizados apenas no aquecimento de água de consumo interno como chuveiros e pias de cozinha, etc.

O Brasil não possui também, tradição na utilização da eletricidade (fogões elétricos) para a cocção de alimentos e por isso não será considerado para efeito deste estudo.

Os bens substitutos, como acima citados não serão, portanto, considerados neste trabalho.

Os bens complementares da energia elétrica serão considerados bens eletrodomésticos como geladeira, aparelho de TV, liquidificador, batedeira, ferro de passar roupas, máquina de lavar e secar roupas, chuveiro, aparelho de som, iluminação ambiente, computador, etc. Estes são chamados de estoque de eletrodomésticos e serão considerados para fins deste trabalho.

1.2 TEORIA DA ELASTICIDADE DA DEMANDA

A elasticidade de preço da demanda pode ser simplificada definida como a sensibilidade da demanda a uma variação no preço.

Teoricamente na análise de mercado, na demanda por um determinado bem ou serviço, considera-se que a quantidade demandada é função do preço do bem, do preço dos bens complementares e/ou substitutos e do tamanho da população.

A elasticidade da demanda pode ser escrita como:

$$\epsilon_d \equiv \frac{\% \text{ da variação da quantidade demandada}}{\% \text{ da variação do preço}}$$

Se $|\epsilon_d| > 1$ – a demanda é elástica

$|\epsilon_d| < 1$ – a demanda é inelástica

$|\epsilon_d| = 1$ – a demanda é de elasticidade unitária

Ou seja, a elasticidade preço da demanda (ϵ_{dp}) mede quanto a quantidade demandada de um bem pode ser afetada pela modificação no preço.

$$\epsilon_{dp} \equiv \frac{\Delta Q}{Q} \times \frac{P}{\Delta P} \equiv \frac{P}{Q} \times \frac{\Delta Q}{\Delta P} \quad (1.10)$$

Já a elasticidade de renda da demanda (ϵ_{dy}) mede quanto a quantidade demandada de um bem pode ser afetada pela modificação na renda do consumidor.

$$\epsilon_d \equiv \frac{\% \text{ da variação da quantidade demandada}}{\% \text{ da variação do renda}}$$

$$\epsilon_{dy} \equiv \frac{\Delta Q}{Q} \times \frac{Y}{\Delta Y} \equiv \frac{Y}{Q} \times \frac{\Delta Q}{\Delta Y} \quad (1.11)$$

Por outro lado, quando a demanda por um bem é também influenciada pelo preço de outras mercadorias, é chamada de elasticidade cruzada da demanda (ϵ_{QaPb}). Para o caso particular de dois bens “a” e “b” em que a variação percentual

da quantidade demandada de "a" resultará em percentual de aumento no preço de "b", ou seja:

$$\varepsilon_d \equiv \frac{\% \text{ da variação da quantidade demandada de "a"}}{\% \text{ da variação do preço de "b"}}$$

$$\varepsilon_{QaPb} \equiv \frac{Pb}{Qa} \times \frac{\Delta Qa}{\Delta Pb}$$

1.3 ESTIMAÇÃO ECONOMETRICA E RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Com o estabelecimento da forma funcional de demanda residencial de energia elétrica deverá ser executada a estimação econométrica.

Segundo SARTORIS (2003, p. 260) a estimação econométrica é possível sempre que duas ou mais variáveis tenham relação entre si, estabelecendo-se uma regressão múltipla. Para a regressão linear múltipla temos:

$$Y_i \equiv \beta_1 + \beta_2 \cdot X_{2i} + \beta_3 \cdot X_{3i} + \dots + \beta_n \cdot X_{ni} + \varepsilon_i \quad (1.12)$$

onde, Y_i – variável que se deseja calcular (demanda)

β_i – valores estimados dos coeficientes

X_i – variáveis independentes (preços e renda)

ε_i – termo de erro

Para a estimação da demanda serão utilizados métodos econométricos para o cálculo dos coeficientes β_i , considerando-se as hipóteses para a viabilidade da regressão múltipla e os respectivos testes de regressão dos parâmetros.

Os valores obtidos para a variável dependente Y_i representam a curva de demanda da energia elétrica residencial. As variáveis independentes X_{ni} representam o preço da energia (tarifa) e a renda do consumidor, etc. MATTOS (2005) e SCHMIDT (2002) acrescentam a essas duas o preço do fator substitutivo à energia elétrica, enquanto LOBÃO (1997) considera o estoque de equipamentos eletrodomésticos.

Ainda para LOBÃO (1997) o modelo teórico deve considerar três hipóteses básicas:

a) Não existe demanda reprimida, ou seja, toda a energia elétrica demandada será efetivamente fornecida.

b) As variáveis fundamentais a serem consideradas são: a tarifa de energia elétrica, a renda familiar e o estoque de eletrodomésticos, com a seguinte função não-linear:

$$C_t = K \times P_t^\alpha \times Y_t^\beta \times E_t^\delta \quad (1.13)$$

Sendo: $K > 0$, $\alpha < 0$, $\beta > 0$ e $\delta > 0$

Onde:

C_t : Consumo ou demanda residencial de energia elétrica no tempo t ;

P_t : Tarifa residencial de energia elétrica no tempo t ;

Y_t : Renda familiar no tempo t ;

E_t : Estoque domiciliar de aparelhos eletrodomésticos no tempo t .

c) Define-se o estoque de eletrodomésticos, como função dos seus preços (PE) e da renda familiar (Y), de acordo com a seguinte expressão:

$$E_t = \Delta \times PE_t^\mu \times Y_t^\theta \quad (1.14)$$

Sendo: $\Delta > 0$, $\mu < 0$ e $\theta > 0$

Para linearizar as equações (1.13) e (1.14) acima se deve aplicar o logaritmo, obtendo dessa forma a equação (1.15):

$$\ln C_t = \ln(K \cdot \Delta^\delta) + \alpha \cdot \ln P_t + (\beta + \delta \cdot \theta) \cdot \ln Y_t + \delta \cdot \mu \cdot \ln PE_t \quad (1.15)$$

A equação linearizada será:

$$C_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot P_t + \beta_3 \cdot Y_t + \beta_4 \cdot PE_t + \varepsilon_t \quad (1.16)$$

Onde C_t , P_t , Y_t e PE_t da equação (1.16) representam os respectivos logaritmos de C_t , P_t , Y_t e PE_t da equação (1.15) e, ainda, $\beta_1 = \ln(K \cdot \Delta^\delta)$, $\beta_2 = \alpha < 0$, $\beta_3 = (\beta + \delta \cdot \theta) > 0$ e $\beta_4 = \delta \cdot \mu < 0$. O termo ε_t representa o erro.

O coeficiente β_1 é o intercepto da função de demanda e os coeficientes β_2 , β_3 , e β_4 representam as respectivas elasticidades da demanda de energia elétrica residencial em relação às tarifas da energia elétrica residencial, renda familiar e preços dos eletrodomésticos.

Os parâmetros estimados têm importância no planejamento energético na medida em que eles mostram como o conjunto de usuários do serviço reage às tarifas médias a eles cobradas, bem como qual o efeito que a variação do rendimento total das famílias tem sobre as quantidades consumidas neste serviço. Como, tanto as tarifas médias, quanto à renda agregada dos usuários residenciais de energia elétrica passaram por significativas variações reais no período em análise, será possível isolar os efeitos que estas variações provocaram nas quantidades consumidas neste tipo de serviço e avaliar o seu consumo residencial total de energia elétrica no período considerado, com o objetivo de comparar os valores previstos neste trabalho, por aqueles previstos por outros trabalhos ou instituições, no pressuposto de que a demanda estimada contribui para uma melhor quantificação do consumo futuro.

1.4 AVALIAÇÃO DO MODELO

Os modelos utilizados foram o MQO e o MQ2E. Após a identificação da não-estacionariedade das séries, optou-se pelo conceito de co-integração, com vetor auto-regressivo, sendo estimado um Modelo de Correção de Erros Vetoriais (MCEV). Para as regressões foi utilizado o programa computacional *E-views*, que forneceu também os cálculos e parâmetros para possibilitar as análises.

1.4.1 Estimação dos Parâmetros por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)

Segundo GUJARATI (2006), este método é atribuído a Carl Friedrich Gauss, um matemático alemão. Sob certas premissas, apontadas mais adiante, o MQO tem algumas propriedades estatísticas muito atraentes, que o tornam um dos métodos de análise de regressão mais poderosos e difundidos. É o método mais utilizado para a análise de regressão, porque é intuitivamente convincente e mais simples sob o ponto de vista matemático.

Estimar a regressão linear múltipla significa encontrar o valor dos estimadores β_{1s} . O método MQO supõe que queiramos estimar uma reta que tenha as menores diferenças entre os valores originais e aqueles determinados pela referida reta. Porém somar os erros pura e simplesmente, não nos acrescentaria

muita informação, pois existirão erros positivos e negativos, da reta em relação aos pontos reais, que irão se cancelar em uma soma simples.

Porém, quando elevamos ao quadrado eliminamos os valores negativos e assim podemos definir a melhor estimação, como aquela em que a soma dos erros ao quadrado seja mínima, ou seja, o método dos mínimos quadrados.

O problema da estimação, portanto, se constitui na tarefa de estimar a função de regressão populacional (FRP) com base na função de regressão amostrai (FRA) da maneira mais aproximada possível.

Para uma FRP de 4 (quatro) variáveis, temos:

$$Y_t \equiv \beta_1 + \beta_2 \cdot X_{t2} + \beta_3 \cdot X_{t3} + \beta_4 \cdot X_{t4} + \varepsilon_t \quad (1.17)$$

Como a FRP não pode ser observada diretamente, temos de estimá-la a partir da FRA:

$$\hat{Y}_t \equiv \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \cdot \hat{X}_{t2} + \hat{\beta}_3 \cdot \hat{X}_{t3} + \hat{\beta}_4 \cdot \hat{X}_{t4} + \varepsilon_t \quad (1.18)$$

Onde \hat{Y}_t é o valor estimado de Y_t (onde “^” significa parâmetro estimado):

$$\hat{Y}_t \equiv \hat{Y}_t + \varepsilon_t \quad (1.19)$$

Para esta análise também é utilizada a manipulação dos dados através do sistema de matrizes, para deixá-la da forma semelhante à da reta, como abaixo:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ \dots \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 1 & X_{12} & X_{13} & X_{14} \\ 1 & X_{22} & X_{23} & X_{24} \\ 1 & X_{33} & X_{33} & X_{34} \\ 1 & X_{34} & X_{43} & X_{44} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \dots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \dots \end{bmatrix} \quad (1.20)$$

Reduzindo simplificadamente para:

$$Y = \beta \cdot X + \epsilon \quad (1.21)$$

Sendo:

Y – vetor matriz linha que contém as observações da variável dependente Y;

X – matriz que inclui diversas observações das variáveis independentes, com uma coluna de números ‘1’ que correspondem ao intercepto;

β – vetor com os coeficientes a serem estimados;

ϵ – vetor dos termos de erro.

Exceto por ser uma equação de matrizes, essa equação (1.21) é muito parecida com uma equação de regressão linear simples, podendo a estimação de parâmetros ser feita de maneira semelhante ao que é feito na regressão linear simples, porém trabalhando com matrizes desde que as mesmas sejam sempre inversíveis.

Baseado em GUJARATI (2006), não se deve apenas obter os parâmetros estimados, mas também buscar a relação destes com os valores reais, verificando o quanto os parâmetros estimados estão próximos dos parâmetros reais, ou quanto a variável estimada está próxima da verdadeira. Assim as premissas feitas quanto às variáveis independentes e ao termo de erro, são fundamentais para a interpretação das estimativas de regressão.

Portanto a estimação é metade do caminho a ser percorrido. É necessário também elaborar o teste das hipóteses. Na análise de regressão o objetivo é não apenas estimar a função de regressão amostrai (FRA), mas também usá-la para inferir sobre a função de regressão populacional (FRP).

Em nosso caso, como estamos manipulando uma amostra relativamente pequena, a premissa de normalidade assume um importante papel. A probabilidade exata dos estimadores de MQO facilita o uso de testes estatísticos t, F e outros, para modelos de regressão.

1.4.1.1 Propriedades das variáveis e termos aleatórios

Para que a estimação seja correta a equação (1.18) deverá ter as seguintes propriedades:

I. $E(\epsilon_i) = 0$ (erro tem média zero)

O termo erro ϵ_i tem valor médio zero, ou

$$E(\epsilon_i | X_i) = 0 \quad \text{para cada } i$$

Dado o valor de X , o valor médio, ou esperado, do distúrbio aleatório ϵ_i é zero. Tecnicamente, o valor médio condicional de ϵ_i é zero.

II. Erros são normalmente distribuídos.

$$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

III. Os X_i são fixos não estocásticos.

Os valores de X são fixos em amostras repetidas. Considera-se que os valores assumidos pela variável dependente X foram fixados em amostras repetidas. Mais tecnicamente pressupõe que X é não estocástico.

IV. $\text{var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$ (constante).

Dado o valor de X , a variância de ε_i é a mesma para todas as observações. Isto é, as variâncias condicionais de ε_i são idênticas. Representa a premissa da homocedasticidade, ou iguais variâncias.

$$\text{var}(\varepsilon_i | X_i) = 0 \quad \text{var} = \text{variância}$$

V. $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$, $i \neq j$ (erros não são autocorrelacionados).

Dados quaisquer dois valores de X , X_i e X_j ($i \neq j$), a correlação entre quaisquer ε_i e ε_j ($i \neq j$) é zero.

$$\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j | X_i, X_j) = 0 \quad i \neq j \quad \text{cov} = \text{covariância}$$

onde i e j são duas observações diferentes.

VI. Cada variável independente X_i não pode ser combinação linear das demais. Ou seja, não há relações perfeitas entre as variáveis explanatórias, não são multicolineares perfeitas.

A notação matricial para as hipóteses IV e V podem ser representadas como se segue:

$$\text{var}(\boldsymbol{\varepsilon}) = \sigma^2 \cdot I$$

Esta matriz também é denominada de Matriz de Variância e Covariância de Erros, onde a diagonal principal tem as variâncias dos erros e os demais elementos da matriz são as covariâncias.

1.4.1.2 Propriedades dos parâmetros

Para a estimação dos parâmetros dos modelos de regressão e a respectiva inferência dos resultados com os parâmetros reais, há a necessidade de que os valores de ε_i sigam alguma distribuição de probabilidade. No caso é a distribuição normal com média zero e variância constante σ^2 , ou, representado de modo mais compacto $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Desta forma os estimadores MQO apresentam as seguintes propriedades:

I. Não são tendenciosos.

- II. Têm variância mínima. Combinado com o item I, significa que são estimadores não tendenciosos com variância mínima ou estimadores eficientes.
- III. São consistentes, isto é, à medida que a amostra aumenta de tamanho os valores dos estimadores convergem para os valores verdadeiros da população.
- IV. $\hat{\beta}_i$ (estimado) é uma função linear de ε_i e apresenta distribuição normal, ou seja, $\hat{\beta}_i \sim N(\beta_i, \sigma^2_{\hat{\beta}_i})$. Pelas propriedades da distribuição normal, a variável Z , que é definida como: $Z = (\hat{\beta}_i - \beta_i) / \sigma_{\hat{\beta}_i}$, segue a distribuição padrão com média zero e variância unitária: $Z \sim N(0, 1)$
- V. O termo $(n-2) \cdot (\hat{\sigma}^2 / \sigma^2)$ segue a distribuição do “qui-quadrado” (χ^2) com “n-2” graus de liberdade. Isso nos permite fazer a inferência a respeito do verdadeiro valor de σ^2 a partir do $\hat{\sigma}^2$ (estimado).
- VI. A distribuição dos $\hat{\beta}_i$ s é independente de $\hat{\sigma}^2$.
- VII. Os $\hat{\beta}_i$ s têm a variância mínima entre todos os estimadores não tendenciosos, mesmo não sendo lineares. Dessa forma podemos dizer que os estimadores dos MQO são os melhores estimadores não tendenciosos (BLUE), ou seja, têm a mínima variância entre todos os estimadores não tendenciosos.

O que podemos concluir, dessas propriedades, é que a premissa da normalidade permite deduzir a distribuição de probabilidade, ou amostrai, de $\hat{\beta}_i$ s e de $\hat{\sigma}^2$ (relacionada ao χ^2). Isto facilita o trabalho de estabelecer intervalos de confiança e de testar as hipóteses.

1.4.1.3 Coeficiente Múltiplo de Determinação de r^2 e R^2

O “ r^2 ” mede o grau de ajuste da equação de regressão, ou seja, fornece a porcentagem da variação total na variável dependente é explicada pela variável explicativa. A notação “ r^2 ” pode ser estendida a modelos com várias variáveis (“ R^2 ” – coeficiente múltiplo). O “ R^2 ” se situa no intervalo entre 0 e 1. Sendo 1 a reta de regressão ajustada que explica 100% da variação da variável dependente e 0 (zero) o modelo não explica nada da variável dependente, portanto o modelo será melhor quanto mais perto de 1 estiver o R^2 .

1.4.2 Estimação dos Parâmetros por Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E)

Segundo GUJARATI (2006), quando alguns dos regressores são endógenos, ou seja, estão correlacionados com o termo de erro, estamos na presença de equações simultâneas, ou do problema da simultaneidade. Neste caso os estimadores MQO não são sequer consistentes e para resolver este problema o Método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios e das Variáveis Instrumentais produzirão estimadores consistentes e eficientes.

Este método envolve a duas aplicações sucessivas de MQO, conforme segue:

$$Y_{1t} = A_1 + A_2 \cdot Y_{2t} + u_{1t}$$

$$Y_{2t} = B_1 + B_2 \cdot Y_{1t} + u_{2t}$$

ESTAGIO 1: Primeiramente é feito o teste da variável dependente (Y_{1t}) em relação ao termo de erro estocástico u_{2t} , de onde se obtém,

$$Y_{1t} = \hat{Y}_{1t} + \hat{u}_t$$

ESTÁGIO 2: Obtém-se a seguinte equação,

$$Y_{2t} = B_1 + B_2 (\hat{Y}_{1t} + \hat{u}_t) + u_{2t}, \text{ onde,}$$

$$Y_{2t} = B_1 + B_2 \cdot \hat{Y}_{1t} + u_{2t} + B_2 \cdot \hat{u}_t$$

Com este procedimento de dois estágios, segundo GUJARATI (2006), a idéia básica que fundamenta o MQ2E é retirar a influência do erro estocástico u_2 da variável explanatória estocástica Y_1 . Para isso é executada a regressão na forma reduzida de Y_1 sobre todas as variáveis predeterminadas no estágio um, obtendo-se as estimativas \hat{Y}_{1t} e substituindo-se Y_{1t} na equação original pela \hat{Y}_{1t} (estimada) e então se aplicando os MQO à equação assim transformada (estágio 2).

1.4.3 Séries Temporais

As séries temporais são um fenômeno de difícil análise e a teoria a respeito se encontra em constante avanço. Em seu livro GUJARATI (2006, p. 635) lembra:

“Devemos começar com uma advertência. O tópico de séries temporais é vasto e sofre evolução, e uma parte matemática em que se baseiam as várias técnicas da análise de séries temporais é complexa, de modo que o máximo que conseguiremos fazer em um texto introdutório como este é dar ao leitor um esboço introdutório de alguns conceitos fundamentais...”

Como as análises deste trabalho se assentam sobre séries temporais, o primeiro passo será a verificação da estacionariedade ou não das séries. Para isso deverá ser utilizado o processo da determinação da raiz unitária.

Na seqüência deverá ser testada a co-integração das séries.

Sendo as séries co-integradas, ou seja, há uma relação de longo prazo, ou equilíbrio entre as variáveis. Porém para corrigir possíveis desequilíbrios de curto prazo deverá ser tratado o termo de erro. Utiliza-se o método conhecido como Mecanismo de Correção de Erros – MCE. Esta é uma forma de conciliar o comportamento de curto prazo de uma variável econômica com seu comportamento de longo prazo.

Como provavelmente se tratam de séries temporais estocásticas (aleatórias) e não-estacionárias, deverão ser realizadas as diversas análises necessárias e no caso da não-estacionariedade buscar os meios de torná-las estacionárias, segundo a teoria econométrica.

A autocorrelação é outro fator a ser analisado, que pode inclusive estar relacionado à não-estacionalidade das séries.

A correlação pode ocorrer entre integrantes de séries de observações ordenadas no tempo (séries temporais). Pressupõe-se que não exista autocorrelação nos termos de erro ε_i (GUJARATI, 2006).

A relação da estimação entre séries temporais tende a levar a um R^2 de valor elevado (superior a 0,9) sem, contudo, que exista entre elas uma relação que faça sentido.

Este é o problema da regressão espúria, sendo, portanto, importante a sua verificação.

Outra possibilidade das séries temporais, a ser utilizada neste estudo, é a previsão. Pretende-se obter valores posteriores a 2006 com certo grau de confiança. Isto nos levará a implementação de pelo menos um método de previsão para a variável do consumo de energia elétrica residencial.

A implementação e aplicação de modelos de regressão para as séries temporais serão vistas no capítulo 3, onde será mais bem detalhada esta análise.

1.4.3.1 Testes de Estacionariedade

Para GUJARATI (2006), a estacionariedade de uma série, pode ser determinada de diversas formas, entre as quais são citadas, a) Análise Gráfica, b) Teste da Autocorrelação e c) Teste da Raiz Unitária.

A) Análise Gráfica

Os gráficos traçados com os dados das séries dão uma idéia inicial da provável natureza da série temporal.

B) Teste da Autocorrelação

Através de um correlograma da função de autocorrelação é possível encontrar a defasagem k , indicada por P_k , da série, onde:

$$P_k = \gamma_k / \gamma_0 = \text{Covariância com defasagem } k / \text{Variância}$$

Onde P_k varia entre -1 e +1, como qualquer coeficiente de correlação.

Como na prática temos $\hat{\gamma}_k$, covariância amostrai e $\hat{\gamma}_0$ variância amostrai, logo a função de autocorrelação amostrai com defasagem k é:

$$\hat{P}_k = \hat{\gamma}_k / \hat{\gamma}_0$$

O gráfico de \hat{P}_k contra k é conhecido como correlograma amostrai.

O correlograma amostrai será de uma série temporal estacionária, quando apresentar o termo erro de ruído branco.

C) Teste da Raiz Unitária

É um teste que também verifica a estacionariedade de uma série. Para isso é utilizado o teste conhecido como teste de *Dickey-Fuller*, sobre três hipóteses nulas:

$$Y_t \text{ é um passeio aleatório} \quad \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \mu_t$$

$$\text{Idem com deslocamento} \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \mu_t$$

$$\text{Idem, idem em torno de uma tendência estocástica} \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \mu_t$$

Onde t é o tempo ou a variável tendência.

