



# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

## **“MODELAGEM DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NA CIDADE DO RECIFE: O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO PARA POLÍTICAS DE EFICIENTIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA”**

**TESE SUBMETIDA À UFPE PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR  
EM ENGENHARIA**

**POR**

**METHODIO VAREJÃO DE GODOY**

**Orientador: ABRAHAM BENZAQUEM SICSÚ, DSc**

**RECIFE, ABRIL/ 2006**

**G589m** Godoy, Methodio Varejão de  
Modelagem do consumo de energia elétrica residencial na cidade do Recife: o processo de tomada de decisão para políticas de efficientização de energia elétrica / Methodio Varejão de Godoy. - Recife: O Autor, 2006.  
xviii, 160 f., il., gráfs., figs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Dpto. de Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP, 2006.

Inclui referências bibliográficas e anexo.

1. Engenharia de Produção. 2. Energia elétrica - consumo. 3. Conservação de energia. I. Título.

**658 CDD (22. ed.)**

**BCTG/2006-30**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA**  
**DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE**

**METHODIO VAREJÃO DE GODOY**

***“Modelagem de Consumo de Energia Elétrica Residencial na  
Cidade do Recife: O Processo de Tomada de Decisão para Políticas de  
Eficientização de Energia Elétrica”.***

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL**

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato **METHODIO VAREJÃO DE GODOY APROVADO.**

Recife, 07 de abril de 2006.

Prof. ABRAHAM BENZAQUEN SICSÚ, Doutor (UFPE)

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

Prof. FERNANDO MENEZES CAMPELLO DE SOUZA, PhD (UFPE)

Prof. ALCIDES CODECEIRA NETO, PhD (UPE)

Prof. MARCOS PEREIRA ESTÉLLITA LINS, Doutor (UFRJ)

Prof. ADRIANO BATISTA DIAS, PhD (FUNDAJ)

*“O que não se mede, não se administra, o que não é mensurável  
faça-o mensurável.”*

Galileu Galilei

*“Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho,  
mas não vai sozinho, nem nos deixa só.”*

Antoine-Marie-Roger de Saint-Exupéry

A minha amada esposa Marinella.  
Aos meus filhos Methodio e Leonardo.  
Ao meu pai Antonio Godoy, ao meu irmão Antônio Varejão e  
à memória da minha inesquecível mãe Raquel.

## AGRADECIMENTOS

A missão de concluir um Doutorado é uma experiência de vida que, além de consumir uma grande quantidade de horas de pesquisa e estudo, produz um grande amadurecimento pessoal e profissional. Numa missão de tamanha envergadura, é importante registrar os créditos e méritos.

A DEUS, por toda energia, saúde e segurança que há muito me proporciona.

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Abraham Benzaquem Sicsú, por sua amizade, apoio e orientação sem os quais nada teria acontecido. A ele minha eterna gratidão.

Aos meus amigos e professores Dr. Fernando Campello e Dr. Adiel Almeida, por todo o apoio e orientação, minha gratidão.

A minha esposa Marinella e aos meus filhos Methodio e Leonardo, pelo amor, carinho, compreensão e apoio durante a execução deste trabalho.

Ao meu pai, Antonio Godoy e meu irmão Antônio Varejão, com quem pude contar em todos os momentos.

Aos colegas Marcos Pereira Estelita Lins e Angela Cristina Moreira da Silva, pelo apoio e orientação em toda fase inicial deste trabalho.

Aos colegas Murilo Sérgio Lucena Pinto, Fernando Alves e Marcelo José de Albuquerque Maia, que com sua colaboração tornaram possível a realização deste trabalho.

À secretaria do PPGEP e a todos os profissionais que fazem o programa, em especial a Ivany, pelo apoio dispensado.

A todos os amigos que em algum momento e de alguma forma contribuíam para a concretização deste sonho, meu muito obrigado.

## RESUMO

Esta tese tem por objetivo obter um modelo para a demanda de energia elétrica de consumidores residenciais da cidade do Recife, visando avaliar o impacto de políticas de eficiência a serem adotadas no consumo de energia elétrica do setor residencial da cidade do Recife, utilizando as técnicas de “Análise Condicionada da Demanda” (CDA) e a estrutura de preferência desses consumidores. Essa modelagem foi obtida a partir da base de dados de uma pesquisa de campo patrocinada pelo CNPq, pesquisa realizada entre maio e julho de 2003, numa amostra de 600 consumidores residenciais da cidade do Recife.

Dentre os resultados obtidos, destaca-se que o consumo residencial da cidade do Recife pode ser explicado essencialmente pelo consumo de iluminação, refrigeradores, ventiladores, televisores, ares condicionados e chuveiros elétricos, existindo amplas possibilidades de se adotarem políticas públicas no sentido de reduzir investimentos em oferta de energia.

O conhecimento da preferência dos consumidores e o modelo obtido tornam possível a escolha de alternativas para se atingirem metas de racionamento de energia que minimizem os inconvenientes que medidas dessa natureza causam à população de uma cidade como o Recife.

Palavras-chave:

1. Consumo de energia elétrica residencial.
2. Estratégias de políticas de uso de energia.
3. Uso eficiente de energia.
4. Análise condicionada de demanda.

## ABSTRACT

This work has the objective to get a model for the demand of electric energy of residential consumers of the city of Recife being aimed at to evaluate the impact of conservation politics to be adopted in the consumption of electric energy of the residential sector of the city of Recife using the techniques of "Conditional Demand Analysis" (CDA) and the structure of preference of these consumers.

This modeling was gotten from the database of a research of field sponsored for the CNPq. This research was carried through between May and July of 2003 in a sample of 600 residential consumers of the city of Recife. This model consists in an important tool for the decision process that involves the evaluation of the impact of if adopting measures of rationalization and rationing of energy in the universe of the residential consumers of the city of Recife.

Among the results of this work can be detached that the residential consumption of the city of Recife can be explained essentially by the illumination consumption, fridges, fans, television sets, conditional air and electric showers, existing ample possibilities to adopt public politics in the direction to reduce investments in its offers of energy. The knowledge of the preference of the consumers and the studied model become possible to choose alternatives to reach goals of energy rationing minimizing the inconveniences that measures of this nature could be cause on the population of a city as Recife.

Keywords:

1. Electricity residential consumption.
2. Energy conservation.
3. Energy conservation.
4. Conditional demand analysis

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. APRESENTAÇÃO.....	1
1.2. CONTEXTO DO PROBLEMA .....	1
1.3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.4. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO .....	9
1.5. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS DO TRABALHO.....	11
1.6. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	11
2. A PESQUISA TEÓRICA E A METODOLOGIA .....	13
2.1. INTRODUÇÃO.....	13
2.2. PRIMÓRDIOS DO USO EFICIENTE DE ENERGIA ELÈTRICA NO MUNDO VOLTADO PARA O CONSUMIDOR RESIDENCIAL .....	13
2.3. A REFORMA DO SETOR ELÉTRICO E O USO EFICIENTE DE ENERGIA NO MUNDO .....	20
2.4. PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS .....	26
2.5. EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL.....	32
2.6. REFORMA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.....	42
2.7. A CRISE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL EM 2001 E 2002 .....	52
2.8. USO EFICIENTE DE ENERGIA NO BRASIL ANTES DA REFORMA DO SETOR ELÉTRICO .....	60
2.9. USO EFICIENTE DE ENERGIA NO BRASIL APÓS A REFORMA DO SETOR ELÉTRICO.....	65
2.10. ESTADO DA ARTE DA ANÁLISE CONDICIONADA DA DEMANDA.....	89
2.11. RECUPERANDO OS PRINCIPAIS CONCEITOS PARA A MODELAGEM... 94	
3. MODELAGEM DO CONSUMO RESIDENCIAL POR USO FINAL.....	97
3.1. INTRODUÇÃO.....	97
3.2. PESQUISA DE POSSE, HÁBITOS, USO E HÁBITOS DE CONSUMO .....	102
3.3. MODELAGEM USANDO ANÁLISE CONDICIONADA DA DEMANDA ...	106
3.4. ELABORAÇÃO DA CURVA DE CARGA DO SETOR RESIDENCIAL .....	116

4. AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIENTIZAÇÃO E RACIONAMENTO .....	124
4.1. EFICIENTIZAÇÃO DE ENERGIA .....	124
4.2. IMPACTO DE MEDIDAS DE EFICIENTIZAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	125
4.3. IMPACTO DE MEDIDAS DE EFICIENTIZAÇÃO NO PICO DE DEMANDA RESIDENCIAL .....	126
4.4. RACIONAMENTO DE ENERGIA .....	128
4.5. PREFERÊNCIAS DO CONSUMIDOR .....	132
4.6. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE RACIONAMENTO .....	133
5. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES .....	136
5.1. CONCLUSÕES .....	136
5.2. LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	138
5.3. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	138
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	140
ANEXO I - PESQUISA DE POSSE E HÁBITOS DE CONSUMO.....	146

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- 1 : Evolução do PIB, do consumo de energia e do consumo de energia elétrica. ....	2
Figura 1- 2 : Índice de exclusão elétrica rural .....	6
Figura 1- 3 : Evolução do consumo de energia elétrica no Brasil.....	6
Figura 1- 4 : Estratificação do consumo entre classes de consumidores em 2004.....	7
Figura 2- 1 – Estratégias de mudanças na curva de carga por programas de GLD.....	21
Figura 2- 2 : Processo de implantação do Planejamento Integrado de Recursos .....	28
Figura 2- 3 : Investimentos no setor elétrico de 1980 a 2002.....	47
Figura 2- 4 : Termelétricas planejadas para o Programa Prioritário de Térmicas.....	48
Figura 2- 5 : Consumo de energia versus capacidade instalada de geração .....	50
Figura 2- 6 : Evolução da energia afluyente na Região Nordeste .....	50
Figura 2- 7 : Evolução da energia afluyente na Região Sudeste .....	51
Figura 2- 8 : Evolução do nível da disponibilidade de energia na Região Nordeste.....	51
Figura 2- 9 : Estrutura de consumo de energia elétrica residencial no Brasil .....	85
Figura 2- 10 : Método de engenharia para desagregação do consumo por uso final .....	90
Figura 2- 11 : Estrutura do modelo ERAD de estimação do consumo por uso final .....	92
Figura 3- 1 : Evolução do consumo residencial no Brasil.....	98
Figura 3- 2: Variação mensal do consumo residencial no Brasil .....	99
Figura 3- 3 : Consumo de energia por classe na cidade do Recife.....	100
Figura 3- 4 : Evolução do consumo residencial na cidade de Recife .....	100
Figura 3- 5: Variação do consumo residencial na cidade de Recife ao longo do ano .....	101
Figura 3- 6 : Evolução do consumo de energia elétrica mensal na cidade de Recife.....	101
Figura 3- 7 : Estimativa do índice de operação para o ar condicionado.....	119
Figura 3- 8 : Curva típica de demanda de um refrigerador num domicílio .....	120
Figura 3- 9 : Estimativa do índice de operação para o televisor.....	120
Figura 3- 10 : Estimativa do índice de operação para o equipamento de som .....	121
Figura 3- 11 : Estimativa do índice de operação para o chuveiro .....	121
Figura 3- 12 : Estimativa do índice de operação para o forno de microondas .....	122

Figura 3- 13 : Estimativa do índice de operação para a lavadora de roupa.....	122
Figura 3- 14 : Curva de carga do consumo residencial na cidade de Recife.....	123
Figura 4- 1 : Evolução da relação entre a capacidade de geração e o consumo no Brasil. ....	130

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 – POPULAÇÃO E AMOSTRA DE PESQUISA PROCEL 1988 .....	79
Tabela 2. 2 – PERCENTUAL DE POSSE DE EQUIPAMENTOS 1988 .....	81
Tabela 2. 3 – PERCENTUAL DE POSSE DE EQUIPAMENTOS NO NORDESTE 1988...	83
Tabela 3. 1 – QUANTIDADE DE AMOSTRAS POR FAIXA DE CONSUMO .....	102
Tabela 3. 2 – POSSE DE EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA .....	103
Tabela 3. 3 - POSSE DE EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA .....	105
Tabela 3. 4 – MODELOS 1 E 2 PARA A DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL DA CIDADE DO RECIFE .....	112
Tabela 3. 5 – MODELOS 3 E 4 PARA A DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL DA CIDADE DO RECIFE .....	113
Tabela 3. 6 – MODELOS 5 E 6 PARA A DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL DA CIDADE DO RECIFE .....	114
Tabela 3. 7 – FATOR DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....	117
Tabela 4. 1 – INTERESSE DE REDUÇÃO DA DEMANDA NA PONTA DE CARGA....	127
Tabela 4. 2 - METAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO RACIONAMENTO 1987/1988 ...	129
Tabela 4. 3 - PREFERÊNCIAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO POR SERVIÇO .....	133

## GLOSSÁRIO DE SIGLAS

ABRADEE -	Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica
ABRAGE -	Associação Brasileira das Geradoras de Energia Elétrica
ACL -	Ambiente de Contratação Livre
ACR -	Ambiente de Contratação Regulado
AM -	Acordo de Mercado
ANEEL -	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP -	Agência Nacional de Petróleo
BID -	Banco Inter-Americano de Desenvolvimento
BNDES -	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
BPA -	Bonneville Power Administration
CBEE -	Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial
CCEE -	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCON -	Comitê de Coordenação de Operação do Norte e Nordeste
CDA -	Análise Condicionada da Demanda (“ <i>Conditional Demand Analysis</i> ”)
CE -	Comunidade Européia
CEAL -	Companhia Energética de Alagoas
CEB -	Companhia Energética de Brasília
CELPE -	Companhia Energética de Pernambuco
CEMAR -	Companhia Energética do Maranhão
CEPEL -	Centro de Pesquisas em Energia Elétrica
CEPISA -	Companhia Energética do Piauí
CERJ -	Companhia de Eletricidade do Estado do Rio de Janeiro
CGTEE -	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
CHESF -	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CMSE -	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNAEE -	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
CNC -	Confederação Nacional do Comércio
CNI -	Confederação Nacional da Indústria
CNPE -	Conselho Nacional de Política Energética
CODI -	Comitê de Distribuição
COELBA -	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COELCE -	Companhia Energética do Ceará
CONESP -	Comissão de Nacionalização das Empresas Concessionárias de Serviços Públicos
COPEL -	Companhia Paranaense de Energia
COSERN -	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CRC -	Conta de Resultado a Compensar
DOE -	Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (U.S. Department of Energy)
DSM -	Demand-Side Management (DSM)
EGTD -	Energia Garantida por Tempo Determinado
ELETROBRÁS -	Centrais Elétricas Brasileiras
ELETRONORTE -	Centrais Elétricas do Norte do País
ELETROSUL -	Centrais Elétricas do Sul do País
ENERGIPE -	Empresa Energética de Sergipe
EPE -	Empresa de Pesquisa Energética
EPRI -	Electric Power Research Institute
ESCELSA -	Espírito Santo Centrais Elétricas
FINEL -	Fundo de Investimentos da ELETROBRÁS
FMI -	Fundo Monetário Internacional
FND -	Fundo Nacional de Desestatização
GCE -	Câmara de Gestão da Crise

GCCE -	Grupo Coordenador de Conservação de Energia
GLD -	Gerência pelo Lado da Demanda
IDAE -	Institute for Energy Diversification and Savings
IEA -	International Energy Agency
IFC -	International Finance Corporation
INDEEP -	International Database on Energy Efficiency Programs
INEE -	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMETRO -	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPT -	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IUEE -	Imposto Único de Energia Elétrica
LFC -	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
MAE -	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MIC -	Ministério de Indústria e Comércio
MDL -	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME -	Ministério de Minas e Energia
MRE -	Mecanismo de Realocação de Energia
NUTEK -	Ministério de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial da Suécia
PDE -	Plano Decenal de Expansão
PELP -	Plano de Expansão de Longo Prazo
PME -	Programa de Mobilização Energética
PPT -	Programa Prioritário de Termelétricas
OCDE -	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
ONS -	Operador Nacional de Sistema
ONU -	Organização das Nações Unidas
PIB -	Produto Interno Bruto
PIR -	Planejamento Integrado de Recursos
PND -	Programa Nacional de Desestatização.

PROCECON -	Programa de Conservação de Energia nas Concessionárias
PROCEL -	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROENERGIA -	Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso da Energia Elétrica
PRS -	Plano de Recuperação Setorial
RESEB -	Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
RGR -	Reserva Global de Reversão
RGG -	Reserva Global de Garantia
ROL -	Receita Operacional Líquida
SAELPA -	Sociedade Anônima de Eletrificação da Paraíba
SIN -	Sistema Interligado Nacional
SINTREL -	Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica
UNCED -	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (United Nations Conference on Environment and Development)
USAID -	United States Agency for International Development
WRI -	World Resources Institute

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 APRESENTAÇÃO**

A decisão de investir em políticas de racionalização do consumo de energia elétrica e em eficiência energética tem sido objeto, nos últimos vinte anos, de inúmeras discussões, principalmente pela dificuldade de se quantificar os benefícios advindos de um possível investimento. Entretanto, um ponto nesse processo decisório é objeto de consenso na literatura: nenhum investimento em racionalização do consumo de energia elétrica será satisfatório e atenderá às expectativas da sociedade, uma vez que a energia, que não é inesgotável, apresenta impactos ambientais e representa qualidade de vida para a nossa e para as próximas gerações que ainda estão por vir.

### **1.2 CONTEXTO DO PROBLEMA**

A principal contribuição desta tese é apresentar um modelo que permita desagregar o consumo residencial de energia elétrica na cidade do Recife nos diferentes usos finais, adotando uma metodologia de Análise Condicionada de Demanda (CDA). Esse modelo é uma ferramenta adequada para todo o processo decisório abrangendo medidas e políticas, tanto de racionalização como de racionamento de energia envolvendo os consumidores residenciais.

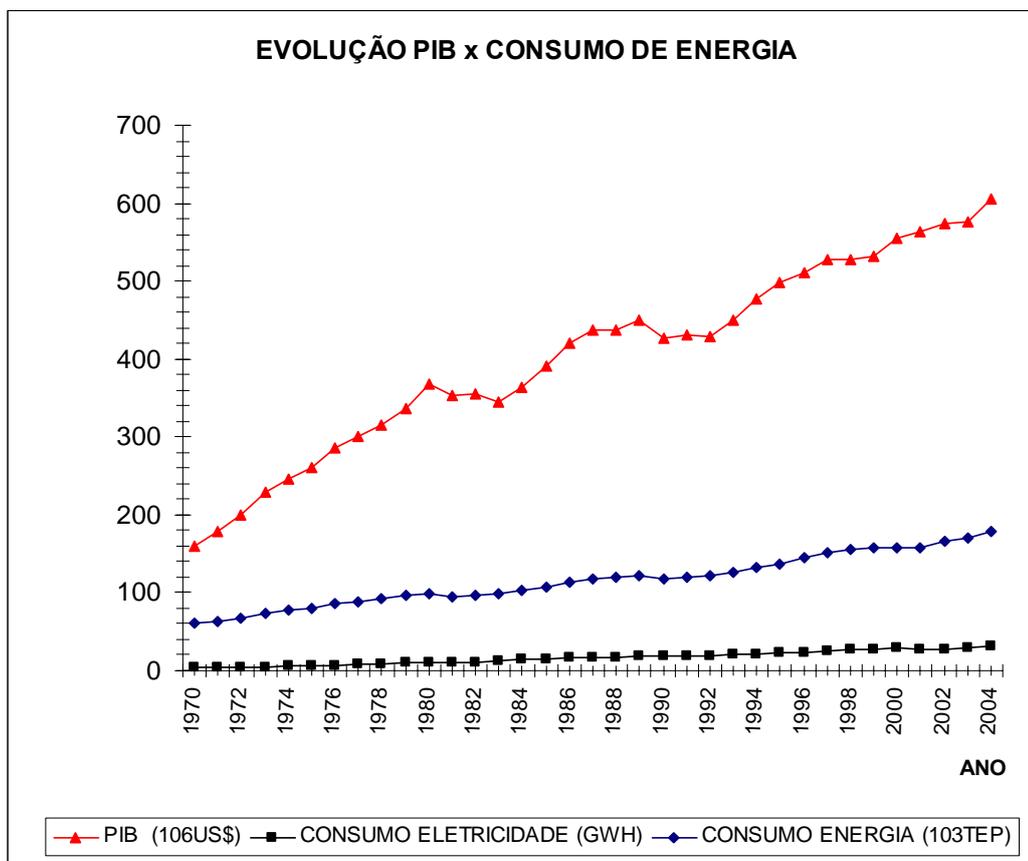
A energia elétrica desempenha um papel fundamental na vida humana; proporciona oportunidades e alternativas, tanto para a comunidade como para o indivíduo. Sem uma fonte de energia confiável e de custo aceitável, a economia de uma dada região não pode desenvolver-se plenamente.

Desde meados do século XIX, quando a Revolução Industrial se expande da Inglaterra para outros países, o uso da energia e a expansão da economia sempre foram considerados fortemente vinculados, tendo em vista que o crescimento econômico necessitava de um aumento contínuo de energia. Essa premissa sempre foi um grande problema para países em desenvolvimento, como o Brasil, pelos pesados investimentos que tal fato exigia na direção da oferta de energia.

Ainda que, com a crise do petróleo nos anos 80, o mundo tenha acordado para a necessidade de desvincular o crescimento econômico do consumo de energia e estimulado a inves-

tir na melhoria da eficiência do uso de energia para retardar investimentos, o fato é que, a despeito da redução do consumo de energia global, o consumo de energia elétrica continuou a crescer de forma significativa.

A Figura 1- 1 apresenta a situação brasileira a partir de dados do BOLETIM ENERGÉTICO NACIONAL DE 2004 (BEN, 2004), que mostra a forte interdependência entre o crescimento econômico e o consumo de energia. Essa interdependência, no caso brasileiro, é maior com a energia elétrica, sendo importante destacar que ainda existe hoje significativa parcela da população brasileira sem acesso à energia elétrica.



**Figura 1- 1 : Evolução do PIB, do consumo de energia e do consumo de energia elétrica.**

**Fonte: BEN 2004**

Reconhecidamente, o setor energético produz impactos ambientais em toda a sua cadeia de desenvolvimento, desde a captura de recursos naturais para seus processos de produção até seus usos finais.

Dentre os problemas ambientais discutidos atualmente, a energia tem participação significativa nos principais, como a poluição do ar urbano, a chuva ácida e o efeito estufa. A poluição do ar urbano tem como uma de suas principais causas o transporte e a produção industrial, ambas largamente ligadas ao uso de energia.

A produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis é uma fonte de óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO) e partículas. As quantidades emitidas desses agentes poluidores vão depender das características específicas de cada usina e do tipo de combustível usado (gás natural, carvão, óleo, madeira, nuclear etc.).

Denomina-se chuva ácida ao efeito de poluição causado por reações ocorridas na atmosfera com o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), que levam à concentração de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) na chuva. Ao se depositarem nos solos, esses ácidos têm efeitos bastante negativos na vegetação e nos ecossistemas. A produção de energia a partir da fonte primária carvão mineral, por exemplo, é um dos grandes causadores da chuva ácida na Europa.

O efeito estufa e as mudanças climáticas devem-se à modificação da intensidade da radiação térmica emitida pela superfície da Terra devido ao aumento da concentração dos gases estufa na atmosfera. Acredita-se que esse aumento de concentração se deve principalmente a ações antropogênicas relacionadas com atividades industriais. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o mais significativo e preocupante dentre os gases emitidos por ações antropogênicas devido às quantidades emitidas e à longa duração de seus efeitos na atmosfera. Suas emissões estão principalmente ligadas ao uso de combustíveis fósseis.

As últimas décadas têm se caracterizado por drásticas mudanças nos paradigmas que orientam a organização da sociedade humana. Dentre esses novos paradigmas, destaca-se o do desenvolvimento sustentável. A questão do desenvolvimento sustentável não trata apenas da simples consideração da questão ambiental. Os problemas ambientais estão relacionados com os problemas da pobreza e de atendimento às necessidades básicas de alimentação, saúde e moradia, procurando preservar os recursos naturais de forma a garantir que as gerações futuras também tenham atendidas suas necessidades.