Em cada caso, a hipótese nula é que $\delta = 0$; isto é, há uma raiz unitária, a série temporal é não-estacionária. A hipótese alternativa é que $\delta < 0$, isto é, a série temporal é estacionária.

Portanto, se a hipótese nula for rejeitada Y_t é uma série temporal e estacionária.

O teste de *Dickey-Fuller* aumentado tem o procedimento do teste *Dickey-Fuller* original, porém às três equações de ΔY_t acima, é adicionada um novo componente com os valores defasados da variável dependente ΔY_t .

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1.22)$$

Onde Σ é o somatório de i até m , ε_t é o termo de erro de ruído branco puro e $\Delta Y_{t-1} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$

Neste caso são válidos os mesmos testes para o *Dickey-Fuller* original.

1.4.4 Co-integração de Séries Temporais

Ainda segundo GUJARATI (2006), a co-integração significa que uma combinação de duas ou mais séries temporais pode ser estacionária a despeito de serem individualmente não-estacionárias.

Dada a equação:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \mu_t \quad (1.23)$$

e

$$\mu_t = Y_t - \beta_1 - \beta_2 X_t \quad (1.24)$$

Sendo Y_t e X_t séries temporais não-estacionárias – $I(1)$ e se μ_t for estacionário – $I(0)$, concluímos que a combinação linear de Y_t e X_t é também $I(0)$.

Dessa forma a combinação linear faz com que as tendências estocásticas das duas séries se anulem entre si.

Nesse caso dizemos que as duas variáveis são co-integradas. Do ponto de vista econômico, duas variáveis são co-integradas se tiverem entre elas uma relação de longo prazo, ou de equilíbrio.

Pela teoria de co-integração a equação 1.23 é conhecida como regressão co-integrante e o parâmetro β_2 como parâmetro co-integrante. No caso de existirem outros regressores temos igualmente outros parâmetros co-integrantes.

1.4.5 Mecanismo de Correção de Erros

Para GUJARATI (2006), o Mecanismo de Correção de erros é uma forma de conciliar o comportamento de curto prazo de uma variável econômica com o seu comportamento de longo prazo.

Se duas ou mais variáveis são co-integradas significa que há uma relação de longo prazo entre elas, porém no curto prazo poderá haver um desequilíbrio.

Portanto, a equação 1.24 pode ser tratada como o “termo de erro de equilíbrio” e ser usada para ligar o comportamento de curto prazo de Y_t com o seu valor de longo prazo.

Para a correção do desequilíbrio utilizamos o Mecanismo de Correção de Erros – MCE.

O teorema de representação de Granger afirma que, se duas ou mais variáveis são co-integráveis, a relação entre elas pode ser expressa pelo MCE. Isto significa que, por exemplo:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta X_t + \alpha_2 \mu_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1.25)$$

Sendo Δ - primeira diferença
 ε_t - termo de erro aleatório

Da equação 1.24 temos:

$$\mu_{t-1} = (Y_{t-1} - \beta_1 - \beta_2 X_{t-1}) \quad (1.26)$$

Ou seja, são os valores defasados de um período, do erro da regressão co-integrante.

Na equação 1.25, se o valor estimado de Y_t estiver acima de seu valor de equilíbrio, no período seguinte começará a cair, para corrigir o erro de equilíbrio, daí o nome de mecanismo de correção de equilíbrio – MCE.

O valor de α_2 funciona como um parâmetro de restauração do equilíbrio e indica quão rápida será esta restauração.

2 COMPORTAMENTO DA ELASTICIDADE DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NA COPEL⁹

A elasticidade da demanda de energia sofre pela atuação de fatores sócio-econômicos, políticos e culturais, pois reflete o comportamento social diante das mudanças institucionais.

As políticas estabelecidas pelo setor com relação às tarifas praticadas é objeto de estudo deste trabalho, pois delas refletem o comportamento do consumidor.

O nosso período de análise (1990 – 2006) tem no seu início o setor ainda quase plenamente nas mãos do Estado. Segundo PIRES (2002), antes do início das privatizações o setor elétrico era 99% estatal.

Refletindo uma tendência internacional, o setor elétrico brasileiro tem sofrido uma série de mudanças na sua estrutura. Com essa finalidade, a partir de 1990, foram editadas pela União leis visando estabelecer os pilares para a privatização e a regulação do setor (MATTOS, 2005).

No caso da COPEL, a mesma não chegou a ser privatizada, porém passou por um processo de privatização que não chegou a ser concluído devido principalmente a reação contrária da sociedade, denominada de “Ação Popular Contra a Privatização da COPEL” e do ataque terrorista de 11 de setembro de 2001, ocorrido às vésperas do leilão que consolidaria os destinos da empresa nas mãos da iniciativa privada.

Com a não privatização e a mudança para um novo governo de oposição no Estado do Paraná, houve uma reversão drástica do processo, culminando inclusive com a revogação da legislação que autorizava a venda da COPEL.

O racionamento de energia elétrica, ocorrido em 2001 em grande parte do Brasil, como consequência direta da falta de investimentos, tanto do setor público antes e durante as privatizações, como do setor privado no processo das privatizações, não chegou a ser sentido no estado do Paraná e nem mesmo na Região Sul.

⁹ Companhia Paranaense de Energia

Para a COPEL, assim como para todas as empresas fornecedoras de energia elétrica, a previsão do consumo tem um importante papel dentro da nova realidade do modelo de comercialização.

Segundo a CCEE (2007), durante os anos de 2003 e 2004 o Governo Federal lançou as bases de um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro, sustentado pelas Leis nº 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004 e pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

Para melhor entendimento do relacionamento entre os diversos órgãos federais está apresentada abaixo a hierarquização das instituições do setor energético, de acordo com o gráfico 2.1:

GRÁFICO 2.1 - INSTITUIÇÕES FEDERAIS LIGADAS AO SETOR DE ENERGIA



Fonte: CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Na última década, o Setor Elétrico Brasileiro sofreu diversas alterações até chegar ao modelo vigente. A tabela a seguir apresenta um resumo das principais mudanças:

TABELA 2.1 – EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

MODELO ANTIGO (ATÉ 1995)	MODELO DE LIVRE MERCADO (1995 A 2003)	NOVO MODELO (2004)
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos e privados	Financiamento através de recursos públicos e privados
Empresas verticalizadas	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação.
Empresas predominantemente Estatais	Abertura e ênfase na privatização das Empresas	Convivência entre Empresas Estatais e Privadas
Monopólios - Competição inexistente	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Consumidores Cativos	Consumidores Livres e Cativos	Consumidores Livres e Cativos
Tarifas reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	No ambiente livre: Preços livremente negociados na geração e comercialização. No ambiente regulado: leilão e licitação pela menor tarifa
Mercado Regulado	Mercado Livre	Convivência entre Mercados Livre e Regulado
Planejamento Determinativo - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)	Planejamento Indicativo pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Planejamento pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Contratação: 100% do Mercado	Contratação: 85% do mercado (até agosto/2003) e 95% mercado (até dez./2004)	Contratação: 100% do mercado + reserva
Sobras/déficits do balanço energético rateados entre compradores	Sobras/déficits do balanço energético liquidados no Mercado Atacadista de Energia - MAE	Sobras/déficits do balanço energético liquidados na CCEE. Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficits (MCSD) para as Distribuidoras.

Fonte: CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Este novo modelo prevê que todas as empresas geradoras disponibilizem a sua energia em um mercado chamado de “pool”, onde as distribuidoras irão adquirir a energia para o atendimento do consumo em sua área de concessão.

O atendimento do mercado visa a previsão futura do suprimento de energia e para isso, a cada ano, todas as empresas devem fazer suas previsões de demanda para os dez anos seguintes, informando aos órgãos responsáveis as suas necessidades de energia anual.

Ainda segundo a CCEE (2007), com essas informações o órgão responsável pelo planejamento dentro da ANEEL, Empresa de Pesquisa Energética – EPE fará as previsões de expansão tanto da geração como da transmissão de energia elétrica. A expansão do sistema de distribuição fica a cargo das distribuidoras locais.

Também é com base nessas previsões que as empresa distribuidoras vão ao mercado (*pool*), para a compra da energia de que necessitam.

A venda da energia é feita através de leilões de oferta de energia, de forma aberta a todas as empresas interessadas. As empresas distribuidoras buscam nesse mercado comercializar toda a energia de que necessitam, para vários anos à frente, visando reduzir riscos de *déficit* e garantir seu mercado.

No curto prazo o erro de previsão levará a um “*déficit*” ou a sobra de energia. Esta diferença será então comercializada no Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficit (MCSD) e estará sujeita às regras que regem este mercado.

Dessa forma a previsão de consumo de energia tem grande importância no desempenho das empresas e no atendimento de seus mercados. O erro de previsão para mais (sobra) levará a custos desnecessários no pagamento da energia em si, comprada e não utilizada, a venda no MSCD e na ampliação prematura do sistema elétrico.

O erro de previsão para menos (*déficit*), levará a necessidade da empresa, buscar no mercado MSCD, a energia de que necessita.

Obviamente as previsões não são exatas, pois existem muitas variáveis envolvidas, como é sabido, porém o que se busca com uma previsão adequada é a minimização dos riscos que envolvem, no caso, tanto o sistema elétrico como um todo, quanto o mercado de uma empresa de distribuição.

Para a análise do comportamento da demanda de energia residencial considerou-se importante dividir em períodos significativos o processo que envolveu o sistema elétrico nacional e em particular a COPEL, de 1990 a 2006 a saber: Período pré-privatização – 1990 a 1993, Período de privatização – 1994 a 2003, Crise de 2001 – 2001 a 2003 e Período pós-privatização – 2004 a 2006.

2.1 PERÍODO PRÉ-PRIVATIZAÇÃO DO SETOR – 1990 A 1993

Tendo em vista a fraca capacidade da iniciativa privada e as enormes necessidades de investimento em infra-estrutura, o Governo Federal optou pela criação das empresas estatais, que juntamente com o capital público se encarregariam de investir pesadamente em setores industriais e de serviços públicos. Para isso foram criadas as empresas estatais, a ELETROBRÁS, em 1962,

e suas subsidiárias, com a finalidade de planejar e promover o desenvolvimento da infra-estrutura do setor elétrico (ELETROBRÁS, 2006b).

Visando o planejamento do setor foram estabelecidos os Planos Decenais do Sistema de Transmissão, que tratavam da expansão do sistema elétrico brasileiro para um período futuro de dez anos, revistos anualmente. Através destes estudos a ELETROBRÁS estabelecia a ampliação da oferta de energia, elegendo as suas subsidiárias para essa missão, ou empresas concessionárias estatuais, conforme o caso. Os investimentos necessários eram retirados do orçamento da União, designados para esse fim. As tarifas de energia eram normalmente reajustadas pelos índices de inflação, porém nem sempre houve a preocupação da reposição do custo do investimento ou da taxa de retorno (ELETROBRÁS, 2006b).

Adicionalmente, em períodos de inflação elevada, as tarifas de energia eram reajustadas abaixo da inflação, ou congeladas, como política do Governo de contenção da inflação. Dessa forma as tarifas não refletiam o alto custo do setor, sendo, portanto, consideradas como tarifas irreais do ponto de vista do equilíbrio econômico-financeiro da empresa geradora de energia.

Na COPEL esta realidade não foi diferente, pois como as demais empresas do setor, sofriam os reflexos diretos das decisões do Governo Federal sobre o controle das tarifas do setor público.

Este período foi marcado pelo turbulento período do Governo Collor, não só pela recessão, fruto dos efeitos dos Planos Collor I e II, mas também por uma profunda reestruturação produtiva e liberalizante da economia.

Esta fase é marcada pelo esgotamento do modelo de substituição das importações e fortemente influenciada pela onda da globalização do comércio internacional.

A reestruturação iniciada nesta década, teve por base dois pontos principais: Modernização Conservadora¹⁰ e o Consenso de Washington¹¹, a exemplo do que ocorria em toda a América Latina (GIAMBIAGI, 2005).

¹⁰ Expressão utilizada para qualificar o modelo autoritário de desenvolvimento do capitalismo retardatário.

¹¹ Expressão para designar um decálogo de medidas liberalizantes e de ajustes, sugeridos para a recuperação dos países em desenvolvimento, seguindo a orientação de Washington e difundidas através de instituições como FMI e Banco Mundial.

As inflações anuais registrada pelo IPCA neste período, foram altíssimas conforme mostrado abaixo. O PIB *per capita* paranaense sofreu queda, só voltando a se recuperar em 1994.

TABELA 2.2 – COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE INFLAÇÃO E VALORES DO PIB_{pc-PR} - PERÍODO 1990-93

ANO	INFLAÇÃO - IPCA	PIB _{pc-Pr} ¹²
1990	1.620,96%	8.030,00
1991	472,69%	7.226,00
1992	1.119,09%	7.143,00
1993	2.477,15%	7.726,00

Fonte: autor.

Em 1990 foi criado o Programa Nacional de Desestatização (PND)¹³, que intensificou o processo de privatização iniciado na década anterior.

Na década de 80 as privatizações ainda se restringiam às empresas estatais que haviam sido absorvidas pelo Estado, em função de dificuldades financeiras. Posteriormente passou-se a privatização do setor industrial de infra-estrutura como o Setor de aço, produção mineral, química, rede ferroviária e portos.

As privatizações relativas ao serviço público do setor de energia elétrica viriam na fase seguinte, a partir de 1994.

2.1.1 O Financiamento do Setor

Segundo fontes do Ministério do Planejamento, citados por PIRES (2002), a média de investimentos no sistema Eletrobrás durante a década de 80 foi de 0,8% do PIB, caindo para 0,39% no período 90-93.

Esta redução para menos da metade de investimento no setor foi função principalmente da rigidez e da necessidade de redução dos gastos para o equilíbrio fiscal da União.

Neste sentido o Governo Brasileiro optou pela venda das empresas estatais entre elas as do setor elétrico.

¹² PIB pc-Pr – Produto Interno Bruto *per capita* - Paranaense, em R\$, atualizados para 2006

¹³ O PND foi criado em 1990 pela Lei 8.031/90.

Dentro da realidade de escassez de recursos e definição pela venda das estatais, deste período em diante, os investimentos no setor se tornariam cada vez mais raros. Por outro lado era esperado que neste processo os investimentos privados substituíssem o estatal.

Como incentivador e provedor de recursos ao setor privado o BNDES teve importante função no PND como gestor do Fundo Nacional de Desestatização – FND (VELASCO, 1997).

Além da moeda corrente, segundo GIAMBIAGI (2005) o incentivo às compras das estatais foi feito através do uso das chamadas moedas de privatização que nada mais eram que títulos da dívida pública. Estas eram dívidas contraídas no passado pelo Governo Federal e aceitas como forma de pagamento das ações das empresas estatais em processo de privatização.

No caso específico da COPEL os investimentos realizados tiveram origem em recursos próprios, além da ELETROBRÁS, FINAME, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e do Governo do Estado.

Em 1991 a COPEL lançou um programa inédito de pré-venda de energia da Usina Hidrelétrica Segredo (UHE Segredo). Este programa consistia na venda em caráter antecipado da energia a ser produzida pela UHE Segredo, de propriedade da COPEL e em fase de construção, com a finalidade de atender a necessidade de caixa da empresa, conforme Relatório Anual da COPEL (1991).

Outra fonte de recursos que passou a vigorar no final deste período (08.12.93) foi através da abertura da empresa ao mercado de Capitais, com a venda de ações da COPEL de propriedade do Governo do Estado, conforme Relatório Anual da COPEL (1993, p. 54).

2.1.2 A Tarifa de Energia

No período as tarifas médias praticadas pela COPEL, em reais (R\$) e reajustadas para 2006 eram as seguintes:

TABELA 2.3 – TARIFAS MÉDIAS PARA CONSUMO RESIDENCIAL NA COPEL E DIFERENÇAS – ANUAL (1990-1993)

ANO	TARIFA MÉDIA*	VARIAÇÃO %
1990	R\$ 143,51	-
1991	R\$ 145,39	1,31 %
1992	R\$ 159,90	11,42 %
1993	R\$ 168,08	17,12 %

Fonte: autor.

* Valores atualizados para 2006

Pelos dados da tabela acima, podemos perceber que a tarifa no período teve um aumento real acima da inflação, chegando ao total de 17,12 % em 1993, fruto da tentativa de buscar o equilíbrio econômico e financeiro para o Setor com o objetivo de tornar as empresas de eletricidade atrativas ao setor privado, visando a iminente privatização.

Apesar do aumento real ocorrido no preço da tarifa média, o valor atingido em 1993 correspondia a 65,6% da tarifa de 2006.

Segundo Relatório Anual da COPEL (1990, p. 26), a contenção tarifária ocorrida no período anterior a 1990 já vinha provocando uma série de transtornos para o equilíbrio econômico e financeiro da empresa.

“Pela quarta vez nos últimos cinco anos, as tarifas de energia elétrica foram objeto de congelamento durante boa parte de 1990.”

“Não é demais recordar que o congelamento dos preços públicos, apesar dos prejuízos irrecuperáveis que sempre causa e de sua comprovada ineficácia como instrumento de combate à inflação, tem sido uma das terapias preferidas pelas autoridades econômicas.”

O período 1990-1993, apresentou ainda uma perda tarifária de 0,28 pontos percentuais em relação ao período de 1987-1989.

O ano de 1993 foi marcado por mudanças importantes e de profundo impacto no setor elétrico, principalmente no que se refere às tarifas.

Durante os últimos 20 anos anteriores vigorou a equalização tarifária de energia elétrica em nível nacional. Conforme o Relatório Anual da COPEL (1993, p. 49) o setor elétrico conviveu com períodos de compressão tarifária que comprometeram seriamente o equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias.

A Lei 8.631 e seu regulamento, o Decreto nº 774 ambos de março de 1993 que previa a recomposição tarifária das empresas, sempre homologada pelo

Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), foi um instrumento importante para o restabelecimento desse equilíbrio para as concessionárias de energia elétrica.

Em abril de 1993, a tarifa média de faturamento da COPEL era US\$ 37,76/MWh¹⁴, um dos valores mais baixos de toda a sua história.

Em consenso com o DNAEE as tarifas passaram a ter um reajuste mensal de 8% acima da inflação chegando, desta forma, a tarifa média de US\$ 66,55/MWh, em dezembro de 1993, porém ainda muito aquém do necessário ao seu equilíbrio econômico-financeiro.

2.1.3 O Comportamento do Consumidor Residencial da COPEL

O consumo de energia elétrica residencial passou de 2.454,1 GWh em 1990, para 2.859,7 GWh em 1993 representando um aumento do consumo em 16,16% no período.

O número de residências atendidas pela COPEL passou de 1,44 milhões para 1,706 milhões, representando um aumento de 12,24% no mesmo período.

Com o aumento do consumo foi maior que o número de consumidores mostra que apesar do aumento real da tarifa (17,12%) e queda na renda de 3,79% a restrição orçamentária não foi significativa para a redução do consumo.

Em parte este aumento de consumo pode ser explicado pela abertura comercial brasileira e o conseqüente barateamento dos eletrodomésticos, cujo índice do IPA-OG¹⁵ mostra uma queda acentuada de 48% nos preços dos eletrodomésticos no período, o que resultaria em um aumento do consumo residencial.

Outro fator que pode ser considerado é que, como foi visto no item anterior, o preço da energia elétrica residencial estava com sua tarifa relativa em 1993, inferior à tarifa de 1987, pois a recomposição tarifária ocorrida não havia sido suficiente para o seu retorno ao patamar de 1987.

A tabela abaixo mostra os valores de consumo (Cen), tarifa (Ten), renda (Ypc), índice de preços dos eletrodomésticos (Peld) e número das residências atendidas (NRes), no período 1990-1993.

¹⁴ MWh – Unidade utilizada para representar o consumo de energia elétrica onde: Mega representa o multiplicador 1.000.000, Watt é a unidade de potência e h é a unidade de tempo em horas.

¹⁵ Índice de Preço por Atacado – Oferta Global da FVG – item eletrodomésticos

TABELA 2.4 – CONSUMO, TARIFA, RENDA, IPA-ELETRODOMÉSTICOS E Nº DE RESIDÊNCIAS – 1990-93

ANO	Cen - (GWh)	Ten - (R\$/kWh)	Ypc – R\$	Peld - índice	NRes – x mil
1990	2.454	143,51	8.030,00	561,44	1.441
1991	2.644	145,39	7.226,00	342,46	1.516
1992	2.716	159,90	7.143,00	318,85	1.610
1993	2.851	168,08	7.726,00	291,02	1.706

Fonte: autor.

Cen – Consumo de energia elétrica residencial em GWh por ano.

Ten – Tarifa média anual de energia elétrica residencial em R\$/kWh, valores atualizados para 2006.

Ypc – Renda *per capita* paranaense em R\$, atualizado para 2006, valores obtidos da FGV.

Peld – Índice de preços dos eletrodomésticos, retirado do IPA_OG (eletrodomésticos) da FGV.

NRes – Número de residências paranaenses atendidas pela COPEL, total a cada ano.

Obs: Os valores de Consumo, Tarifas e do Número de Residências atendidas, foram fornecidos pela COPEL, através dos Relatórios Anuais emitidos pela empresa.

2.2 PERÍODO DA PRIVATIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO – 1994 A 2003

Segundo VELASCO (1997) no governo FHC é iniciada a privatização dos serviços públicos, que inclui as empresas de eletricidade. Nesse caso o Estado passa de provedor para regulador e fiscal.

Para PIRES (2002), o esgotamento do modelo estatal teve algumas razões básicas: 1) a crise fiscal do Estado, com o conseqüente esgotamento da capacidade de investimento aos níveis necessários para a expansão adequada do sistema elétrico; 2) o modelo vigente não estimulava a busca pela eficiência e o baixo custo de geração; 3) a elevação dos custos marginais de expansão do setor em virtude de os novos aproveitamentos hidrelétricos, se situarem mais distantes dos centros de carga; 4) a deterioração dos valores das tarifas, em relação aos custos de produção, transmissão e distribuição.