Em janeiro de 1992, na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), realizada no Rio de Janeiro, foram aprovados pelos 167 países presentes cinco acordos internacionais com o objetivo de modificar os sistemas antropogênicos em direção ao desenvolvimento sustentável: a Agenda 21, a Convenção do Clima, a Convenção da Biodiversidade, a Declaração do Rio e os Princípios sobre Florestas.

Desses acordos, a Convenção do Clima foi o de maior importância para a questão energética, por ter uma relação direta com o uso de combustíveis fósseis e com a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Nela estabeleceu-se como objetivo conseguir, por volta do ano 2000, estabilizar (nos níveis de 1990) as emissões de dióxido de carbono. Entretanto, a adesão a esse tratado foi voluntária e os países desenvolvidos se recusaram a aceitar as restrições de emissão.

Em dezembro de 1997, com a presença dos mesmos 167 países, em Kyoto, no Japão, realizou-se outra conferência internacional sobre o meio ambiente, onde foi elaborado e aprovado um documento que ficou conhecido como o “Protocolo de Kyoto”, que estabeleceu uma meta de redução de 5% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012. O Protocolo de Kyoto foi aberto para assinatura em 16 de março de 1998, e ficou estabelecido que deveria entrar em vigor 90 dias após a sua ratificação por, pelo menos, 55 países, incluindo os desenvolvidos que contabilizassem pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990. O Protocolo não estabeleceu nenhum limite obrigatório para as emissões dos países em desenvolvimento.

Com a assinatura da Rússia no final do ano passado, atingiu-se a cota de países que contabilizassem pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 e o Protocolo finalmente entrou em vigor em 16/2/2005.

Embora os Estados Unidos, país que é responsável por aproximadamente um terço das emissões totais do mundo, venha se negando a cumprir os termos do Protocolo de Kyoto, recentemente, ele juntamente com China, Austrália, Índia, Coréia do Sul e Japão assinaram um acordo com o objetivo de reduzir as emissões de gases dos países envolvidos e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, são os que menos contribuem para as mudanças climáticas, porém, como signatários, precisam manter a Organização das Nações Unidas (ONU) informada do seu nível de emissões.

No intuito de facilitar os países desenvolvidos a atingirem a meta de redução de emissões, foi criado um mecanismo de flexibilizações por meio das quais os países desenvolvidos podem comprar "créditos" não-usados daqueles países que "têm direito" a mais emissões do que o que normalmente geram. Essa alternativa ficou conhecida como Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), sendo a negociação de créditos de carbono sua forma transacional.

O crédito de carbono consiste em certificar reduções de emissões de gases de efeito estufa (GHG), que mediante um custo marginal de redução no Brasil possam compensar um possível custo de oportunidade nos países desenvolvidos.

Posteriormente, depois de muitas negociações, os países signatários do Protocolo podem ainda ganhar créditos por atividades que aumentem a sua capacidade de absorver carbono ou de reduzir o número de emissões, como o plantio de árvores, conservação do solo e projetos de racionalização de energia.

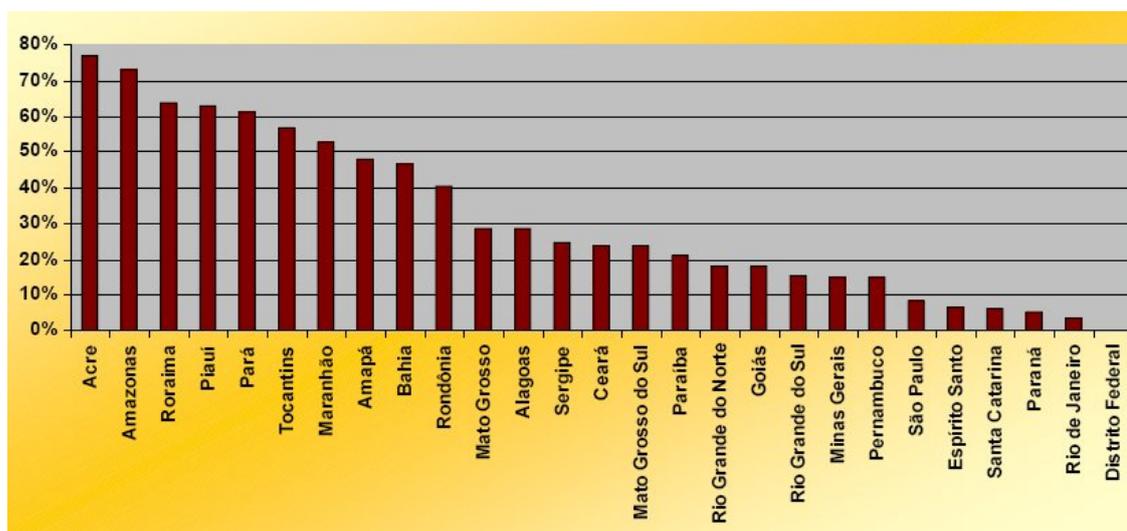
Dentre as soluções energéticas atualmente defendidas no conceito de desenvolvimento sustentável, destacam-se:

- A diminuição do uso de combustíveis fósseis (carvão, óleo, gás) na oferta de energia e um maior uso de tecnologias e combustíveis renováveis.
- O aumento da eficiência do setor energético desde a produção até o consumo.
- O estabelecimento de políticas energéticas para incentivar a eficiência, favorecer a formação de mercados para tecnologias ambientalmente benéficas e cobrar os custos ambientais de alternativas não-sustentáveis.

Independentemente das dificuldades em relação ao esgotamento das fontes primárias de energia e à questão do desenvolvimento sustentável, o consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo de forma significativa.

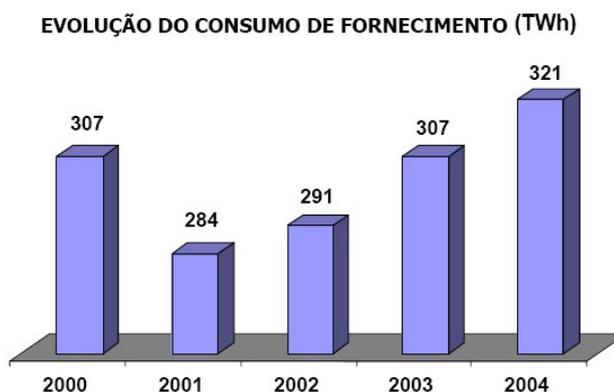
Adicionalmente, no Brasil ainda existem cerca de 2 milhões e quinhentos mil domicílios não atendidos pelo serviço regular de energia elétrica, sendo que 80% desse total nacional

(aproximadamente 10 milhões de brasileiros) vive no meio rural. A Figura 1- 2 apresenta a situação dos estados quanto ao nível de não-atendimento, sendo importante destacar que os estados da Região Norte, acrescidos de Piauí e Maranhão, apresentam os menores índices percentuais de eletrificação rural, enquanto a Bahia possui o maior número absoluto de excluídos. No sentido de reduzir esses elevados índices de exclusão elétrica, o Ministério de Minas e Energia (MME), por meio do Programa LUZ PARA TODOS, vem executando um conjunto de ações cujo objetivo é garantir o acesso ao serviço público e, conseqüentemente, ampliar a demanda de energia.



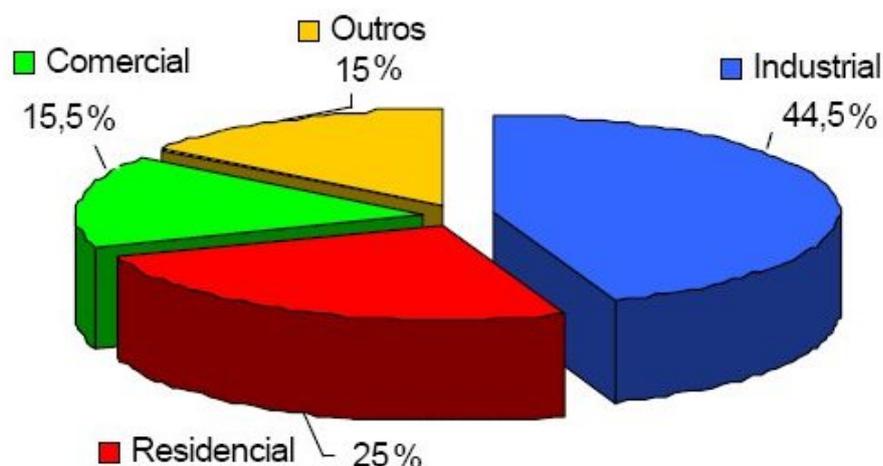
**Figura 1- 2 : Índice de exclusão elétrica rural**

**Fonte: PROGRAMA NACIONAL DE UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO E USO DA ENERGIA ELÉTRICA - MANUAL DE OPERACIONALIZAÇÃO VERSÃO 2.0. 2004**



**Figura 1- 3 : Evolução do consumo de energia elétrica no Brasil**

**Fonte: EPE, 2004**



**Figura 1- 4 : Estratificação do consumo entre classes de consumidores em 2004**

**FONTE : EPE, 2004**

A Figura 1- 3 apresenta a evolução do consumo de energia elétrica vendida pelas concessionárias nos últimos 5 anos, obtida da referência “O Mercado de Energia em 2004” (EPE, 2004), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em que é possível verificar que o consumo de energia elétrica em 2004, pela primeira vez desde o racionamento de 2001, superou o valor do consumo de energia em 2000 antes do racionamento, atingindo um total de 320,8 Twh.

A Figura 1- 4 apresenta a estratificação desse consumo entre as diferentes classes de consumidores. O consumo total de energia elétrica dos consumidores residenciais, em 2004, totalizou 78,5 Twh (25% do total), apresentando um crescimento de 3,0% em relação a 2003. No Brasil, a região Nordeste foi a que apresentou a maior taxa de crescimento registrada: 5,2%. Um fato importante a se registrar é que aproximadamente 10% da população do Nordeste ainda não tem acesso ao serviço regular de energia elétrica, o que evidencia a presença de uma significativa demanda reprimida.

### **1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

O consumo de energia elétrica residencial de uma dada região está intimamente ligado à posse, uso, hábitos e preferências de equipamentos de utilização de energia por parte da população. Esse consumo é significativamente afetado pela concessão de crédito para a aquisição de equipamentos de utilização, renda das famílias, programas de universalização do atendi-

mento elétrico da população, obsolescência, enfim, um conjunto de fatores que influem na dinâmica desse mercado.

Com a finalidade de obter uma modelagem adequada para reproduzir o consumo de energia elétrica dos consumidores residenciais na cidade do Recife, ele é desagregado por uso final (ou equipamento de utilização de energia), sendo usada uma metodologia de Análise Condicionada de Demanda (CDA), a partir da seguinte equação:

$$\mathbf{E} = \sum_{i=1}^n \mathbf{N}_i \cdot \mathbf{P}_i \cdot \mathbf{X}_i \quad \text{Equação 1.1}$$

onde:

E – consumo de energia elétrica residencial num dado período,

N<sub>i</sub> – número de consumidores,

P<sub>i</sub> - número de unidades de equipamento de utilização por consumidor,

X<sub>i</sub> – consumo médio de um dado equipamento de utilização de energia.

Esse tipo de modelagem, denominada *bottom-up*, requer dados detalhados levantados em Pesquisas de Posse, Usos e Hábitos de consumo. O consumo médio de um dado equipamento de utilização X<sub>i</sub> é obtido associado a um dado tipo de tecnologia existente.

O consumo residencial de energia elétrica pode também ser afetado, diminuindo ou aumentando o uso de um dado equipamento de utilização ou uso-final. Se essa redução de consumo é obtida com a eliminação do desperdício, pode ser considerada uma melhora de eficiência, caso essa redução seja obtida pela minimização do conforto (por exemplo: reduzir os níveis de iluminação ou temperatura de um banho), trata-se de uma redução no nível dos serviços de energia. Nesse modelo de uso final, são ainda incorporadas as funções utilidades para cada uso final, agregando variáveis ambientais, sociais, econômicas, dentre outras.

O parâmetro população N<sub>i</sub> está associado à variável posse P<sub>i</sub> ou ao número de unidades de equipamento de utilização por consumidor. Esse valor pode ser maior que 100% e representa o número ou fração de equipamentos de utilização por domicílio. Alguns equipamentos de utilização como televisores, fogões e geladeiras, podem atingir um determinado nível de posse no qual se caracterize uma saturação, isto é, uma quantidade acima da qual não se espe-

ram mais novas aquisições, excetuando-se as substituições daqueles equipamentos já existentes.

A partir de uma detalhada pesquisa de campo realizada com os consumidores residenciais de energia elétrica da cidade do Recife, foi obtido um conjunto de informações descritivas relativas a uma pesquisa quantitativa de posse e hábitos desses consumidores. Com a base de dados obtida, a demanda de energia elétrica dos consumidores residenciais da cidade do Recife foi modelada por meio de seus usos finais.

Como o consumo de energia elétrica residencial é um dos principais responsáveis pelos picos de demanda, o conhecimento do consumo desagregado por uso final permite também avaliar o impacto de cada uso final na obtenção de uma dada meta de racionamento. Usando curvas de carga típicas da concessionária obtidas por medições, as informações levantadas pela pesquisa efetuada podem ser utilizadas para se obter a demanda horária por uso final e avaliar a repercussão de um dado uso final no pico de carga do sistema elétrico.

Um outro aspecto relevante da Pesquisa de Posse e Hábitos de Energia realizada na cidade de Recife foi a informação da preferência de uso final dos consumidores residenciais, importante dado quando se busca estimular a redução de consumo por incentivo tarifário ou por necessidade (acionamento de energia).

#### **1.4 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO**

O conhecimento da desagregação do consumo de energia elétrica residencial pelos diversos equipamentos de utilização de energia e da sua estrutura de preferência de consumo se constitui numa importante ferramenta de apoio à decisão para questões como as seguintes:

- Como quantificar a energia não-consumida pela implantação de políticas de racionalização do consumo de energia elétrica residencial?
- Como quantificar a redução do pico da curva de carga pela implantação de políticas de racionalização do consumo de energia elétrica residencial?
- Como quantificar a postergação de investimentos na oferta de energia, que deixaram de ser realizados pela implantação de políticas de racionalização do consumo de energia elétrica residencial?

- Como quantificar a quantidade de emissões de dióxido de carbono que deixaram de ser realizadas pela implantação de políticas de racionalização do consumo de energia elétrica residencial?
- Na ocorrência de um racionamento de energia, qual o impacto de um conjunto de medidas a serem adotadas no consumo global de energia elétrica residencial na cidade do Recife?
- Como adotar um conjunto de medidas de racionamento de energia elétrica para atingir uma dada meta (por exemplo 20%) de modo a causar um impacto menor na satisfação dos consumidores da cidade do Recife?
- Que tipo de consumidor pode reduzir seu consumo numa dada meta (por exemplo 20%) com facilidade e que tipo de consumidor, para atender a mesma meta estabelecida, deveria ter uma redução significativa no nível de serviço?
- Qual o impacto do racionamento ocorrido em 2001, na posse e no uso de equipamentos de utilização de energia para os consumidores residenciais da cidade do Recife?

O trabalho proposto neste projeto utiliza a metodologia CDA para desagregar o consumo residencial de energia elétrica de cada equipamento de utilização por meio de uma modelagem *bottom-up*. O desconhecimento de qualquer registro, na literatura, da obtenção de um modelo para o consumo residencial de energia elétrica na cidade do Recife utilizando a metodologia CDA, e de uma Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Energia Elétrica no Brasil, que pesquisasse a estrutura de preferência de uso final de energia por parte do consumidor residencial, foram os grandes motivadores deste trabalho.

Outro aspecto importante a destacar é o desconhecimento da existência, na literatura, de uma Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Energia Elétrica no Recife que detalhasse tanto as informações sobre os diversos equipamentos de utilização que compõem o consumo de energia elétrica residencial, além de ter sido feita logo depois de um período de racionamento que provocou grandes mudanças tanto na posse quanto no uso de energia elétrica nas residências.

## 1.5 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS DO TRABALHO

O objetivo geral deste trabalho é obter o modelo do consumo e da curva de carga da demanda de energia elétrica residencial da cidade do Recife, ambos modelos desagregados por uso-final, a partir de uma pesquisa de campo que utilizou as técnicas de Análise Condicionada da Demanda (CDA) e a estrutura de preferência desses consumidores.

Os objetivos específicos são:

1. Avaliar o impacto no consumo de energia elétrica residencial na cidade de Recife com a implantação de medidas de uso eficiente de energia;
2. Avaliar o impacto das variáveis ambientais (temperatura, umidade...), econômicas (PIB, renda familiar...) e sociais no consumo de energia elétrica residencial na cidade de Recife;
3. Avaliar o impacto de políticas de redução do consumo de energia elétrica residencial no período de ponta do sistema elétrico (como, por exemplo, determinar o impacto de não se usar o chuveiro elétrico no período de ponta);
4. Avaliar o impacto da implantação de medidas de racionamento de energia elétrica nos consumidores residenciais da cidade do Recife, levando em consideração a estrutura de preferências dos consumidores;
5. Avaliar o impacto de se implantarem políticas tarifárias para reduzir o consumo de energia elétrica no período de pico do sistema elétrico e fora dele;
6. Obter o perfil dos consumidores residenciais de energia elétrica da cidade do Recife, do ponto de vista de posse e hábitos de uso de energia elétrica.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para a adequada consecução do estudo, esta tese de doutoramento foi estruturada em cinco capítulos além deste, de modo a contribuir para o entendimento de seu desenvolvimento, etapas e resultados, a saber:

O capítulo 2 apresenta um levantamento bibliográfico com toda a base conceitual estudada durante o desenvolvimento da tese, apresentando os parâmetros, conceitos e abordagens

usados para a modelagem de uso final do consumo residencial a partir de uma pesquisa de campo.

O capítulo 3 descreve a determinação dos parâmetros, a metodologia empregada e os resultados obtidos para se obter o modelo do consumo residencial de energia elétrica na cidade do Recife, desagregado por uso final.

No capítulo 4, discorre-se sobre as aplicações do modelo obtido para uma avaliação do impacto de políticas de racionalização e racionamento de energia no consumo de energia elétrica e no pico de demanda do setor residencial na cidade do Recife. A avaliação do impacto de medidas de racionamento de energia elétrica no setor residencial na cidade do Recife busca identificar a melhor alternativa, ou o conjunto de ações destinadas a atingir metas pré-estabelecidas de redução do consumo de energia, considerando a questão das preferências dos consumidores.

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e proposições para trabalhos futuros que aprofundem as análises realizadas e contribuam para o seu refinamento.

## **2. A PESQUISA TEÓRICA E A METODOLOGIA**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

A pesquisa teórica foi executada em duas etapas: uma elaborada com o estudo e a análise de textos com abordagem geral sobre racionalização, racionamento de energia e uso eficiente de energia voltada para o consumidor residencial, e outra voltada para uma abordagem mais específica, dedicada aos diferentes enfoques e métodos para a modelagem do consumo e da curva de carga de energia elétrica residencial por uso final.

Na pesquisa teórica sobre a abordagem geral do uso eficiente de energia, verifica-se na literatura técnica que os estudos mais fundamentados sobre o assunto surgiram a partir da primeira crise do petróleo, em 1973.

### **2.2 PRIMÓRDIOS DO USO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO VOLTADO PARA O CONSUMIDOR RESIDENCIAL**

Um dos primeiros trabalhos publicados sobre uso eficiente de energia no mundo foi a referência YERGIN (1979). Ela destacava a importância do tema e descrevia as principais barreiras, na época, à implementação de programas de racionalização do uso de energia. Essa publicação destacava que o uso eficiente de energia era uma fonte de energia que não produzia poluição, não gerava resíduos radioativos nem consumia dólares.

Segundo YERGIN (1979), a primeira barreira à implantação de programas de uso eficiente de energia naquela época era a complexidade de se conseguir que milhões de diferentes consumidores mudassem seus hábitos. A segunda barreira estava relacionada com a forma como a indústria de energia norte-americana reagiu à crise do petróleo, direcionando seus esforços para a oferta da energia, buscando novas fontes ou otimizando as já existentes. A terceira barreira estava associada ao paradigma da eficácia do mercado (*Let the market do its work*), em que o aumento de preços da energia, após o embargo petrolífero no final de 1973, deveria produzir um grande mercado para o uso eficiente de energia, fato que terminou não ocorrendo.

A última grande barreira à adoção de políticas e programas de uso eficiente de energia, descrita na publicação, era o paradigma de que o crescimento econômico só poderia ocorrer

com o consumo de energia. Esse paradigma desacreditava os trabalhos sobre o uso eficiente de energia e estimulava o aumento da oferta de energia. No seu estudo, Yergin, com relação ao consumo de energia residencial, entendia que os consumidores eram desinformados e sugeria amplas campanhas educacionais e a adoção estímulos como subsídios, créditos...

Avaliando o trabalho de Yergin, a principal crítica que lhe pode ser feita está na falta de um maior aprofundamento em relação ao que o consumidor pensava ou desejava, isto é, conhecer o porquê da falta de engajamento do consumidor na opção pelo uso eficiente de energia. Seria apenas um problema de educação e informação? Bastava adotar incentivos econômicos para o consumidor participar de forma mais ativa? Por que só o aumento dos preços de energia não provocou um maior apoio à tese do uso eficiente de energia por parte dos consumidores?

Na tentativa de entender a falta de participação do consumidor residencial em políticas de uso eficiente de energia, o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) financiou vários estudos. Dentre eles, destaca-se o trabalho de Paul Stern e Elliot Aronson (STERN & ARONSON, 1984), cujos principais objetivos eram:

- i. *“Melhorar a precisão das previsões sobre a resposta comportamental aos incentivos financeiros (concedidos aos consumidores).*
- ii. *Aumentar o conhecimento dos efeitos das abordagens não econômicas na mudança de comportamento, tendo em vista a relação entre as normas sociais e os comportamentos individuais.*
- iii. *Aumentar a capacidade do público em geral de fazer escolha entre as novas tecnologias energéticas existentes.*
- iv. *Antecipar as conseqüências de políticas energéticas alternativas” (STERN & ARONSON, 1984).*

De acordo com STERN & ARONSON (1984), a principal razão para a pequena participação dos consumidores residenciais nos incentivos concedidos pelo governo ou concessionárias norte-americanas, estava no fato de que nem sempre os indivíduos agem racionalmente. Na mesma referência, os autores comentam que a percepção da energia pelas pessoas se alterou significativamente conforme foram evoluindo as fontes e os usos dessa energia. Assim,

quando a lenha tinha um papel preponderante no consumo doméstico, seu significado era associado ao trabalho para obtê-la, fato esse de fácil percepção e mensuração. Com o carvão, o óleo e o querosene, isso mudou. Naquele momento, o único aspecto sensível seria a conta que se paga às concessionárias, ou o combustível adquirido nos postos. Sob o ponto de vista individual do consumidor de energia, eles identificaram cinco diferentes aspectos:

- i. *“O indivíduo como comprador de equipamentos e produtos que consomem energia;*
- ii. *O indivíduo como consumidor, usuário destes equipamentos;*
- iii. *O indivíduo como membro de um grupo social;*
- iv. *O consumo energético como expressão dos valores pessoais; e*
- v. *O usuário que quer evitar problemas” (STERN & ARONSON, 1984).*

Quaisquer políticas que visem a orientar o consumo de energia, diziam os autores, tinham que levar em consideração todos esses fatores. Imerso num sistema de complexas relações de consumo e comportamento, os indivíduos nem sempre decidiam e agiam segundo a racionalidade econômica. Determinantes sociais e culturais, ou mesmo valores íntimos, orientavam comportamentos no sentido contrário ao uso eficiente de energia. Seguindo essa linha de raciocínio, para se obter uma real transformação no comportamento dos indivíduos seria necessário manejar todos esses processos com habilidade, sendo fundamental compreender o consumidor para a qual o programa será dirigido. A razão do insucesso de inúmeros programas governamentais seria atribuída principalmente à desconsideração dessa questão decisiva.

Segundo STERN & ARONSON (1984), *“a informação será mais eficaz se o mercado for segmentado, a fim de informar os diferentes grupos através de formas apropriadas...”*. Eles enfatizaram com veemência a importância e os cuidados com a comunicação dos programas de conservação, e apontaram a comunicação de forma segmentada como um fator crítico de sucesso.

A crítica que se faz a esses pesquisadores é que, embora as causas e as identificações dos problemas do pouco engajamento e preocupação do consumidor com o uso eficiente de

energia tenham sido bem caracterizadas, as possíveis soluções foram pouco exploradas e apresentadas sem uma maior profundidade.

Esse mesmo problema foi também pesquisado na referência ESTER (1985). O pesquisador holandês Peter Ester realizou, no final dos anos 80 uma pesquisa de campo buscando identificar:

- i. *“Os fatores que regulam a disposição dos consumidores de conservar energia em suas residências.*
- ii. *As intervenções comportamentais que podem ser utilizadas para promover a conservação de energia junto aos consumidores e sua eficácia estimada (tanto em termos de mudança de comportamento quanto em energia conservada).*
- iii. *A eficácia real ou empírica dessas intervenções” (ESTER, 1985).*

Ester (1985) inicia seu estudo destacando que a conservação de energia como solução energética para as crises do petróleo foi sempre pautada por soluções tecnológicas que promoviam incrementos na eficiência energética de equipamentos e processos industriais. Ele defendia que a conservação de energia não deveria ser definida como uma questão predominantemente tecnológica e que, na sua visão, se tratava fundamentalmente de um problema comportamental. Ele ressaltava que de nada adianta dispor de novas tecnologias mais eficientes se elas não forem aceitas e utilizadas pelos consumidores.

Na sua argumentação, defendia que o consumo de energia estava relacionado não só com o aparato tecnológico, mas também aos hábitos, atitudes, valores, crenças, normas e estilos de vida dos indivíduos e de suas famílias.

Pelos resultados de sua pesquisa de campo, Ester concluiu que, embora tenham sido detectadas atitudes favoráveis à conservação de energia, a correlação entre essas e a efetiva mudança comportamental foi muito baixa (inferior a 0,3%). Quando foram publicados, esses resultados causaram um grande impacto no meio acadêmico, tendo sido bastante questionada a validade das campanhas informativas visando à modificação das atitudes dos consumidores.

Nas suas conclusões, Ester destacava o dilema dos consumidores, como uma decisão entre renunciar à liberdade de consumir, reduzindo o consumo e eventualmente o conforto pessoal em favor de uma sustentabilidade futura. Segundo Ester, para o consumidor as campanhas de conservação de energia fundamentadas no uso adequado dos equipamentos domésticos e na aquisição de produtos eficientes, correspondiam a um chamamento ao sacrifício do conforto.

Uma reflexão sobre essas conclusões deixa duas questões em aberto: O consumidor estava devidamente informado em relação à necessidade do uso eficiente de energia? A tecnologia disponível na época permitia o uso eficiente de energia, sem comprometer os serviços requeridos pela sociedade?

Os primeiros avanços em programas de uso eficiente nos Estados Unidos ocorreram no início da década de 80, principalmente no estado da Califórnia desenvolvidos e acompanhados pelo Energy Conservation Research Group, Stevenson College, University of Califórnia at Santa Cruz (Grupo de Santa Cruz), liderados por Elliot Aronson e constituídos por Dane Archer, Scott Coltrane, Suzanne Yates, Mark Costanzo, Thomas Pettigrew, dentre outros.

Em 1987 foi publicado o livro *Energy Efficiency: Perspectives on Individual Behavior*, publicado pelo American Council for an Energy-Efficient Economy, apresentando o que de melhor foi debatido no painel *Human Dimension*, promovido por aquela instituição.

Mesmo com a grande diversidade dos trabalhos publicados no painel, alguns aspectos comuns ficaram evidenciados, como as dificuldades de comunicação e de mobilização do consumidor, assim como a necessidade de rever a comunicação dos programas de uso eficiente de energia voltada para os consumidores residenciais.

Pesquisa realizada em 1.000 domicílios no estado de Michigan, descrita por KEMPTON (1985), concluiu que os estímulos à conservação de energia fundamentados no uso adequado de eletrodomésticos e na aquisição de produtos eficientes foram percebidos e interpretados pela população como um chamamento ao sacrifício do conforto.

A referência ESTER (1985) discutiu o papel da informação para os consumidores, buscando ressaltar três funções específicas: conhecimento técnico, realimentação e comunicação persuasiva. Nas suas conclusões, o sucesso da comunicação estava condicionada à credibili-

dade da fonte de informação, à clareza e praticidade das orientações e das medidas propostas e à relevância da informação para quem a recebe.

As dificuldades de mobilização dos consumidores foram discutidas a partir de uma análise das campanhas em larga escala de uso eficiente de energia nos EUA pelo Grupo de Santa Cruz. De acordo com esse Grupo, os esforços de mobilização dos consumidores residenciais estavam agrupados em duas teorias: a do modelo de mudança de atitudes e a do modelo econômico-racional. O modelo de mudanças de atitudes assumia que o comportamento dos consumidores seria uma consequência automática da predisposição deles em relação a uma idéia positiva, como a do uso eficiente de energia. Já o modelo econômico-racional assumia que as pessoas mudariam suas atitudes em relação ao uso eficiente de energia se existissem vantagens econômicas.

Segundo o Grupo de Santa Cruz, de uma maneira geral, nos Estados Unidos, as concessionárias freqüentemente basearam seus programas no modelo de mudança de atitudes, promovendo campanhas de publicidade que buscassem gerar atitudes favoráveis à conservação de energia, enquanto as agências governamentais empregaram predominantemente o modelo econômico-racional, concedendo incentivos econômicos, como desconto e créditos diretos na compra de produtos eficientes, pagamentos facilitados em prestações debitadas na conta de energia etc.

Na análise realizada pelo Grupo de Santa Cruz, embora tais “teorias” sejam intuitivamente razoáveis, elas subestimam a complexidade do comportamento humano. Estudos descritos anteriormente, como o de ESTER (1985), demonstram que não se verificava uma significativa correlação entre as atitudes comportamentais e os aspectos positivos que envolvem a prática do uso eficiente de energia.

A referência ARCHER (1987) demonstrou a ineficácia dos incentivos econômicos, ao realizar uma pesquisa de campo, que confrontou quatro diferentes tipos de incentivos concedidos à conservação de energia. Constatou que a média de consumidores com razoável compreensão das vantagens oferecidas não chegou a 20%, mesmo tendo pesquisados com significativos índices de escolaridade, renda e preocupações ambientais. Diante dos fatos levantados, ARCHER (1987) concluiu que programas para o uso eficiente de energia fundamentados nos modelos de mudança de atitudes e incentivo econômico estariam fadados ao insucesso.

Para obter sucesso em programas de uso eficiente de energia, as propostas apresentadas pelos pesquisadores do Grupo de Santa Cruz foram divididas em dois grupos: um grupo com propostas relacionadas ao sucesso na mobilização das pessoas e outro grupo com propostas direcionadas à obtenção de sucesso na execução de programas de uso eficiente. As principais propostas relacionadas ao sucesso na mobilização e no engajamento dos consumidores em propostas de uso eficiente de energia eram:

1. Usar exemplos concretos e demonstrações práticas buscando mostrar a viabilidade e a exequibilidade na implantação de medidas de uso eficiente de energia.
2. Produzir informações segmentadas por grupo específico de clientes, buscando apresentar propostas de uso eficiente de energia diretamente relacionadas aos interesses comuns.
3. Executar demonstrações públicas de uso eficiente de energia em locais de grande visibilidade.
4. Utilizar referências e apoios de pessoas de grande prestígio e de reconhecida credibilidade local nas áreas envolvidas.
5. Constituir uma rede de facilitadores e difusores de informação, buscando produzir um conjunto de depoimentos pessoais de vizinhos e parentes no sentido de estimular o uso eficiente de energia.
6. Atingir segmentos minoritários dentro da sociedade, como inquilinos e consumidores de baixa renda.
7. Promover a realização de diagnósticos com recomendações individualizadas para cada cliente.

O Grupo de Santa Cruz apresentou ainda um segundo grupo de propostas destinadas à obtenção de sucesso na execução de programas de uso eficiente de energia:

1. Propor procedimentos simples e fáceis de serem executados.
2. Deixar para o consumidor a escolha das ações a serem implantadas na execução de programas de uso eficiente de energia.
3. Realizar promoções de equipamentos de uso eficiente de energia a preços baixos.

4. Oferecer descontos e financiamentos no sentido de estimular a aquisição de produtos de uso eficiente.
5. Estimular ações do tipo “faça você mesmo”.
6. Utilizar a medição direta ou o acompanhamento das contas de energia na avaliação dos resultados.
7. Realizar inspeções de acompanhamento de programas de uso eficiente, avaliando os resultados obtidos.
8. Buscar obter resultados rápidos para o rápido reconhecimento dos benefícios do programa.

Ao apresentar todos esses fatores de sucesso, a publicação COLTRANE (1986) destacou que nesse novo modelo proposto pelo Grupo de Santa Cruz o principal fundamento é estabelecer um compromisso de clareza e legitimidade das razões pelas quais os programas estão sendo criados, e pelo reconhecimento das necessidades dos consumidores, respeito aos seus valores, crenças individuais e sua inserção no ambiente social.

A referência HIRST (1989) detalha que a Boneville Power Administration (BPA), adotando muitos dos pontos listados anteriormente, conduziu um projeto de uso eficiente de energia (Hood River Conservation Project) no estado de Oregon, onde conseguiu uma adesão ao projeto de aproximadamente 91% dos consumidores.

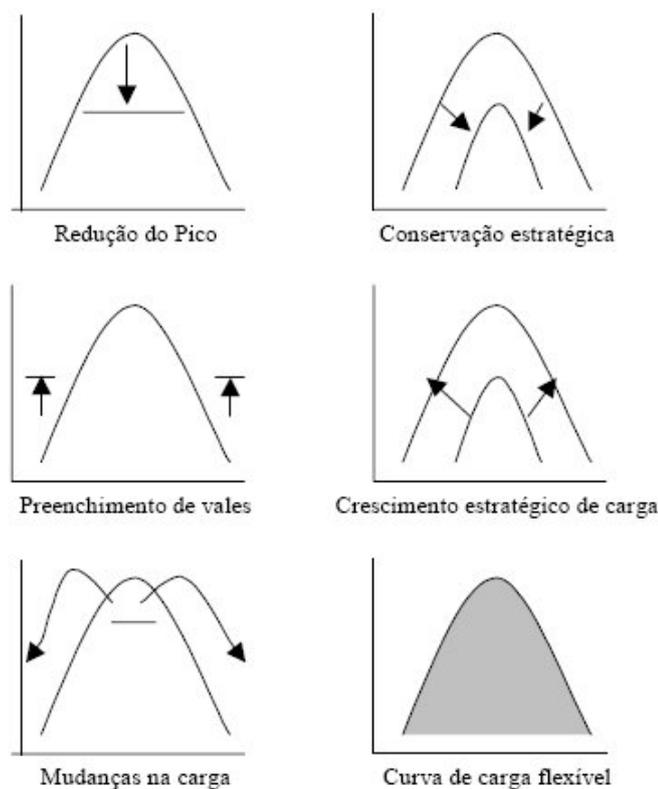
### **2.3 A REFORMA DO SETOR ELÉTRICO E O USO EFICIENTE DE ENERGIA NO MUNDO**

Até o final da década de 80, nos Estados Unidos o setor elétrico era todo verticalizado, isto é, as concessionárias atuavam desde a geração até a distribuição de energia elétrica, reguladas por comissões públicas estaduais ou mesmo municipais. Essas comissões públicas asseguravam uma dada taxa de retorno relacionada ao investimento realizado, em troca do atendimento a certas metas de qualidade e gestão.

Durante a década de 80, os principais interesses das concessionárias em uso eficiente de energia, estavam relacionados aos programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) ou *Demand Side Management* (DSM).

Entende-se por programa de GLD um conjunto de medidas e ações destinadas a melhorar a eficiência energética do uso final da eletricidade, em termos de redução do pico de carga ou da demanda máxima (kW) e/ou de redução do consumo de energia (kWh).

A referência GELLINGS (1985) descreve que os programas de GLD têm como objetivo amplo remodelar a curva de carga. Nesse contexto, são distinguíveis seis estratégias: redução do pico, preenchimento de vales, mudanças da carga, conservação estratégica, crescimento estratégico da carga e curva de carga flexível. A Figura 2- 1, extraída de GELLINGS (1985), apresenta cada uma dessas possibilidades.



**Figura 2- 1 – Estratégias de mudanças na curva de carga por programas de GLD**  
**Fonte: Gellings (1985)**

A estratégia de redução de pico (*peak clipping*) consiste na redução da demanda na ponta, atuando por meio de controle direto, pela empresa de energia, de um aparelho de uso final, incentivo tarifário ou uso de equipamentos mais eficientes. Essa estratégia pode ser adotada em momentos de crise e também como opção para reduzir os custos de operação e a dependência de fatores, como combustíveis (na geração térmica) e água (na geração hidrelétrica).

A estratégia de preenchimento de vales (*valley filling*) é a segunda forma clássica de gerenciamento da carga. Consiste em estimular o aumento do consumo e da demanda nos períodos fora de pico para reduzir os vales existentes.

A terceira estratégia de programas de GLD, é a mudança ou deslocamento de carga (*load shifting*). Tal estratégia consiste no deslocamento da carga do horário de pico para o horário fora do pico buscando a otimização da operação do sistema a obtenção do menor custo marginal. Uma das ações mais empregadas nesse tipo de estratégia é a redução tarifária.

A quarta linha de programas de GLD denominada conservação estratégica (*strategic conservation*) consiste na redução geral de consumo e demanda com o deslocamento da curva de carga. Geralmente ocorre pelo incentivo à troca de aparelhos de uso final por modelos mais novos e eficientes.

A linha de programas de GLD oposta à conservação estratégica é a de crescimento estratégico da carga (*strategic load growth*), destinada a obter um crescimento global do consumo e da demanda de energia estimulada pela concessionária. Esse crescimento pode ocorrer, por exemplo, mediante incentivos para a substituição de óleo combustível por eletricidade em caldeiras industriais.

A sexta estratégia, denominada curva de carga flexível (*flexible load shape*), é o conceito de programas de GLD em que existe o completo gerenciamento das cargas de um consumidor, buscando sempre minimizar o custo com níveis de qualidade pré-estabelecidos. Essa estratégia dispõe de carga interruptível, gerenciamento integrado da energia e dispositivos individuais de controle.

A principal razão da utilização de programas de GLD na década de 80, pelas concessionárias americanas, era a postergação e até mesmo a não realização de investimentos em oferta de energia. A principal característica desses programas de GLD adotados pelas concessionárias era a busca de resultados imediatos, com impactos técnico-econômicos de curto prazo, em geral de um ano.

Os primeiros programas implantados pelas concessionárias americanas nesse período tinham como estratégia a redução do pico de carga, promovendo mudanças e alterações nos padrões de uso da eletricidade.

No final da década de 80, os programas de GLD ganharam muita força à medida que as comissões reguladoras autorizavam o uso de investimentos em GLD como se fossem projetos de expansão da oferta.

Nos anos 90, esse contexto se alterou significativamente nos Estados Unidos. As elevadas tarifas praticadas pelas concessionárias passaram a ser bastante criticadas. Essas concessionárias, ao longo dos anos, investiram significativamente na ampliação da oferta sem uma preocupação maior com o custo, uma vez que elas eram remuneradas em função do investimento realizado. Mesmo com um forte poder regulador, pouco foi feito no sentido de que essas empresas procurassem reduzir custos.

Até o final dos anos 80, muitas concessionárias possuíam suas próprias centrais de geração que produziam energia por um custo significativamente maior que a produzida por outras opções de oferta de energia. Alguns agentes reguladores chegavam a aprovar preços de tarifas substancialmente mais elevados que os preços praticados por outras concessionárias com centrais de geração de menor custo.

As concessionárias passaram a ser vistas como empresas ineficientes, agentes repassadores de suas ineficiências aos consumidores, sob a anuência dos agentes reguladores, que eram tidos como incapazes de garantir o ótimo coletivo. Nesse contexto de crise, a estrutura da indústria de fornecimento de energia elétrica americana começou a ser reavaliada.

Na procura de soluções para reduzir os valores das tarifas, o congresso dos Estados Unidos instituiu o PURPA (*Public Utility Policy Act*) que obrigava as concessionárias a permitirem o acesso de produtores independentes e de suas redes, estimulando o surgimento desses produtores independentes e a compra dessa energia pelas concessionárias. Acreditava-se que essas medidas fariam os preços baixarem, porém isso só aumentou a pressão em cima das concessionárias que passaram a ter que lidar com a concorrência desses produtores independentes que não sofriam o fardo da regulamentação. O relativo sucesso de tal medida na redução das tarifas praticadas pelas concessionárias fez com que as decisões de desverticalizar essas empresas e introduzir a competição em todos os segmentos fossem estimuladas.

Em 1992, foi publicado o *Energy Policy Act* assegurando aos produtores independentes participarem de todo o mercado de energia elétrica, pagando preços justos pelo uso da rede de transmissão de energia do sistema elétrico.

Os dispositivos legais que se sucederam ao *Energy Policy Act*, caminharam buscando introduzir a total liberdade para o consumidor final de escolher quem seria o seu fornecedor de energia elétrica. A Califórnia, um dos estados que lideraram o processo de desverticalização e de introdução à competição em todos os segmentos do setor, estabeleceu em dezembro de 1995 um mercado de curto prazo (*spot*) nos mesmos moldes do mercado de energia instituído na Inglaterra e no País de Gales em 31 de março de 1998.

Com a desverticalização das concessionárias, transformando as áreas de geração, transmissão e distribuição em empresas distintas, os programas de GLD nos Estados Unidos foram significativamente afetados. Ocorreu uma redução significativa de investimentos em programas de GLD pelas concessionárias, principalmente nos programas que envolviam incentivos financeiros ou doação de equipamentos eficientes. Os poucos recursos que as concessionárias dedicaram para programas de GLD nesse período foram para campanhas informativas ou para o financiamento de equipamentos eficientes, sempre com o objetivo de estreitar o relacionamento com o consumidor, deixando a seguinte questão aberta: Por que uma concessionária, que não faz investimentos em oferta de energia deve investir em programas de GLD?

A referência HOGAN (1998) descreve que a perda de espaço e força dos programas de GLD pelas concessionárias nos Estados Unidos foi compensada pela adoção de estratégias mais eficientes nos programas de GLD desenvolvidos pelo governo de vários estados americano e pelos compromissos decorrentes do Protocolo de Kyoto que fizeram com que os agente reguladores pressionassem as concessionárias a reduzir suas emissões de poluentes (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> etc.).

Dentre as estratégias de mudanças em programas de GLD implantadas pelo governo americano destacou-se a da transformação do mercado. Os programas de GLD de transformação de mercado consistem em um conjunto de ações destinadas a promover mudanças tecnológicas no mercado de equipamentos e serviços de eletricidade, envolvendo agências governamentais, comerciantes, fabricantes de equipamentos e redes de varejo, dentre outras partes interessadas.

Essas ações podem envolver vários mecanismos de promoção da eficiência energética, tais como programas de informação e descontos, incentivos financeiros, padrões de eficiência energética e códigos de construção civil e demonstrações tecnológicas.

A referência JANUZZI (2001) conceitua programas de transformação de mercado como “*um processo que permite a superação das barreiras que impedem o desenvolvimento de produtos e serviços de eficiência energética*”. Dentre as barreiras existentes ele destaca a falta de informação sobre a eficiência energética, o investimento inicial, os custos de transação e o fato de que os custos de energia não internalizam os custos ambientais.

A referência POMPERMAYER (2000) ressalta que os programas de transformação de mercado se diferenciam dos programas clássicos de GLD, porque agem a montante do consumidor, isto é, na cadeia produtiva dos equipamentos, envolvem redução de consumo e demanda no longo prazo (de 3 a 10 anos) e apresentam a tendência de que os custos globais (investimento e operação) sejam baixos no longo prazo.

POMPERMAYER (2000) relata que, em quatro programas dessa natureza (construção de residências com padrões eficientes, reatores eletrônicos para iluminação, refrigeradores supereficientes e motores elétricos), verificou-se um custo de apenas 0,01 US\$/kWh.

Um dos mecanismos clássicos de transformação de mercado é o chamado *Procurement Technology* (Licitação Tecnológica), cuja finalidade é estimular a oferta de tecnologias mais eficientes por meio de incentivos governamentais concedidos aos fabricantes. Nessas licitações são especificados padrões de desempenho, e diversos fabricantes desenvolvem e oferecem produtos para atender a essa demanda. Como os riscos de desenvolvimento tecnológico podem ser elevados para os fabricantes, são lhes assegurados retornos financeiros mediante a compra de uma grande quantidade de equipamentos com determinadas especificações.

Uma das primeiras licitações tecnológicas que teve sucesso foi realizada em 1991 para os modelos combinados de refrigeradores-*freezers* na Suécia pela NUTEK (Ministério de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial da Suécia). O modelo vencedor apresentou um consumo de energia trinta por cento (30%) abaixo do melhor modelo disponível anteriormente e cinquenta por cento (50%) abaixo da média do mercado.

Processos similares de licitação tecnológica executados com sucesso pelo NUTEK, foram os de reatores eletrônicos de alta frequência para lâmpadas, os dos monitores de computador que desligam automaticamente e os das máquinas de lavar roupas.

Uma variação do programa de licitação tecnológica foi o programa do refrigerador supereficiente, ou *Golden Carrot*, nos Estados Unidos. Nesse programa as concessionárias cria-

ram um incentivo coletivo, que foi oferecido aos fabricantes como prêmio em uma competição para desenvolver um refrigerador-*freezer* livre de clorofluorcarbonetos (CFC) e de elevada eficiência. O incentivo foi pago pelas concessionárias por cada unidade de modelo ganhador vendida nas suas áreas de atuação. Programas similares foram adotados para máquinas de lavar roupa e aparelhos de ar-condicionado.

Dentre os programas de GLD com estratégia de transformação de mercado atualmente em andamento, destacam-se o americano *Energy Star* e o canadense *Power Smart*. Ambos certificam computadores, equipamentos eletrônicos, eletrodomésticos eficientes.

Outro fator que vem contribuindo para o crescimento dos programas de GLD, mesmo após a crise gerada pela reestruturação (desverticalização) do setor elétrico internacional, é a redução de emissões de poluentes, compromisso assumido com o Protocolo de Kyoto. Os agentes reguladores que buscavam reduzir essas emissões de poluentes chegaram a definir recursos provenientes de frações das receitas das concessionárias para serem investidos em eficiência energética e fontes renováveis. A referência HOGAN (1998) descreve que, em alguns estados esse percentual chega a 3%.

## 2.4 PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS

A relevância da questão ambiental associada ao conceito de desenvolvimento sustentável fez com que o planejamento energético evoluísse para o conceito de Planejamento Integrado de Recursos (PIR).

O PIR é o planejamento realizado combinando ações do lado da oferta e do lado da demanda para suprir energia a um custo mínimo, incluindo os custos sociais e ambientais. Esse tipo de planejamento incorpora os mesmos mecanismos para inventariar a expansão de energia no inventário das medidas de uso eficiente de energia.

A referência JANUZZI & SWISCHER (1997) descreve que “*o planejamento do setor elétrico moderno necessita contemplar múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais, e requer para isso a aplicação de um processo de planejamento mais complexo que integre esses objetivos quase sempre conflitantes e, ao mesmo tempo, considere a utilização dos recursos energéticos alternativos e convencionais o mais amplamente possível*”.