A fim de tornar o setor elétrico atrativo à iniciativa privada, o governo FHC promoveu uma elevação generalizada nas tarifas de energia elétrica e atrelou esta aos índices de IGP-M¹⁶, que nos últimos anos tem se mantido acima dos índices ao

¹⁶ O IGP-M/FGV analisa as variações de preços considerando o Índice de Preços por Atacado (IPA), que tem peso de 60% do índice, o Índice de Preços ao Consumidor (IPC), que tem peso de 30% e o Índice Nacional de Custo de Construção (INCC), representando 10% do IGP-M.

consumidor como IPC¹⁷, IPCA¹⁸ e INPC¹⁹, o que introduziu um viés para cima nos preços da energia elétrica (ANEEL, 2005).

Também após o racionamento de 2001, foi firmado o “Acordo Geral de Setor Elétrico” que, entre outras medidas, previa a “Recomposição Tarifária Extraordinária” (RTE) – MP 14 de 21 de dezembro de 2001, que resultou em aumentos de energia de 2,9% a.a. para consumidores residenciais, exceto os de baixa renda²⁰ (PIRES, 2002).

Segundo GIAMBIAGI (2005), a partir de 1995, foi dada maior prioridade às privatizações. Foi criado o Conselho Nacional de Desestatização - CND e passou-se às concessões do serviço público à iniciativa privada, que incluíram setor de eletricidade.

O objetivo era a melhoria da qualidade dos serviços públicos e a modicidade tarifária, o que na realidade, pelo menos no curto prazo, teve-se uma constatação bem diferente, pois as tarifas aumentaram em relação à inflação e a qualidade almejada não foi alcançada chegando inclusive ao racionamento ocorrido em 2001.

Para VELASCO (1997) as reformas econômicas do período do Governo de Fernando Henrique Cardoso, foram um meio de recuperar a capacidade de intervenção estatal dentro de um novo papel de atuação do Estado.

Na questão relativa ao serviço público o Estado passou do papel de produtor para o Estado regulador.

Ao contrário do que ocorreu com as privatizações industriais, na privatização do setor de serviços, o Estado continua a sua atuação, porém agora com uma função regulatória exercida intermediando o setor privado e a sociedade.

2.2.1 O Setor Elétrico Nacional e a COPEL

O processo de privatização de grandes empresas do setor de serviços públicos de eletricidade inicia-se em 1995 com a privatização da ESCELSA²¹

¹⁷ IPC – Índice de Preços ao Consumidor

¹⁸ IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

¹⁹ INPC – Índice Nacional de Preços ao Consumidor

²⁰ Com base na legislação em vigor, todos os consumidores residenciais com consumo mensal inferior a 80 kWh, ou aqueles cujo consumo esteja situado entre 80 e 220 kWh/mês e que comprovem inscrição no Cadastro Único de Programas Sociais do Governo Federal, fazem jus ao benefício da subvenção econômica da Subclasse Residencial Baixa Renda (ANEEL, 2005).

²¹ Concessionária estadual de energia elétrica do Estado do Espírito Santo

seguida pela LIGHT²² em 1996.

Com isso dá-se início ao processo de desmembramento da “holding” Eletrobrás com a transferência de ativos para o setor privado.

A partir de 1995, no mandato de Jaime Lerner, o Governo do Estado do Paraná, acionista majoritário da COPEL, passa a trabalhar com estratégia da venda de seus ativos.

O novo marco regulatório do setor elétrico, iniciado com o Programa Nacional de Desestatização (PND), a partir de 1990, foi implementado pelo Governo Federal, através da ANEEL e contemplava a reformulação geral do setor elétrico nacional, como a privatização das empresas estatais, desverticalização, revisão das concessões e das tarifas, etc.

Esta estratégia levava em conta o momento vivido no cenário nacional de promoção das privatizações; a valorização da empresa; a dificuldade de adequação das empresas estatais, ou de posse majoritária do Estado, caso da COPEL, em se adequar ao novo marco regulatório do setor, imposto pelo Governo Federal; a busca do governo estadual pela industrialização com a conseqüente necessidade de intensos investimentos em infra-estrutura, como a expansão da geração, transporte e distribuição de energia elétrica; a deteriorização das contas públicas e finalmente também pelas pressões de diversos grupos de interesses.

A partir de 1998, com o argumento de adequação ao novo marco regulatório, a COPEL passa a ser preparada de forma mais intensa para a privatização, com profundas mudanças institucionais, no sentido de tornar a empresa atrativa ao setor privado. Vale lembrar que, segundo observado nos Relatórios Anuais da COPEL, de 1994 a 1998 a rentabilidade da empresas cresceu aproximadamente quatro vezes. O número de funcionários, de aproximadamente 10 mil em 1994, caiu para 7 mil em 1999 e chegou a menos de 6 mil em 2001, com um forte crescimento da terceirização. Neste item cabe ressaltar que houve a terceirização até mesmo das agências de atendimento ao consumidor, que é a face da empresa para os seus clientes.

Em fins de 1998 iniciou-se também um “downsizing”²³ eliminando as gerências intermediárias.

²² Concessionária estadual de energia elétrica do Estado do Rio de Janeiro

Finalmente em abril de 1999 a empresa estava pronta para a privatização, prevista para acontecer no ano 2000.

Em vista de postergações acabou-se adiando o leilão da empresa para outubro de 2001. Porém, por motivos diversos como o “Movimento de Ação Popular Contra a Privatização da COPEL”, contratos de risco assumidos pela empresa e o atentado de 11 de setembro nos EUA, tornaram a privatização inviável.

Com as mudanças de governo ocorrido em 2003, tanto no nível federal como no estadual, trouxeram uma guinada nos rumos da privatização. No caso do Estado do Paraná, a Lei que previa a privatização da COPEL foi anulada pela Assembléia Legislativa do Estado em 2004.

2.2.2 As Tarifas de Energia Elétrica

De acordo com DIEESE (1998, p. 2), em maio de 1994, na fase de preparação do Plano Real, todas as tarifas de energia elétrica foram convertidas de cruzeiro real para URV²⁴, de tal forma que ocorresse um aumento real nas tarifas, maior que a inflação no período.

A transformação da URV para real foi feita de forma direta, sem sofrer qualquer alteração no seu valor. Foi determinado, também, pelo Ministério da Fazenda o reajuste anual das tarifas.

“...muito embora não tenha havido um ‘tarifaço’, como usualmente ocorre no momento da implantação dos planos de estabilização, pode-se dizer que a conversão de cruzeiro para URV teve a função de realinhar os valores de forma a enfrentar o longo período de congelamento que se seguiria até novembro de 1995”. (DIEESE, 1998)

O Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) acumulado de julho de 1994 a novembro de 1995 foi cerca de 27% e ainda assim a portaria Nº 450 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, de 06 de novembro de 1995, não previu reajuste para as tarifas residenciais.

Nesta mesma portaria de novembro de 1995, porém o DNAEE autorizou a redução dos valores dos descontos para os consumidores de baixa renda (faixas

²³ Termo referente à técnica organizacional de enxugamento dos recursos humanos, visando redução da burocracia e dos custos administrativos.

²⁴ URV – Unidade Real de Valor

iniciais de consumo até 200 kWh/mês), que resultou em um aumento na conta de luz para todos os consumidores, principalmente para aqueles de baixa renda.

O limite de consumo sujeito a desconto caiu de 200 para 160 kWh/mês e os percentuais de desconto também diminuíram para as várias faixas de consumo de baixa renda.

Em resumo, na década de 1990 os percentuais de desconto nas tarifas residenciais foram progressivamente reduzidos, culminando com a portaria de novembro de 1995, conforme mostra a tabela abaixo.

TABELA 2.5 - PERCENTUAIS DE DESCONTO SOBRE A TARIFA RESIDENCIAL POR FAIXA DE CONSUMO MENSAL

KWh/mês	DESCONTO (%)	
	Anterior	Novembro/1995
0 - 30	82%	65%
31 - 100	55%	40%
101 - 160	24%	10%
Acima de 160	0%	0%

Fonte: Eletrobrás. Boletim Tarifário. Dezembro de 1995.

O reajuste tarifário de 1994 foi um processo bastante complexo, pois envolveu toda a passagem do Plano Real de Cruzeiros Real para URV e posteriormente para o Real. A COPEL em seu Relatório de Atividades (1994, p. 35) descreve este processo da seguinte forma:

As tarifas de energia - assim como todos os demais preços da economia - sofreram em 1994 os efeitos do Plano Real.

Até fevereiro, os reajustes tarifários foram efetivados mediante a aplicação paramétrica, nos termos da Lei 8.631/93. De março a maio, de acordo com disposições do Ministério da Fazenda, os acréscimos tarifários foram limitados à variação da Unidade Real de Valor (URV). A partir de junho as tarifas foram convertidas em URV/real com base na média das tarifas de dezembro de 1993 a março de 1994.

A partir de 1º de julho, foram suspensas as revisões e reajustes tarifários pelo período de um ano, conforme determinava a Medida Provisória 542, de 30 de junho de 1994.

Segundo os Boletins Anuais da COPEL, apesar de não terem ocorrido reajustes na tarifa residencial, as tarifas médias anuais de 1994 a 1996 sofreram acréscimos nos valores nominais, em virtude da redução dos descontos concedidos à classe residencial.

Em abril de 1997, foi editada nova portaria concedendo reajustes nas tarifas residenciais que giraram em torno de 10%.

As únicas empresas diferenciadas foram aquelas que haviam sido privatizadas até aquela data (CERJ, Escelsa e Light), decorrentes de cláusulas contratuais dos contratos de concessão, assinados quando da transferência das empresas para a iniciativa privada. Os aumentos para estas empresas variaram entre 17,3% a 19,7%.

Ainda assim, segundo MAUAD (2004), entre 1996 e 2002, a tarifa de energia elétrica nacional subiu 167%, para o consumidor residencial, enquanto o índice de preços medidos pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) aumentava 103,19% e o Índice Geral de Preço – Médio (IGP-M) 108,12%.

Até 2003 esta tendência permaneceu, além de toda a reestruturação do setor elétrico, elevando o preço da energia.

Todas as distribuidoras têm o direito de revisar o nível de suas tarifas, anualmente pela inflação e a cada quatro anos há uma revisão tarifária que envolve a inflação e outros custos, individualmente por empresa. Uma medida legal, prevista nos contratos de concessão, que tem como objetivo reposicionar a tarifa em nível compatível com a cobertura dos custos operacionais e de remuneração adequada de investimentos, garantindo o equilíbrio financeiro das empresas (ANEEL, 2005).

A COPEL está inserida no contexto de regulamentação do setor e, portanto, sujeito às suas legislações tarifárias.

Conforme podemos ver na tabela abaixo, os seguintes valores de tarifas foram praticados no período:

TABELA 2.6 – TARIFAS RESIDENCIAIS REAIS E MÉDIAS E VARIAÇÕES - ANUAL

ANO	Tarifa Nominal R\$/MWh*	Diferença Acumulada %	Tarifa Média R\$/MWh**	Diferença Acumulada %	IPCA %	IPCA Acumulado %
1994	119,90	-	187,19	-	916,43	-
1995	119,90	0,0	164,80	-	22,41	22,41
1996	131,53	9,7	196,92	19,5	9,56	34,11
1997	131,53	9,7	215,15	30,6	5,22	41,11
1998	131,53	9,7	227,81	38,2	1,66	43,46
1999	148,17	23,6	230,19	39,7	8,94	56,28
2000	168,62	40,6	245,39	48,9	5,97	65,61
2001	197,81	65,0	264,04	60,2	7,67	78,31
2002	219,49	83,1	243,46	47,7	12,53	100,66
2003	271,64	126,6	255,28	54,9	9,30	119,32

Fonte: autor.

* Valores estabelecidos por portaria e vigentes no mês de julho de cada ano

** Valores de tarifas médias anuais corrigidas para 2006

Pela tabela acima podemos perceber que no período, a tarifa média residencial teve um crescimento de 54,90% acima da inflação medida pelo IPCA.

A tarifa nominal variou em 126,6% contra uma variação de 119,3% no IPCA no período.

Para o financiamento da ampliação do parque gerador, sistemas de transmissão e distribuição, no período de 1990 a 2000, foram assinados contratos de financiamento com a Eletrobrás, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), FINAME, FINEP e recursos próprios, conforme Relatórios Anuais da COPEL, referentes ao período.

No início de 1995 a COPEL estabeleceu um programa de “Euro Commercial Paper”, sendo emitidos neste ano US\$ 76,0 milhões.

Em 1996 foram emitidos US\$ 166,6 milhões.

A partir de 1995, há uma redução gradual dos financiamentos através de órgãos públicos tradicionais, como Eletrobrás, FINAME, FINEP, BNDES, etc, e um aumento gradual da captação de recursos através de “Commercial Paper”, emissões de ações e de bancos privados e Banco do Brasil.

Porém, de maneira geral há uma queda gradual no financiamento externo, principalmente da área do Governo Federal, conforme demonstra a tabela abaixo:

TABELA 2.7 – EMPRÉSTIMOS E FINANCIAMENTOS – COPEL

EMPRÉSTIMO	Valores em R\$ x mil		
	1995	1999	2006
Moeda Nacional	196.437	70.459	52.229
Moeda Estrangeira	310.679	209.798	32.540
TOTAL	515.116	280.257	84.769

Fonte: COPEL.

A redução dos empréstimos a COPEL, assim como às demais empresas estatais de energia elétrica, mostra claramente a intenção do Governo Federal pela privatização do setor. O que reflete também as dificuldades impostas às empresas estatais para financiar seu crescimento.

2.2.3 O Comportamento do Consumidor residencial

Durante o período 1994 – 2003 o consumo de energia elétrica teve um comportamento diferenciado, nos anos que vão de 2001 a 2003, como consequência do racionamento de energia elétrica ocorrido nas diversas regiões brasileiras, exceto na Região Sul.

Reservando-se o ano de 2001 a 2003 para uma análise posterior, constata-se que entre os anos de 1994 a 2000, o consumo de energia na COPEL teve um aumento de 49,0% aproximadamente, enquanto que o número de consumidores aumentou em cerca de 24% no mesmo período, revelando um aumento do consumo *per capita* de energia elétrica.

A sustentação do aumento do consumo de energia, dentro do período de análise deste trabalho, mostra que as variáveis como o barateamento dos eletrodomésticos e o aumento da renda, têm forte influência sobre o consumo de energia. Superando inclusive o aumento real da tarifa verificado no período.

TABELA 2.8 – CONSUMO, TARIFA, RENDA, IPA-ELETRODOMÉSTICOS E Nº DE RESIDÊNCIAS – 1994-2000

ANO	Cen - (GWh)	Ten - (R\$/kWh)	Ypc – R\$	Peld - índice	NRes – x mil
1994	2.987,7	187,19	8.954	266,60	1.793,8
1995	3.389,9	164,80	9.596	234,50	1.870,0
1996	3.780,0	196,92	10.188	198,60	1.950,0
1997	3.949,0	215,15	10.429	177,23	2.023,1
1998	4.184,7	227,81	10.715	161,30	2.096,3
1999	4.306,2	230,19	10.896	163,72	2.159,6
2000	4.447,4	245,39	10.801	158,19	2.226,0

Fonte: autor.

Cen – Consumo de energia elétrica residencial em GWh por ano.

Ten – Tarifa média anual de energia elétrica residencial em R\$/kWh, valores atualizados para 2006.

Ypc – Renda *per capita* paranaense em R\$, atualizado para 2006, valores obtidos da FGV.

Peld – Índice de preços dos eletrodomésticos, retirado do IPA_OG (eletrodomésticos) da FGV.

NRes – Número de residências paranaenses atendidas pela COPEL, total a cada ano.

Obs: Os valores de Consumo, Tarifas e do Número de Residências atendidas, foram fornecidos pela COPEL, através dos Relatórios Anuais emitidos pela empresa.

Segundo informação do “site” do Ministério das Minas e Energia - MME (2007), o consumo de energia elétrica *per capita* brasileiro em 2002 foi de 1.843 kWh/hab., menos de 20% do consumo dos EUA, menos de 30 % do consumo do Reino Unido e menos de 90% da média do consumo mundial (Tabela 2.9), concluímos que o consumo *per capita* nacional tem ainda muito espaço para crescimento, fazendo com que pequenos aumentos da tarifa, não afetam de maneira significativa o orçamento familiar e dessa forma não se traduzam em redução de consumo, devido a avaliação custo - benefício realizada pelo consumidor.

Embora o Brasil esteja entre os 10 maiores geradores de energia elétrica do mundo, o país é um dos que menos consomem energia, ocupando a 90ª posição quando se considera o consumo *per capita*. Estima-se que 12 milhões de brasileiros não tenham acesso à energia elétrica (dados de 2002). Os Estados Unidos consomem 25,9% de toda a eletricidade gerada no planeta, enquanto a China consome 10,6% (MME, 2007).

TABELA 2.9 – CONSUMO PER CAPITA BRASILEIRO E MUNDIAL - 2002

Tabela 2-39 - Comparações Internacionais - Dados Relativos ao Ano de 2002

Pais	População (milhões)	PIB (US\$ bilhões) (*)	% do PIB Mundial	Consumo de En. Elétrica (TWh)	% Consumo Mundial	Consumo per Capita (kWh/hab)	Intensidade Elétrica (kWh/US\$) (*)
Mundo	6.195,66	35.317,65		14.701,27		2.373	0,416
Alemanha	82,48	2.715,40	7,7	556,09	3,8	6.742	0,205
Argentina	36,48	249,60	0,7	75,96	0,5	2.082	0,304
Brasil	174,49	809,93	2,3	321,55	2,2	1.843	0,397
Brasil 2015	202,42	1.327,66	-	617,67	-	3.051	0,465
Canadá	31,41	751,04	2,1	532,11	3,6	16.941	0,708
China	1.287,15	1.381,62	3,9	1.554,37	10,6	1.208	1,125
EUA	287,46	9.196,40	26,0	3.802,38	25,9	13.228	0,413
França	61,23	1.831,52	5,2	451,05	3,1	7.366	0,246
Índia	1.048,64	517,26	1,5	441,52	3,0	421	0,854
Japão	127,44	5.715,29	16,2	1.047,56	7,1	8.220	0,183
Reino Unido	59,21	1.375,93	3,9	364,62	2,5	6.158	0,265
Rússia	144,07	469,30	1,3	770,77	5,2	5.350	1,642

Obs.: Os dados referem-se ao ano de 2002; para o Brasil, apresenta-se, também, os dados para 2015 associados à trajetória de referência.

(*) Os valores de PIB e Intensidade Elétrica são expressos em US\$ constante de 1995

Fonte: Key World Energy Statistics 2004 - Agência Internacional de Energia.

Fonte: Plano Decenal 2006-2015 - MME

2.3 A CRISE DE 2001 – 2001 A 2003

Segundo PIREs (2002), durante o processo de privatização, ocorreu a crise de oferta de energia, a qual se deu pelos seguintes motivos principais: a) esgotamento do modelo estatal; b) falha no planejamento da passagem do modelo estatal para o privado; c) falta de definições claras e problemas regulatórios; d) falha de coordenação entre órgãos governamentais.

Para a gestão do racionamento de energia de 2001, foi criada pelo Governo a “Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica” – (GCE) – MP 2.198 de 29 de maio de 2001, que teve como base o racionamento de energia, para um programa estratégico de aumento da oferta de energia elétrica, aliado a um programa emergencial de aumento de oferta de energia elétrica e a revitalização do setor.

Ainda, segundo PIREs (2002) foi estabelecida uma redução imediata de 20% no consumo de energia elétrica nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. O Governo impôs à sociedade um racionamento “autogerido” no qual foi estabelecida uma sobretarifa para aqueles consumidores que ultrapassassem a meta de reduzir o consumo em 20% e bônus para aqueles que alcançassem uma

redução maior que 20%.

A crise de energia elétrica de 2001 alterou a demanda de energia elétrica e o comportamento do consumidor, especificamente o residencial, que para atender à redução de demanda imposta pelo Governo desligou os eletrodomésticos ou trocou-os por outros de menor consumo de energia e passou a usá-la com mais racionalidade, de forma tal que a demanda de energia registrada em 2001 (antes do racionamento) só foi atingida novamente em 2004 (Tabela 2.11 e ELETROBRÁS, 2006a, p. 24).

De maneira geral o consumo de energia elétrica residencial brasileira, assim como as demais classes, teve uma sensível redução como consequência direta do racionamento de 2001 e como consequência indireta nos dois anos seguintes.

Somente em 2004 os valores de consumo de energia elétrica retornaram aos patamares de 2000.

A causa mais provável da redução no consumo residencial nos anos seguintes ao racionamento teria sido a troca de eletrodomésticos por novos de menor consumo, ou simplesmente a retirada de operação dos mesmos, ocorrida ainda, durante o racionamento de 2001.

TABELA 2.10 – CONSUMO, TARIFA, RENDA, IPA-ELETRODOMÉSTICOS E Nº DE RESIDÊNCIAS – 2001-2003

ANO	Cen - (GWh)	Ten - (R\$/kWh)	Ypc – R\$	Peld - índice	NRes – x mil
2001	4.311,7	264,04	11.010	150,47	2.304,3
2002	4.306,6	280,58	11.220	154,14	2.361,7
2003	4.381,5	255,28	11.739	152,91	2.428,8

Fonte: autor.

Cen – Consumo de energia elétrica residencial em GWh por ano.

Ten – Tarifa média anual de energia elétrica residencial em R\$/kWh, valores atualizados para 2006.

Ypc – Renda *per capita* paranaense em R\$, atualizado para 2006, valores obtidos da FGV.

Peld – Índice de preços dos eletrodomésticos, retirado do IPA_OG (eletrodomésticos) da FGV.

NRes – Número de residências paranaenses atendidas pela COPEL, total a cada ano.

Obs: Os valores de Consumo, Tarifas e do Número de Residências atendidas, foram fornecidos pela COPEL, através dos Relatórios Anuais emitidos pela empresa.

Apesar de não ter sofrido diretamente o racionamento, os consumidores da área de concessão da COPEL, também reduziram o seu consumo em relação ao ano 2000, de forma semelhante ao restante do Brasil (ver tabela 2.12).

2.3.1 As Raízes da Crise da Oferta de Energia

2.3.1.1 O Esgotamento do Modelo Estatal

Conforme PIRES (2002), a partir dos anos 60, cerca de 99% do setor elétrico de geração e transmissão, eram de propriedade estatal.

A Eletrobrás centralizava o planejamento e a coordenação da operação do sistema elétrico nacional.

Sendo um sistema eminentemente hidráulico, a centralização do planejamento e a propriedade estatal era um fator otimizador sob o ponto de vista operacional.

O esgotamento desse modelo pode ser imputado à duas causas principais. Primeiramente à crise fiscal do Estado que sem capacidade de investimento, não conseguia manter os níveis necessários de expansão do sistema elétrico nacional.

A crise fiscal do Estado na década de 80 reduziu a condição do Estado empreendedor.

Por outro lado, os custos dos novos empreendimentos de geração tendem a aumentar à medida que se situam cada vez mais distantes dos grandes centros e de custos mais elevados.

Outro fator importante foi a deterioração do valor real das tarifas ao longo dos anos, já que eram equalizadas para todo o país e muitas vezes utilizadas como instrumento de controle da inflação. O congelamento das tarifas públicas foi uma constante nos planos de estabilização econômica na década de 80 e início da década de 90.

A partir dos anos 80 a iniciativa privada nacional e os investidores internacionais e o governo dos EUA através de órgãos como o FMI, exerceram pressão sobre o Governo Federal, no sentido da venda de seus ativos no caso específico, as empresas estatais.

Em segundo lugar um regime regulatório inadequado que equalizava as tarifas nacionalmente, não estimulava a busca pela eficiência e redução dos custos de geração. As empresas superavitárias compensavam as deficitárias.

Em 1993, com a aprovação da Lei 8.631, foram alterados alguns pilares regulatórios vigentes até então, como a equalização tarifária e a remuneração garantida dos investimentos.

Porém as tarifas não acompanharam as necessidades dos custos de expansão do sistema elétrico.

Em resumo, as tarifas irrealistas, as restrições fiscais e os elevados custos de acesso aos recursos externos acarretavam a gradual queda nos investimentos ao longo dos anos 80 e 90.

2.3.1.2 Falhas de Planejamento

Havendo a necessidade de investimentos no incremento da geração de energia elétrica e dos sistemas de transmissão e distribuição, houve por parte do governo o erro de foco.

O foco deveria ser o estímulo à iniciativa privada na construção e ampliação do sistema elétrico.

A venda das estatais descapitalizou a iniciativa privada sem incrementar um *Watt* se quer ao sistema elétrico, com isso o investimento no incremento do parque gerador, por exemplo, ficou extremamente prejudicado.

A privatização das empresas estatais de energia elétrica poderia ocorrer, portanto, numa etapa posterior e de forma gradual, quando o abastecimento de longo-prazo estivesse garantido pelos investimentos do setor privado.

Outra falha de planejamento ocorreu quando no atraso do cronograma das privatizações, as empresas estatais estavam descapitalizadas e também não tinham condições de dar prosseguimento às obras que estavam paralisadas.

2.3.1.3 Problemas Regulatórios e Contratuais

Segundo PIREs (2002), com a Lei das Concessões de 1988, já estava aberto o caminho para o investimento privado, porém a regulamentação desta Lei só ocorreu em 1997 (Lei 9.074).

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL foi criada em 1997, pela Lei 9.427.

A Lei 9.648/98, trouxe a desverticalização do setor com a sua segmentação em geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica.

A geração e a comercialização seriam regulamentadas para a promoção da competição, enquanto que a transmissão e a distribuição continuariam com as características de monopólio natural.

A criação do Mercado Atacadista de Energia – MAE teve importante papel na troca de excedentes físicos de energia entre os agentes de produção e de consumo. No entanto, o grosso dos contratos, seria bilateral de longo-prazo.

2.3.1.4 Falha de Coordenação entre Órgãos Governamentais

Com a desregulamentação do setor, o planejamento centralizado, o qual era realizado pela Eletrobrás, deixou de ser elaborado, ou pelo menos deixou de ser o orientador dos investimentos.

Ainda segundo PIREs (2002) os problemas de coordenação entre o Ministério das Minas e Energia – MME e os órgãos da área econômica e as agências reguladoras, como a ANEEL, não permitiram a identificação dos sinais da gravidade da crise, impedindo que medidas emergenciais fossem tomadas com a devida antecedência.

2.3.2 O Racionamento

Para PIREs (2002), devido à forte estiagem que atingia o Nordeste e o Sudeste do país, o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, previu em maio de 2001 que haveria a necessidade de um racionamento de 20% no consumo de energia elétrica no país.

Diante da crise iminente, o governo poderia ter imposto o racionamento de forma direta, porém implementou um programa de racionamento que chamou de “autogerido” com sobretarifa para aqueles consumidores que ultrapassassem a meta e bônus para aqueles que ficassem aquém dela.

A meta era de caráter individual, ou seja, era obtida pela média do consumo verificado nos meses de maio a julho de 2000, em cada unidade de consumo.

A meta de redução proposta foi de 20% para o consumo residencial acima de 100 kWh/mês, 20% para o consumo comercial e de 20 a 25% para o consumo industrial.

A gestão da crise ficou a cargo de uma câmara interministerial denominada Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – GCE.

Além da gestão da crise era também responsável pela proposta e implementação de medidas para solucionar a crise e criar condições para o desenvolvimento sustentado do setor elétrico no futuro, baseado nas seguintes

medidas:

- 1) racionamento;
- 2) aumento da oferta de energia;
- 3) programa emergencial de oferta de energia elétrica;
- 4) revitalização do setor elétrico.

O GCE teve o mérito de envolver e coordenar os diversos órgãos governamentais para a solução da crise.

Ainda segundo PIREs (2002), pelo lado da tarifa foram tomadas medidas importantes no sentido de torná-la mais transparente com relação aos seus custos e incentivo à competição.

O GCE propôs que, a partir de 2003, fossem abertas as contas de energia elétrica e que fosse estabelecido um cronograma de reajuste das tarifas.

Para isso a tarifa foi decomposta em seus custos, a saber: custo de transmissão e distribuição (“fio”²⁵), custo de comercialização e custo de geração (energia)²⁶.

Dentro desse contexto surge a possibilidade da existência de consumidores livres, ou seja, que não necessitavam permanecer cativos da concessionária onde estava geograficamente localizado, mas poderia buscar no mercado de oferta de energia aquele que lhe fosse mais conveniente (caso específico de consumidores industriais).

Outro fator importante levantado pelo GCE foi a necessidade de um rebalanceamento tarifário, tendo em vista que as tarifas sobrecarregavam mais os consumidores residenciais.

O gradual aumento dos valores das tarifas para o setor industrial tinha algumas premissas fundamentais, pois além de contribuir para a equidade tarifária seria um fator de estímulo tanto para buscar a contratação de energia mais barata no mercado livre, como para a autoprodução.

No Acordo Geral do Setor Elétrico, firmado em dezembro de 2001 e convertido na Lei 10.438 de 26 de abril de 2002, foram estabelecidos aumentos de

²⁵ Tarifa “fio”, ou seja, a tarifa correspondente ao sistema de transmissão e distribuição (ANEEL, 2005, p. 28).

²⁶ Para melhor entendimento sobre a composição das tarifas, ver ANEEL (2005, p. 16).

tarifa de 2,9% para a classe residencial e de 7,9% para a classe industrial. Os consumidores de baixa renda²⁷ não tiveram aumento algum.

2.3.3 O Comportamento do Consumidor

Examinando a tabela 2.11 abaixo, se verifica que o racionamento de 2001 alterou de forma significativa o comportamento do consumidor.

Os valores de demanda de energia residencial em nível nacional tiveram queda em 2001, o que é perfeitamente explicável pelo racionamento ocorrido, porém com o fim do racionamento em fevereiro de 2002, os consumidores mostraram haver mudado a sua cultura de consumo, já que em 2005 o consumo de energia elétrica residencial ainda era inferior ao registrado em 2000.

TABELA 2.11 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NO BRASIL 2000-2005

ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Consumo de eletricidade	GWh	83613	73770	72752	76143	78577	83193
População residente	10 ⁶ hab	171,3	173,8	176,4	179,0	181,6	184,2

Fonte: Site do MME – Balanço Energético Nacional (BEN) - 2007

Isto indica que o consumidor havia tomado decisões durante o racionamento que não retrocederam após o seu final.

O simples fato de desligar eletrodomésticos e não sentir a falta dos mesmos, ou trocar por outros mais eficientes energeticamente como é o caso das lâmpadas fluorescentes e fluorescentes compactas e de novos eletrodomésticos conhecidos como “linha branca” que são fiscalizados pelo INMETRO e que trazem selo de eficiência energética, mostra que o consumidor premido pela necessidade mudou o seu comportamento de forma definitiva.

²⁷ A Lei 10.438/02 define como unidades de consumo de baixa renda aquelas residências com consumo mensal médio até 220 kWh (ou outro limite imposto pela concessionária local). De forma a assegurar que os subsídios terão a destinação para a qual foi criada, a família com esses níveis de consumo deverá comprovar a participação em um dos seguintes programas federais: programa auxílio-gás; potencial beneficiário dos programas bolsa-escola ou bolsa-alimentação. Além da isenção do pagamento do seguro-apagão e da RTE, os consumidores de baixa renda terão direito ao pagamento de tarifa social, ou seja, descontos em cascata por faixas de consumo, até os limites regionais definidos pela Aneel.

No caso do consumidor da COPEL o comportamento foi semelhante ao resto do país. Pela tabela 2.12 abaixo, pode-se verificar que houve queda no consumo em 2001 até 2003, retornando somente em 2004 ao patamar de consumo do ano 2000.

TABELA 2.12 – CONSUMO, TARIFA, RENDA E Nº DE RESIDÊNCIAS – 2000-2004

ANO	Cen	Ten	Ypc	NRes
2000	4.447.391,00	245,39	10.801	2.226.052,00
2001	4.311.700,00	264,04	11.010	2.304.333,00
2002	4.306.640,00	280,58	11.220	2.361.718,00
2003	4.381.518,00	255,28	11.739	2.428.812,00
2004	4.466.727,00	280,54	11.941	2.495.584,00

Fonte: Autor.

Cen – Consumo de energia elétrica residencial em GWh por ano.

Ten – Tarifa média anual de energia elétrica residencial em R\$/kWh, valores atualizados para 2006.

Ypc – Renda *per capita* paranaense em R\$, atualizado para 2006, valores obtidos da FGV.

NRes – Número de residências paranaenses atendidas pela COPEL, total a cada ano.

Obs: Os valores de Consumo, Tarifas e do Número de Residências atendidas, foram fornecidos pela COPEL, através dos Relatórios Anuais emitidos pela empresa.

Na análise da tabela acima podemos perceber que, como o consumo retrocedeu em quatro anos, significa que em termos percentuais tem-se uma perda de crescimento de consumo de energia da ordem de 18%, considerando a média de crescimento do período imediatamente anterior.

Por outro lado a tarifa média no mesmo período apresentou um crescimento real de 14,32%, já descontada a inflação.

O número de unidades consumidoras residenciais aumentou em 12,11%.

Diante dos números apresentados, os consumidores da COPEL apesar de não sofrer o racionamento, tiveram comportamento solidário ao restante dos consumidores nacionais, o que mostra uma nova consciência do consumidor e uma nova cultura de consumo, dando prioridade aos eletrodomésticos de menor consumo e evitando o consumo desnecessário.

Outro fator que provavelmente pesou no seu comportamento foi a conscientização dos seus gastos com energia elétrica e seu peso cada vez maior no orçamento familiar, já que as tarifas apresentaram reajustes acima da inflação pelo menos no período de análise deste trabalho.

2.4 PERÍODO PÓS-PRIVATIZAÇÃO - 2004 A 2006

Apesar de não se encontrar na literatura nada que caracterize este período dessa forma, porém, para efeito deste trabalho, o período de 2004 a 2006 será considerado como um período em que não se cogitou novas privatizações, apesar de em 2006 ter ocorrido a privatização da empresa de transmissão CESP no Estado de São Paulo.

Devido à mudança de governo, tanto em nível nacional como nos estados da federação, motivo das eleições ocorridas no final de 2002 e com os novos governantes tomando posse em 2003, o processo de privatização em nível federal deixou de ser prioridade, até mesmo porque o Partido dos Trabalhadores – PT, do Presidente eleito Luiz Inácio Lula da Silva, foi um dos partidos que lutou contra a venda das estatais.

2.4.1 O Financiamento do Setor

O novo governo iniciado em 2003 encontrou o processo de privatização do setor de energia elétrica praticamente concluído, permanecendo estatal apenas algumas empresas federais como Furnas, Itaipu, Eletronorte e parte da Eletrosul (sistema de transmissão) e as estaduais CEMIG e COPEL.

Com o início do novo governo a realidade do financiamento das empresas federais começa a mudar, devido à necessidade do retorno do investimento no setor, tendo em vista a possibilidade de um novo “apagão” em um horizonte de médio prazo.

Porém, um novo fator passa a ser o motivo da dificuldade da entrada de novos investimentos privados em grande escala para o setor, são as restrições ambientais, consideradas no processo de obtenção das licenças ambientais para os novos empreendimentos.

No caso da COPEL, conforme Relatório Anual (2003, 2006), a composição dos empréstimos é a seguinte, para os anos de 2003 e 2006:

TABELA 2.13 – EMPRÉSTIMOS E FINANCIAMENTOS – COPEL

EMPRÉSTIMO	Valores em R\$ x mil	
	2003	2006
Moeda Estrangeira	48.101	32.540
BID	27.805	20.318
Sistema do Tesouro Nacional	13.617	7.774
Banco do Brasil	6.679	4.442
Eletrobrás - FINEL	-	6
Moeda Nacional	45.701	52.229
Eletrobrás	39.427	45.690
BNDES	5.165	6.418
Banestado	1.023	-
Banco do Brasil	86	121
TOTAL	93.802	84.769

Fonte: COPEL – Relatório Anual (2003 e 2006)

Para a análise da tabela 2.13 verifica-se ainda, a redução dos financiamentos, devido se tratar de empresa estatal²⁸.

Os financiamentos citados, não se tratam de novos financiamentos, mas de repasses provenientes de financiamentos de anos anteriores, principalmente da década de 90.

Com isso a COPEL passa a buscar o seu financiamento através da emissão de debêntures, visando o financiamento do seu crescimento.

Em 2002 a empresa subscreveu um valor total de R\$ 500 milhões, com prazo de vigência de cinco anos.

Em 2006 a composição de debêntures consolidada era a seguinte:

²⁸ A COPEL é uma empresa de economia mista tendo o Governo do Paraná como acionista majoritário.

TABELA 2.14 – COMPOSIÇÃO DAS DEBÊNTURES – COPEL

DEBÊNTURES	PASSIVO CIRCULANTE		PASSIVO NÃO CIRCULANTE	TOTAL CONSOLIDADO
	Principal	Encargos	Principal	2006
Total da Companhia	713.954	124.401	1.129.230	1.967.585

Fonte: COPEL – Relatório Anual (2006)

2.4.2 A Tarifa de Energia Residencial

Segundo o Relatório Anual da COPEL (2003), a ANEEL através da resolução nº 284 de 23 de junho de 2003, estabeleceu um aumento tarifário para a área de concessão da COPEL de 25,27%, com vigência a partir de 24 de junho do mesmo ano.

A COPEL, através de sua diretoria tomou a decisão de conceder desconto aos consumidores adimplentes no mesmo percentual do reajuste autorizado pela ANEEL.

Somente a partir de janeiro de 2004 a empresa decidiu pela redução do percentual de desconto.

Em sua resolução de nº 493 de 03 de dezembro de 2002, a ANEEL estabeleceu uma nova metodologia e critérios gerais para a definição da base de remuneração, visando a revisão tarifária periódica das concessionárias.

Esta resolução estabeleceu a forma do reajuste anual para as tarifas e a cada quatro anos é feita a recomposição tarifária que tem uma consideração mais ampla dos custos e receitas das empresas ao invés de apenas conceder reajuste nas tarifas.

Em 2004, a tarifa nominal residencial teve um reajuste de 10,60%, segundo a Resolução Homologatória nº 146, de 21 de junho de 2004, da ANEEL.

Em 2005 a tarifa nominal residencial teve um leve decréscimo de 0,54% e em 2006 o decréscimo foi maior, chegando a 12,71% em relação ao ano anterior e de 13,18% em relação a 2004, com base nas resoluções da ANEEL de nº 130 de 20 de junho de 2005 e nº 345 de junho de 2006.

TABELA 2.15 – ENERGIA, TARIFA, RENDA, IPA - ELETRODOMÉSTICOS, NÚMERO DE RESIDÊNCIAS ATENDIDAS PELA COPEL

ANO	Cen	Ten	Ypc	Peld	NRes
2004	4.466.727,00	280,54	11.941	144,83	2.495.584,00
2005	4.652.721,00	279,66	11.669	130,60	2.561.066,00
2006	4.825.757,00	256,10	12.000	114,39	2.640.000,00

Fonte: COPEL – Relatório Anual (2004 a 2006)

Cen – Consumo de energia elétrica residencial em GWh por ano.

Ten – Tarifa média anual de energia elétrica residencial em R\$/kWh, valores atualizados para 2006.

Ypc – Renda *per capita* paranaense em R\$, atualizado para 2006, valores obtidos da FGV.

NRes – Número de residências paranaenses atendidas pela COPEL, total a cada ano.

Obs: Os valores de Consumo, Tarifas e do Número de Residências atendidas, foram fornecidos pela COPEL, através dos Relatórios Anuais emitidos pela empresa.

Pelos dados da tabela acima, houve um crescimento no consumo de energia de 8,04%, enquanto que o nº de consumidores aumentou em 5,79% e a tarifa média residencial teve uma redução de 8,71% no mesmo período. Novamente neste caso houve um aumento *per capita* do consumo de energia elétrica residencial.

A Renda *per capita* teve um aumento de 0,5% e o preço dos eletrodomésticos uma queda de 21%.

2.5 A PROJEÇÃO DE DEMANDA DA COPEL (2007 – 2010)

Nas edições dos Planos Decenais de Transmissão, a ELETROBRÁS (2006a) inclui uma projeção de demanda para dez anos futuros, com o fim de possibilitar os estudos de necessidade da ampliação do sistema elétrico como um todo. Sem esta projeção de demanda seria impossível planejar de forma a atender com segurança as constantes variações das demandas de energia elétrica de um sistema complexo e dinâmico um sistema elétrico da magnitude do sistema brasileiro.

Da mesma forma, apesar de não ter a amplitude do sistema elétrico nacional, o sistema elétrico da COPEL, tem a mesma complexidade e necessidade de estudos, até por estar integrado no sistema nacional. A necessidade de planejamento se faz necessário por motivos óbvios de conhecer o sistema, manter sua capacidade de atender a demanda ao longo dos anos, a sua integridade em

condições de emergência e levantamento das novas necessidades de investimentos a cada ano, entre outros.

No caso desse trabalho, depois de estabelecido o levantamento da elasticidade da demanda do consumidor residencial e encontrada a equação que representa o período 1990 - 2006 será possível por extrapolação econométrica se estabelecer valores para a demanda para anos posteriores a 2006.

3 ESTIMAÇÃO DA DEMANDA

3.1 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Pela análise dos trabalhos citados ao longo desta monografia, como: LOBÃO (1997), MATTOS (2005) e SCHMIDT (2002), as variáveis que são consideradas para a análise do comportamento do consumo de energia elétrica residencial, podem ser enumeradas como:

- Tarifa ou preço da energia elétrica;
- Renda do consumidor;
- Estoque de equipamentos eletrodomésticos;
- Bens substitutos.

Apesar de analisar diversas variáveis, os trabalhos normalmente se ativeram a duas, no máximo três, variáveis independentes, para a análise da demanda de energia elétrica da classe residencial, sendo pela ordem a tarifa, a renda e o preço dos eletrodomésticos.

Para esta monografia, apesar de alguns dados serem encontrados na forma mensal, a manipulação dos mesmos será sempre na forma anual.

Com base na teoria econômica, mais especificamente do problema microeconômico de maximização da utilidade do consumidor, sujeita a uma restrição orçamentária, onde a solução encontrada é o consumo de energia elétrica residencial, conforme capítulo I desta monografia, conclui-se pelas seguintes variáveis a serem consideradas como relevantes:

- Tarifa de energia (Ten ou T)

Trata-se da tarifa (preço) média da energia elétrica residencial, na área de concessão da COPEL, obtida através da divisão do total do valor em moeda corrente arrecadado na venda da energia elétrica para esta classe, dividido pelo total consumido em MWh.

A utilização desta variável se deve ao fato, bastante claro, que há uma relação entre a tarifa e o consumo.

- Renda do consumidor (Y_{pc} ou Y)

Como *proxy* da renda do consumidor, utilizou-se a PIB *per capita* em reais (R\$) tendo como base o ano de 2006, para o estado do Paraná.

Considera-se que o aumento da renda aumenta a tendência ao consumo devido à redução da restrição orçamentária e a redução da renda, terá como consequência o inverso.

- Estoque de eletrodoméstico (Peld ou PE)

Para a variável do estoque de eletrodomésticos foi utilizado o número índice dos preços de eletrodomésticos.

Considera-se que o aumento dos preços dos eletrodomésticos leva a uma redução no consumo desses bens, que implicará na redução do crescimento do consumo de energia elétrica residencial e a redução dos preços terá efeito contrário.

- Número de consumidores residenciais (NRes ou NR)

Por se tratar de uma série histórica, considerou-se que o aumento do número de consumidores está relacionado diretamente ao aumento de consumo, ou seja, como no caso brasileiro há um crescimento populacional é de se esperar que ocorra da mesma forma um aumento do número de consumidores a cada ano, levando ao aumento do consumo.

Quando se trata do número de consumidores, na verdade está se tratando do número de domicílios atendidos pela COPEL, ou ainda, do número de ligações da classe residencial, em sua área de concessão.

- Preço dos bens substitutos (PS)

No caso de energia elétrica residencial, não é factível se considerar bens substitutos perfeitos, pois não há a possibilidade de uma opção completa por outro bem, como o gás (GLP ou GN) ou energia solar, já que esta substituição seria parcial, utilizada apenas para o aquecimento de água.

Portanto, como já considerado no capítulo I, os bens substitutos não serão considerados para efeito desta monografia.

Cabe ressaltar que para a regressão econométrica, o número de observações, considerando apenas o período de 1990 a 2006, com 17 observações, não foi suficiente para obtenção de resultados satisfatórios. Para contornar esta dificuldade, resolveu-se ampliar o número de observações da série alterando o período para 1980 a 2006, perfazendo agora um total de 27 observações, o que

apesar de não ser a mais adequada, porém é o que foi possível se levantar junto aos arquivos da COPEL.

3.2 FONTES DE DADOS

Na tabela abaixo estão definidos, para cada variável, o *proxy* utilizado, a fonte de onde o dado foi obtido e a unidade utilizada.