A farta literatura disponível sobre o PIR descreve que ele tem como maior sustentáculo o aumento da preocupação com o uso eficiente da energia, sempre incluindo nas alternativas

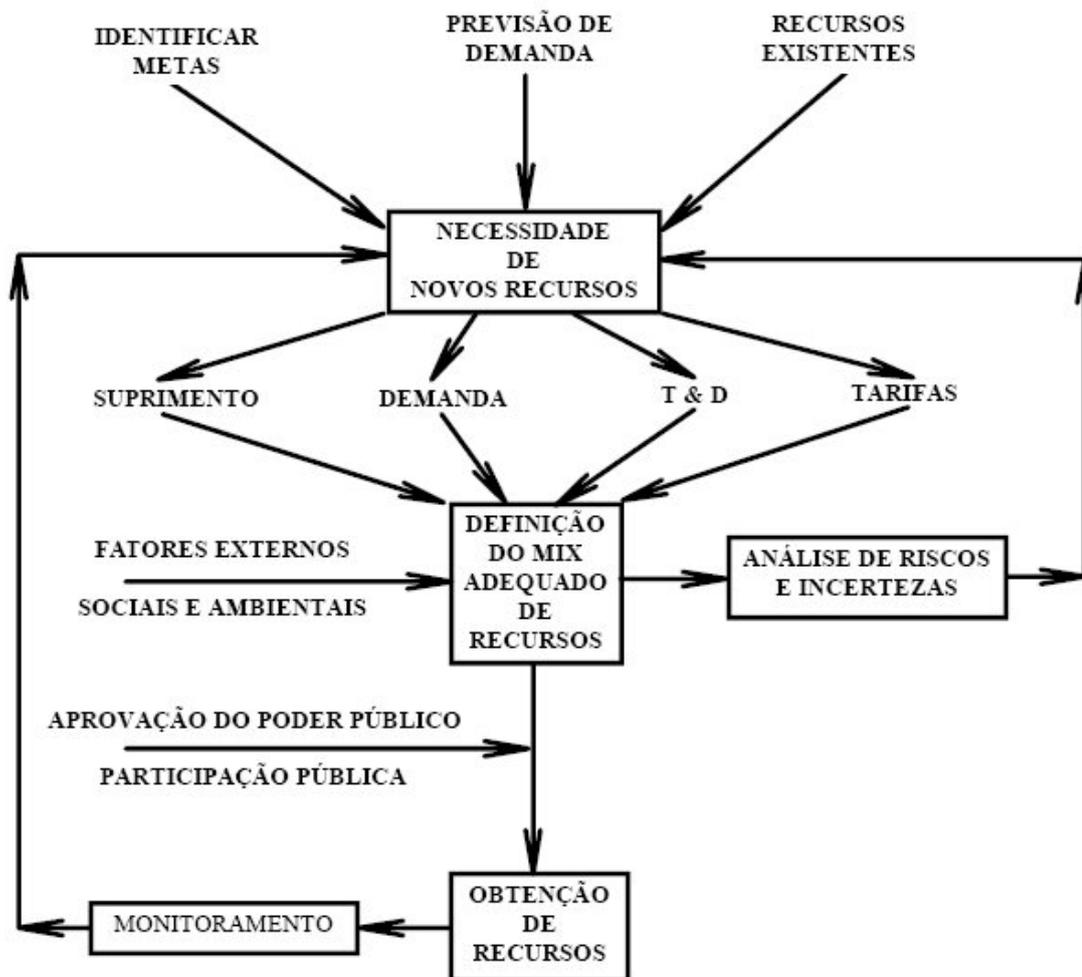
de atendimento ao mercado de energia uma avaliação das ações para o aumento da eficiência e da conservação da energia integrada com os projetos focalizados na oferta. Além dos projetos de geração de energia, introduz projetos de eficiência e de gerenciamento do consumo. Sempre que projetos de conservação de energia apresentem custos unitários bem menores que os de geração, eles serão economicamente mais interessantes para o sistema elétrico e para os consumidores como um todo, além de apresentarem benefícios ambientais e sociais adicionais.

A referência UDAETA (1997) descreve que o PIR vem se propagando desde o início dos anos 90, tendo evoluído inicialmente nos Estados Unidos, posteriormente no Canadá e em alguns países da Europa, principalmente na Alemanha e na Espanha. Nesse processo de evolução, o PIR foi sendo aperfeiçoado até atingir o processo apresentado na Figura 2- 2

Em 1992, quarenta e um (41) estados americanos iniciaram a implementação do planejamento integrado de recursos, levando em consideração de forma balanceada as alternativas de expansão de suprimento e de programas de GLD, incluindo as considerações de riscos, a diversidade no suprimento e a inserção ambiental, mantendo a premissa fundamental de confiabilidade do sistema.

A referência UDAETA (1997) descreve que evolução semelhante se deu no Canadá, com a inclusão da questão do desenvolvimento sustentável bem como na Alemanha e Espanha. A evolução do PIR na Espanha e na Alemanha se deu com o patrocínio da Comunidade Européia (CE) que patrocinou dois projetos-piloto do PIR, um com o Governo da Alemanha e outro com uma concessionária da Espanha.

Na Alemanha foram patrocinadas quinze (15) propostas de PIR de concessionárias, entre 1992 e 1993. Um dos projetos de implantação do PIR na Alemanha, o de Schleswig-Holstein, mostrou que a experiência americana na aplicação do PIR pode ser transferida com sucesso desde que se considere as diferenças regionais. O Governo da Alemanha desde então está interessado em reduzir o custo da energia para a maioria dos grupos consumidores, reduzindo igualmente a necessidade de construir novas usinas e drenando investimentos para a redução dos impactos ambientais.



**Figura 2- 2 : Processo de implantação do Planejamento Integrado de Recursos**  
**Fonte: UDAETA (1997)**

O segundo projeto-piloto patrocinado pela Comunidade Européia (CE) foi a implantação do PIR na maior concessionária espanhola, a Iberduerro. A finalidade da implementação do PIR foi aumentar sua competitividade no mercado de energia e melhorar sua lucratividade. A Iberduerro vem adotando sistematicamente o PIR e acredita que esse será um diferencial na futura regulamentação da CE.

A referência MILLS (1993) analisou trinta e três (33) dos quarenta e dois (42) programas de GLD de substituição de lâmpadas, que foram implementados na Europa Ocidental entre 1987 e meados de 1992, envolvendo cerca de 7,4 milhões de consumidores residenciais. Na grande maioria dos casos, o custo médio foi inferior à metade dos custos de geração de eletricidade. Esses programas foram promovidos e/ou financiados por concessionárias, agên-

cias governamentais, fabricantes e distribuidores de lâmpadas fluorescentes compactas (LFC). As estratégias adotadas para incentivo à substituição dessas lâmpadas foram: descontos na aquisição que variaram de 10% e 100%, doação de lâmpadas a consumidores e funcionários de concessionárias e pagamento das lâmpadas em várias parcelas mensais na conta de eletricidade.

O resultado desse programa de GLD foi a difusão de cerca de dois milhões de LFC em toda a Europa; o que significa uma média de 0,35 unidade/domicílio, considerando-se os cerca de 5,7 milhões de consumidores elegíveis.

MILLS (1993) relata que a taxa de participação dos consumidores, assim como o número de lâmpadas por domicílio, apresentou grandes variações entre os vários países e programas analisados. Ele concluiu que os diferentes níveis de incentivo não foram os grandes responsáveis por essas variações mas o empenho das partes envolvidas, particularmente em relação às estratégias de *marketing* e de coordenação dos programas de GLD.

Na Holanda, as vendas de LFC quadruplicaram entre 1987 e 1992, e na Suécia, cerca de um terço das vendas foi atribuído aos referidos programas. Pesquisas feitas após a implantação dos programas revelaram que cerca de 80% a 95% das LFC vendidas na Dinamarca e Holanda foram devidas aos programas de GLD. Os distribuidores/vendedores salientaram que as vendas aumentaram entre dez e vinte vezes durante a execução dos programas.

MILLS (1993) descreve que ocorreu uma redução de até 50% no consumo de energia destinada à iluminação. De um modo geral, estimou-se que foram economizados cerca de 150 GWh/ano de eletricidade, o equivalente ao consumo total de 50.000 residências europeias. Os custos totais desses programas apresentaram um custo médio de US\$ 21/MWh, o que significava metade dos custos de expansão da oferta.

A referência VINE (1995) apresenta os resultados dos estudos feitos pela IEA (International Energy Agency), por meio do INDEEP (International Database on Energy Efficiency Programs) que avaliaram 13 grandes programas de GLD em cinco países da Europa Ocidental, com estratégias mais diversas, envolvendo auditorias, descontos, incentivos tarifários e transformação de mercado. Ele destaca que os custos relativos dos programas variaram de US\$ 10,00/MWh a US\$ 97,00/MWh economizado, com um custo médio ponderado pelas economias de energia US\$ 18,00/MWh.

Na Alemanha, os programas de GLD mais efetivos foram implantados pela Stadtwerke Hannover e RWE Energie Aktiengesellschaft, duas das maiores companhias de eletricidade. SCHLENKER (1996) descreve as atividades de GLD da RWE por meio de dois programas recentes: o programa KESS e o programa ProKom. O programa KESS, também chamado “caça ao desperdício”, foi direcionado à promoção de eletrodomésticos eficientes, oferecendo desconto de 100 DM (marcos alemães) por aparelho eficiente adquirido pelo consumidor. O autor relata que as expectativas eram de economizar 210 GWh, o que significava uma redução anual de 120.000 toneladas de CO<sub>2</sub>. O programa ProKom era destinado à promoção de diversos projetos de GLD, promovidos por comunidades e organizações não governamentais, com 50 % de participação nos custos. O autor relata que ambos previam um investimento global de 100 milhões de marcos, e nesse programa a expectativa seria de economizar 160 GWh e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em 60.000 toneladas por ano.

Na Espanha, os programas de GLD têm sido conduzidos pelo *Institute for Energy Diversification and Savings* (IDAE). As ações de GLD são reforçadas por políticas ambientais, por intermédio do Plano de Estratégias Energéticas e Ambientais (ESEMA), notadamente com fortes restrições aos índices de emissões de CO<sub>2</sub>. Os programas de GLD têm sido conduzidos no sentido de melhorar a divulgação sobre os resultados obtidos em projetos-pilotos de eficiência já conduzidos e na revisão dos padrões de eficiência energética na construção e/ou reforma de edifícios, além de programas destinados a melhorar a eficiência energética de equipamentos de utilização de energia, particularmente aparelhos de ar-condicionado.

A referência FREUND & WALLICH (1998) relata que nos países do leste europeu, incluindo a antiga União Soviética, mesmo que os gastos em energia signifiquem uma parcela considerável do orçamento familiar poucos programas de GLD têm sido executados. Os autores comentam que na Romênia e Hungria as despesas com energia elétrica variam entre 15% e 20% do orçamento familiar enquanto nos Estados Unidos e outros países da Europa variam de 2,5% a 5%.

Um dos fatores que mais dificultam os programas de GLD no sentido de melhorar a eficiência no uso final de eletricidade é a política de subsídios e incentivos tarifários, comuns nesses países. Em alguns deles (Bulgária, Rússia e Ucrânia), a tarifa residencial de eletricidade varia entre 4% e 15% apenas do custo marginal de longo prazo.

VALLÉE & LEBOT (1996) destacam que o processo de reestruturação da indústria de eletricidade tem sido a grande responsável pelas dificuldades de implantação de programas de GLD. Dentre os programas de GLD que nesses países têm relativo sucesso, destaca-se a promoção de lâmpadas eficientes, particularmente nas repúblicas Tcheca e Eslovaca. O da República Tcheca, em 1995, promoveu a difusão de 140.000 unidades. Os autores relatam que as ações mais recentes implementadas pelas concessionárias desses países têm sido a criação de centros de informação aberta ao cliente e o incentivo ao processo de normalização de aparelhos eletrodomésticos.

A referência VALLÉE & LEBOT (1996) destaca ainda o programa de GLD na Polônia que, com financiamento do IFC (*International Finance Corporation*), no valor de 5 milhões de dólares, promoveu uma subvenção diretamente ao fabricante local de lâmpadas, permitindo uma redução significativa no preço final de venda ao consumidor.

No México, estudos indicam grandes potenciais técnicos de economia e diversos projetos de GLD têm sido implementados, particularmente no setor residencial, que é o responsável por aproximadamente 25% do consumo total de energia elétrica e a grande responsável pela formação do pico da demanda (impacto estimado em 15%). A referência BANDALA (1995) destaca que, em 1995, foram investidos cerca de US\$ 23 milhões em programas de substituição de lâmpadas, visando economizar 135 GWh de energia e reduzir 78 MW da demanda de pico. O autor estima que, se tivesse ocorrido a inclusão de refrigeradores e condicionadores de ar, a economia poderia atingir 10 TWh e 6,7 GW da capacidade instalada no ano 2000, o que significaria uma economia da ordem de US\$ 18 bilhões.

Com a questão ambiental de controle das emissões de CO<sub>2</sub> e a implantação cada vez maior do PIR em vários países, a literatura internacional tem mencionado cada vez mais programas de GLD com o relato de ações desenvolvidas, estimativas de redução de consumo e emissões de poluentes, bem como as avaliações e os resultados obtidos.

Vários outros relatos poderiam ter sido apresentados; contudo, o nosso objetivo é destacar algumas das principais experiências internacionais, demonstrando que, apesar dos entraves e do baixo desempenho de alguns projetos, os programas de GLD são “ferramentas” essenciais na implantação do uso eficiente de energia, tendo em vista que a energia não é inesgotável, apresenta impactos ambientais e significa qualidade de vida para a nossa geração na busca do tão sonhado desenvolvimento sustentável.

## 2.5 EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL

O desenvolvimento da indústria de energia elétrica brasileira na sua fase inicial (período de 1889 a 1930) foi marcado pela pouca intervenção do governo brasileiro no mercado de energia elétrica e pelo interesse de empresas internacionais pela exploração dos serviços de eletricidade nas grandes cidades.

Nesse período ocorreu a proliferação de sistemas elétricos isolados e a concentração das usinas de maior porte em áreas próximas aos dois principais centros urbanos do país, o Rio de Janeiro e São Paulo. Nessa fase, a intervenção do governo brasileiro no mercado de energia elétrica resumiu-se a um conjunto de medidas isoladas, até porque o fornecimento de energia elétrica era tido como uma prestação de serviço municipal. Dentre essas medidas, destaca-se o Decreto 5.407, de 1904, que estabelecia um prazo de cinco anos para as revisões tarifárias dos contratos de concessões.

A referência DIAS (1998) descreve que os contratos de concessão a partir de 1905 passaram a conter a chamada “cláusula-ouro”, que permitia às empresas estrangeiras a revisão de suas tarifas pela variação cambial, o que tornou inócua a restrição contida no citado Decreto.

A primeira grande empresa internacional que obteve concessões para explorar a distribuição de energia elétrica, iluminação pública e tração elétrica no Município de São Paulo e posteriormente no Município do Rio de Janeiro foi a canadense *Brazilian Traction, Light and Power (Light)*. A norte-americana *American & Foreign Power Company (Amforp)* iniciou suas atividades no Brasil em 1927, adquirindo o controle de numerosas concessionárias que atuavam no interior paulista e em várias capitais estaduais do Nordeste e do Sul do país.

No final dessa fase da indústria de energia elétrica no Brasil, com a intensificação da concentração e centralização das empresas concessionárias, a indústria de energia elétrica foi quase que completamente desnacionalizada (DIAS, 1998).

A segunda fase do desenvolvimento da indústria de energia elétrica, de 1930 até 1954, caracterizou-se pelo início do processo regulatório e pela redução dos investimentos das empresas estrangeiras no mercado de energia elétrica brasileiro. Nessa fase, o mundo foi submetido a uma grande depressão econômica, deflagrada com a quebra da Bolsa de Nova Iorque. Nos países europeus e nos EUA, o Estado entrou na indústria de energia elétrica estabelecendo a concorrência e pressionando os preços das tarifas para baixo.

A referência DIAS (1998) descreve que a insatisfação dos empresários nacionais nessa fase era muito grande, pois, se por um lado observavam reduções de até 75% nas tarifas de energia elétrica nos EUA, por outro, estavam submetidos ao aumento continuado e automático do custo de energia elétrica praticado pelas grandes concessionárias estrangeiras (*Light e Amforp*).

Em 17/12/1933, por Decreto Presidencial, Getúlio Vargas extinguiu a “cláusula ouro”. A onda reformista, deflagrada após as revoluções de 1930 e 1932, originou o primeiro marco regulatório relevante, o Código de Águas, editado em 10/07/1934. Posteriormente, o próprio Getúlio Vargas criou o primeiro órgão regulador federal, o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), em 1939.

A referência BARDELIN (2004) descreve que o Código de Águas estabelecia como postulado básico a distinção entre propriedade do solo, de quedas d’água e outras fontes de energia hidráulica para efeito de exploração ou aproveitamento industrial. O Código de Águas introduziu o regime das autorizações e concessões para aproveitamentos hidrelétricos. As autorizações seriam dadas exclusivamente a brasileiros ou a empresas constituídas no país, salvo direitos adquiridos anteriormente. Outro avanço do Código de Águas foi a possibilidade de um controle mais rigoroso sobre as concessionárias de distribuição de energia elétrica, determinando a fiscalização técnica, financeira e contábil de todas as empresas do setor.

Durante a década de 50, a acentuada concentração populacional nos centros urbanos e a grande quantidade de máquinas que foram instaladas devido ao rápido crescimento da industrialização no Brasil, provocaram um aumento sem precedentes do uso da eletricidade. A potência instalada de usinas hidrelétricas instaladas no Brasil subiu dos 780 MW, em 1920, para 2.481 MW, em 1955. A participação dominante das usinas hidrelétricas na matriz energética foi o grande diferencial da evolução do setor elétrico no Brasil em relação aos demais países do mundo, onde sempre predominou a termoeletricidade, com base no carvão mineral.

A referência DIAS (1998) destaca que, com a promulgação do Código de Águas, as empresas privadas que detinham 98% do abastecimento de energia elétrica passaram a reduzir gradativamente seu nível de investimentos. Essa redução de investimentos passou a comprometer as necessidades do desenvolvimento brasileiro.

Entre os anos de 1953 e 1955, período em que a energia armazenada nos reservatórios atingiu níveis muito baixos, houve racionamento constante nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, que possuíam o abastecimento de energia elétrica fornecida pela *Light*. Os cortes de energia elétrica chegaram a ser de 5 a 7 horas diárias no Rio de Janeiro. Em São Paulo, os cortes, sem aviso prévio ao público, eram bastante comuns. As restrições na oferta ocorriam em graus variados, mesmo quando a quantidade de chuvas era satisfatória. Em 1959, foi o estado de Minas Gerais que sofreu um racionamento de energia elétrica (DIAS, 1998).

A referência LIMA (1995) descreve que, em seu segundo mandato (1951-1954), Getúlio Vargas defendeu a intervenção do Estado para superar os pontos de estrangulamento no setor. Ele deu continuidade à construção da usina hidrelétrica de Paulo Afonso 1, da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), no rio São Francisco, a qual entrou em operação em dezembro de 1954 com duas unidades geradoras, totalizando 120 MW de potência.

A referência DIAS (1998) destaca a importância da instituição do Fundo Federal de Eletrificação e a criação do imposto único sobre energia elétrica pela Lei Nº. 2.308 em 31/12/1954. Esse fundo foi criado com o objetivo de financiar instalações de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, tendo importante papel na próxima fase da indústria de energia elétrica no país.

A terceira fase da história da indústria de energia elétrica no país, que transcorreu de 1955 até 1973, caracterizou-se pela expansão, consolidação e estatização da indústria de energia elétrica no Brasil.

A referência LIMA (1995) destaca que, no início dessa fase, a indústria de energia elétrica viveu um período de crescimento vertiginoso, calcado em investimentos públicos em geração e transmissão.

O governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961) instituiu um ambicioso programa econômico, denominado Plano de Metas, que prometia um crescimento de "50 anos em cinco". Nesse Plano de Metas ele propôs a reorganização do setor: as empresas federais investiriam na produção, ficando a distribuição com o setor privado.

Ele destinou 43% dos investimentos do Brasil, no período, para o setor de energia, dos quais aproximadamente 55% foram para a área de energia elétrica. Em função desses investi-

mentos, a potência instalada no país chegou a 4.777 MW em 1960 e em 1965 atingiu 7.411 MW.

Segundo a referência LIMA (1995), com a forte oposição das concessionárias estrangeiras e de algumas estaduais, de vários políticos e até de ministros do próprio governo, em 1960 foi criado o Ministério das Minas e Energia e, no ano seguinte, o projeto de criação da ELETROBRÁS foi autorizado por Jânio Quadros (1961), o qual, porém, só em junho de 1962 se transformou em realidade com a publicação da Lei 3890-A.

Institucionalmente, a partir de 1960 coube ao Ministério das Minas e Energia (MME) a gestão dos serviços públicos de energia elétrica, ficando o papel regulador para o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), que sucedeu ao CNAEE a partir de 1965.

Dentro desse modelo, cabia à ELETROBRÁS a coordenação do planejamento e a gestão dos recursos para a expansão do setor elétrico. Até o surgimento da ELETROBRÁS, o planejamento do setor elétrico era disperso e feito regionalmente. Do ponto de vista da regulação, cabia ao DNAEE a aprovação das tarifas e a verificação das condições do atendimento elétrico efetuado pelas diferentes empresas sob o amparo legal do Código de Águas.

A referência BARDELIN (2004) descreve que, entre 1963 e 1964, as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro voltaram a sofrer novo racionamento, pois o país enfrentava um crescimento acelerado no consumo de energia elétrica, e os investimentos não conseguiam suprir no ritmo necessário, o aumento do consumo de energia elétrica.

Na tentativa de solucionar o problema da grave escassez de recursos para o financiamento e conclusão de grandes empreendimentos no setor elétrico, foi publicada a Lei Nº. 4.156, em 28/11/1962. Essa Lei estabeleceu importantes medidas para a reconstituição das bases de financiamento do setor público, transformando o Imposto Único sobre Energia Elétrica (IUEE) e instituindo o empréstimo compulsório em favor da ELETROBRÁS. Este último seria cobrado na conta do consumidor a partir de janeiro de 1964, em troca de obrigações da empresa, resgatáveis em dez anos.

A referência DIAS (1998) destaca a criação, em 30 de maio de 1962, da Comissão de Nacionalização das Empresas Concessionárias de Serviços Públicos (CONESP) para, fundamentalmente, tratar da nacionalização das empresas do Grupo AMFORP, o que terminou

acontecendo em 1964 com a compra dessas empresas. Com a aquisição das empresas do Grupo AMFORP, a ELETROBRÁS passou a contar com mais dez subsidiárias, depois incorporadas, em sua maioria, por empresas estaduais. Com o afastamento da AMFORP, o setor público alcançou uma posição predominante na capacidade de geração de energia elétrica no país, respondendo por 54% dos 7.400 MW de potência instalada em 1965. A completa estatização do setor elétrico foi concluída com a compra da LIGHT Serviços de Eletricidade S.A. em janeiro de 1979, ao grupo canadense Brascan Limited.

Da criação da ELETROBRÁS até o final dos anos 70, a indústria de energia elétrica no Brasil viveu uma grande fase. Grandes obras de geração hidráulica proporcionaram uma rápida expansão da potência instalada, e uma crescente expansão do sistema de transmissão proporcionou a exploração de oportunidades de economia de escala e de uma contínua redução de custos. A capacidade geradora das concessionárias praticamente triplicou no final dos anos 70, atingindo o patamar de 31.000 MW. A operação dos sistemas elétricos tornou-se cada vez mais complexa com o aumento do número de interligações e de usinas de empresas diferentes situadas ao longo dos mesmos rios.