TABELA 3.1 - IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO RESIDENCIAL

VARIÁVEL	PROXY UTILIZADA	FONTES	UNIDADE
Inflação	IPCA	IBGE/FGV	Número Índice
Consumo residencial	Consumo anual da classe residencial da COPEL	COPEL	KWh
Número de consumidores	Número de residências atendidas pela COPEL	COPEL	Unidade
Tarifa da classe residencial	Tarifa média residencial COPEL ^a	COPEL	R\$/MWh
Preço de eletrodomésticos	IPA-OG ^b : eletrodomésticos	FGV/IPA	Número Índice
Renda <i>per capita</i>	PIB <i>per capita</i> do Paraná ^a	FGV	R\$/hab.

Fonte: Autor

a - Série deflacionada pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)/Fundação Getúlio Vargas (FGV), base 2006.

b - Índice de Preços por Atacado-Oferta Global.

3.2.1 Índice de atualização dos dados

Para a atualização dos dados das séries temporais, foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), mais especificamente o número índice do IPCA de 1980 a 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) no "site" www.fgv.br.

O IPCA calculado pelo IBGE, representa a variação de preços da totalidade dos produtos e serviços disponíveis para o consumo pessoal. A pesquisa é realizada com uma amostra de famílias com rendimento monetário compreendido entre 1 e 40 salários mínimos e abrange nove Regiões Metropolitanas do País (Porto Alegre, São Paulo, Curitiba, Belo Horizonte, Fortaleza, Recife, Belém, Salvador, Rio de Janeiro), além do município de Goiânia e o Distrito Federal.

Este índice é utilizado pelo Banco Central do Brasil para medir a inflação dos preços na economia e serve de parâmetro para as metas oficiais de inflação. Sendo desta forma um índice que pode ser considerado confiável para medir a inflação passada. Este foi o principal motivo da sua utilização nesta monografia.

O motivo de se usar números índices ao invés do valor do IPCA em percentual (%) se deveu às características das séries temporais, o que será esclarecido mais adiante.

Como a tarifa é fornecida em termos de média anual, foi necessário tornar os números índices mensais de cada ano em uma média anual, somando-os e dividindo o total por 12, a fim de se obter o valor médio para cada ano e se trabalhar nas mesmas bases.

Para as demais variáveis foi adotado o mesmo procedimento com a mesma finalidade, para efeito de análise.

A tabela 3.2 abaixo, mostra os valores mensais e anuais obtidos para o IPCA:

TABELA 3.2 – IPCA – NÚMERO ÍNDICE MENSAL 1980 A 2006

MÊS / ANO	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
jan	8,12E-09	1,62E-08	3,18E-08	6,61E-08	1,761E-07	5,657E-07	1,981E-06	3,523E-06	1,715E-05	2,142E-04
fev	8,50E-09	1,73E-08	3,39E-08	7,13E-08	1,928E-07	6,271E-07	2,233E-06	3,968E-06	1,984E-05	2,501E-04
mar	9,01E-09	1,81E-08	3,58E-08	7,65E-08	2,100E-07	6,909E-07	2,340E-06	4,618E-06	2,333E-05	2,672E-04
abr	9,49E-09	1,93E-08	3,79E-08	8,15E-08	2,301E-07	7,475E-07	2,358E-06	5,500E-06	2,783E-05	2,895E-04
mai	1,00E-08	2,04E-08	4,04E-08	8,68E-08	2,509E-07	8,013E-07	2,391E-06	6,680E-06	3,268E-05	3,413E-04
jun	1,06E-08	2,15E-08	4,33E-08	9,54E-08	2,762E-07	8,693E-07	2,421E-06	7,997E-06	3,987E-05	4,391E-04
jul	1,11E-08	2,28E-08	4,61E-08	1,05E-07	3,031E-07	9,590E-07	2,463E-06	8,733E-06	4,860E-05	5,609E-04
ago	1,17E-08	2,41E-08	4,88E-08	1,15E-07	3,314E-07	1,075E-06	2,550E-06	9,159E-06	5,910E-05	7,500E-04
set	1,22E-08	2,53E-08	5,13E-08	1,26E-07	3,703E-07	1,194E-06	2,594E-06	9,871E-06	7,532E-05	1,032E-03
out	1,33E-08	2,66E-08	5,36E-08	1,38E-07	4,090E-07	1,321E-06	2,643E-06	1,098E-05	9,461E-05	1,442E-03
nov	1,42E-08	2,80E-08	5,64E-08	1,48E-07	4,520E-07	1,505E-06	2,787E-06	1,263E-05	1,210E-04	2,132E-03
dez	1,52E-08	2,97E-08	6,08E-08	1,61E-07	5,062E-07	1,732E-06	3,112E-06	1,442E-05	1,558E-04	3,229E-03
Média	1,11E-08	2,24E-08	4,50E-08	1,06E-07	3,090E-07	1,007E-06	2,489E-06	8,174E-06	5,960E-05	9,123E-04

MÊS/ ANO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jan	0,0054	0,0671	0,4009	5,058	141,31	1033,74	1260,9	1379,33	1444,64	1474,88
Fev	0,0095	0,0810	0,4983	6,321	198,22	1044,28	1273,89	1386,23	1451,29	1490,37
Mar	0,0173	0,0907	0,6050	8,045	282,96	1060,47	1278,35	1393,30	1456,22	1510,0
Abr	0,0200	0,0952	0,7256	10,277	403,73	1086,24	1294,46	1405,56	1460,0	1518,49
Mai	0,0216	0,1023	0,9059	13,123	581,49	1115,24	1310,25	1411,32	1467,34	1523,05
Jun	0,0241	0,1137	1,0890	17,069	857,29	1140,44	1325,84	1418,94	1467,63	1525,94
Jul	0,0272	0,1278	1,3268	22,312	915,93	1167,35	1340,56	1422,06	1474,06	1542,57
Ago	0,0307	0,1478	1,6205	29,666	932,97	1178,91	1346,46	1421,78	1464,19	1551,21
Set	0,0351	0,1709	2,0196	40,254	947,24	1190,58	1348,48	1422,63	1461,27	1556,0

Out	0,0402	0,2055	2,5294	53,908	972,06	1207,37	1352,53	1425,90	1461,56	1574,54
Nov	0,0469	0,2573	3,0983	73,078	999,37	1225,12	1356,86	1428,32	1459,81	1589,5
Dez	0,0556	0,3183	3,8803	100,00	1016,46	1244,23	1363,24	1434,46	1464,63	1586,34
Média	0,0278	0,148133	1,55829	31,59	948,76	1141,16	1321,0	1412,49	1461,06	1536,91

MÊS/ ANO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Jan	1598,41	1693,07	1822,08	2085,68	2246,43	2412,83	2550,36
Fev	1600,49	1700,86	1828,64	2118,43	2260,13	2427,07	2560,82
Mar	1604,0	1707,32	1839,61	2144,49	2270,75	2441,87	2571,83
Abr	1610,75	1717,22	1854,33	2165,29	2279,15	2463,11	2577,23
Mai	1610,91	1724,26	1858,22	2178,5	2290,77	2475,18	2579,81
Jun	1614,62	1733,23	1866,0	2175,23	2307,0	2474,68	2574,39
Jul	1640,62	1756,28	1888,23	2179,58	2328,0	2480,87	2579,28
Ago	1662,11	1768,57	1900,5	2187,0	2344,08	2485,09	2580,57
Set	1665,93	1773,52	1914,18	2204,05	2351,82	2493,79	2586,0
Out	1668,26	1788,24	1939,26	2210,44	2362,17	2512,49	2594,52
Nov	1673,60	1800,94	1997,83	2218,0	2378,47	2526,31	2602,56
Dez	1683,47	1812,65	2039,78	2229,49	2398,92	2535,4	2615,05
Média	1636,10	1748,01	1895,72	2174,68	2318,15	2477,39	2581,03

Fonte: FGV

3.2.2 A Tarifa de Energia Residencial (Ten ou T)

Os valores das tarifas de energia foram obtidos através de pesquisa aos relatórios anuais publicados pela COPEL no início de cada ano, contendo as informações de suas atividades e dados do ano anterior.

Dessa forma, após a conclusão do balanço anual da empresa, são tomados os valores arrecadados com a venda da energia elétrica da classe residencial, dividindo-se pelo valor total de MWh consumido pela mesma classe, obtendo-se dessa forma o valor em “\$/MWh”, sendo este valor, portanto, a tarifa média de energia elétrica residencial, utilizada para fins dessa monografia.

A tabela 3.3 abaixo mostra estes valores, representados na moeda da época e sua atualização para 2006 em reais (R\$).

TABELA 3.3 – TARIFA 1980 A 2006 - VALORES NOMINAIS, EM REAIS E EM REAIS CORRIGIDOS PARA 2006

ANO	Ten_Nominal	Ten_R\$	Ten_R\$_06
1980	2.613,11	9,502E-10	220,5
1981	5.017,73	1,825E-09	209,8
1982	9.057,90	3,294E-09	188,9
1983	20.859,59	7,585E-09	185,1
1984	63.383,92	2,305E-08	192,5
1985	184.762,15	6,719E-08	172,2
1986	381,80	1,388E-07	143,9
1987	1.571,66	5,715E-07	180,5

1988	11.151,05	4,055E-06	175,6
1989	144,57	5,257E-05	148,7
1990	4.251,23	1,546E-03	143,5
1991	22.946,18	8,344E-03	145,4
1992	265.477,09	9,654E-02	159,9
1993	5.657,8	2,0574	168,1
1994	68,810	68,81	187,2
1995	72,860	72,86	164,8
1996	100,790	100,79	196,9
1997	117,740	117,74	215,1
1998	128,960	128,96	228,4
1999	137,070	137,07	231,5
2000	155,550	155,55	245,4
2001	178,820	178,82	264,0
2002	206,080	206,08	280,6
2003	215,090	215,09	255,3
2004	251,970	251,97	280,5
2005	268,430	268,43	279,7
2006	256,100	256,10	256,1

Fonte: COPEL e Autor

Ten_Nominal – Valor da tarifa na moeda vigente na época.

Ten_R\$ - Valor da tarifa em reais (R\$) sem correção pelo IPCA.

Ten_R\$_06 – Valor da tarifa em reais (R\$) corrigidos pelo IPCA para 2006.

Dois pontos importantes devem ser ressaltados no que se refere ao reajuste da tarifa pelo IPCA, no ano de 1994, em que foi editado o Plano Real.

As tarifas de energia não são totalmente indexadas a indicadores de preços e estão sujeitas a reajustes anuais e revisões periódicas que ocorrem a cada quatro anos. De acordo com a ANEEL: “o mecanismo de reajuste tarifário anual tem como objetivo restabelecer o poder de compra da receita obtida por meio das tarifas praticadas pela concessionária. A receita da concessionária de distribuição é composta por duas parcelas: a Parcela A, representada pelos custos não-gerenciáveis da empresa (encargos setoriais, encargos de transmissão e compra de energia para revenda) e a parcela B, que agrega os custos gerenciáveis (despesas com operação e manutenção, despesas de capital)”.

O processo de Revisão Tarifária Periódica tem como principal objetivo analisar, após um período previamente definido no contrato de concessão (geralmente de quatro anos), o equilíbrio econômico-financeiro da concessão. É importante notar que enquanto nos reajustes tarifários anuais a “parcela B” da receita é atualizada monetariamente pelo IGP-M, no momento da revisão tarifária periódica são calculadas: a receita necessária para cobertura dos custos

operacionais eficientes e a remuneração adequada sobre os investimentos realizados.

Por fim é igualmente importante destacar que as revisões da COPEL ocorrem nos meses de junho de cada ano.

Neste sentido, o ano de 1994 é particular tendo em vista que no mês de junho de 1994 houve mudança de moeda de “cruzeiro real” para o “real”, sendo então necessário que, para este ano, o cálculo para a atualização da tarifa de energia não deve levar em consideração a inflação ocorrida entre janeiro e junho, uma vez que estaríamos aplicando incorretamente a inflação de uma moeda “fraca” sobre uma moeda “forte”.

Assim, uma vez que o preço apresentado na planilha para o referido ano é em real e os reajustes e revisões tarifárias da COPEL ocorrerem no mês de junho, o mais prudente seria realizar a média do IPCA para este ano, considerando-se a inflação ocorrida entre junho e dezembro e, desta forma, o valor reajustado a ser encontrado para este ano é de R\$ 187,19 e não R\$ 258,36 como seria o resultado sem esta consideração. O cálculo seria o seguinte: Valor reajustado = Soma (tarifa de junho até dezembro) ÷ 7 = 948,76, logo $2581,03/948,76 \times 68,81 = 187,19$. Sendo este, portanto, o valor adotado para a tarifa média da energia residencial no ano de 1994.

3.2.3 Consumo Residencial (Cen, Cons ou C)

Os valores do consumo de energia elétrica residencial na área de concessão da COPEL foram obtidos junto à própria empresa, através dos diversos relatórios anuais disponíveis para consulta.

O consumo residencial representa cerca de um quarto do total do consumo suprido pela COPEL, sendo os percentuais para 2006 assim distribuídos entre as diferentes classes de consumo:

- Industrial	38,5%
- Residencial	25,8%
- Comercial	18,2%
- Rural	7,7%
- Outros	9,8%

Os valores são fornecidos em MWh por anos, conforme mostrado na tabela 3.4 abaixo para o período de 1980 a 2006.

3.2.4 Número de consumidores residenciais (NRes ou NR)

O número de consumidores residenciais da área de concessão da COPEL, da mesma forma que para a tarifa e o consumo de energia, foram obtidos dos relatórios anuais publicados pela COPEL.

Os valores são fornecidos em unidades por ano, sendo que cada unidade corresponde ao atendimento de uma residência familiar.

A tabela abaixo mostra os valores no período 1980 a 2006.

TABELA 3.4 – CONSUMO E NÚMERO DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS - 1980 A 2006 - COPEL

ÍNDICE	ANO	CONSUMO (MWh)	Nº RESID.
1	1980	987.522,00	762.053,00
2	1981	1.104.376,00	856.773,00
3	1982	1.260.765,00	937.999,00
4	1983	1.401.165,00	1.001.735,00
5	1984	1.492.296,00	1.053.064,00
6	1985	1.616.394,00	1.123.738,00
7	1986	1.691.303,00	1.187.467,00
8	1987	1.920.849,00	1.243.060,00
9	1988	2.058.296,00	1.309.706,00
10	1989	2.244.409,00	1.387.521,00
11	1990	2.454.085,00	1.441.479,00
12	1991	2.643.619,00	1.516.512,00
13	1992	2.716.286,00	1.610.501,00
14	1993	2.850.724,00	1.706.407,00
15	1994	2.987.706,00	1.793.780,00
16	1995	3.389.905,00	1.870.000,00
17	1996	3.779.977,00	1.950.000,00
18	1997	3.949.060,00	2.023.102,00
19	1998	4.184.705,00	2.096.262,00
20	1999	4.306.162,00	2.159.603,00
21	2000	4.447.391,00	2.226.052,00
22	2001	4.311.700,00	2.304.333,00
23	2002	4.306.640,00	2.361.718,00
24	2003	4.381.518,00	2.428.812,00
25	2004	4.466.727,00	2.495.584,00
26	2005	4.652.721,00	2.561.066,00
27	2006	4.825.757,00	2.640.000,00

Fonte: COPEL

3.2.5 Renda do consumidor (Ypc ou Y)

Utilizou-se o PIB *per capita* paranaense como *proxy* da renda do consumidor residencial da COPEL.

Os valores foram obtidos no “site” da FGV para os anos 1980 e 1985 a 2004. Para os anos intermediários de 1980 a 1985 os valores foram calculados por extrapolação. Para os anos de 2005 e 2006 foi considerado o crescimento médio de 1985 a 2004 e extrapolado para estes dois anos.

A tabela abaixo mostra os valores do PIB *per capita* do Paraná no período citado, em valores nominais e em reais.

TABELA 3.5 – PIB *PER CAPITA* PARANAENSE 1980 A 2006

ANO	Ypc_Nominal	Ypc_R\$	Ypc_R\$_06
1980		3,32E-08	7690,9
1981			7941,7
1982			8192,5
1983			8443,4
1984			8694,2
1985	9.600.202,26	3,49098E-06	8945,0
1986	25.099,74	9,12718E-06	9462,8
1987	80.121,78	2,91352E-05	9199,9
1988	600.499,51	0,000218363	9457,0
1989	9.428,02	0,003428372	9699,8
1990	237.881,19	0,086502249	8030,2
1991	1.140.416,78	0,414697012	7225,6
1992	11.859.450,23	4,312527356	7142,9
1993	260.075,56	94,5729	7726,4
1994	2.384,65	2.384,65	8953,6
1995	4.242,91	4.242,91	9596,4
1996	5.214,29	5.214,29	10188,1
1997	5.707,16	5.707,16	10428,7
1998	6.065,63	6.065,63	10740,6
1999	6.488,41	6.488,41	10956,8
2000	6.846,38	6.846,38	10800,5
2001	7.456,79	7.456,79	11010,3
2002	8.240,83	8.240,83	11219,9
2003	9.890,54	9.890,54	11738,7
2004	10.724,69	10.724,69	11940,9
2005	12.096,21	12.096,21	12602,3
2006	12.947,42	12.947,42	12947,4

Fonte: FGV - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais e Autor.

Ypc_Nominal – Valor do PIBpc na moeda vigente na época.

Ypc_R\$ - Valor do PIBpc em reais (R\$) sem correção pelo IPCA.

Ypc_R\$_06 – Valor do PIBpc em reais (R\$) corrigidos pelo IPCA para 2006.

3.2.6 Estoque de eletrodomésticos (Peld ou PE)

Utilizaram-se os números índice de preços dos eletrodomésticos, publicados pela FGV, como *proxy* do estoque de eletrodomésticos.

Os valores foram obtidos no “site” da FGV para os anos 1980 a 2006. O índice é o IPA_OG – eletrodomésticos: Preço por Atacado, Oferta Global, Produtos Industriais, Indústria de Transformação, Material Elétrico, Eletrodomésticos, coluna 39.

Os valores mais adequados seriam aqueles referentes ao preço ao consumidor, porém estes só estão disponíveis a partir de dezembro de 1989.

A tabela abaixo mostra os números índices no período citado.

TABELA 3.6 – PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS 1980 - 2006

ANO	Peld_nº Índice	Peld_2006
1980	3,884E-09	901,1
1981	8,971E-09	1031,7
1982	1,817E-08	1042,2
1983	3,855E-08	940,6
1984	1,066E-07	890,2
1985	3,491E-07	894,6
1986	7,848E-07	813,7
1987	2,148E-06	678,3
1988	2,249E-05	973,9
1989	2,543E-04	719,4
1990	6,048E-03	561,5
1991	1,965E-02	342,5
1992	1,925E-01	318,9
1993	3,562E+00	291,0
1994	7,101E+01	266,6
1995	1,037E+02	234,5
1996	1,016E+02	198,6
1997	9,699E+01	177,2
1998	9,131E+01	161,7
1999	9,749E+01	164,6
2000	1,003E+02	158,2
2001	1,019E+02	150,5
2002	1,132E+02	154,1
2003	1,288E+02	152,9
2004	1,301E+02	144,8
2005	1,254E+02	130,6
2006	1,144E+02	114,4

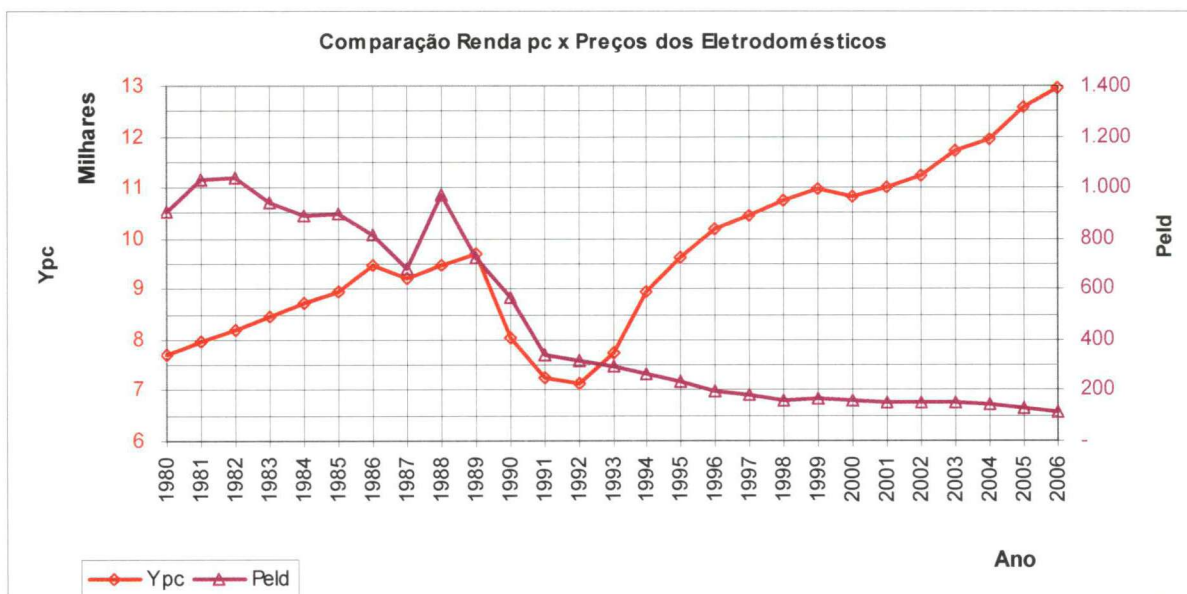
Fonte: FGV - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais e Autor.

Peld_nº índice – Valor do número índice dos preços dos eletrodomésticos.

Peld_2006 – Valor do número índice dos preços dos eletrodomésticos corrigidos pelo IPCA para 2006.

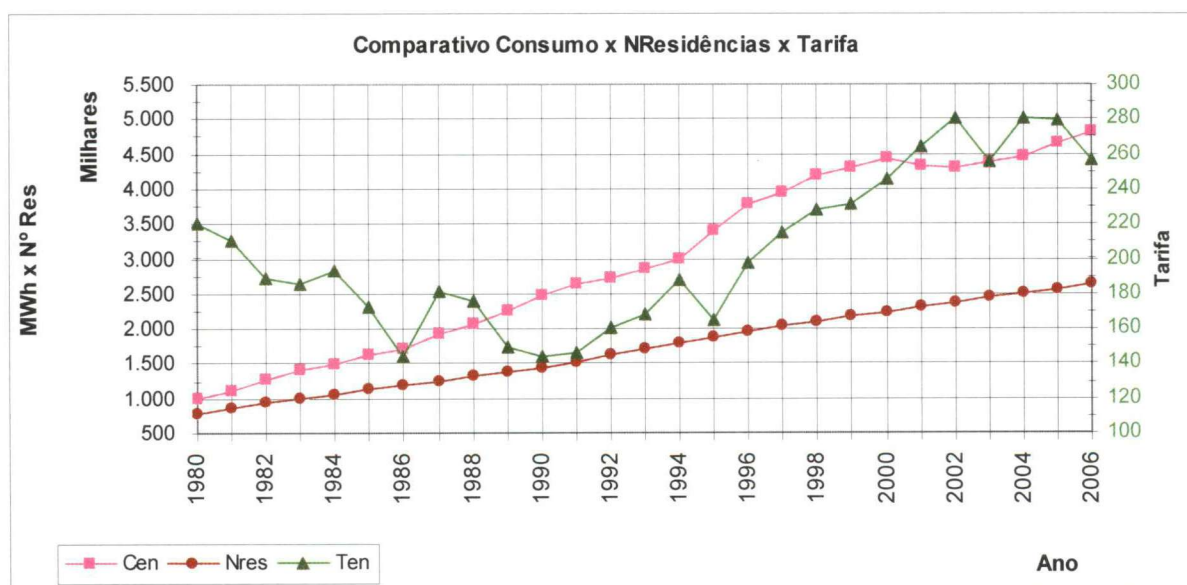
Abaixo são apresentados os diversos gráficos, das respectivas variáveis acima citadas, com o intuito de se visualizar o comportamento da mesma no período histórico de análise 1980 a 2006.

GRÁFICO 3.1 – COMPORTAMENTO DA RENDA E DOS PREÇOS DOS ELETRODOMÉSTICOS



Fonte: Autor com *software excel*

GRÁFICO 3.2 – COMPORTAMENTO DO CONSUMO, Nº DE RESIDÊNCIAS E TARIFA



Fonte: autor com *software excel*

Em que pese um aumento da tarifa significativo a partir de 1993, há um aumento do consumo de energia elétrica, que pode ser explicado através de duas variáveis importantes, a saber:

A primeira delas é o barateamento dos preços dos eletrodomésticos, paralelamente ao aumento da concessão de crédito ao consumidor final. A segunda variável é o aumento da renda *per capita* que se traduz no aumento do poder de compra a partir de 1994 com o Plano Real. Ambos os comportamentos das variáveis citadas podem ser visualizados nos gráficos 3.1 e 3.2.

3.3 MODELO ECONOMÉTRICO

O modelo econométrico no qual se baseiam as análises desta monografia, considera que o consumo de energia elétrica residencial depende basicamente de três variáveis: a) do preço da energia, ou seja, a tarifa cobrada aos consumidores residenciais, b) da renda dos consumidores e c) do preço dos eletrodomésticos.

Para isso a função de demanda foi estimada a partir de uma função do tipo “Cobb-Douglas”. Essa função foi utilizada em muitos dos trabalhos sobre o estudo de demanda de energia elétrica nos anos mais recentes. A vantagem do uso desta função, conforme explicitado anteriormente, se dá pelo fato de se obter de forma direta a elasticidade das variáveis independentes, quando da transformação da forma exponencial para a forma linear.

Para a análise da função na forma linear são utilizados métodos econométricos para a obtenção das elasticidades preço, renda e preço dos eletrodomésticos.

Serão apresentados três métodos nesta análise: a) Mínimos Quadrados Ordinários - MQO, b) Mínimos Quadrados em Dois Estágios – MQ2E e c) Vetor Auto-Regressivo – VAR, utilizando a equação de co-integração, sob a representação de um Método de Correção de Erros – MCE conhecido como VAR/VEC²⁹.

²⁹ VAR – Vetor auto-regressivo, VEC – Vetor de correção de erros.

Os modelos MQO e MQ2E serão utilizados para fins de comparação das elasticidades obtidas pelos três métodos, enquanto que o método VAR/VEC será utilizado também para a previsão da demanda futura.

a) Método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO

Este método é utilizado para minimizar o somatório dos quadrados dos resíduos da regressão sob as hipóteses do modelo linear geral.

Estas hipóteses são: a linearidade (hipótese do modelo linear geral), exogeneidade estrita, não-multicolinearidade, homocedasticidade e ausência de correlação entre as observações. Este método produz estimadores não-viciados e eficientes.

Segundo CASTELAR (2006), para o caso do consumo de energia elétrica, é provável que a hipótese da exogeneidade, dependência recíproca, entre o consumo e a tarifa de energia elétrica ocorra, ou seja, têm-se duas variáveis determinadas endogenamente no modelo, em que uma delas é o regressor.

Esta possível simultaneidade entre variáveis levará a violação da hipótese da ausência de correlação entre o termo de erro e o regressor, tornando o MQO um método não eficiente.

Por outro lado, por se tratar de séries temporais, há a tendência das mesmas serem não-estacionárias, podendo apresentar altos valores de R^2 , decorrentes da existência de regressão espúria e não da verdadeira relação entre as variáveis.

Apesar das deficiências apontadas acima o método MQO foi simulado para o caso e analisados os seus resultados.

b) Método dos Mínimos Quadrados de Dois Estágios – MQ2E

Segundo LOBÃO (1997) trata-se de uma estimação utilizando-se Variáveis Instrumentais (VI), de dois estágios, com o intuito de corrigir as possíveis

deficiências geradas pela estimação direta do método MQO, como o caso da hipótese da exogeneidade entre variáveis, acima citada.

O objetivo é tentar corrigir possíveis relações dos resíduos com as variáveis do modelo. Este método é considerado semelhante ao método de estimativas com VI (Variáveis Instrumentais).

c) Método VAR/VEC

Segundo LIMA (2005, p. 47), este método consiste na modelagem de um vetor auto-regressivo (VAR), dada pela equação de co-integração, utilizando como variável explicativa o termo de correção de erros (MCE ou VEC).

Ressalta-se que, por tratar-se de séries temporais, não estacionárias, caso específico do consumo e tarifa de energia e renda, geralmente apresenta altos valores de R^2 , causados por regressões espúrias. Este método é indicado para lidar com este tipo de situação, além de fornecer um tratamento estatístico e econométrico mais apropriado na estimação da função de demanda de longo prazo e na realização de previsões de consumo futuro de energia elétrica.

Segundo CASTELAR (2006), este método permite lidar com a questão da não-estacionariedade das séries temporais, incluindo possíveis relações de simultaneidade entre as variáveis do modelo.

3.4 OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO

Nas simulações efetuadas verificou-se que a variável independente “número de consumidores residenciais” – NRes, introduz um viés que causa a rejeição para o nível de significância de 5% do teste-t para os coeficientes das variáveis independentes do modelo. Isto deve à presença de multicolinearidade entre esta variável e o consumo.

Dessa forma resolveu-se por excluir da simulação econométrica a variável NRes.

3.4.1 Testes de Validação dos Modelos e Resultados

A) Simulação MQO

Na simulação pelo método dos MQO obteve-se um resultado bastante expressivo, conforme poderá ser verificado na tabela abaixo:

TABELA 3.7 – SIMULAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS (MQO)

Comando de estimação: LS LCONS LPE LT LY C

Equação de estimação: $LCONS = C(1)*LPE + C(2)*LT + C(3)*LY + C(4)$

Substituindo os Coeficientes:

$LCONS = 14.00694376 - 0.6839061874*LT + 0.8545653681*LY - 0.5840360968*LPE$

Variável dependente: LCONS

Método dos Mínimos Quadrados

Período: 1980 2006

Observações: 27

VARIÁVEL	COEFICIENTE	STD. ERRO	T-STATISTIC	PROB.
C	14.00694	1.628712	8.600013	0.0000
LT	-0.683906	0.137259	-4.982580	0.0000
LY	0.854565	0.191235	4.468676	0.0002
LPE	-0.584036	0.034826	-16.77022	0.0000
R ²	0.965200	Média da variável dep.		14.79962
R ² Ajustado	0.960660	Desvio Padrão da var. depend.		0.497135
Soma dos Erros da regressão	0.098603	Critério de Akaike		-1.659480
Soma dos Quadrados dos Resíduos	0.223618	Critério de Schwarz		-1.467504
Durbin-Watson estatística	1.257973	Estatística F		212.6372
		Prob(estatística - F)		0.000000

Fonte: E-views.

Observações sobre os resultados obtidos pelo modelo MQO:

a) Todos os coeficientes apresentaram sinais teoricamente como esperados, ou seja, negativos para os preços da tarifa e eletrodomésticos e positivo para a renda. Os resíduos não apresentaram problemas quanto à heterocedasticidade e à normalidade.

b) Rejeitada a hipótese da nulidade individual dos coeficientes, devido a análise dos coeficientes pelo teste-t, ou seja, a hipótese da nulidade dos coeficientes pode ser rejeitada aos níveis de significância superior a 5%.

c) R² e R² ajustado apresentaram valores significativos superiores a 0,95, indicando que as variáveis independentes contribuem com mais de 95% do valor da variável dependente.

Como foi citado anteriormente, apesar dos valores serem altos, pode estar ocorrendo o problema de regressão espúria.

d) A estatística de Durbin-Watson apresenta um valor situado em uma zona de indecisão do teste t ($d_i < d < d_s$), não sendo possível concluir se há ou não correlação de primeira ordem. Porém pela análise da Correlação Serial da LM de Bresch-Godfrey rejeita-se a ausência de correlação positiva a um nível de 5% de significância.

e) O teste – F é o teste da nulidade conjunta dos coeficientes do modelo. Neste caso a hipótese de nulidade é rejeitada para o conjunto dos coeficientes com nível de significância inferior a 5%.

B) Simulação MQ2E

Na simulação pelo método MQ2E, segundo CASTELAR (2006), a idéia básica é substituir a variável explicativa endógena (estocástica) por uma combinação linear de variáveis pré-determinadas no modelo e utilizar essa combinação como uma nova variável.

A simulação apresentou os seguintes resultados:

TABELA 3.8 – SIMULAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS DE DOIS ESTÁGIOS (MQ2E)

Comando de estimação: TSLS LCONS C LY LT LPE AR(1) @ LPE LY(-1) LT(-1)

Equação da estimação: $LCONS = C(1) + C(2)*LY + C(3)*LT + C(4)*LPE + [AR(1)=C(5)]$

Equação com coeficientes:

$LCONS = 11.5988527 - 0.8779159545*LT + 1.207573807*LY - 0.5488449059*LPE + [AR(1)=0.2253485956]$

Variável dependente: LCONS

Método: MQ2E

Período (ajustado): 1981 2006

Observações: 26 após ajuste

Lista de instrumentos: LPE LY(-1) LT(-1)

VARIÁVEL	COEFICIENTE	ERRO PADRÃO	TESTE-T	PROB.
C	11.59885	2.956996	3.922512	0.000
LT	- 0.877916	0.275904	-3.181967	0.004
LY	1.207574	0.421364	2.865872	0.009
LPE	-0.548845	0.049709	-11.04114	0.000
AR(1)	0.225349	0.160613	1.403057	0.175
R ²	0.956436	Média da variável dependente		14.83795
R ² ajustado	0.948049	Desvio padrão da var. dependente		0.464508
Soma dos erros da regressão	0.105874	Soma dos quadrados dos resíduos		0.235397
F-estatístico	118.4669	Estatística de Durbin-Watson		1.823613
Prob. (F-estatístico)	0.000000			

Fonte: E-views e Autor.

Observações sobre os resultados obtidos pelo modelo MQ2E:

a) Todos os coeficientes apresentaram sinais teoricamente como esperados, ou seja, negativos para os preços da tarifa e eletrodomésticos e positivo para a renda. Os resíduos não apresentaram problemas quanto à heterocedasticidade e à normalidade.

b) Pelo resultado do teste-t, a hipótese da nulidade individual dos coeficientes pode ser rejeitada para níveis de significância superiores a 5%. Porém para a Variável Instrumental – AR(1), o valor para o teste-t indicou a presença da hipótese da nulidade deste coeficiente, o que é um fator positivo.

c) R^2 e R^2 ajustado apresentaram valores significativos superiores a 0,94, indicando que as variáveis independentes contribuem com mais de 94% do valor da variável dependente. Neste caso, da mesma forma que foi chamada a atenção para o MQO, poderá haver presença de regressão espúria.

d) A estatística de Durbin-Watson apresentou valor superior ao limite superior, o que significa que é possível concluir que não existem problemas de autocorrelação nos resíduos.

e) O teste – F é o teste da nulidade conjunta dos coeficientes do modelo. Neste caso a hipótese de nulidade é rejeitada para o conjunto dos coeficientes com nível de significância inferior a 5%.

Em resumo, sobre as análises, ainda que não exaustivas, dos modelos MQO e MQ2E, podemos concluir que, apesar das variáveis apresentarem comportamento adequado para a elaboração da regressão econométrica, tanto para o MQO, quanto para o MQ2E, os resultados obtidos ainda não nos servem como informação de longo prazo. Devem ser verificadas as condições de presença de co-integração entre as variáveis utilizadas pelo modelo.

C) Simulação VAR/VEC

O terceiro método a ser considerado será a modelagem pelo vetor autoregressivo (VAR) sob a representação de um modelo de correção de erros (VEC).

Segundo LOBÃO (1997), para o caso de séries temporais não estacionárias, este é o método que fornece um tratamento mais indicado estatística e econometricamente, tanto no que se refere à estimação da função de demanda de

longo prazo, quanto para fazer previsões de consumo de energia elétrica num horizonte além do período analisado.

A seguir temos a apresentação dos resultados obtidos na simulação da modelagem VAR/VEC, primeiramente pela análise raiz unitária que tem por objetivo testar a estacionariedade e a ordem de integração do modelo. Posteriormente, após o teste da raiz unitária, deve ser verificada a co-integração entre as séries.

Segundo SCHMIDT (2002), havendo a co-integração entre as séries, os vetores de co-integração encontrados serão as elasticidades de longo prazo do consumo de energia elétrica e pode-se estimar um modelo de correção de erros vetoriais que verifica a velocidade de ajustamento do modelo estimado de desvios em relação ao equilíbrio de longo prazo.

TABELA 3.9 – TESTE ADF (*DICKEY-FULLER* AUMENTADO) PARA A RAIZ UNITÁRIA

VARIÁVEL (Ln)	EQUAÇÃO DE TESTE	ORDEM DE (k)	TESTE-t ADF	VALOR CRÍTICO	
				5%	1%
Const _t	I + T	0	-0,70	-3,59	-4,36
ΔConst _t	I + T	0	-3,66*	-3,60	-4,37
Ten _t	I + T	0	-3,05	-3,59	-4,36
ΔTen _t	I + T	0	-7,42#	-3,60	-4,37
Ypc _t	I + T	0	-2,64	-3,60	-4,37
ΔYpc _t	I	0	-2,93	-2,98	-3,72
Peld _t	I + T	0	-2,09	-3,59	-4,36
ΔPeld _t	I + T	0	-4,84#	-3,60	-4,37

Fonte: E-views e Autor.

I- Intercepto, T – Tendência

* - A hipótese da raiz unitária é rejeitada aos níveis de significância de 5%

- A hipótese da raiz unitária é rejeitada aos níveis de significância de 1%

Pela análise dos resultados do teste de ADF (equação 1.22), concluímos que as variáveis do modelo são todas integráveis. Os resultados sugerem que a hipótese nula da raiz unitária não pode ser rejeitada ao nível de 5%, para todas as variáveis. Por outro lado ela é rejeitada para as primeiras diferenças de 5% de todas elas, concluindo-se serem tais variáveis integradas de ordem 1 – I(1) e é possível que haja uma relação de co-integração entre elas. Para o caso da variável ΔYpc_t foi aceito o valor de 2,93 como atendendo a significância de 5%, por estar bastante próximo do valor crítico.

As séries são não-estacionárias em nível, ou seja, possuem raiz unitária. Entretanto são estacionárias em primeira diferença.

Na seqüência deverá ser analisada a co-integração. Para isso precisamos definir a ordem do modelo VAR para a análise. Para isso foram levantados os seguintes resultados do Critério de Informação de Akaike e Critério de Schwarz, indicados na tabela 3.10 abaixo:

TABELA 3.10 – ESTRUTURA DE DEFASAGEM DO MODELO VAR (P)

(p)	AKAIKE	SCHWARZ
1	-10.70948*	-9.187520*
2	-10.58471	-8.775248
3	-10.42640	-8.126270
4	-10.00376	-7.273483

Fonte: E-views e Autor.

* - Menor valor, a hipótese pode ser aceita

O número de defasagens do modelo VAR (p), que envolve as variáveis ($\ln\text{Const}_t$, $\ln T_t$, $\ln Y_t$ e $\ln PE_t$), como visto pela tabela acima tanto para Akaike como para Schwarz, o número de defasagens deve ser 1 ($p=1$), o que é interessante devido ao pequeno tamanho da amostra.

Os testes de co-integração apresentaram os seguintes resultados:

TABELA 3.11 – TESTES DE CO-INTEGRAÇÃO

TESTE $\lambda_{\text{traço}}$				TESTE $\lambda_{\text{máx}}$			
Hipót. Nula	Hipót. Altern.	Estatística de teste	Valor Crítico 95%	Hipót. Nula	Hipót. Altern.	Estatística de teste	Valor Crítico 95%
Ho:	Ho:	teste	95%	Ho:	Ho:	teste	95%
r=0	r>0	64,552*	63,876	r=0	r>0	32,703*	32,118
r≤1	r>1	31,849	42,915	r≤1	r>1	13,204	25,823
r≤2	r>2	18,645	25,872	r≤2	r>2	10,324	19,387
r≤3	r>3	8,3203	12,518	r≤3	r>3	8,3203	12,518

Fonte: Programa E-views e Autor.

r- posto de co-integração

* - Indica que a hipótese nula é rejeitada ao nível de significância de 5%

Os testes indicam que as variáveis do modelo ($\ln\text{Cons}_t$, $\ln T_t$, $\ln Y_t$ e $\ln \text{PE}_t$) são co-integradas. Como podemos observar na tabela acima, tanto pelas estatísticas de traço como pelas de autovalor máximo, não é possível rejeitar a hipótese nula (H_0) de que o posto de co-integração é igual a 1 ($r=1$). Portanto existe uma relação de co-integração entre as variáveis e os parâmetros das variáveis são apresentados na tabela 3.12:

TABELA 3.12 – PARÂMETROS DE CO-INTEGRAÇÃO

LN(Cons _{t-1})	LN(T _{t-1})	LN(Y _{t-1})	LN(PE _{t-1})	TENDÊNCIA	CONSTANTE
1,00000	0,756211	-0,258974	0,421838	-0,02584	-18,5464
-	(11,2636)	(-2,4161)	(9,0255)	(-4,5032)	-
-	[0,0671]	[0,1072]	[0,0467]	[0,0057]	-

Fonte: Programa E-views e Autor.

() – Estatística-t

[] – Desvio padrão

Portanto, a estimação do modelo de co-integração, que estabelece a relação de longo prazo entre as variáveis será:

$$\ln(\text{Cons}_{t-1}) = 18,5464 - 0,756211 \cdot \ln(T_{t-1}) + 0,258974 \cdot \ln(Y_{t-1}) - 0,421838 \cdot \ln(\text{PE}_{t-1}) + 0,02584 \cdot t \quad (3.1)$$

Comparando os resultados obtidos pelos três diferentes métodos de estimação utilizados nesta monografia, tem-se o seguinte:

TABELA 3.13 – ELASTICIDADES ESTIMADAS

MÉTODO DE ESTIMAÇÃO	LN(T _t)	LN(Y _t)	LN(PE _t)
MQO	-0,6839	+0,8546	-0,5840
MQ2E - VI	-0,8779	+1,2076	-0,5488
Co-integração	-0,7562	+0,2590	-0,4218

Fonte: Programa E-views e Autor.

$\ln(T_t)$ = Elasticidade-tarifa (preço);

$\ln(Y_t)$ = Elasticidade-renda; e

$\ln(\text{PE}_t)$ = Elasticidade-preço dos eletrodomésticos.

Pelos resultados obtidos pelos três diferentes métodos de estimação, mostram a elasticidade dos parâmetros da tarifa, renda e preços dos

eletrodomésticos. O parâmetro da renda mostrou maior variação ($0,26 \leq Y_t \leq 1,21$), seguido pelo parâmetro da variável dos preços dos eletrodomésticos ($-0,58 \leq PE_t \leq -0,42$), com o parâmetro da tarifa apresentando a menor variação ($-0,88 \leq T_t \leq -0,68$).

Conforme pode ser observado na equação 3.1 acima, os sinais dos parâmetros estão de acordo com a teoria econômica, ou seja, sinais negativos para a tarifa e preços dos eletrodomésticos em relação ao consumo, indicando que os aumentos (reduções) destes preços levam à redução (aumento) do consumo. O oposto ocorre para a renda, onde um aumento (redução) desta incorrerá em um aumento (redução) do consumo.

Para os modelos MQO e MQ2E, a elasticidade-preço (Tarifa –T) da energia elétrica residencial estimada, indica que, mantidas constantes as demais variáveis, o aumento de 1% na tarifa induzirá a uma redução de aproximadamente 0,68% e 0,88%, respectivamente, no consumo de energia elétrica para a classe residencial.

A elasticidade-renda (Y) estimada, da mesma forma, para um aumento de 1% na renda *per capita* dos consumidores, levará a uma elevação de aproximadamente 0,85% e 1,21% respectivamente, do consumo de energia elétrica da classe residencial.

Da mesma forma a elasticidade-preço dos eletrodomésticos (PE), o aumento de 1% neste, induzirá a um aumento de aproximadamente 0,58% e 0,55% respectivamente, no consumo de energia elétrica para a classe residencial.

Para os modelos MQO e MQ2E, a demanda de energia elétrica residencial se mostrou mais sensível às variações da renda, do que à tarifa e ao preço dos eletrodomésticos, implicando que a alteração da renda, altera o fator restritivo do consumo a chamada “restrição orçamentária”. A diminuição da restrição orçamentária leva por sua vez à maior liberalidade de consumo de energia e ao aumento do estoque de eletrodomésticos que também levará ao mesmo fim.

Como ficou comprovado pelo testes realizados, que se tratam de séries temporais não-estacionárias (variáveis co-integradas), ficando, portanto, comprometidos os resultados alcançados pelos métodos MQO e MQ2E, pois segundo CASTELAR (2006) os altos valores obtidos para R^2 poderão ser devido à existência de regressões espúrias e não à verdadeira relação entre as variáveis.

Para as elasticidades obtidas pelo VAR/VEC utilizando a equação de co-integração, a relação dos parâmetros da tarifa e da renda, em módulo, se inverte,

passando a tarifa a possuir uma elasticidade maior (-0,7562) seguida da elasticidade dos preços dos eletrodomésticos (-0,4218) e finalmente a menor elasticidade da renda (0,2590).