O sistema elétrico foi crescendo, atingindo áreas urbanas e rurais, levando um grande contingente da população brasileira a ter acesso ao serviço de energia elétrica. A adoção de políticas tarifárias, nas quais subsídios cruzados buscavam facilitar o acesso das regiões mais pobres e dos grupos sociais de menor poder aquisitivo, complementava esse quadro, permitindo o incremento significativo do uso da eletricidade.

No final dos anos 70 as empresas do setor elétrico estavam totalmente verticalizadas (integradas pela geração, transmissão e distribuição), divididas em empresas com geração e transmissão e empresas especializadas na distribuição. Apesar dessas diferenças de estrutura, o modelo como um todo mantinha a característica de centralização das atividades de operação e planejamento da expansão.

A referência LIMA (1995) descreve que em 1971, o governo promoveu mudanças na legislação tarifária, publicando a Lei 5.655, de 20 de maio daquele ano, a qual estabeleceu a garantia de remuneração de 10% a 12% do capital investido, a ser computada na tarifa. Com essa medida, o setor passou a gerar recursos não apenas para funcionar de maneira adequada como também para financiar sua expansão. No art. 4º dessa Lei foi também instituída a RESERVA GLOBAL DE REVERSÃO (RGR), com a finalidade de prover recursos para a

reversão, encampação, expansão e melhoria dos serviços públicos de energia elétrica. Complementavam ainda o modelo de financiamento do setor elétrico o Imposto Único sobre Energia Elétrica (IUEE), os empréstimos compulsórios à ELETROBRÁS e o ingresso de empréstimos externos (sobretudo para financiar a importação de equipamentos).

A referência DIAS (1998) destaca que, no início dos anos 70, a estrutura tarifária revelava disparidades no custo de geração e distribuição entre as diversas regiões. As concessionárias que operavam em regiões mais desenvolvidas diluíam o custo do serviço por um número de consumidores muito maior, o que lhes garantia estabilidade financeira e capacidade de investimento, com uma tarifa impraticável nas regiões que atendiam a mercados incipientes.

Em 1974, o governo instituiu a equalização tarifária (Decreto-Lei 1.383), que buscou estabelecer tarifas iguais em todo o território nacional, ajustando a remuneração de todas as concessionárias por meio da transferência de recursos excedentes das empresas superavitárias para as deficitárias. Era a Reserva Global de Garantia (RGG).

As insuficiências ou os excessos de remuneração de cada concessionária eram registrados, na época de sua prestação de contas anual, na Conta de Resultados a Compensar (CRC), para serem então incorporados à tarifa corrigida no exercício fiscal seguinte. Até 1977, os níveis tarifários praticados mostravam-se suficientes para que todos os concessionários, após as devidas compensações com a RGG, tivessem a remuneração legal.

A referência SICSÚ (1985) descreve de maneira ampla a questão energética no início dos anos 70, ressaltando o elevado grau de dependência do petróleo por parte do Brasil, que consumia na época 600 mil barris de petróleo por dia, dos quais apenas 200 mil eram produzidos no país. O autor, analisando dados disponibilizados pela Petrobrás, destaca que nesse período foram reduzidos significativamente os investimentos nas fases de exploração e produção de petróleo, e incrementados os investimentos nas fases de refino e transporte, fases mais lucrativas.

Com a ocorrência da primeira grande crise do petróleo ocorrida nos anos de 1973 e 1974, o barril de petróleo teve seu preço quadruplicado. A referência SICSÚ (1985) destaca que, embora o petróleo nesse período correspondesse ao nosso principal item de importação, representando 45% do consumo de energia primária do país, poucas medidas ou decisões foram tomadas no sentido de mudar esse modelo.

A partir da referência SICSÚ (1985), verifica-se que, em 1973, em pleno choque do petróleo com uma crise energética mundial em andamento, as decisões tomadas pelo governo brasileiro eram voltadas para o incentivo aos setores industriais eletro-intensivos, grandes consumidores de energia, em detrimento de processos de racionalização e conservação.

O II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), aprovado pelo governo federal em 1975, buscava preservar o crescimento econômico e administrar o nível de inflação, projetando uma taxa de crescimento da indústria de 12% ao ano. Dentro da mesma premissa, a referência DIAS (1998) descreve que o planejamento do setor elétrico na época previa um crescimento de consumo de energia elétrica numa taxa de 12% ao ano, com um crescimento da capacidade instalada superior a 10% ao ano, o que implicava manter os grandes projetos de geração hidráulica, incluindo a construção da usina de Itaipu.

DIAS (1998) descreve que, nessa fase, os rumos começam a mudar no setor elétrico brasileiro. O crescimento equilibrado e auto-sustentado começa a ficar comprometido, o setor elétrico passa a ser utilizado em políticas para captação de recursos externos e como instrumento de controle do processo inflacionário, mediante o controle das tarifas de energia elétrica.

Tal controle teve início com o Decreto 83.940, de 10 de setembro de 1979. Esse decreto definiu que *“o ato de fixação ou reajustamento de qualquer preço ou tarifa por órgãos ou entidades da Administração Federal, Direta ou Indireta, mesmo nos casos em que o poder para tal fixação seja decorrente de lei, dependerá, para sua publicação e efetiva aplicação, de prévia aprovação do ministro de Estado, chefe da Secretaria de Planejamento”*.

A aplicação desse decreto distorceu a estrutura tarifária vigente e iniciou um gradativo processo de deterioração econômico-financeira das concessionárias. Nessa fase, observa-se a realização de grandes obras, como Paulo Afonso IV, Tucuruí, Sobradinho e Itumbiara, que por força da contenção tarifária não puderam receber a devida remuneração. Para agravar o quadro, estabeleceram-se tarifas incentivadas para a instalação de indústrias eletro-intensivas. A referência DIAS (1998) ressalta que a tarifa de energia elétrica, na década de 70 chegou a US\$ 90/MWH, e que no final da década de 80 a tarifa atingiu o valor de US\$ 46/MWH.

A segunda grande crise do petróleo, ocorrida entre 1979 e 1981, não deixou alternativas ao governo brasileiro, que se viu obrigado a lançar medidas austeras quanto ao uso do petró-

leo, estabelecendo cotas de combustíveis para o setor industrial. A brusca e acentuada elevação dos preços do petróleo provocou um grande abalo na economia dos países desenvolvidos e repercutiu fortemente no processo de crescimento econômico do Brasil. Nesse contexto, as fontes externas de financiamento se retraíram e, conseqüentemente, as taxas de juros se elevaram o que acabou por levar o país a uma recessão que afetou significativamente o setor industrial no período de 1981 a 1985.

Com a elevação abrupta dos juros internacionais como conseqüência da crise instituída pelo choque do petróleo, ficou exposta a situação delicada do setor elétrico que, com uma dívida externa de US\$ 20 bilhões, estava à mercê dessas flutuações do mercado internacional (LIMA, 1995).

A situação do setor elétrico foi agravada pela recessão econômica ocorrida entre 1981 e 1983, a qual prejudicou ainda mais a capacidade financeira das concessionárias. Nessa época começaram a se esboçar margens de capacidade ociosa em alguns segmentos do sistema interligado (Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste) e, dentro de um conjunto de medidas para incentivo às exportações para enfrentar a crise econômica, foram adotadas as tarifas especiais para alguns setores da indústria, conforme relata DIAS (1998).

Em 1981, o governo lança o programa CONSERVE, que tinha como objetivo estimular a conservação e substituição do óleo combustível consumido na indústria por fontes alternativas. Porém, o que se verificou na realidade foi uma substituição do óleo combustível pela energia elétrica, na época abundante, devido à recessão e ao aumento da capacidade de geração por meio do programa de Energia Garantida por Tempo Determinado (EGTD). Esse programa estimulou a substituição dos combustíveis fósseis por energia elétrica na geração de calor, com preços 30% menores que os preços praticados para todas as demais classes consumidoras de energia elétrica.

A referência LEITE (1997) descreve que, numa estratégia para a reestruturação da política energética nacional, com o objetivo de enfrentar a crise, o governo brasileiro decidiu, além de programas de substituição dos combustíveis fósseis por energia elétrica, aumentar os investimentos na produção nacional de petróleo, nos programas de conservação e no aumento de eficiência no uso de seus derivados. A estratégia para a reestruturação da política energética nacional, além das posturas adotadas quanto ao uso dos derivados do petróleo, lançou al-

guns programas na área de energia elétrica, tais como: o programa nuclear brasileiro e a continuidade da construção de usinas hidrelétricas.

O programa de Energia Garantida por Tempo Determinado (EGTD) durou até 1986 e provocou um crescimento vertiginoso da demanda de energia elétrica. Esse crescimento acelerado da demanda foi tão rápido que acabou por se tornar um problema, não somente pela eminente escassez do produto mas também porque se iniciou no país uma conscientização sobre o valor do meio ambiente e questionamentos sobre desperdícios no uso da eletricidade, o que dificultava a expansão de usinas geradoras, principalmente as hídricas.

Nesse contexto, foi criado o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), mais tarde chamado Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, como a primeira tentativa sistemática de promover o uso racional da eletricidade em nosso país através da Portaria Interministerial 1877, de 30/12/1985.

A referência LEITE (1997) comenta que, em 1981, mais uma medida governamental atinge a rentabilidade das concessionárias, a edição do Decreto-Lei 1.849. Esse instrumento legal alterava as regras de transferência da Reserva Global de Garantia (RGG), passando a vigorar para recolhimento não mais o limite legal mas a remuneração média possível, com a tarifa autorizada pelo governo central. Mesmo com a contenção tarifária, essas transferências financeiras (entre empresas estatais federais e estaduais) continuaram a ocorrer até a primeira metade dos anos 80.

DIAS (1998) descreve que, em 1985, o governo Sarney aprovou o Plano de Recuperação Setorial (PRS) para o setor elétrico, elaborado pela ELETROBRÁS com objetivo de promover o saneamento financeiro das concessionárias mediante o aporte de recursos orçamentários da União e esquemas de recuperação das tarifas, com o apoio do Banco Mundial. Um dos aspectos mais importantes do PRS foi a transferência da dívida externa do setor elétrico para o governo federal.

O Plano de Recuperação Setorial (PRS), mesmo permitindo uma relativa capitalização das concessionárias, acabou sendo atropelado por um conjunto de medidas de combate ao processo inflacionário. Dentre essas medidas, é importante ressaltar a decisão do Conselho Monetário Nacional, em 1987, a qual criou um conjunto de normas que impediam o financiamento interno, por parte do Sistema Financeiro Nacional, a empresas estatais, governos esta-

duais e municipais e entidades da administração indireta. A referência LEITE (1997) descreve que, nessa fase, com a deterioração das contas externas do país, num cenário de juros internacionais ascendentes e com a interrupção dos créditos de organismos internacionais, o setor elétrico passou a ter fluxo negativo entre os empréstimos externos e o pagamento do serviço da dívida. O autor ressalta ainda que, como reflexo da política de contenção das tarifas, a Conta de Resultado a Compensar (CRC) acumulou débitos crescentes, tendo atingido, no final de 1987, o equivalente a US\$ 7 bilhões.

Para agravar a situação já delicada do setor elétrico nesse período, a Constituição do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988, estabeleceu importantes mudanças no quadro institucional do setor elétrico. A Constituição de 1988, no seu artigo 175, designou ao Poder Público a incumbência de prestar serviços de interesse geral, diretamente ou sob regime de concessão, e no artigo 176 estabeleceu que somente brasileiros ou empresas brasileiras de capital nacional poderiam adquirir a concessão para o aproveitamento dos recursos minerais e potenciais de energia hidráulica. A referência TOLMASQUIM (2002) descreve que, apenas em 1995, o Congresso Nacional aprovou a emenda constitucional que definiu a distinção entre empresa brasileira e empresa brasileira de capital nacional. Essa indefinição foi a responsável por nenhuma nova concessão para a geração ou transmissão de energia elétrica ter sido outorgada entre 1988 e 1995.

A Constituição de 1988 aprovou também a extinção do empréstimo compulsório para a ELETROBRÁS (no prazo de cinco anos), o fim imediato do Imposto Único sobre Energia Elétrica (IUEE), a elevação do Imposto de Renda das empresas do setor (de 6% para 40%) e a criação da tarifa de compensação financeira - o chamado *royalty* por área inundada - para estados e municípios atingidos por reservatórios de hidrelétricas. Essas mudanças acarretaram o aumento do custo operacional das empresas de energia elétrica e acentuou o quadro de escassez de recursos para investimentos no setor.

As mudanças desencadeadas pela Constituição de 1988 provocaram ainda conflitos entre interesses federais e estaduais com relação ao sistema de redistribuição interna dos recursos tarifários, o que terminou por provocar um quadro de inadimplências intra-setoriais.

A referência LIMA (1995) descreve que as concessionárias estaduais iniciaram o processo de inadimplência, atrasando e posteriormente não pagando suas contas de energia comprada às empresas supridoras do Grupo ELETROBRÁS e da Itaipu Binacional, alegando que

o governo federal, ao fixar as tarifas, não obedeceria à legislação de remuneração garantida. Esse quadro alarmante de inadimplências provocou a crise institucional mais profunda vivida pelo setor até então.

## 2.6 REFORMA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Com a redução do ritmo de investimentos a partir do final dos anos 80 e com o crescimento do consumo de energia elétrica em taxas superiores às da capacidade instalada, o país começou a deplecionar os reservatórios nos períodos secos, o que não resultou em problemas graves de fornecimento na metade da década de 90, porque ocorreu um ciclo hidrológico amplamente favorável.

Dentro do processo de discussões e da busca de soluções para a situação de falência do modelo de financiamento do setor elétrico, o qual colocava em risco qualquer ação de retomada do crescimento econômico, foi aprovada em março de 1993 a Lei 8.631.

A Lei 8.631 estabeleceu a desqualização tarifária e promoveu amplo “encontro de contas” entre as concessionárias e a União. Essa lei extinguiu a garantia de remuneração e, conseqüentemente, a geração de novos saldos de Conta de Resultado a Compensar (CRC).

A referência BARDELIN (2004) descreve que, no processo de “encontro de contas” entre as concessionárias e a União, o Tesouro Nacional assumiu dívidas da ordem de US\$ 20 bilhões, permanecendo para futuras compensações outros US\$ 7 bilhões. O autor destaca que na época da edição da Lei 8.631, as tarifas haviam alcançado valores significativamente baixos da ordem de R\$ 37,6/MWh, a preços correntes de abril de 1993, que justificaram, junto com a aplicação da lei, a concessão de aumentos para praticamente dobrar o preço nominal. Embora em dezembro de 1993 as tarifas praticadas já atingissem os valores de R\$ 60,0/MWh, com a implantação do Programa de Estabilização Econômica (Plano Real), em 1994, o processo de recuperação real das tarifas foi interrompido. Para agravar mais ainda a situação do setor elétrico, com o sucesso do Plano Real, a demanda de energia voltou a crescer de forma acentuada.

A referência LEITE (1997) destaca que a crise que se configurou no final dos anos 80 teve como conseqüência a paralisação de um programa de geração que agregaria aproximadamente 10 mil MW ao sistema, no qual já tinham sido aplicados aproximadamente US\$ 11 bilhões, com custos financeiros anuais de cerca de US\$ 1,9 bilhão. Diversas hidrelétricas de

porte encontravam-se com a construção totalmente paralisada, os padrões de manutenção estavam deteriorados e as dívidas com empreiteiras e fornecedores de equipamentos acumulavam-se.

Nesse contexto, o governo brasileiro procurou estabelecer uma base legal que atraísse capitais privados para todos os segmentos possíveis da indústria de energia elétrica brasileira. Em 12/04/1990, foi publicada a Lei 8.031 que instituiu o Programa Nacional de Desestatização (PND) e criou o Fundo Nacional de Desestatização (FND). O BNDES foi designado gestor do FND, fundo de natureza contábil em que são depositadas as ações das empresas a desestatizar.

A referência TOLMASQUIM (2002) ressalta também a publicação do Decreto 1009, de 1993, que instituiu o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica (SINTREL), considerado um pré-requisito básico no caminho de uma reforma no setor elétrico. O SINTREL foi criado com a função de gerenciar os ativos de transmissão dos proprietários das redes de transmissão, os quais cedem seus ativos em troca de receitas. O SINTREL caracterizaria o funcionamento da rede de transmissão, impedindo práticas discriminatórias e possíveis abusos de poder de mercado.

Na proposta do SINTREL, ficou estabelecido, além do princípio do livre acesso à transmissão, o princípio da liberdade de escolha de fornecedor pelos consumidores, de forma progressiva, a partir dos que demandam mais de 10 MW, em tensão superior a 69 KV. O projeto SINTREL não avançou por não ter obtido a adesão dos governos estaduais, que hesitaram em ceder controle de parte dos ativos de suas empresas e por não estarem convencidos, naquele momento, da necessidade de iniciar um processo de privatização.

As próximas etapas no caminho da reforma do setor elétrico foram a publicação da Lei 8978, em 13/02/1995, e da Lei 9074, em 7/7/1995. Elas estabeleceram as bases do novo modelo, centrado na criação de um mercado competitivo de energia elétrica. A implantação desse modelo exigiria a desverticalização da cadeia produtiva, separando as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, que deveriam ser áreas de negócio independentes. A geração e a comercialização seriam progressivamente desreguladas. Já a transmissão e a distribuição (que por sua natureza, constituem monopólios naturais) continuariam sendo tratadas como serviços públicos regulados. A Lei 9074 instituiu a figura do produtor independente de energia elétrica, permitindo-se aos consumidores com carga maior

ou igual a 3.000 kW, atendidos em alta tensão, a escolha do seu fornecedor de energia elétrica.

A referência BARDELIN (2004) destaca que a complexidade do modelo a ser implantado, que exigia profundas mudanças nas empresas e nas relações existentes entre os diversos agentes, fez com que o poder executivo conduzisse, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia, um projeto, iniciado em 1995, para viabilizar a reforma do setor elétrico, denominado Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (RESEB), que tinha como objetivos principais:

- Assegurar a continuidade do fornecimento a curto prazo, durante o processo de transição, e a longo prazo, assegurando que os investimentos sejam atraentes para o setor privado;
- Manter e aprimorar a eficiência com que os recursos sejam empregados pelo setor elétrico; e
- Reduzir as despesas públicas, atraindo capital privado para financiar novos investimentos, e pagar a dívida pública com os resultados da alienação dos ativos existentes.

O projeto RESEB concluiu seus trabalhos após cerca de dois anos e meio de estudos que envolveram expressiva quantidade de técnicos e consultores nacionais e estrangeiros. Tendo expressiva participação da Coopers & Lybrand, que já havia participado ativamente do processo de reforma do setor elétrico na Inglaterra.

A referência TOLMASQUIM (2002) destaca que, seguindo as sugestões da consultoria, foi instituída a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), sob o regime de autarquia especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. A ANEEL foi criada pela Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996, e regulamentada pelo Decreto 2.335, de 6 de outubro de 1997, com as seguintes funções:

- a) Fiscalizar as concessões para a prestação de serviço público de energia elétrica;
- b) Zelar pelo equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias e pela qualidade dos serviços prestados;
- c) Supervisionar a exploração dos recursos hídricos dos pais;

- d) Definir a estrutura tarifária e autorizar os níveis propostos pelas empresas.

A ANEEL ficou responsável pela regulação econômica e técnica tendo por base o estabelecimento de padrões mínimos genéricos (médios) e específicos (por cliente), podendo multar as concessionárias que não cumprissem as normas estabelecidas nos contratos de concessão.

TOLMASQUIM (2002) salienta que a própria ANEEL definiu como princípios para os contratos de concessão os seguintes pontos:

- a) Manutenção e melhoria da qualidade do serviço;
- b) Garantia do atendimento da expansão da demanda na área de concessão;
- c) Revisões tarifárias a cada quatro anos;
- d) Subsídios à eletrificação rural e ao consumidor de baixa renda;
- e) Aplicação de 1% da receita da concessionária no combate ao desperdício e em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Seguindo as recomendações sugeridas pela consultoria Coopers & Lybrand, regulamentou-se o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), definiram-se as regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e criou-se o Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), com o objetivo de compartilhar os riscos hidrológicos entre as usinas hidrelétricas despachadas de maneira centralizada.

O Operador Nacional do Sistema Elétrico é uma entidade de direito privado, sem fins lucrativos, criada em 26 de agosto de 1998, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O Operador Nacional do Sistema (ONS) tem a função de garantir a qualidade do suprimento de energia elétrica aos consumidores e ainda garantir que todos os agentes do setor elétrico, de forma equitativa, tenham acesso aos serviços prestados pela rede de transmissão.

A Lei 9.648, de 27/05/1998, e o Decreto 2655, de 02/07/1998, determinaram a criação de um Mercado Atacadista de Energia (MAE), onde deveriam ocorrer as transações de compra e venda de energia elétrica nos sistemas elétricos interligados. Os participantes desse mercado elaboraram e assinaram um Acordo de Mercado (AM) que definiu os princípios e regras para a operacionalização desse mercado. O MAE ficou responsável por todas as atividades requeridas pela administração do Mercado, inclusive financeiras, contábeis e operacionais, sendo as mesmas reguladas e fiscalizadas pela ANEEL.

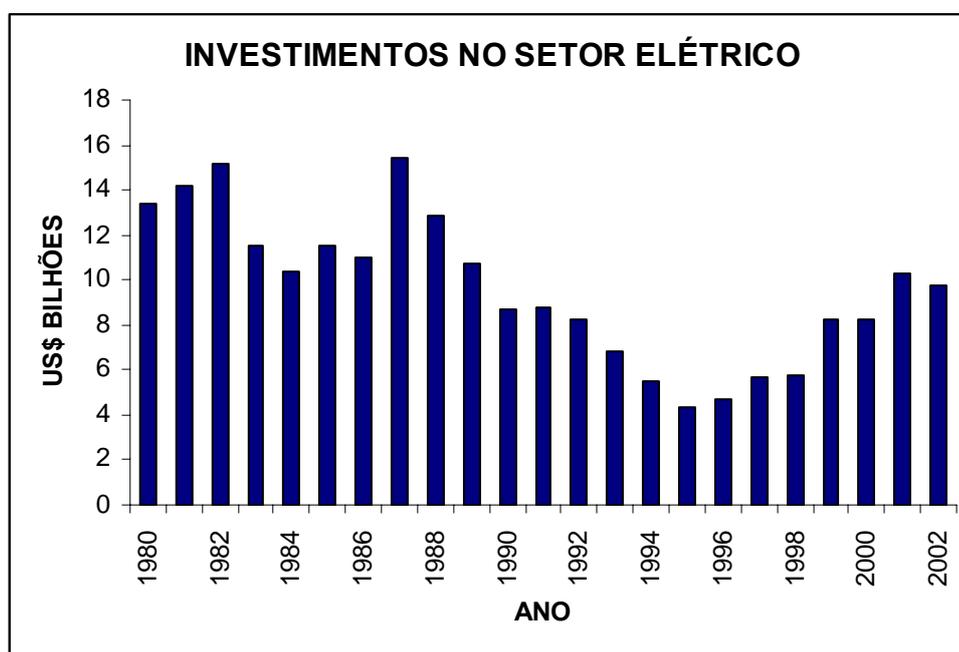
A implantação do Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) pode ser explicada a partir da referência ROSA (2003), que descreve as particularidades do sistema elétrico brasileiro que apresenta a maior parte de sua capacidade instalada em usinas hidrelétricas. Essas usinas, na sua grande maioria, operam em cascata com reservatórios de regularização, requerendo operação e despacho centralizados de maneira a permitir a otimização do sistema. Se as decisões de operação e despacho fossem de cada usina, poderia haver perdas no sistema devido a estratégias de maximização de resultados não serem necessariamente coincidentes com a otimização do aproveitamento do regime hidrológico e do sistema interligado. Usinas hidrelétricas a jusante estariam em situação de risco, já que dependeriam das estratégias das usinas a montante. A alternativa para reduzir esse risco foi a criação do MRE, com o qual os geradores hidrelétricos, de acordo com as regras de mercado do MAE, compartilham o risco hidrológico do sistema interligado.