Segundo LIMA (2005), a equação de co-integração é útil para determinar os parâmetros que estabelecem o equilíbrio de longo prazo entre as variáveis.

Entretanto mesmo havendo o equilíbrio de longo prazo, é possível que ocorra algum desequilíbrio no curto prazo. Para conduzir as variáveis para o equilíbrio também no curto prazo será utilizada uma ferramenta denominada de Mecanismo de Correção de Erros - (MCE), que pelo termo erro de equilíbrio liga o comportamento de curto prazo com aquele de longo prazo.

Com o objetivo de realizar previsões para o consumo de energia elétrica residencial, à semelhança de LOBÃO (1997), o Modelo de Correção de Erros foi estimado utilizando-se como variável explicativa para o termo correção a relação de longo prazo estimado na equação (3.1).

Segundo LOBÃO (1997) deve-se lembrar que, no caso particular do modelo VAR especificado, a sua representação VEC fica determinada apenas com o termos de correção de erros:

$$\text{Representação VAR (1)} \quad x_t = A_0 + A_1 \cdot x_{t-1} + \xi_t$$

$$\text{Representação VEC} \quad \Delta x_t = A_0 + \alpha u_{t-1} + \xi_t$$

onde $x_t = (\ln(\text{Cons}_t), \ln(T_t), \ln(Y_t), \ln(\text{PE}_t))$, é o vetor da variáveis dependentes do modelo, supostas endógenas; A_0 é o vetor constante; A_1 é a matriz de coeficientes das variáveis explicativas, x_{t-1} endógenas defasadas; ξ_t é o vetor de erros, supostamente normais, homocedásticos e independentes; Δx_t é o vetor das primeiras diferenças de x_t ; u_{t-1} é a relação de co-integração em t-1:

$$u_{t-1} = \ln(\text{Cons}_{t-1}) + 0,756211 \cdot \ln(T_{t-1}) - 0,258974 \cdot \ln(Y_{t-1}) + 0,421838 \cdot \ln(\text{PE}_{t-1}) \quad (3.2)$$

Onde:

$$u_{t-1} = \beta' \cdot x_{t-1}$$

sendo β' o vetor de co-integração e α é o vetor de coeficientes de correção de u_{t-1} .

Na equação VEC foram considerados todos os parâmetros, conforme a tabela 3.14 abaixo:

TABELA 3.14 – ESTIMAÇÃO $\Delta \ln(\text{CONS})$

VARIÁVEL EXPLICATIVA	COEFICIENTE	TESTE t	DESVIO PADRÃO
Constante	0,036552	2,940*	0,0124
u_{t-1}	-0,2344	2,405*	0,0975
$\Delta \ln(\text{Cons}_{t-1})$	0,4786	3,283*	0,1458
$\Delta \ln(T_{t-1})$	-0,0446	-0,706	0,0631
$\Delta \ln(Y_{t-1})$	0,0824	0,741	0,1112
$\Delta \ln(\text{PE}_{t-1})$	0,1093	1,949*	0,0561
R^2	0,6248		
R^2 ajustado	0,5261	Jarque-Bera	8,95* (0,3463)
F-estatística	6,3283*		

Fonte: Autor, com base no resultado do programa E-views

* - Parâmetros significativos para o teste t a 5%

Apesar dos valores para o teste “t” dos parâmetros individuais de $\Delta \ln(T_{t-1})$, $\Delta \ln(Y_{t-1})$ e $\Delta \ln(\text{PE}_{t-1})$ não apresentarem valores significativos a 1% e 5%, o valor apresentado para o teste “F” mostra-se significativo e alto o suficiente para afirmar que não podemos rejeitar a hipótese de que, coletivamente, todos os três termos defasados são estatisticamente significativos e diferentes de zero (GUJARATI, 2006, p. 684).

Dessa forma, os valores de $\Delta \ln(\text{PE}_{t-1})$, $\Delta \ln(T_{t-1})$ e $\Delta \ln(Y_{t-1})$ serão considerados na composição da equação para a determinação do valor do consumo.

Sendo u_{t-1} dado pela equação 3.2, a expressão da estimação do modelo, que representa o comportamento da demanda residencial de energia elétrica de curto e longo prazos, é a seguinte:

$$\Delta \ln(\text{Cons}_t) = 0,03656 - 0,2345.u_{t-1} + 0,4785.\Delta \ln(\text{Cons}_{t-1}) - 0,0446.\Delta \ln(T_{t-1}) + 0,0823.\Delta \ln(Y_{t-1}) + 0,1093.\Delta \ln(\text{PE}_{t-1}) \quad (3.3)$$

Segundo LIMA (2005, p. 88), ‘ α ’ é o vetor de coeficientes de correção de u_{t-1} e indica qual a proporção do desequilíbrio de longo prazo da demanda de energia

elétrica residencial é corrigida no período seguinte. No caso da equação 3.3, o valor de 0,2345 indica que 23,45% da discrepância ou desequilíbrio entre o valor efetivo e o valor de longo prazo são corrigidos a cada ano.

Assim, o consumo da classe residencial levaria cerca de quatro a cinco anos para ajustar-se a eventuais choques nas tarifas ou na renda (ver também o gráfico 3.3).

Para a elasticidade-preço (Tarifa – T) da energia elétrica residencial estimada esta indica que, no curto prazo, mantidas constantes as demais variáveis, o aumento de 1% na tarifa induzirá a uma redução de aproximadamente 0,045% no consumo de energia elétrica para a classe residencial.

Da mesma forma para a elasticidade-renda (Y_{pc}) da energia elétrica residencial estimada, a qual indica que, mantidas constantes as demais variáveis, o aumento de 1% na renda *per capita* – Pr, induzirá a um aumento de aproximadamente 0,082% no consumo de energia elétrica para a classe residencial.

Isto mostra que, no curto prazo, a influência da variação no custo da tarifa ou na renda, não tem grande efeito sobre o consumo de energia, ao contrário do que ocorre no longo prazo, onde os valores encontrados são mais significativo que aqueles de curto prazo.

O coeficiente R^2 encontrado foi de 0,6248, indicando que aproximadamente 63% das variações ocorridas na quantidade consumida de energia elétrica são explicadas pelo modelo ajustado. O teste F mostrou-se significativo, mostrando que as variáveis explicativas são conjuntamente significativas para explicar o comportamento da quantidade consumida de energia elétrica residencial.

O teste de normalidade (Jarque-Bera) indicou a hipótese nula de que os resíduos são normalmente distribuídos não pode ser rejeitada.

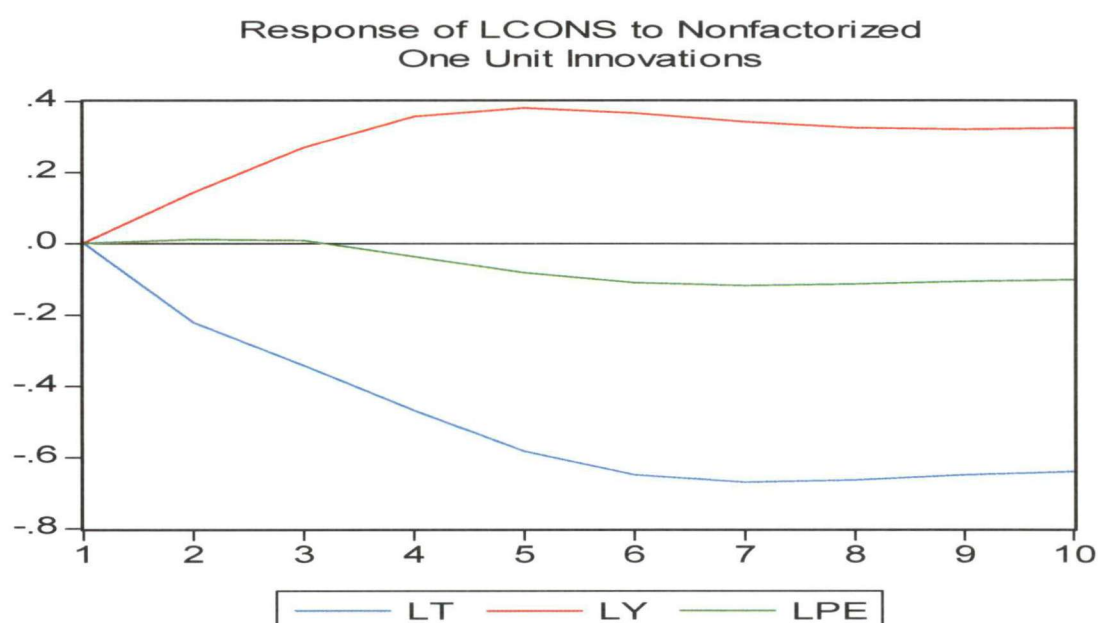
Portanto para a elaboração da previsão do consumo de energia elétrica residencial será utilizada a equação 3.3 acima, a qual leva em consideração a correção dos parâmetros visando a estimação de longo prazo.

A importância da simulação VAR/VEC se faz também, pelo resultado obtido da análise dos gráficos de impulso, gráfico 3.3, onde pode ser observado o comportamento do consumo de energia elétrica frente a impulsos na tarifa, renda e preço dos eletrodomésticos, com o tempo dado em períodos.

No gráfico do impulso na tarifa (LT), relaciona o comportamento do consumo frente a um impulso na tarifa, mostrando claramente a queda no consumo. O gráfico do impulso na renda (LY) mostra o aumento no consumo. O gráfico do impulso nos preços dos eletrodomésticos (LPE) mostra que haverá uma redução no consumo de energia elétrica, porém de longo prazo.

É interessante notar que o impulso de aumento de preço dos eletrodomésticos, não levará à queda imediata no consumo, pois o estoque de eletrodomésticos não se altera no curto prazo. Portanto, o aumento do preço dos eletrodomésticos somente levará a uma queda no consumo de energia elétrica no longo prazo, onde a reposição de estoque, devido aos preços maiores, seria inferior ao descarte.

GRÁFICO 3.3 – RESPOSTA AO IMPULSO – RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS



Fonte: E-views

Desta análise se conclui que o comportamento das variáveis está de acordo com a teoria econômica e a sua validade em relação à análise efetuada. Em todos os casos da análise individual das variáveis, fica claro que após alguns períodos, há uma estabilização do consumo com uma leve tendência para o seu retorno ao consumo de equilíbrio.

A tabela 3.15 abaixo, mostra os valores de elasticidade-renda e tarifa encontrados por diversos autores. O que ressalta é certa discrepância entre os

valores encontrados, porém devem ser considerados os diversos algoritmos utilizados, as diferentes regiões, períodos de análise, conjuntura econômica, entre outros, que certamente tiveram grande influência no resultado.

TABELA 3.15 – ELASTICIDADE PREÇO E RENDA PARA DIVERSOS AUTORES

AUTORES	PERÍODO	ABRANGÊNCIA		ELASTICIDADE (consumo Residencial)			
				Preço		Renda	
		Região	Consumo	CP	LP	CP	LP
Monografia	1980-2006	PR	R	-0,045	-0,756	0,082	0,259
Castelar	1970-2003	NE	R, C, I	-0,298	-0,412	0,181	1,400
Lima	1970-2002	MG	R	-	-0,258	-	0,532
Schmidt	1960-2000	BR	R, C, I	-	-0,085	-	0,539
Lobão	1963-1995	BR	R	-0,060	-0,051	0,212	0,213
Modiano ³⁰	1963-1981	BR	-	-0,118	-0,403	0,332	1,130

Fonte: Autor

R = Residencial, C = Comercial, I = Industrial, CP = Curto Prazo e LP = Longo Prazo

Observa-se que, tanto Lima como Schmidt, não abordam a Elasticidade preço e renda de curto prazo

3.5 PROJEÇÃO DE DEMANDA 2007-2010

Depois de obtida a equação que representa a função de consumo de energia elétrica residencial de curto e longo prazos, conforme equação 3.3, é possível então se prever para os anos posteriores a 2006, o crescimento do consumo de energia elétrica residencial na área de concessão da COPEL.

Para a projeção do consumo 2007-2010, serão considerados três cenários hipotéticos para as variáveis explanatórias:

Cenário I

Considera que as variáveis explanatórias (T , Y_{pc} e PE) terão comportamento previsto para o intervalo de projeção (2007-2010) semelhante àquele dos últimos treze anos da série, ou seja, um comportamento baseado na projeção linear das séries desde 1994.

O período escolhido como base para esta projeção tem um interesse particular, pois compreende o período desde o início das privatizações no setor

³⁰ Citado no trabalho de CASTELAR (2006)

elétrico, simultaneamente com a implantação do Plano Real e a conseqüente estabilização da moeda ocorrida após 1994.

Com base nos dados desta série histórica, a tarifa apresentou um aumento médio anual de 3,03%, a renda *per capita* de 3,15% e o preço dos eletrodomésticos apresentou queda anual de -6,64% ao ano.

A tabela 3.16 apresenta os valores obtidos para o Cenário I:

TABELA 3.16 – PROJEÇÃO DA TARIFA, RENDA E PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS PARA O CENÁRIO I

ANO	RENDA pc	TARIFA	PREÇO ELETROD.
2007	13.355,26	263,86	106,84
2008	13.775,95	271,85	99,79
2009	14.209,90	280,09	93,20
2010	14.657,51	288,58	87,05
2010/2006	13,2%	12,7%	-22,7%

Fonte: Autor

Cenário II

Considera a partir de 2006, apenas um aumento anual da renda *per capita* de 5% ao ano e a estabilidade nos preços dos eletrodomésticos e da tarifa de energia elétrica residencial. Portanto, um cenário otimista do ponto de vista do consumidor.

A tabela 3.17 apresenta os valores obtidos para o Cenário II:

TABELA 3.17 – PROJEÇÃO DA TARIFA, RENDA E PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS PARA O CENÁRIO II

ANO	RENDA pc	TARIFA	PREÇO ELETROD.
2007	13.594,79	256,10	114,39
2008	14.274,53	256,10	114,39
2009	14.988,26	256,10	114,39
2010	15.737,67	256,10	114,39
Variação	21,6%	0,0%	0,0%

Fonte: Autor

Cenário III

Considera a partir de 2006, apenas um aumento anual da Tarifa de 5% ao ano e a estabilidade nos preços dos eletrodomésticos e da renda *per capita*. Portanto, um cenário pessimista do ponto de vista do consumidor.

A tabela 3.18 apresenta os valores obtidos para o Cenário III:

TABELA 3.18 – PROJEÇÃO DA TARIFA, RENDA E PREÇO DOS ELETRODOMÉSTICOS PARA O CENÁRIO III

ANO	RENDA pc	TARIFA	PREÇO ELETROD.
2007	12.947,42	268,91	114,39
2008	12.947,42	282,35	114,39
2009	12.947,42	296,47	114,39
2010	12.947,42	311,29	114,39
Variação	0,0%	21,6%	0,0%

Fonte Autor

3.5.1 Previsão do consumo 2007-2010

A tabela 3.19 apresenta os resultados das previsões do consumo de energia elétrica residencial obtidas para os três cenários apresentados acima:

TABELA 3.19 – PREVISÃO DO CONSUMO 2007-2010, PARA OS CENÁRIOS I, II E III

ANO	CENÁRIO I		CENÁRIO II		CENÁRIO III	
	MWh	%	MWh	%	MWh	%
2006*	4.825.757	-	4.825.757	-	4.825.757	-
2007	5.063.804	4,9	5.063.804	4,9	5.063.803	4,9
2008	5.338.116	5,4	5.390.878	6,5	5.295.736	4,6
2009	5.613.983	5,2	5.739.355	6,5	5.450.868	2,9
2010	5.873.780	4,6	6.068.634	5,7	5.509.433	1,1
2010/2006	+21,72%		+25,76%		+14,17%	

Fonte: Autor

* - Consumo realizado

A projeção feita para o Cenário I (projeção linear das séries) mostra um crescimento da quantidade demandada (consumida) de energia elétrica residencial de cerca de 21,7% no período 2007-2010, passando de 4.825.757 MWh consumidos em 2006, para 5.873.780 MWh consumidos em 2010.

A projeção baseada no Cenário II (aumento da renda apenas) apresenta crescimento do consumo de 25,76%, sendo este o cenário mais otimista, já que considera somente o aumento da renda, permanecendo a tarifa congelada.

Isto revela a influência da renda do consumidor sobre o consumo de energia elétrica, mostrando que o crescimento da demanda por energia elétrica só não tem

tido maior devido ao fraco crescimento do PIB, tanto no caso do Paraná, como no caso brasileiro, nos últimos anos.

A projeção da demanda baseada no Cenário III (aumento da tarifa apenas) considera um cenário menos favorável, com estagnação econômica e recuperação das tarifas públicas, no caso específico, a energia elétrica residencial.

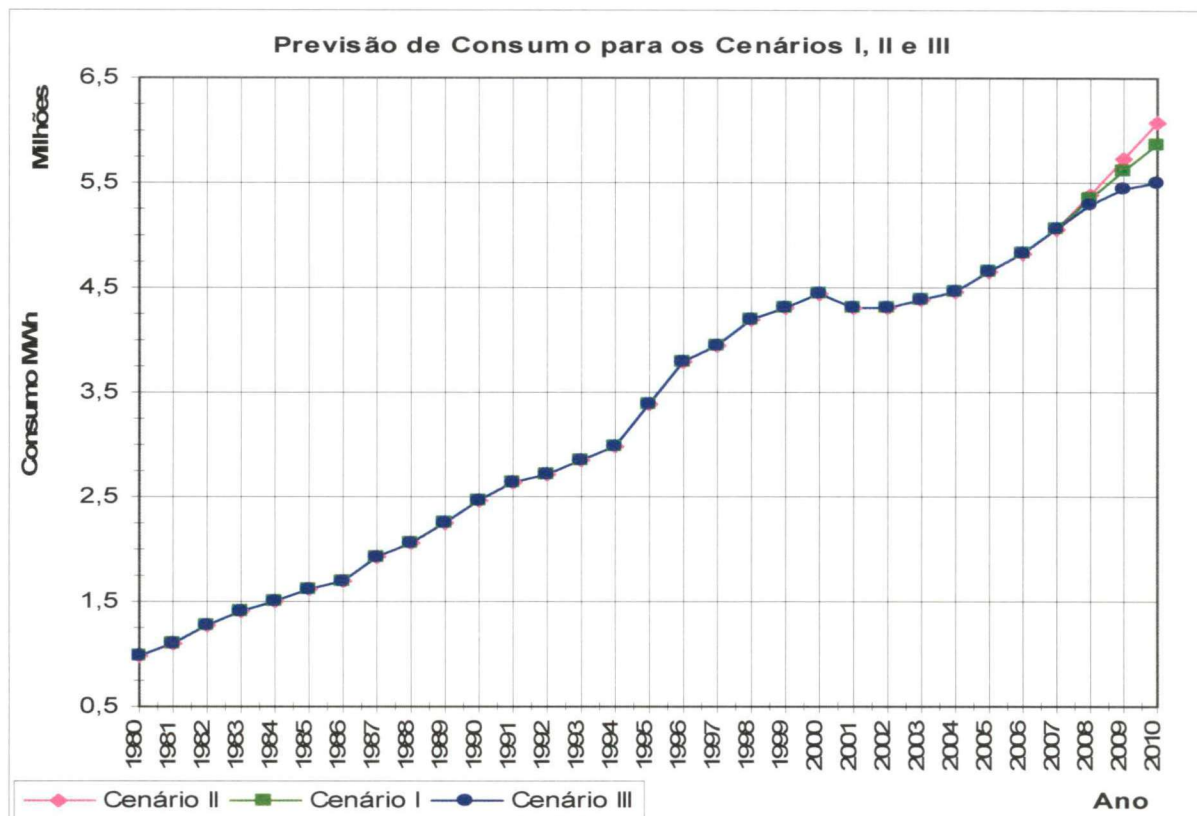
Os valores obtidos mostram um aumento de consumo na ordem de 14,17% para o período de projeção em relação ao ano base de 2006.

O que significa que, em se havendo riscos de racionamento, a elevação da tarifa de energia poderá ser uma das opções bastante viáveis para auxiliar na redução do consumo residencial.

Um exemplo bastante próximo foi o que ocorreu durante o racionamento de 2001, que na verdade revelou uma elevação dos preços da energia, camuflada sob a forma de elevação de sobretaxas para a ultrapassagem de um consumo pré-determinado de forma individual, por domicílio.

O gráfico 3.4, abaixo, mostra o comportamento do consumo para os três cenários, onde se verifica o maior consumo para o Cenário II e o menor consumo para o Cenário III, ficando o Cenário I em uma referência intermediária.

GRÁFICO 3.4 – PREVISÃO* DO CONSUMO 2007-2010, PARA OS CENÁRIOS I, II E III – (1980-2010)



Fonte: Autor e software excel

* - Projeções obtidas através da regressão da equação 3.3

3.5.2 Comparações com a Projeção da COPEL

Os três cenários desenvolvidos pela COPEL para o consumo da classe residencial, referência, otimista e pessimista, são apresentados na Tabela 3.20 e mostram o perfil da evolução estimada para esta classe.

TABELA 3.20 - CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL - COPEL

ANO	OTIMISTA		REFERÊNCIA		PESSIMISTA	
	MWh	%	MWh	%	MWh	%
2006*	4.825.757	-	4.825.757	-	4.825.757	-
2007	5.174.804	7,2	5.113.135	6,0	5.051.466	4,7
2008	5.464.183	5,6	5.326.446	4,2	5.175.559	2,5
2009	5.789.515	6,0	5.568.350	4,5	5.319.692	2,8
2010	6.155.163	6,3	5.842.155	4,9	5.485.881	3,1
2010/2006	27,5%		21,1%		13,7%	

Fonte: Estimativa SMR – DEME – Departamento de Estudos de Mercado de Energia Elétrica – COPEL

* - Valor realizado

3.5.3 Análise Crítica dos Resultados

Analisando os resultados obtidos pela projeção (Tabela 3.19), considerando os três cenários, algumas inferências podem ser estabelecidas.

Primeiramente o Cenário I, que considera o período após o plano real, com a economia estabilizada, estabilidade de preços, os marcos regulatórios do setor elétrico já estabelecidos e em funcionamento, é um cenário bastante plausível para os próximos anos.

Neste caso, o Cenário I seria o mais indicado para a análise. O crescimento do consumo em 21,7% é um crescimento que levará a altíssimos investimentos no setor, que se não sendo adequadamente contornado poderá levar ao racionamento em algum momento no futuro, principalmente para 2010 em diante.

Para o Cenário II, a consideração do aumento anual real da renda *per capita* no Paraná, em 5,0% a.a., é um cenário um pouco mais otimista daquele ocorrido nos últimos quatro anos em que a renda *per capita* cresceu a 3,15% a.a. no Paraná.

Neste caso o crescimento do consumo projetado para quatro anos foi de 25,8% no total, o que resulta em um crescimento anual de 5,9% em média, ou seja, o crescimento do PIB paranaense levará, *coeteris paribus*, a um percentual maior de crescimento do consumo de energia elétrica residencial, o que não deixa de ser uma relação interessante de análise. Este cenário nos parece bastante otimista e de probabilidade de ocorrência bastante baixa.

Para o Cenário III a consideração de um cenário de estagnação com recuperação dos preços da energia elétrica em 5,0% a.a., não parece ser de muita probabilidade no curto-prazo, porém no longo prazo poderá ser utilizado para uma das duas, senão as duas, finalidades que são: a) o aumento dos custos da energia elétrica em um ambiente privatizado, agravado pelo aumento da adição no parque gerador de usinas termoeletricas de maior custo para a venda da energia e b) pela necessidade da redução do consumo devido à necessidade de um novo racionamento. Ou seja, este cenário nos é útil para se verificar a influência de um aumento na tarifa, *coeteris paribus*, no comportamento do consumo de energia elétrica residencial.

Para um aumento total no final de quatro anos (2007-2010) em torno de 21,6% na tarifa, há um aumento no consumo de 14,2% em relação ao ano base de 2006, o que demonstra a eficácia do controle do consumo, via elevação da tarifa, em relação aos outros cenários.

Essa hipótese poderá ser mais bem explorada para o caso de previsão contra o racionamento de energia elétrica, através da elevação das tarifas, o que, pela análise, tem uma eficácia bastante significativa.

Na comparação dos resultados obtidos para os três cenários, serve para ilustrar que a elasticidade preço de $(-)0,7562$, conforme mostrado na tabela 3.13, é um importante parâmetro a ser considerado em uma política de racionamento do consumo de longo prazo, via preço, pois uma elevação dentro dos parâmetros propostos no Cenário III, levaria o consumo residencial a reduzir o seu aumento médio cerca de 7 (sete) pontos percentuais em relação ao Cenário I e cerca de 11 (onze) pontos percentuais em relação ao Cenário II. Esta medida traria alívio ao sistema elétrico ao mesmo tempo em que prolongaria os prazos para a viabilização de novos investimentos.

Assim como constatado no trabalho de LOBÃO (1997), a elevação das tarifas, além de permitir à empresa a recuperação da capacidade de realizar novos investimentos, produziria um efeito colateral que é o de conter a velocidade de expansão do consumo.

O Cenário II também mostrou algo preocupante, pois o crescimento de renda levará a um crescimento da demanda por energia. No caso para um

crescimento de 21,6% na renda resultou em um crescimento de 25,8% no consumo de energia elétrica residencial.

O peso da renda é significativo no aumento do consumo e esta relação deverá ser sempre considerada pelas autoridades e técnicos envolvidos no planejamento do setor elétrico.

Na comparação entre o Cenário de Referência da COPEL, com os valores previstos no Cenário I desta monografia, obtiveram-se os seguintes valores comparativos:

TABELA 3.21 – COMPARAÇÃO COM O CENÁRIO DE REFERÊNCIA DA COPEL

ANO	A - CENÁRIO I		B - REFERÊNCIA		VARIÇÃO (A/B)
	MWh	%	MWh	%	
2006*	4.825.757	-	4.825.757	-	Realizado
2007	5.063.804	4,9	5.113.135	6,0	-1,0%
2008	5.338.116	5,4	5.326.446	4,2	0,2%
2009	5.613.983	5,2	5.568.350	4,5	0,8%
2010	5.873.780	4,6	5.842.155	4,9	0,5%
2010/2006	+21,7%		+21,1%		0,6%

Fonte: Autor

* - Valor realizado

Pelos valores mostrados na tabela acima, há uma grande proximidade em relação aos valores utilizados pela COPEL para a sua previsão de compra de energia para os anos de 2007 a 2010.

As diferenças nos valores previstos por esta monografia não significam incorreção desta nem do trabalho realizado pela COPEL, porém são valores estimativos e devem ser encarados como tal. Numa comparação entre os três cenários desta monografia e os três cenários do trabalho da COPEL, temos a seguinte comparação:

TABELA 3.22 – COMPARAÇÃO COM OS CENÁRIOS DA COPEL

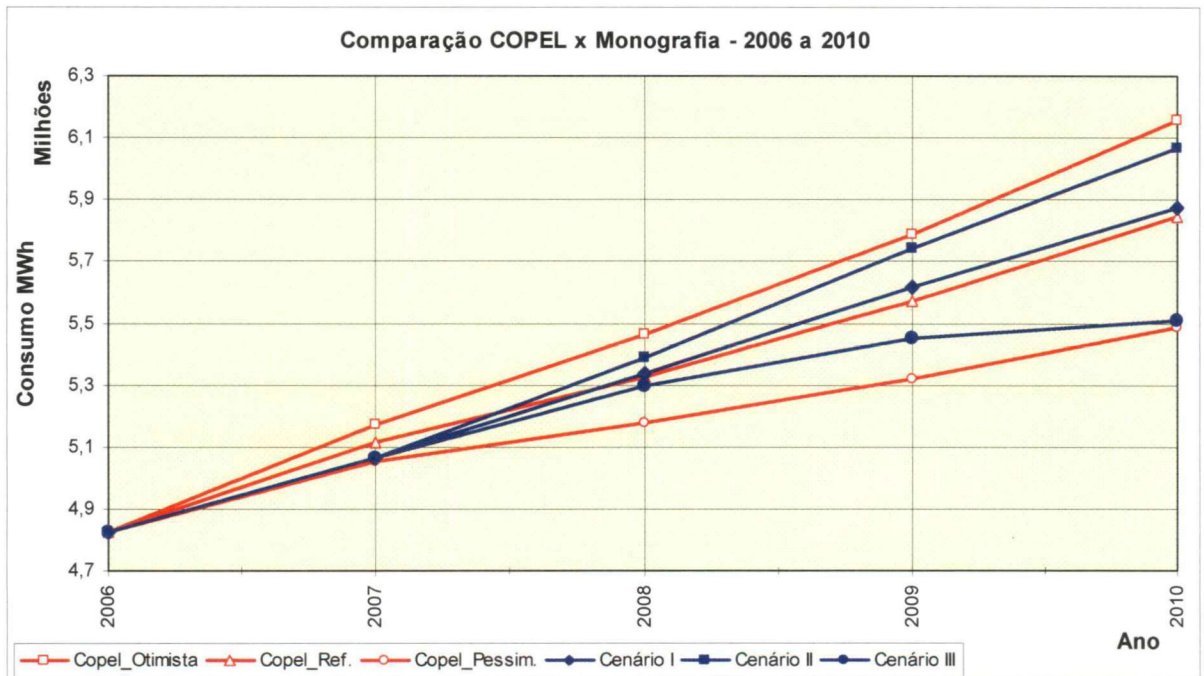
FONTE	CENÁRIOS	2010/2006
Monografia	I	21,7%
	II	25,8%
	III	14,2%
COPEL*	Referência	21,1%
	Otimista	27,5%
	Pessimista	13,7%

Fonte: Autor

* - O cenário otimista é considerado aquele com crescimento econômico, enquanto o pessimista seria de baixo, ou nenhum, crescimento econômico, o cenário de referência é considerado pela COPEL, como o cenário econômico, de mais provável ocorrência.

O gráfico abaixo mostra as previsões para o consumo COPEL e desta monografia no período 2006 a 2010, onde se pode notar a semelhança bastante grande entre os resultados encontrados:

GRÁFICO 3.5 – COMPARAÇÃO COM OS CONSUMOS PREVISTOS PELA COPEL – (2006-2010)



Fonte: Autor e *software excel*

Não foi informado pela COPEL em que bases foram estabelecidos os seus três cenários, porém de uma forma simplificada poderemos compará-los com os desta monografia apenas como efeito didático.

Na comparação entre os cenários, as previsões ficaram bastante próximas às aquelas elaboradas pela COPEL. O Cenário de Referência da COPEL se compara ao Cenário I, enquanto que o Cenário otimista se compara ao Cenário II e o Cenário Pessimista está bastante próximo das previsões do Cenário III.

A diferença final e de maior interesse seria a comparação dos resultados obtidos para o Cenário I e o Cenário de Referência da COPEL, em quatro anos. A pequena diferença obtida da ordem de 0,6% representa a consistência dos valores obtidos no modelo utilizado nesta monografia, levando em consideração a representação pelo vetor autoregressivo (VAR) sob a representação de um mecanismo de correção de erros (VEC).

Se comparados os Cenários II e III com o Cenário I, as diferenças no final de quatro anos se mostrou a seguinte:

TABELA 3.23 – COMPARAÇÃO COM O CENÁRIO DE REFERÊNCIA DA COPEL, COMPARAÇÃO DO ANO 2010 EM RELAÇÃO A 2006

ANO	CENÁRIO II – CENÁRIO I(%)	CENÁRIO III – CENÁRIO I(%)
2010/2006	+4,1%	-7,5%

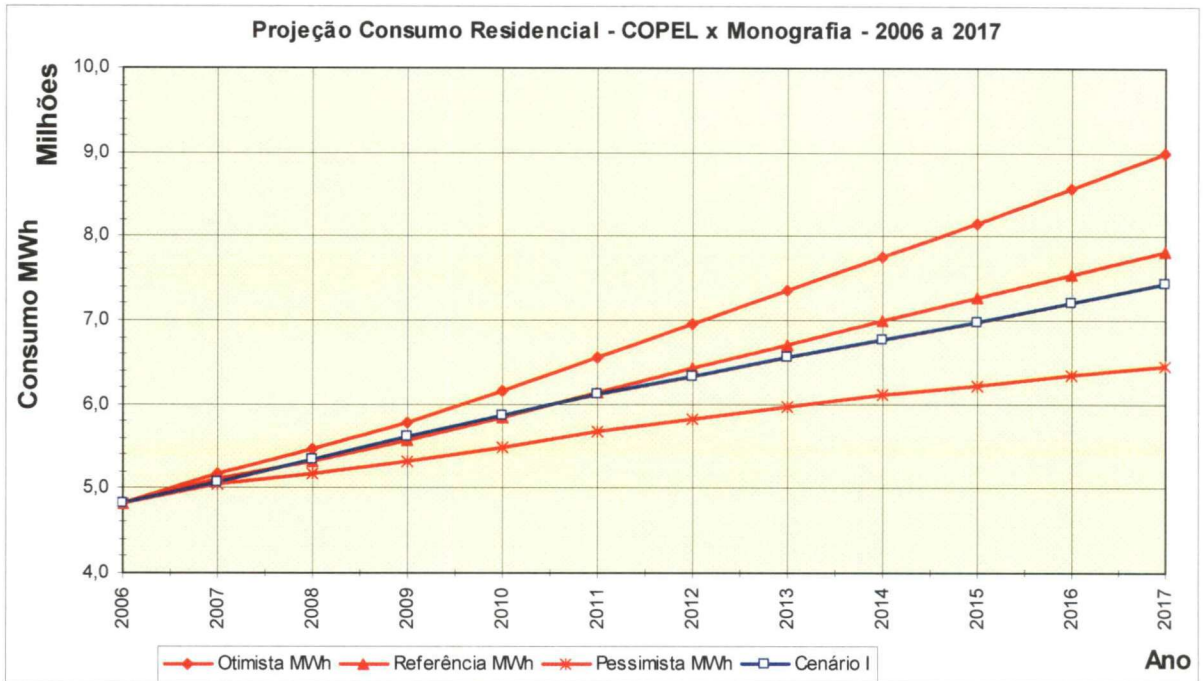
Fonte: Autor

Estes resultados mostram a grande influência dos parâmetros para a obtenção da regressão econométrica, que por sua vez mostra a necessidade de uma avaliação bastante crítica para a previsão das variáveis, no caso específico, a tarifa, a renda do consumidor e o preço dos eletrodomésticos, pois a análise incorreta do comportamento destas variáveis poderá levar a valores muito díspares da realidade futura.

Tendo em vista que as empresas devem apresentar a sua previsão de demanda de energia elétrica para 10 (dez) anos à frente do ano atual como parte do seu planejamento e do planejamento do sistema elétrico nacional, visando a elaboração do Plano Decenal de Expansão do Sistema Elétrico pela EPE, buscou-se prever o consumo de energia elétrica residencial para o Cenário I, no período 2007 a 2017, e compará-lo com os cenários estimados pela COPEL no mesmo período.

O Resultado obtido foi bastante significativo, conforme pode ser observado no gráfico 3.6 abaixo:

GRÁFICO 3.6 – COMPARAÇÃO DO CENÁRIO I COM OS CENÁRIOS DA COPEL - 2006-2017



Fonte: Autor e *software excel*

Os resultados obtidos mostram que a previsão é bastante consistente mesmo considerando um período maior. No ano de 2017 o valor estimado é de 7.446.204 MWh, contra um consumo previsto para o cenário de Referência da COPEL de 7.820.147 MWh, ou seja, além de permanecer entre o intervalo dos cenários pessimista e otimista da COPEL, a diferença com o cenário de Referência foi de apenas -4,8% no final do período.

4 CONCLUSÃO

Esta monografia procurou apresentar uma estimativa para o consumo de energia elétrica da classe residencial no Paraná, mais especificamente na área de concessão da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, procurando contribuir com um estudo acadêmico, sobre o comportamento desse consumo ou demanda, uma vez que não foi encontrado na literatura outro trabalho de natureza semelhante envolvendo o Paraná ou a COPEL.

Por se tratar de um estudo acadêmico em nível de graduação o mesmo não esgotou as diversas alternativas e ferramentas encontradas na literatura econométrica.

Basicamente o que se buscou foi compreender o comportamento do consumidor de energia elétrica residencial, estabelecido na área de concessão da COPEL, utilizando-se de simulações econométricas, visando estabelecer parâmetros para a análise desse comportamento, considerando as variáveis: tarifa, renda do consumidor, preço dos eletrodomésticos e o número de unidades residenciais atendidas.

Para a análise econométrica foi descartada a variável que representa o número de consumidores residenciais, pois com a sua utilização ocorreram problemas de multicolinearidade entre esta variável e as variáveis do consumo de energia elétrica residencial e da renda *per capita*, por estas já incorporarem de alguma forma o número de consumidores, que é um sub-grupo da população e do crescimento populacional.

Os métodos econométricos adotados visaram, portanto, a obtenção das elasticidades-preço, renda e preço dos eletrodomésticos.

Os métodos adotados para a determinação da regressão econométrica foram o MQO, MQ2E e VAR/VEC, sendo este também o método escolhido para a previsão de consumo da energia elétrica residencial.

Por se tratar de séries temporais não-estacionárias com variáveis co-integradas, os modelos MQO e MQ2E foram descartados, passando-se a considerar apenas o método de Vetor Autoregressivo, com a equação de co-integração e mecanismo de correção de erros, para a análise tanto no longo prazo, como no curto prazo.

A utilização das três variáveis: tarifa, renda e do estoque de eletrodomésticos serve para captar, não só o efeito direto sobre o consumo de energia elétrica, mas também o efeito indireto da renda através da quantidade de eletrodomésticos, que podem ser adquiridos com uma renda maior, por exemplo.

Depois de encontrada a equação que melhor representasse a regressão econométrica para o consumo de energia elétrica, pode-se constatar a validade desta, pela validação dos parâmetros estimados através da análise comparativa entre o consumo residencial de energia real e aquele estimado.

Na parte final da monografia, foi realizado um trabalho de projeção das quantidades demandadas (consumidas) de energia de 2007 a 2010, avaliando-se para três cenários diferentes de tarifa, renda e preço dos eletrodomésticos, o comportamento do consumo projetado. Os resultados foram bastante satisfatórios.

Adicionalmente, foi estimada uma previsão para o período de 2007 a 2017 encontrando-se também resultados satisfatórios.

O que ficou evidenciado foi o comportamento das duas principais variáveis explanatórias tarifa e renda. Constatou-se que o aumento da renda e a manutenção ou a redução da tarifa, devido à reajustes abaixo da inflação, se combinadas simultaneamente, poderão exigir investimentos adicionais aos previstos, em um prazo não muito distante.

Cabe lembrar que existem diversas outras variáveis como o valor dos juros, o clima, o crédito ao consumidor, etc, que afetam a quantidade de energia elétrica consumida nas residências e poderão ser considerados em estudos posteriores sobre o assunto.

Por outro lado o estudo conduzido por CASTELAR (2006), considera o fato de ter existido uma variável exógena que teve grande influência no comportamento do consumidor, que foi o racionamento de energia elétrica havido em 2001, porém não foi considerado na análise econométrica desta monografia, mas que também poderá ser avaliado em estudos posteriores.

Os valores encontrados para a elasticidade-renda e elasticidade-preço tanto de curto como de longo prazo, não apresentaram consistência com os valores encontrados pela maioria dos autores citados nesta monografia, porém, também, os resultados encontrados por estes diversos autores não têm sido unânimes, havendo divergências bastante sensíveis entre os resultados apresentados nos diversos trabalhos.

Embora os resultados das diversas estimações não sejam diretamente comparáveis devido às especificidades de cada modelo, tanto em termos das variáveis utilizadas como das hipóteses e períodos considerados, podemos notar que em termos das grandezas os valores encontrados nesta monografia estão de acordo com a teoria econômica tanto em magnitude como nos sinais esperados.

Além disso, as estimativas se mostraram estatisticamente significativas e os modelos apresentaram bom poder de explicação, conforme se verificou,

principalmente, pelos altos valores de R^2 , da validação pelos testes t e F, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica – **Tarifas de Fornecimento de Energia** – Cadernos temáticos da ANEEL, Brasília – DF, Abril 2005

BERNDT, ERNST R. **The practices of econometrics classic and contemporary**. United States of America: Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1991.

BRAGA, J. M. **A Modelagem da Demanda Residencial de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia elétrica. **O Setor Elétrico Brasileiro**. Disponível em: <[http://www.ccee.org.br/ Home](http://www.ccee.org.br/Home) » A CCEE » O Setor Elétrico Brasileiro > Acesso em: 1º Novembro de 2007.

CASTELAR, IVAN; SIQUEIRA, MARCELO LETTIERI; CORDEIRO Jr; HERBERT DE HOLLANDA; **Demanda por energia elétrica no Nordeste brasileiro após o racionamento de 2001-2002: previsões de longo prazo**. Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro. Recife – PE, Pesquisa e Planejamento Econômico – PPE, V. 36, nº 1, Abril/2006.

COPEL. **Relatório Estatístico Anual - 1980 a 2006**.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Sócio-Econômicos. **Boletim número 206** – julho de 1998.

ELETROBRÁS. CGPS – **Plano Decenal de Expansão 2006-2015**, Março 2006. Disponível em: <http://www.eletrabras.gov.br/EM_Biblioteca/Publicacoes.asp> Acesso em: 30 abril 2006(a).

ELETROBRÁS. **História da Eletrobrás**. Disponível em: <http://www.eletrabras.gov.br/EM_Biblioteca/Publicacoes.asp> Acesso em: 30 abril 2006(b).

ELETRONUCLEAR. Sítio Disponível em: < http://www.eletronuclear.gov.br/perguntas_respostas/perguntas_respostas.php?id_categoria=4&id_subcategoria=24> Acesso em: 05 Setembro 2007.

GIAMBIAGI, F.; VILELLA, A., CASTRO, LAVÍNIA BARROS DE; HERMANN, J. **Economia Brasileira Contemporânea (1945/2004)**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2005, 425p.

GUJARATI, DAMODAR N.. **Econometria Básica**. Rio de Janeiro - Brasil: Editoras Campus e Elsevier, 2006.

JACOB, M. Z. **Análise comparativa entre inflação e desemprego no período 1980 a 2002 no Brasil: um ensaio da curva da PHILLIPS.** Curitiba, 2005. Monografia do Curso de Ciências Econômicas da UFPr.

LIMA, J. E., MATTOS, L. B. **Demanda de energia elétrica em Minas Gerais: 1970-2002.** Belo Horizonte, 2005. Revista do Dpto de Ciências Econômicas da UFMG, v. 15, n. 03.

LOBÃO, W. J., ANDRADE, T. A.; **A Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil.** Rio de Janeiro, 1997. Texto para discussão n. 489 do IPEA.

MARSHALL, A. **Princípios de Economia (Vol. I e II).** São Paulo: Editora Nova Cultura, Coleção Os Economistas, 1988.

MATTOS, L. B. de, **Uma estimativa da demanda industrial de energia elétrica no Brasil: 1974-2002.** In: Organ. rurais agroin., Lavras, v. 7, n. 2, pp. 238-246, Viçosa - MG, 2005.

MAUAD, FREDERICO FÁBIO; PREFEITO, LUIZ FERNANDO BIAZETTI. **Aspectos jurídicos da privatização do setor elétrico brasileiro.** 7º Congresso da Água. Lisboa - Portugal. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos - APRH. Março de 2004.

MAYER, R. W. **Uma análise econométrica sobre as variáveis que influenciam o salário.** Curitiba, 2005. Monografia do Curso de Ciências Econômicas da UFPr.

MME. Ministério das Minas e Energia – **Plano Decenal de Expansão 2006-2015,** Março 2006. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>> Acesso em: 10 setembro 2007.

MODIANO, E. M., **Elasticidade renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil.** Rio de Janeiro, maio 1984. Dept. de economia da PUC. Texto para Discussão n. 68.

PINDYCK, R. S.; RUBINFEL, D. L. **Microeconomia.** 5. edição. São Paulo: Prentice Hall, 2002

PIRES, J. C. L.; GIAMBIAGI, F.; SALES, A. F. **As perspectivas do setor elétrico após o racionamento.** Rio de Janeiro, dez/2002. Revista do BNDES, v. 9, n. 18, pp. 163-204.

SARTORIS, A. **Estatística e Introdução à Econometria.** São Paulo: Editora Saraiva, 2003.

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. **Estimações e previsões da demanda por energia elétrica no Brasil.** Rio de Janeiro, Julho/2002. Secretaria de Acompanhamento Econômico – SEAE. Documento de trabalho n. 16

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. **Demanda por energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro, Revista RBE de janeiro a março/2004.

WANNACOTT, P. ; WANNACOTT, R. **Introdução à Economia**. São Paulo: McGraw Hill, 1985.

VELASCO JR, L. **A economia política das políticas públicas: as privatizações e a reforma do Estado**. Rio de Janeiro, 1997. Texto para discussão n. 55 do BNDES.