Dentre as críticas que se faz ao Relatório da Coopers & Lybrand, duas são relevantes, pois provocaram um conjunto de dificuldades na implementação do setor elétrico: uma foi a pequena importância dada à função planejamento, e a segunda ao fato de não prever a otimização do sistema hidrelétrico brasileiro, uma vez que queria tratar as linhas de transmissão como parte "neutra" do sistema. A referência TOLMASQUIM (2002) destaca que, *“com a não otimização do sistema hidrelétrico brasileiro a perda da potência instalada poderia chegar a 25%, o que representa quase uma Itaipu”*.

A referência BARDELIN (2004) destaca que, na visão da Coopers & Lybrand, o planejamento da expansão da geração passaria do planejamento determinativo para o planejamento indicativo. No planejamento determinativo, quando havia a necessidade de expansão da geração para garantir uma oferta confiável de eletricidade, as empresas concessionárias de serviço público tinham a obrigação de provê-la. Com a mudança para o planejamento indicativo, as

concessionárias não tinham mais a obrigação de investir, ficando a cargo da iniciativa privada realizar os novos investimentos.

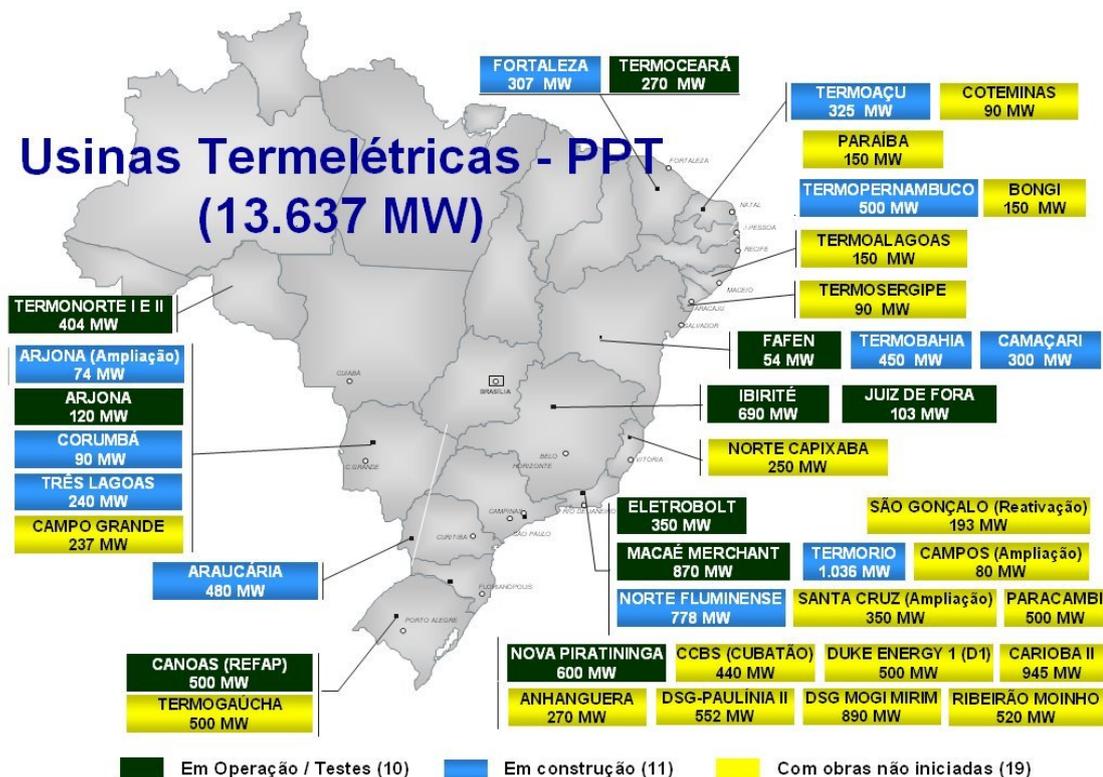
A referência ROSA (2003) descreve que, durante todo o processo de reforma do setor elétrico, o Brasil estava submetido a um acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI), com uma meta do equilíbrio fiscal acordada. Com a contabilização dos gastos de estatais como gastos do governo, os cortes nos orçamentos do governo afetaram significativamente os investimentos nos setores de infra-estrutura.



**Figura 2- 3 : Investimentos no setor elétrico de 1980 a 2002**  
**Fonte: TOLMASQUIM (2002)**

A referência TOLMASQUIM (2002) ressalta que durante os primeiros anos da década de 1990, o nível de investimento no setor elétrico ficou bem abaixo da média histórica (Figura 2- 3), embora as tarifas praticadas no período tivessem gerado recursos suficientes para financiar o investimento da expansão. O autor destaca ainda “*que durante a década de 90, a redução de investimentos públicos em geração e transmissão foi uma opção estratégica e não uma impossibilidade. Na prática, os recursos gerados pelo setor público compunham o resultado consolidado deste setor, por isso foram priorizados para outras destinações, decorrentes da política macroeconômica*”.

Mesmo tendo sido um dos objetivos da reforma do setor elétrico propiciar a entrada de novos investimentos da iniciativa privada na expansão do setor elétrico, esses não ocorreram de forma efetiva. A referência BARDELIN (2004) descreve que o governo federal, na tentativa de atrair investimentos privados na expansão da geração, publicou o Decreto 3.371 em 24/2/2000, criando o Programa Prioritário de Termelétricas (PPT), buscando estimular a implantação de termelétricas que utilizassem como combustível o gás natural no país.



**Figura 2- 4 : Termelétricas planejadas para o Programa Prioritário de Térmicas**  
**Fonte : MME (2001)**

O PPT pretendia disponibilizar quarenta (40) usinas termelétricas em operação, até 2002, totalizando 13,6 GW (Figura 2- 4). Para atingir essa meta, o governo garantiu que o valor normativo da ANEEL estaria de acordo com o valor do custo de geração de energia elétrica com o uso do gás natural, determinando que a ELETROBRÁS comprasse toda a energia gerada pelo preço mínimo do valor normativo da ANEEL por meio de contratos de 20 anos, caso o gerador não encontrasse comprador. O governo, por meio do BNDES, também abriu linhas de crédito com condições de financiamento favoráveis para o investimento nas térmicas.

Entretanto, as medidas adotadas governo federal não surtiram os efeitos necessários, pois o preço do gás natural, por estar diretamente proporcional ao dólar americano aliado ao câmbio flutuante e o valor da energia elétrica estar em moeda nacional, não atraiu os investimentos esperados para essa modalidade de geração.

A referência TOMASQUIM (2002) ressalta, além do risco cambial, outro fator que contribuiu para o insucesso do PPT: foram os elevados preços internacionais e os custos de importação de equipamentos para a geração térmica, pelo fato de o mercado internacional de turbina a gás se encontrar superaquecido na época.

Apesar de alguns especialistas apontarem que o país deveria manter seu foco em geração prioritariamente de origem hidráulica, a opção pela energia proveniente do gás natural não poderia ser considerada errada, pois a diversificação da matriz energética brasileira representava uma redução da grande dependência da fonte de energia hidráulica.

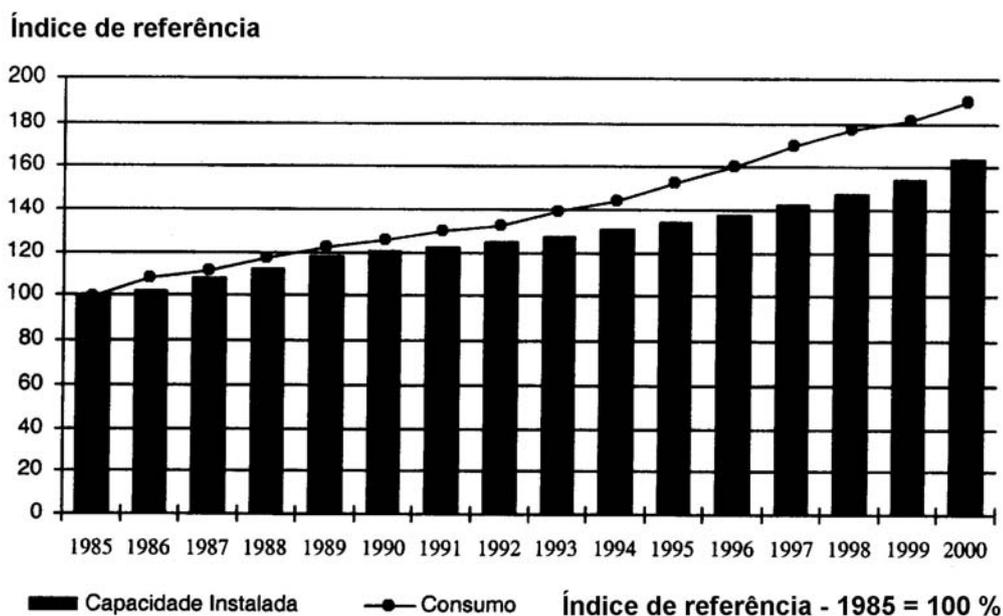
Dentro desse contexto, de 1998 a 2001 os atrasos nas obras de geração e transmissão de energia elétrica atingiram um montante de cerca de 22.000 GWH de redução na oferta de energia o que equivaleria, de acordo com a referência BARDELIN (2004) a 15% da capacidade de armazenamento total dos reservatórios juntos das regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste.

A referência ROSA (2003) ressalta que, já em 1999, o Plano Decenal de Expansão previa alto risco de racionamento, embora indicasse um risco maior para o ano 2000. Como as chuvas em 2000 foram mais favoráveis que em 2001 e a expansão prevista no PPT acabou não ocorrendo a tempo, a crise de energia terminou por acontecer.

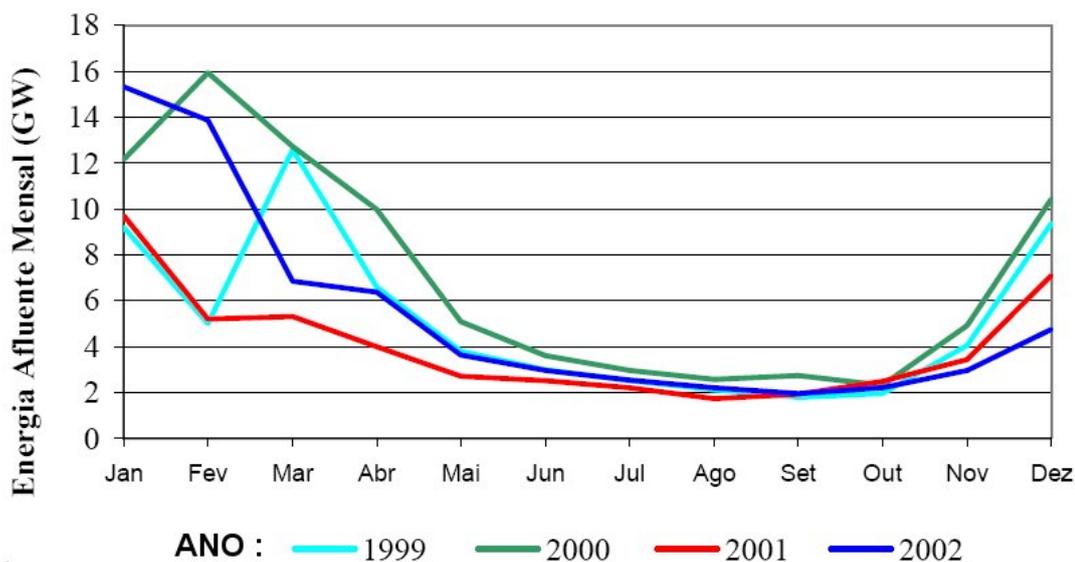
A crise de energia do ano de 2001, que terminou conduzindo ao racionamento, teve como causas a escassez de investimentos, o crescimento da demanda e os desequilíbrios nos reservatórios motivados por falta de chuva nos anos 2000 e 2001.

A Figura 2- 5 apresenta o gráfico do consumo versus a capacidade instalada de geração, em que se pode verificar o afastamento ocorrido nos anos 90 entre ambos e o crescimento acentuado dessa diferença entre 1995 e 2000.

A Figura 2- 6 apresenta o gráfico da energia natural afluyente da Região Nordeste e na Figura 2- 7 o gráfico similar para a Região Sudeste.



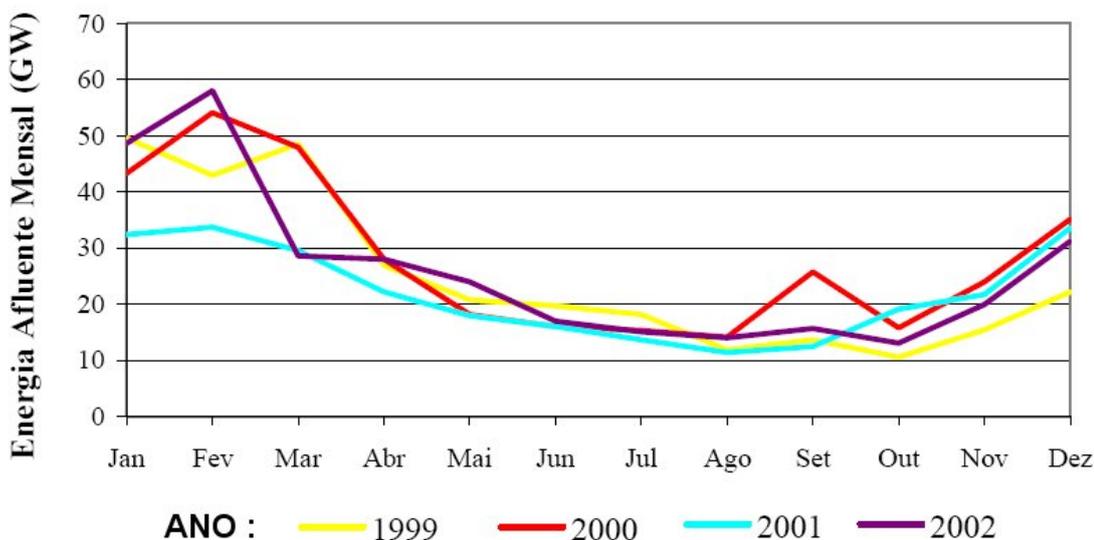
**Figura 2- 5 : Consumo de energia versus capacidade instalada de geração no Brasil**  
**Fonte : BEN (2004)**



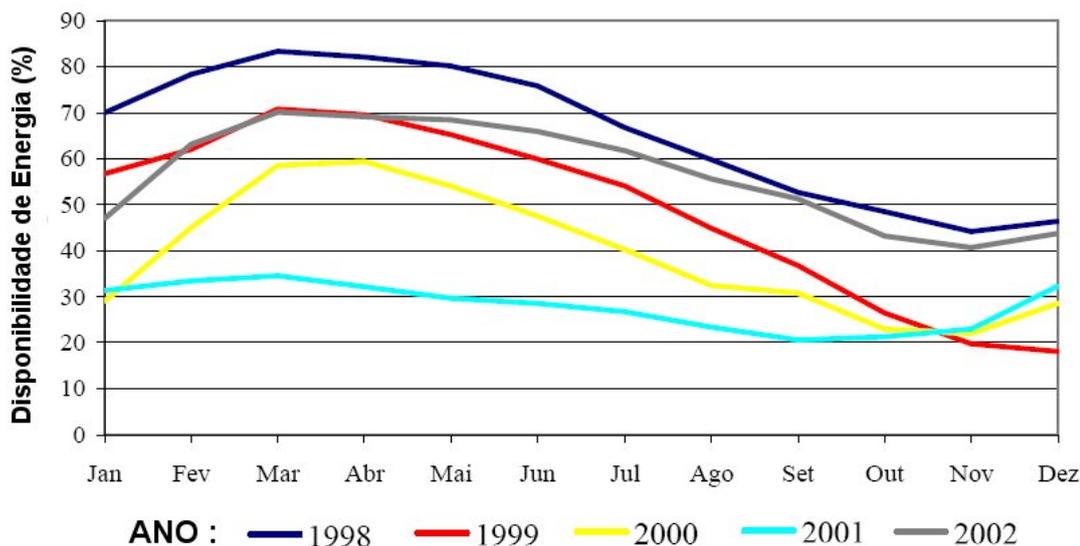
**Figura 2- 6 : Evolução da energia afluyente na Região Nordeste**  
**Fonte: ONS (2002)**

Observa-se que, tanto no gráfico mostrado na Figura 2- 6 quanto no gráfico mostrado na Figura 2- 7, que o ano de 2000 foi um ano favorável, do ponto de vista hidrológico. Evidencia

que, na realidade, o que vinha ocorrendo era que os reservatórios apresentaram uma queda gradual de seus níveis ano após ano, como pode ser constatado na Figura 2- 8, que apresenta a posição dos níveis de reservatório da Região Nordeste entre 1998 e 2002.



**Figura 2- 7 : Evolução da energia afluente na Região Sudeste**  
**Fonte: ONS (2002)**



**Figura 2- 8 : Evolução do nível da disponibilidade de energia na Região Nordeste**  
**Fonte: ONS (2002)**

A referência ROSA (2003) descreve que a defasagem entre oferta e demanda foi se acentuando a partir de 1995 com as empresas estatais impedidas de investir e o capital privado investindo preferencialmente na capacidade de geração existente, agregando pouquíssima capacidade nova ao sistema. O autor ressalta que, diante desse cenário, os reservatórios foram progressivamente esvaziados.

ROSA (2003) contesta os argumentos de que a crise de abastecimento se deveu a uma seca sem precedentes, uma vez que as aflúncias dos anos hidrológicos 2000 e 2001 ficaram, respectivamente, apenas 12% e 5% abaixo da média histórica. A referência ROSA (2003) escreve que *“tais oscilações seriam perfeitamente gerenciáveis, caso a operação do sistema hidráulico fosse feita de acordo com os fundamentos para os quais ele foi projetado e construído”*.

Com o nível dos reservatórios em torno de 33% e o eminente déficit na geração de energia elétrica, o governo federal admitiu a existência da crise de abastecimento de energia em março de 2001.

## **2.7 A CRISE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL EM 2001 E 2002**

Em 15 de maio de 2001, por meio da Medida Provisória 2.147, o governo constituiu a Câmara de Gestão da Crise de Energia (GCE), com a finalidade de administrar a crise de abastecimento de energia elétrica que existia no país e evitar interrupções intempestivas ou imprevistas no suprimento de energia elétrica.

Diante da seriedade da crise e acreditando que a interrupção programada seria uma das saídas a serem adotadas, a GCE foi instalada no âmbito da Presidência da República, com poderes de tomar decisões imediatas, em caráter de última instância, sobre temas cuja competência pertence ao Poder Executivo.

Segundo a referência GCE (2002), a própria GCE definiu que as suas linhas de ação deveriam seguir os seguintes princípios básicos:

- a) *“Cada consumidor deveria ter o direito de decidir quando e como cumpriria suas metas e o recurso aos “apagões” deveria ser uma medida de última instância”*;

- b) *“Mecanismos especiais deveriam ser criados para atenuar a crise no setor produtivo, para que a produção e o emprego não fossem prejudicados além do estritamente possível.”*

A referência GCE (2002) destaca que a GCE também divulgou as cinco linhas de ação que iriam ser seguidas para reduzir o racionamento:

- a) *“Programa Estrutural de Aumento da Oferta de Energia;*  
b) *Programa Emergencial de Aumento da Oferta de Energia;*  
c) *Programa de Conservação e Uso Eficiente de Energia;*  
d) *Revitalização do Modelo do Setor Elétrico;*  
e) *Medidas para atenuar os efeitos econômicos e sociais do racionamento.”*

O programa de racionamento vigorou no período de 1<sup>o</sup> de junho de 2001 até 28 de fevereiro de 2002, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Na Região Norte, o racionamento começou no dia 15 de agosto de 2001, para os grandes consumidores, e no dia 20 de agosto, para os demais consumidores, tendo sido encerrado para todos os consumidores dia 1<sup>o</sup> de janeiro de 2002.

A GCE emitiu 133 Resoluções, com destaque para a Resolução 117, de 19 de fevereiro de 2002, que estabeleceu o fim do racionamento em 28 de fevereiro de 2002. É importante ressaltar que o racionamento obteve relativo sucesso em sua implantação, pois houve a desejada redução de consumo, sem ter ocorrido a necessidade dos temidos “apagões”, que seriam o desligamento de bairros por determinados períodos, para se cumprirem as metas necessárias de redução de consumo, obviamente com significativos prejuízos para toda a sociedade brasileira.

A referência BARDELIN (2004) destaca que *“um racionamento de energia elétrica, em um país em desenvolvimento, traz consigo diversas conseqüências, dentre estas, está o clima de risco elevado que é instaurado no local onde ocorre o racionamento, afugentando investimentos, fazendo o país perder credibilidade externa e interna, causando retração do PIB e outros impactos diretos e indiretos na economia do local”*.

ROSA (2003) relata que o governo, depois de privatizar todas as distribuidoras rentáveis e parte do sistema de geração, teve a reforma interrompida com o racionamento de 2001. Com o racionamento, o consumo foi duramente reprimido, com grandes prejuízos para os consumidores e a economia nacional, enquanto significativos incentivos foram oferecidos para o capital privado investir com urgência. A mesma referência ressalta ainda que os investimentos privados se interessaram muito mais por usinas térmicas do que por hidrelétricas, motivados pelo fato de as usinas termelétricas requererem um menor risco, um menor investimento, um menor prazo de conclusão das obras e uma amortização significativamente mais rápida.

A GCE (Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica), buscando corrigir as falhas e aperfeiçoar o modelo adotado para o setor elétrico brasileiro, criou o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico por meio da Resolução 18 de 22 de junho de 2001. A instalação do Comitê ocorreu no dia 27/07/2001, tendo sido definida como premissa que os trabalhos desenvolvidos deveriam pautar-se na busca de soluções que preservassem os pilares básicos de funcionamento do modelo do setor: a competição nos segmentos de geração e comercialização de energia elétrica, a expansão dos investimentos com base em recursos da iniciativa privada e a regulação dos segmentos de transmissão e distribuição de energia elétrica.

O Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico propôs um conjunto de trinta e três medidas resumidas na referência GCE (2002), publicado em novembro de 2002. Essas medidas foram agrupadas em oito temas gerais: normalizar o funcionamento do setor; aperfeiçoar o mercado; assegurar a expansão da oferta; monitorar a confiabilidade de suprimento; aperfeiçoar a interface entre o mercado e os setores regulados; defender a concorrência; realidade tarifária e defesa do consumidor e aperfeiçoamento institucional.

Dentro do objetivo de normalizar o funcionamento do setor, as principais medidas propostas estavam relacionadas à normalização do mercado de energia elétrica. Foram o acordo geral entre as empresas distribuidoras e geradoras, a solução de problemas de regulamentação do Mercado Atacadista de Energia e a correção dos problemas referentes ao cálculo dos custos marginais de curto prazo.

Com o racionamento, as empresas de distribuição e geração passaram a viver uma grave crise de liquidez e de prejuízos operacionais. Nesse contexto, surgiram controvérsias entre os agentes quanto à forma de aplicação do Anexo V dos Contratos Iniciais de Concessão o qual

tratava da aplicação do Acordo de Recompra. Esse anexo apresentava um mecanismo de redução da energia contratada em situação hidrológica crítica e implicava ajustes entre empresas geradoras e distribuidoras. O Anexo V estabelecia que, quando a carga do sistema fosse inferior ao somatório das energias contratadas, as distribuidoras teriam direito a crédito de energia ao preço do MAE (no valor aproximado de R\$ 492,00/MWh). O encaminhamento do assunto à Justiça traria o risco concreto de batalhas jurídicas prolongadas, cuja consequência poderia ser uma crise de inadimplência e a paralisia geral do setor, podendo envolver cerca de 80 empresas de geração e distribuição.

Um Acordo Geral do Setor Elétrico foi assinado após seis meses de intensas negociações com as duas principais entidades de representação dos agentes do setor, a Associação Brasileira das Geradoras de Energia Elétrica (ABRAGE) e a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE). Dentre os aspectos importantes do acordo pode-se destacar a renúncia por parte dos agentes a ações judiciais referentes a pendências anteriores ao racionamento e o repactuação das obrigações contratuais entre geradoras e distribuidoras para eliminar a possibilidade de novas controvérsias.

Como parte do acordo, a GCE definiu pagamentos de R\$ 2,7 bilhões para as geradoras e de R\$ 4,6 bilhões para as distribuidoras, além de propor uma recomposição tarifária extraordinária, que resultou em aumentos médios de energia de 2,9% para os consumidores residenciais e de 7,9% para os consumidores industriais. Os consumidores da classe baixa-renda não tiveram nenhum aumento. A Medida Provisória número 14, de 21 de dezembro de 2001, implementou os princípios do Acordo, tendo essa medida sido posteriormente convertida na Lei 10.438, de 26 de abril de 2002.

Dentre as outras medidas descritas na referência GCE (2002) propostas pelo Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico, é possível ainda destacar:

- a) A criação da Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial (CBEE), em 21/11/2001, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com sede e foro no Município do Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro, com a missão de expandir no curto prazo a oferta de energia em 2.155 MW. Em julho de 2002, a CBEE já tinha contratado e disponibilizado 618 MW, com a implantação de 20 usinas termelétricas.

- b) A estrutura organizacional do MAE, tida como morosa e com conflitos de autoridade, foi alterada, deixando-a com uma estrutura semelhante à do ONS.
- c) O aperfeiçoamento e o avanço na regulamentação do MAE, instituindo um mecanismo de arbitragem entre os diversos agentes e atribuindo à ANEEL o poder de modificar a regulamentação do MAE.
- d) A regulamentação da comercialização das empresas de geração estatais, estabelecendo que essas empresas promoveriam leilões públicos regulados pela ANEEL de contratos de suprimento de energia, correspondentes à energia que seria progressivamente liberada (25% ao ano a partir de 2003) com a redução dos contratos iniciais, e a energia não-contratada ou nova a partir de novas centrais de geração a entrarem em operação como Tucuruí II. Para a energia liberada dos Contratos Iniciais, seria estabelecido como preço mínimo, o valor das tarifas estabelecidas nos Contratos Iniciais. Os participantes desses leilões serão as distribuidoras, comercializadoras e consumidores livres.
- e) O estabelecimento de um conjunto de medidas para monitorar continuamente o problema de suprimento de energia e a definição clara das responsabilidades. O Decreto 4.261, de 6 de junho de 2002, estabeleceu que caberia ao Ministério de Minas e Energia zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e a demanda de energia elétrica no Brasil.
- f) O estabelecimento de mecanismos que busquem incentivar a expansão da oferta, tais como o incentivo aos contratos bilaterais de energia de ponta, a criação de uma reserva de geração mediante o pagamento de encargos de capacidade, o incentivo ao uso eficiente da energia e a agilização dos processos de licenciamento ambiental.
- g) A mudança do modelo de despacho ótimo de geração baseado no cálculo do custo marginal de curto prazo, modelo que assegurava a otimização operativa das usinas hidrelétricas em cascata e a integração entre bacias. A experiência com a aplicação do despacho por custo baseado em técnicas de otimização e respectivo cálculo do custo marginal de curto prazo nas novas condições de mercado revelaram uma série de problemas e fragilidades, associados aos parâmetros de entrada do modelo de despacho. Ficou caracterizada uma defasagem entre o preço calculado da

energia e as percepções de geradores e consumidores com relação ao valor da mesma. Além disso, o ONS adotava como custo do déficit um valor abaixo do prejuízo que realmente representava a interrupção do fornecimento de eletricidade para a sociedade. Por tais razões, não havia um despacho preventivo das térmicas, o que comprometeu bastante a manutenção de níveis adequados de água nos reservatórios.

A grande maioria dessas propostas não chegou a ser plenamente efetivada devido à mudança de governo e à posse de Luís Ignácio Lula da Silva, em 2003. A referência ROSA (2003) destaca que, quando o novo governo assumiu, em 2003, encontrou o cenário de 2001 invertido, com excesso de energia ofertada (pois as chuvas regularizaram a oferta hidrelétrica e várias térmicas começaram a operar) e uma significativa redução da demanda (da ordem de 25%), mesmo com o fim do racionamento.

Com a posse do novo governo, foi criado um grupo de trabalho que teria a incumbência de formular uma nova modelagem institucional a fim de equacionar os problemas do setor elétrico e evitar a possibilidade de novos racionamentos. Em julho de 2003, foi publicada a referência MME 2003, que apresentava um novo modelo institucional para o setor, implementado por meio das Medidas Provisórias 144 e 145, publicadas em dezembro de 2004. O novo modelo foi aprovado em março, com a promulgação das Leis de números 10.848 e 10.847, regulamentadas por cinco decretos publicados entre maio e agosto. A primeira lei definiu as regras de comercialização e a segunda criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

A referência MME 2003 destaca os principais objetivos da implantação do novo modelo institucional para o setor elétrico:

- a) *“Modicidade tarifária para os consumidores;*
- b) *Continuidade e qualidade na prestação do serviço;*
- c) *Justa remuneração para os investidores, de modo a incentivá-los a expandir o serviço;*
- d) *Universalização do acesso e do uso dos serviços de energia elétrica.”*

A mesma referência ressalta ainda as premissas para a elaboração do novo modelo institucional para o setor elétrico:

1. *“Respeitar os contratos existentes;*
2. *Minimizar os custos de transação durante o período de implantação;*
3. *Não criar pressões tarifárias adicionais para o consumidor;*
4. *Criar um ambiente propício à retomada de investimentos;*
5. *Implantar, de forma gradual, o modelo proposto.”*

Analisando a referência MME (2003), é possível destacar os pontos mais relevantes do modelo institucional do setor elétrico:

- a) Foi criada a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, com a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica, que foi dividida em dois ambientes: um livre e outro regulado. O ambiente regulado, denominado de Ambiente de Contratação Regulada (ACR), conta com a participação de produtores, distribuidores, possuidores de concessão de serviço público além dos produtores independentes, incluindo os autoprodutores com excedentes de energia. O ACR é um ambiente de tarifa regulada, onde toda a contratação de energia é administrada de forma centralizada pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica). O Ambiente de Contratação Livre (ACL) é o ambiente onde as empresas geradoras e os produtores independentes comercializarão a energia, com preços e quantidades livremente negociados para os consumidores livres (com demanda superior a 3MW). A figura do comercializador de energia elétrica no novo modelo terá sua atuação restrita ao ACL.
- b) Foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa pública federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, responsável pela elaboração dos estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético nas áreas de energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras. O planejamento da expansão do setor elétrico deve ser precedido de um planejamento energético global,

formulado de acordo com as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e tendo como referência as projeções da Matriz Energética Brasileira. A referência MME (2003) ressalta que a execução das funções da EPE deverá ser coordenada, orientada e monitorada pelo MME. A EPE terá a responsabilidade de elaborar os planos setoriais, como o planejamento da expansão do setor elétrico. Esse planejamento estará consolidado em dois planos, devendo ambos, ser submetidos a processo público de contestação: o Plano de Expansão de Longo Prazo (PELP), cobrindo um horizonte não inferior a 20 anos, e o Plano Decenal de Expansão (PDE), cobrindo um horizonte não inferior a 10 anos, com caráter determinativo.

- c) Foi criado o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), ligado e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional. O CMSE foi regulamentado pelo Decreto 5.175, publicado em 9 de agosto de 2004, com as seguintes atribuições: acompanhar o desenvolvimento das atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica, gás natural e petróleo e seus derivados, bem como avaliar as condições de abastecimento e de atendimento ao suprimento eletroenergético em horizontes pré-determinados.
- d) A retirada do Programa Nacional de Desestatização (PND) das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS) e suas controladas: Furnas Centrais Elétricas S.A., Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco (CHESF), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Empresa Transmissora de Energia Elétrica do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL) e a Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE). Foi autorizada a Empresa Transmissora de Energia Elétrica do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL) a prestar os serviços públicos de geração e de transmissão de energia elétrica, mediante concessão ou autorização, na forma da lei, podendo adaptar seus estatutos e sua razão social a essas atividades.

Avaliando o atual estágio do processo de reforma iniciado em 2003, é possível afirmar que muito ainda precisa ser feito, pois a oferta de energia a partir de investidores privados ainda é insignificante, a dependência do gás boliviano para o nosso parque termelétrico au-

menta significativamente os riscos macroeconômicos, inclusive o cambial, e os custos de oportunidade.

A referência ROSA (2005) detalha que a ELETROBRAS investiu R\$ 3,0 bilhões em 2003, quantia deveras insuficiente, e (contando com Itaipu) recolheu cerca de R\$ 4,5 bilhões ao Tesouro Nacional, buscando aumentar o superávit primário. A área de energia é estratégica e os investimentos demandam muito tempo. Para afastar o risco de novo racionamento, obras de geração deveriam estar em pleno curso, o que infelizmente não vem ocorrendo com a velocidade e a quantidade requeridas.

## **2.8 USO EFICIENTE DE ENERGIA NO BRASIL ANTES DA REFORMA DO SETOR ELÉTRICO**

De acordo com a referência MARTINS (1999), o primeiro marco relevante do uso eficiente de energia elétrica no Brasil foi a criação do Programa Nacional de Energia Elétrica (PROCEL), depois denominado Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica. O PROCEL surgiu numa conjuntura bastante conturbada do setor elétrico, passada a segunda crise do petróleo, entre 1979 e 1981, e em pleno período de recessão econômica.

Ele foi criado por meio da Portaria Interministerial 1877, datada de 30/12/1985, com o objetivo de promover a racionalização da produção e do uso da energia elétrica e, como decorrência de uma maior eficiência, produzir o mesmo produto ou serviço com menor consumo, eliminando os desperdícios e assegurando a redução global de custos e investimentos para o Brasil. Para coordená-lo foi criado o Grupo Coordenador da Conservação de Energia (GCCE), com participações do MME, Ministério da Indústria e Comércio (MIC), empresas concessionárias de energia elétrica representadas pelo Comitê de Distribuição (CODI), pelo Comitê de Coordenação da Operação do Norte e Nordeste (CCON), pelo Grupo de Apoio Técnico às Concessionárias da Região Norte (GAT/CRN) e por consumidores representados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e Confederação Nacional do Comércio (CNC), ficando para a ELETROBRÁS, a Secretaria Executiva do GCCE.

Na sua fase inicial, de 1985 até 1989, o PROCEL foi orientado para trabalhar na conscientização e na orientação da sociedade quanto à efetividade das ações de conservação de energia, no levantamento de dados e na realização de estudos sobre o uso da energia pelos

consumidores finais e no desenvolvimento das primeiras pesquisas em busca da melhoria dos índices de eficiência dos equipamentos elétricos utilizados no Brasil.

A principal crítica que se faz a essa fase do PROCEL é o pouco interesse pelos estudos e pelo estabelecimento de mecanismos financeiros que estimulassem e incentivassem a utilização racional da energia elétrica.

A referência VILLA VERDE (2000) ressalta que, a partir de 1990, o programa sofreu uma reestruturação com a criação do PROENERGIA (Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso da Energia Elétrica), e se voltou para a contabilização de economia em kWh no uso da eletricidade, obtidos por meio de atitudes relacionadas diretamente com a conservação de energia elétrica, tanto pelo lado da oferta (geração e distribuição) quanto pelo lado do uso final (eficiência).

O PROCEL, entre 1991 e 1993, mesmo tendo-se tornado um programa do governo federal pelo Decreto publicado em 18/07/1991, pouco realizou devido à falta de recursos e às conturbadas reformas administrativas implantadas pelo governo Collor, as quais paralisaram a ELETROBRÁS, principal fonte de recursos para a implementação dos projetos. A referência VILLA VERDE (2000) destaca que, nesse período, um dos poucos fatos relevantes na área de uso eficiente de energia elétrica foi a criação dos Programas de Conservação de Energia nas Concessionárias (PROCECON), em 1991.

O PROCECON procurava o envolvimento das concessionárias para a execução dos projetos do PROCEL, a ELETROBRAS disponibilizava 50 a 60% dos custos, e às concessionárias caberia a contrapartida do financiamento. Na época foram apresentados 28 projetos, mas por motivo de escassez de recursos, a maioria deles foi cancelada. O principal aspecto positivo do PROCECON foi a desburocratização do processo de contratação de projetos. Em 1994, foi decidido concentrar as atividades do PROCECON em 5 projetos distintos: PROCEL nas escolas, feiras de energia, seminários, iluminação pública e diagnósticos energéticos.

Após as reformas administrativas do Governo Collor, o PROCEL apresentou um vínculo mais estreito com a estrutura da ELETROBRAS, tanto em termos operacionais, já que o Programa sofreu os prejuízos advindos da perda de técnicos e de recursos para financiamentos, uma vez que cessaram as fontes externas de recursos, como o Programa de Mobilização Energética (PME), que estabelecia convênios entre a ELETROBRÁS e as concessionárias.

Nesses programas, a ELETROBRÁS financiava as ações de combate ao desperdício de energia elétrica e a sua execução ficava a cargo das concessionárias. A instituição desses programas teve um papel importante no uso eficiente da energia elétrica, pois despertou nas empresas concessionárias a necessidade de introduzir o combate ao desperdício de energia elétrica como uma de suas funções empresariais, estabelecendo e desenvolvendo quadros técnicos para essa área.

A referência JANUZZI (2004) relata que, desde a sua instituição em 1985 até 1992, somente seis linhas de ação foram objeto de programas concretos do PROCEL:

- a) Etiquetagem de consumo em eletrodomésticos eficientes;
- b) Diagnóstico energético, auto-avaliação e otimização energética em plantas industriais e comerciais;
- c) Pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a entrada de equipamentos mais eficientes;
- d) Iluminação pública mais eficiente, basicamente trocando lâmpadas de mercúrio e mistas por lâmpadas de sódio;
- e) Programas de informação, educação e promoção que possibilitassem o acesso a informações a todos os níveis da sociedade;
- f) Legislação e regulação: contribuindo para a criação de projetos de lei que regulamentassem a conservação de energia.

O projeto de etiquetagem de eletrodomésticos tem por objetivo incentivar os fabricantes no desenvolvimento desses eletrodomésticos e influenciar os consumidores na aquisição de eletrodomésticos mais eficientes. O programa de etiquetagem estabeleceu acordos entre os fabricantes, o INMETRO e o PROCEL, nos quais foram negociados os índices mínimos de melhoria de eficiência energética. Em 1986 foi iniciada a etiquetagem dos refrigeradores de uma porta, e em 1988 dos refrigeradores de duas portas. O *freezer* começou a ser etiquetado em 1990, e em 1992 com o apoio do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológica), surgiram os primeiros chuveiros elétricos etiquetados.

Atualmente, estão etiquetados os seguintes eletrodomésticos: refrigeradores de uma porta, refrigeradores combinados, refrigeradores *frost-free*, congeladores verticais, congeladores horizontais, aparelhos de ar-condicionado do tipo *split* e de janela, motores de indução trifásica com potência nominal até 10 CV e coletores solares de plano.

Os programas do PROCEL na linha de ação de diagnósticos energéticos foram realizados com o objetivo de fazer um levantamento do potencial de conservação da energia nas áreas industrial e comercial. A referência JANNUZI (2004) destaca que, até 1994, foram realizadas 2.500 avaliações no uso da energia elétrica em instalações industriais e comerciais, as quais serviram de base para a formação de um banco de dados e de um perfil do consumo desse mercado, ajudando também o planejamento das concessionárias.

Os programas na linha de ação de iluminação pública, segundo MARTINS (1999), até 1992 consistiam na substituição de lâmpadas incandescentes (100-250W) por lâmpadas vapor de mercúrio (80W) e vapor de sódio. Mais recentemente, o programa tem realizado projetos de substituição de lâmpadas vapor de mercúrio (400W) por lâmpadas vapor de sódio (250W).

Na linha de ação de informação, educação e promoção destacou-se o programa PROCEL nas escolas de primeiro grau, o qual instruiu em sua fase inicial 690.000 alunos das redes de ensino privada e oficial do país. A referência MARTINS (1999) descreve que os resultados obtidos pelas medições realizadas em residências de alunos que participaram do programa mostraram uma redução média de consumo de energia elétrica de 5,2%.

Foram também realizados seminários de técnicas de conservação de energia elétrica com o apoio das concessionárias, com o objetivo de divulgar métodos de conservação entre os consumidores industriais, comerciais, serviços e setores públicos estaduais e municipais. Os seminários atingiram um público de 13.200 participantes, entre 1987 e 1993.

Dentre as propostas de legislação e regulação com o intuito de promover o uso eficiente de energia elétrica, entre 1985 e 1993, MARTINS (1999) destaca:

- a) Publicação da Lei 125, de 1990, que apresentava índices mínimos de eficiência para equipamentos, construções e processos industriais;
- b) Publicação do Decreto 86.463, de 1981, que implantou a tarifa horo-sazonal com valores de tarifas diferentes, de acordo com as horas do dia e períodos do ano. A

Portaria DNAEE 33, de 11/02/1988, consolidou todas as tarifas horo-sazonais atualmente disponíveis,

- c) Publicação da Portaria 1569 DNAEE, de 23/12/1993 elevando o fator de potência mínimo de 0,85 para 0,92 e modificando para os consumidores de alta tensão o período de apuração do fator de potência mensal para o horário.

MARTINS (1999) descreve que um terço do investimento do PROCEL até 1992 foi destinado à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, tendo sido realizados dentre outros projetos ensaios em refrigeradores de uma porta, refrigeradores combinados, *freezers* verticais, chuveiros elétricos, ares-condicionados e motores de indução trifásicos. O CEPEL (Centro de Pesquisa em Energia Elétrica) desenvolveu um medidor para consumidores de baixa renda a um custo de US\$ 10 e motores de indução mais eficientes.

Em 1993, com o advento da Lei 8.631, datada de 05/03/1993, que estabeleceu o uso dos recursos da Reserva Global de Reversão pela ELETROBRÁS para a aplicação em projetos de uso eficiente de energia, o PROCEL foi reativado e reestruturado. A referência JANNUZZI (2001) destaca que os investimentos em projetos de uso eficiente de energia mais do que quintuplicaram entre 1993 e 1994, e continuaram a ser aplicados a taxas crescentes até 1998.

Na reestruturação do PROCEL, foram incorporadas ações de eficiência energética no sistema elétrico e dessa forma, projetos que possibilitassem a redução das perdas do sistema elétrico foram suportados e incentivados pelo PROCEL.

A referência JANNUZZI (2004) descreve que o PROCEL, nessas mudanças, incorporou experiências internacionais com a realização de uma quantidade razoável de acordos de cooperação com entidades internacionais ligadas à eficiência energética, tanto na Europa quanto na América do Norte, e implantou uma rede de eficiência energética (Grupo de Apoio à Secretaria Executiva do PROCEL), composta por dezenas de organizações e instituições empresariais produtivas, serviços de consultoria, organizações e associações públicas, laboratórios e institutos de P&D e universidades. Essa rede de eficiência foi constituída com o objetivo de discutir, definir e analisar prioridades, estratégias e rumos para o PROCEL, decidindo sobre a melhor aplicação dos recursos e a implementação dos estudos e projetos que compõem seu Plano de Ação.

## 2.9 USO EFICIENTE DE ENERGIA NO BRASIL APÓS A REFORMA DO SETOR ELÉTRICO

A grande maioria dos programas e ações coordenados pelo PROCEL foram revistos ou mesmo interrompidos com o processo de reformulação do setor elétrico que se iniciou em 1995. Dentro desse ambiente de mudanças do setor elétrico brasileiro, com o início do processo de privatização das empresas de geração e distribuição de energia elétrica, o PROCEL teve um papel importante no sentido de garantir os recursos para os projetos de uso eficiente de energia elétrica.

No ato da privatização de empresas distribuidoras e geradoras, os contratos de concessão de serviço público de energia elétrica estabeleciam o conjunto de obrigações e direitos dos concessionários com relação ao poder concedente. Esses contratos definiam todas as atividades e inter-relações entre os diversos agentes atuantes na indústria elétrica brasileira. No início do processo de privatização, em 1995, a ausência de um quadro regulamentar preciso acarretou indefinições e até mesmo falhas em torno das atribuições específicas das concessionárias, relacionadas com as ações de eficiência energética. Um bom exemplo desse fato está na cláusula sexta do contrato de concessão da primeira empresa de distribuição privatizada em 11/07/1995, a Espírito Santo Centrais Elétricas (ESCELSA), que tem a seguinte redação:

### *“Cláusula Sexta – Conservação de Energia Elétrica*

*A Concessionária elaborará e submeterá, anualmente, à Concedente, plano de ações visando ao incremento da eficiência no uso e na oferta de energia elétrica, no qual deve constar, obrigatoriamente, ações voltadas para a orientação do uso racional de energia elétrica por seus consumidores e um plano de utilização integrada de recursos na oferta” ANEEL (1998).*

Um breve processo de aprendizagem foi iniciado no sentido de aprimorar e aperfeiçoar o cumprimento dessa cláusula contratual, visando evitar que ocorra:

- a) Indefinição do nível de investimentos em projetos de uso eficiente de energia elétrica a serem efetuados pela empresa concessionária,
- b) Indefinição na distribuição dos recursos que serão investidos,
- c) Indefinição do prazo para a apresentação e aprovação do plano de ações,

- d) Indefinição de penalidades para o caso do não cumprimento das ações e medidas compromissadas nos primeiros contratos de concessão assinados.

Dentro do processo de aprimoramento da cláusula contratual referente ao uso racional de energia elétrica, a ANEEL determinou dois tipos de dispositivos básicos de alcance geral: a alocação de “até 1%” da receita operacional anual da concessionária em medidas que tenham por objetivo a conservação de energia, e o compromisso de apresentar um plano ou programa de medidas e ações para incremento da eficiência energética.

Na privatização das empresas Light, em 21/05/1995, e da Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro (CERJ), em 20/11/1995, as cláusulas contratuais referentes à aplicação de recursos em projetos de uso eficiente de energia elétrica integrantes dos contratos de concessão passaram a ter a seguinte redação:

*“..... Subcláusula - A Concessionária implementará medidas que tenham por objetivo a conservação de energia, devendo elaborar, anualmente, programas de incremento à eficiência no uso e na oferta de energia elétrica. Os programas deverão ter como meta a redução das perdas técnicas e comerciais globais, bem como detalhar ações voltadas à orientação dos consumidores para o uso racional e eficiente da energia elétrica.*

*..... Subcláusula - Os resultados dos programas previstos na Subcláusula anterior serão anualmente apresentados ao Poder Concedente, que poderá determinar o montante dos recursos a serem aplicados nos programas dos exercícios subsequentes, limitados a 1% (um por cento) da receita anual da Concessionária. O descumprimento dessa determinação sujeitará a Concessionária a uma multa equivalente à importância que deveria aplicar no programa aprovado.” ANEEL (1998).*

Apesar dos aperfeiçoamentos em relação à Cláusula do contrato de concessão da ESCELSA, é importante salientar que a cláusula voltada para ações de eficiência energética não define o prazo de apresentação e aprovação do programa e não estabelece o percentual de gastos exclusivos para usos finais, ou seja, não detalha como deverá ser feita a divisão da aplicação dos recursos.

Nos processos subsequentes de privatização, ocorreram novos avanços na redação da cláusula referente à aplicação de recursos em projetos de uso eficiente de energia elétrica,

ficando determinado que, da aplicação de no mínimo 1% da receita anual da concessionária, pelo menos  $\frac{1}{4}$  desse montante deveria ser aplicado obrigatoriamente em ações especificamente ligadas ao uso final da energia elétrica. Foram introduzidos os prazos para a apresentação e aprovação dos programas, e bem como a determinação de aplicação de recursos também em pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico.

Com todos esses aprimoramentos, a cláusula-padrão para a aplicação de recursos em projetos de uso eficiente de energia elétrica passou a ter a seguinte redação:

*“Cláusula ..... – Encargos da Concessionária*

*..... Subcláusula – A Concessionária implementará medidas que tenham por objetivo a conservação e o combate ao desperdício de energia, bem como pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico, devendo elaborar, para cada ano subsequente, programa de incremento à eficiência no uso e na oferta de energia elétrica que contemple a aplicação de recursos de, no mínimo, 1% (um por cento) da Receita Anual (RAo), calculada segundo a ..... Subcláusula da Cláusula ..... Deste montante, pelo menos  $\frac{1}{4}$  (um quarto) deverá ser vinculado a ações especificamente ligadas ao uso final da energia elétrica e 0,1% (um décimo por cento) da Receita Anual (RAo) deverá ser destinado à aplicação no Brasil em pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico. É facultado à Concessionária a aplicação de montante superior a 1% (um por cento) da Receita Anual (RAo) no referido programa. Esse programa anual, que contém metas físicas e respectivos orçamentos, deverá ter como objetivo a redução das perdas técnicas e comerciais globais, bem como ações específicas voltadas ao uso da energia de forma racional e eficiente por parte dos consumidores e ser apresentado à ANEEL até 30 de setembro de cada ano.*

*..... Subcláusula – O programa anual previsto na Subcláusula anterior deverá ser analisado e aprovado pela ANEEL, até 31 de dezembro do ano da sua apresentação. O descumprimento das metas físicas, ainda que parcialmente, sujeitará a Concessionária a uma multa limitada ao valor mínimo que deveria ser aplicado, conforme Subcláusula anterior. Havendo cumprimento das metas físicas sem que tenha sido atingido o valor mínimo estipulado na Subcláusula anterior, a diferença será obrigatoriamente acrescida ao montante mínimo a ser aplicado no ano seguinte, com as conseqüentes repercussões nos programas e metas.” ANEEL (1998).*

A partir de 1998, com a revisão de praticamente todos os contratos de concessão, todas as empresas de distribuição privatizadas viram-se obrigadas a apresentar, por força contratual, programas de melhoria da eficiência energética para sua aprovação pela ANEEL.

Buscando ter apoio técnico na área de uso eficiente de energia elétrica, a ANEEL estabeleceu, em 24 de julho de 1998, um Convênio de Cooperação com a ELETROBRÁS, no âmbito do Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PROCEL). Nesse convênio, o PROCEL passou a ser responsável pela orientação, análise, avaliação, acompanhamento, controle (físico-financeiro) e verificação dos programas anuais de incremento à eficiência energética apresentado pelas concessionárias distribuidoras de eletricidade. Ficou também sob sua responsabilidade o fornecimento de suporte técnico a outras atividades relacionadas à conservação de energia de responsabilidade da ANEEL. A ANEEL ficou com a responsabilidade de dar a aprovação final aos relatórios do PROCEL sobre os programas de eficiência energética das concessionárias de serviço público de energia elétrica e sobre o desempenho do próprio PROCEL.

Em 27/07/1998, visando estabelecer as diretrizes para a alocação dos recursos (1% da receita operacional anual apurada no ano anterior) destinados aos programas de eficiência energética das concessionárias de serviço público de energia elétrica, a ANEEL publicou a Resolução 242. Nessa resolução, definiu que, dos 25% dos recursos a serem aplicados em eficiência, pelo menos 10% deveriam estar vinculados a projetos no segmento residencial, 10% no segmento industrial, 10% em prédios públicos, e que no máximo 50% desses recursos poderiam ser aplicados em iluminação pública e *marketing*. Nos projetos do lado da oferta, que correspondiam aos demais 75% dos recursos, a ANEEL determinou que 30%, no caso do sistema interligado, e 10% para as regiões Norte e Nordeste, deveriam estar vinculados a projetos que tivessem como objetivo a melhoria do fator de carga. Ao estabelecer esses limites a ANEEL estava buscando proteger setores menos atraentes para as empresas concessionárias, como os consumidores residenciais e os organismos ligados diretamente à administração pública. Quanto ao limite máximo para projetos de iluminação pública e de *marketing*, buscava-se com isso limitar a utilização dos recursos em projetos intensamente ligados à imagem das empresas, ao passo que se estimulava as concessionárias a investirem em projetos de educação do consumidor e na criação de novos projetos voltados ao uso final. Os limites mínimos de aplicação em projetos de melhoria do fator de carga e/ou novas modalidades tarifárias es-

tavam intimamente ligados a necessidades operacionais e conjunturais do sistema elétrico nacional. O estímulo a projetos-pilotos de novas modalidades tarifárias buscava obter dados para uma possível implantação de uma Tarifa Amarela.

Ainda em julho de 1998 com a finalidade de orientar a apresentação desses programas, a ANEEL publicou o Manual de Orientação para a Elaboração de Projetos de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica para o chamado Ciclo 1998/1999. Esse manual dividiu conceitualmente os projetos de uso eficiente de energia em dois grupos: os do lado da demanda e os do lado da oferta, para efeito da apropriação dos recursos. Apresentava a estrutura interna que deveria ter esses programas, os responsáveis pelo processo de aprovação e acompanhamento dos projetos e os roteiros básicos para a elaboração de projetos.

Os projetos denominados pelo lado da demanda, para efeito do Ciclo 1998/99, foram conceituados como aqueles que comprovadamente reduzissem o desperdício de energia elétrica e que estivessem relacionados com o uso que se fazia da energia elétrica nas diversas classes de consumo (industrial, comercial e serviços, residencial, público e rural). A característica básica desse tipo de projeto é que as medidas deveriam ser predominantemente implementadas nas instalações de consumidores, podendo envolver, também, ações institucionais relacionadas com o uso final da energia. Nesse grupo de projetos pelo lado da demanda, havia desde projetos de gerenciamento energético e melhoria em processos industriais até projetos institucionais relacionados com o uso final da energia, como, por exemplo projetos educacionais do tipo PROCEL nas escolas, treinamento e capacitação, *marketing* institucional, gestão energética municipal, etc.

No grupo dos projetos pelo lado da oferta, foram classificados os projetos cuja implantação ocorresse em instalações que estivessem sob o controle das concessionárias. Nesse grupo estavam incluídos projetos que visassem à redução de perdas técnicas e comerciais, envolvendo projetos de redução das perdas na transformação dos sistemas de distribuição, recondução de linhas de transmissão com o objetivo de diminuir as perdas, projetos de redução e/ou deslocamento da demanda de ponta, introdução de novas modalidades tarifárias, prestação de serviços adicionais ao consumidor que redundassem na redução do consumo ou no deslocamento da demanda, etc.

A referência VILLA VERDE (2000) descreve as principais dificuldades e problemas enfrentados pelas empresas concessionárias na operacionalização do primeiro ciclo do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica das concessionárias, destacando-se o despreparo das empresas para trabalhar com a questão da eficiência energética. Poucas já haviam identificado projetos para implantação em suas áreas de concessão, e muitas acreditavam que não haveria cobrança efetiva dessa obrigação contratual. A própria ANEEL tinha contribuído para tal percepção pois os primeiros Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia que tinham sido encaminhados por algumas empresas anteriormente não receberam qualquer tipo de resposta sobre os mesmos. Adicionando-se a esses fatos as deficiências e omissões do Manual de Orientação, além das indefinições quanto aos critérios para a aprovação desses projetos, tornou-se o Ciclo 1998/1999 um grande aprendizado para todos nele envolvidos.

Os problemas do Ciclo 1998/1999 iniciaram-se com as empresas distribuidoras questionando o poder da ANEEL para estabelecer por meio de Resolução os limites para a aplicação de recursos além daqueles previstos nos contratos de concessão. As empresas desejavam investir 25% do valor total em projetos de uso eficiente de energia pelo lado da demanda e o restante pelo lado da oferta. Essa questão foi resolvida com um parecer da área jurídica da ANEEL, que deixou claro que os contratos de concessão previam também a subordinação das empresas à legislação superveniente.

As empresas distribuidoras questionaram igualmente a conceituação estabelecida no Manual de Orientação para Elaboração de Projetos que, por exemplo, incluía os projetos de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), como os referentes à redução de ponta e introdução de novas modalidades tarifárias no “Lado da Oferta” e não no “Lado da Demanda”.

A referência JANNUZZI (2001) destaca que muitos dos projetos aprovados ditos do Lado da Demanda estavam voltados para a elaboração de diagnósticos energéticos com metas associadas a potenciais de conservação e não com a economia de energia.

Quanto aos projetos pelo Lado da Oferta, o Manual de Elaboração foi bastante omissivo nos critérios de sua apresentação e aprovação, dando origem a um elevado número de dúvidas e dificuldades, que foram sendo trabalhadas durante todo o período que durou a aprovação dos Programas das 17 empresas desse Ciclo.

No que se refere aos projetos de redução de perdas, a grande dificuldade foi quanto aos recursos que poderiam ser aceitos e apropriados como parte da obrigação contratual, uma vez que, na prática, não existem projetos ou investimentos que visem unicamente à redução de perdas. Após muita discussão, optou-se por considerar uma parcela que variou entre 32% e 36% do investimento total.

Mesmo com as dificuldades encontradas na elaboração, análise e aprovação do conjunto de Programas apresentados pelas 17 empresas para o Ciclo 1998/1999, devem-se destacar os números retirados da referência ANEEL (1999), na qual se pode verificar o crescimento dos investimentos em combate ao desperdício de energia, os quais passaram de R\$ 158 milhões entre 1986 e 1998, para aproximadamente R\$ 196 milhões, em 1999.

A referência JANNUZZI (2000) reúne um conjunto de conclusões desenvolvidas entre dezembro de 1999 e junho de 2000, dentro de um projeto de cooperação entre a United States Agency for International Development (USAID) e a ANEEL, com o objetivo de identificar áreas de interesse do regulador, as quais poderiam resultar em melhoria significativa dos benefícios públicos advindos da aplicação dos recursos nos programas de eficiência energética das concessionárias brasileiras. Dentre as análises, propostas e sugestões descritas nessa referência, podem ser destacadas as seguintes:

- a) Os Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia devem estimular programas de Gerenciamento no Lado da Demanda (GLD). O gerenciamento da carga pode servir a várias finalidades, como reduzir ou eliminar os elevados custos de geração de energia durante os períodos de ponta, quer o sistema esteja ou não fisicamente limitado. Quando a demanda aumenta, aumentam também os custos para atendê-la. Isso é verdadeiro tanto no curto quanto no longo prazo. O gerenciamento da carga pede também investimentos em transmissão e distribuição, além de aumentar a confiabilidade do sistema elétrico. No conjunto de ações com esse objetivo, pode-se citar, por exemplo, a apresentação de políticas tarifárias inovadoras, a introdução de equipamentos de utilização mais eficientes, etc.
- b) Os Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia devem estimular projetos que promovam a sustentabilidade dos mercados de eficiência energética. Um mercado é dito sustentável quando não precisa de subsídios ou apoio externo. Uma vez que existe uma concorrência entre produtos ineficientes e eficientes, a sustenta-

bilidade do mercado de eficiência energética requer que haja demanda por produtos eficientes. No conjunto de ações com tal objetivo, pode-se citar, por exemplo, a criação de leis e/ou normas que estabeleçam níveis mínimos de eficiência, a redução de impostos para produtos eficientes, condições vantajosas de financiamento para a aquisição de produtos eficientes, etc.

- c) Os Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia devem estimular projetos de transformação de mercado, os quais são orientados para a superação de barreiras que impeçam o desenvolvimento de produtos e serviços de eficiência energética, para projetos que envolvam uma alteração duradoura e continuada nas condições de mercado, e não apenas para a introdução de serviços e equipamentos eficientes.
- d) Os Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia devem estimular projetos que ampliem os recursos financeiros para a eficiência energética, incluindo o aporte de recursos de outros agentes de financiamento. Um projeto de eficiência energética envolve diferentes riscos. A presença da empresa distribuidora de eletricidade entre os participantes do projeto representa uma diminuição desses riscos por diversos motivos, dentre os quais a disponibilidade de capital próprio para investir, o conhecimento do mercado e a redução do risco de crédito. Existem várias outras fontes de recursos internas e externas que podem ser usadas para complementar ou mesmo ampliar a quantidade de recursos para os projetos de uso eficiente de energia, como os fundos administrados pela ELETROBRAS com recursos provenientes do setor elétrico, tais como a Reserva Global de Reversão (RGR), o FINEL, os recursos do PROCEL, e recursos disponíveis por parte das instituições multilaterais, como o Banco Mundial e o Banco Inter-Americano de Desenvolvimento (BID). Essas instituições têm um longo histórico de financiamento ao setor de energia e vêm se preocupando, cada vez mais, com empreendimentos sustentáveis do ponto de vista ambiental. Há ainda fundos exclusivos para a eficiência energética (como o IFC e o *Renewable Energy and Energy Efficiency Fund*) e fontes bilaterais, como as instituições de desenvolvimento, criadas em sua maior parte nos países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), para dar suporte a investimentos em países em desenvolvimento. Os recursos de tais fontes podem

ser dedicados a auxiliar o desenvolvimento em programas de cooperação e financiar as exportações dos diversos países.

Em 24/07/2000, a Lei 9.991, aprovada no Congresso Nacional, deu um caráter mais definitivo às atividades relacionadas a programas de eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento, criando o Fundo Setorial de Energia (CT-ENERG) gerenciado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia. A Lei 9.991 estabeleceu que as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficariam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, setenta e cinco centésimos por cento de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico e, no mínimo, vinte e cinco centésimos por cento em programas de eficiência energética no uso final.

Os novos Ciclos dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica passaram por um amplo processo de evolução, no qual foram revistos pontos como os custos marginais utilizados, a taxa de desconto, a definição da vida útil do projeto, os limites de aplicação de recursos, os limites para projetos de estudos e treinamento, a conceituação sobre o lado da demanda e o lado da oferta, a dissociação do *marketing* institucional do *marketing* associado aos projetos, o esclarecimento sobre as classificações para os tipos de projeto, a explicitação da tipologia dos projetos de perdas e o estabelecimento de critérios bem definidos para sua avaliação.

No Manual para a Elaboração do Programa de Eficiência Energética para o Ciclo 2005/2006, publicado em julho de 2005, já é possível concluir que os processos de elaboração, análise, acompanhamento e fiscalização dos Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica estão numa fase de poucos avanços e aparentemente bem internalizados entre os diferentes agentes do setor.

As críticas que ainda se fazem a esses Programas é que, em geral, a grande maioria dos projetos formulados introduz equipamentos e tecnologias mais eficientes tanto nos processos de produção quanto nas edificações e instalações existentes. Porém, a grande questão é que essas mudanças não garantem que a reposição dos equipamentos, no futuro, será feita segundo o mesmo padrão de eficiência.

JANNUZZI (2001) ressalta que, na nova estrutura do setor elétrico, a implementação dos programas de eficiência energética deve promover a transformação do mercado de eficiência energética. Com a transformação de mercado, busca-se uma mudança continuada e duradoura, de modo que o mercado não regreda, mais tarde, a níveis inferiores de eficiência. HASTIE (1996) relata que nos programas de transformação de mercado ocorre a introdução de novos elementos na estrutura do mercado de eficiência energética (por exemplo, novas condições de oferta, diferentes condições de acesso aos produtos e serviços) e no comportamento de participantes, de tal modo que a eficiência energética seja melhorada e as mudanças permaneçam depois que o programa chegar ao final.

Um programa de transformação de mercado requer o conhecimento do mercado, do nível de informação do consumidor sobre o produto e seus benefícios. O mercado é dinâmico, regionalizado e exige ações específicas para produtos específicos. Segundo JANNUZZI (2001), um dos instrumentos mais eficientes para superar essas dificuldades são as pesquisas que procuram identificar as posses, usos e hábitos dos consumidores.

Em sua fase recente, o PROCEL passou também a dedicar maior atenção aos problemas de *marketing* e à busca efetiva de um mercado que considere de forma permanente a eficiência energética (transformação de mercado). Embora o Brasil já disponha de farta bibliografia no campo de combate ao desperdício de energia são poucas as publicações que relatam experiências concretas ou formulações teóricas específicas sobre o comportamento do consumidor de energia elétrica residencial.

Um dos primeiros trabalhos que buscava identificar o comportamento do consumidor de energia elétrica residencial no Brasil foi a referência LA ROVERE (1986). Ele propôs um enfoque alternativo para o planejamento energético, ressaltando a necessidade de romper com a metodologia dominante do enfoque exclusivo na oferta de energia. Reivindicou uma dissociação entre a taxa de crescimento econômico e o ritmo do aumento da demanda energética para países em desenvolvimento. Buscava alternativas para uma atuação na redução da demanda, reduzindo níveis de consumo e satisfazendo simultaneamente os critérios de viabilidade econômica, utilidade social e harmonia com o meio ambiente.

A referência GOLDEMBERG (1988) apresenta os resultados e conclusões de amplo trabalho em nível internacional, patrocinado pelo WRI (World Resources Institute, EUA) conjuntamente com Thomas B. Johansson (Suécia), Amulya K. N. Reddy (Índia) e Robert H.

Williams (EUA). Esse grupo liderou o chamado “Projeto Energia Global para os Usos Finais” (End-use Global Energy Project), cujos resultados alcançaram repercussão mundial, notadamente nos países em desenvolvimento, e foram responsáveis por inúmeros programas de conservação de energia baseados nas estratégias dos usos finais.

GOLDEMBERG (1988) assumiu como premissa que o binômio energia e desenvolvimento seria determinante para os desafios que a humanidade enfrentará no futuro próximo: a erradicação da pobreza e a preservação do meio ambiente. A energia estaria na base de todos os processos econômicos. O crescimento contínuo da demanda de energia, segundo as taxas observadas, foi sua principal preocupação. Aumentar os suprimentos de energia para atender a essas previsões, a custos razoáveis e sem maiores problemas ambientais e de segurança, seria extremamente difícil. Os pesquisadores do WRI ressaltam que a escolha correta das tecnologias de uso final de energia, bem como de suas fontes de suprimento, poderia constituir-se num nível agregado de atividade econômica energética e ambiental sustentável. Os autores recorrem ao desacoplamento PIB-Energia observado nos países desenvolvidos após os choques do petróleo para reafirmar a possibilidade do uso mais eficiente da energia.

GOLDEMBERG (1988) conclui, a partir de um exame detalhado de como e por quem as diferentes formas de energia são usadas, que é possível influenciar substantivamente nos cenários de demanda e de oferta de energia futuros, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento. Destaca que os padrões de uso de energia dependem de decisões tomadas por um grande número de consumidores, cada um se confrontando continuamente com muitas decisões envolvendo esse uso. Ressalta igualmente a necessidade não só de uma coleta detalhada de dados, mas também da análise das atividades de uso final e da correspondente demanda de energia.

As poucas críticas que podem ser feitas à referência GOLDEMBERG (1988) nas suas propostas de redirecionamento das políticas energéticas das nações estão relacionadas à forma relativamente vaga com que ele tratou o consumidor: O que pensa ele dessas novas tecnologias? Ele as conhece? Qual a importância desse tema para ele? Algumas referências vagas sobre o que o consumidor pensa ou deseja foram escritas como “*muitos consumidores poderiam relutar em fazer os investimentos adicionais em lâmpadas mais eficientes...*”, ou ainda que “*as necessidades do ser humano são bastante diferentes, em parte devido a diferenças climá-*

*ticas e aspirações culturais diversas*”. Deixando em aberto algumas questões tais, como: Que necessidades são essas? Quais aspirações?

A primeira referência que conecta o consumo de energia elétrica ao consumidor é BÔA NOVA (1985), que critica os modelos econômicos de previsão de demanda por não incluírem o conhecimento das necessidades do consumidor, ressaltando a inexistência de pesquisas que atendam a esse objetivo. Ele descreve que *“o que existe, na verdade, é um enorme desconhecimento acerca da diferenciação social no consumo de energia. Trata-se de um tema muito pouco pesquisado, o que não é de se admirar, dado o predomínio de uma ótica que só encara a questão da energia pelo lado da oferta ...”*.

Dentre as principais conclusões de BÔA NOVA (1985), destacam-se as que relacionam o consumo de energia com os diferentes níveis de renda dos consumidores. Ele conclui que, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica residencial, a distinção entre ricos e pobres não se dá propriamente no nível do consumo energético, mas na sua composição segundo os distintos usos finais da energia consumida e na eficiência com que ela é utilizada. Ele destaca que a posse de eletrodomésticos modernos, normalmente mais eficientes, é uma situação associada às classes de maior poder aquisitivo. Famílias de renda mais baixa possuem produtos mais velhos, normalmente adquiridos de segunda mão, que em geral apresentam índices de eficiência menores. Ele escreve que *“é justamente no consumo familiar de energia que se manifesta, de modo mais nítido e imediato, a conexão entre os consumos energéticos, estilos de vida de famílias de diferentes condições sociais, na satisfação de suas necessidades e aspirações”*.

A referência POPADIUK (1991) apresentou a primeira pesquisa feita no Brasil exclusivamente sobre as atitudes e comportamentos de consumidores residenciais relativamente à conservação de energia elétrica. Tal pesquisa tinha por objetivo avaliar o comportamento do consumidor com relação aos efeitos da divulgação do manual “Conservação de Energia na Residência”, elaborado pelo PROCEL e pela ELETROPAULO, distribuído entre os clientes dessa concessionária. A pesquisa procurou identificar o interesse dos consumidores na leitura do manual, quantificar os leitores do manual por domicílio e identificar o impacto dessas informações com relação ao uso ou não de medidas para a conservação de energia elétrica.

Os resultados e as conclusões do estudo de POPADIUK (1991) evidenciaram que a abordagem empregada pelo setor elétrico com o intuito de modificar o comportamento quanto ao uso da energia mostrou-se ineficaz, pois os efeitos percebidos foram pouco expressivos. Mesmo para os que leram o manual, não foi identificada nenhuma mudança significativa de hábitos. Ele relata que *“as pessoas do sexo feminino apresentam maior receptividade ao discurso dos efeitos prejudiciais ao meio ambiente provocados pela construção de novas usinas”* e que *“os consumidores da faixa de menor consumo tendem a acreditar que são os mais pobres que conservam energia elétrica, já os de maior consumo acreditam que a crise de energia possa ser resolvida com o uso de outros tipos de energia”*.

A referência CAMARGO (1996) apresentou os resultados de uma pesquisa de campo cujo objetivo foi avaliar o comportamento e as atitudes dos consumidores residenciais de energia elétrica com relação ao uso eficiente de energia, para identificar o segmento de consumidores mais favorável à implantação de um projeto de GLD. A pesquisa de campo foi realizada nas regiões de Florianópolis/S. José e Joinville/Blumenau, ambas em Santa Catarina, escolhidas por terem características culturais distintas. Nessa pesquisa de campo, não foram considerados os consumidores residenciais que apresentavam consumo abaixo de 200 kWh/mês, assumindo a premissa de que esses não apresentariam nenhum potencial de redução no consumo de energia elétrica,

CAMARGO (1996) descreve, na sua pesquisa de campo que os consumidores residenciais foram divididos em dois grupos: os que consomem entre 200 e 500 kWh/mês e os que consomem acima disso. Ele adotou o processo de análise fatorial, segundo o método das componentes principais, aplicando um questionário que continha quatorze assertivas para opções que variavam entre 1 (menor concordância) e 5 (maior concordância). Foram identificados três fatores distintos: o primeiro, denominado liberal, associado a um posicionamento favorável à construção de novas usinas e não preocupado com a economia de energia; o segundo, denominado potencial de conservação, defende uma utilização adequada da energia elétrica e se engaja nesse processo, mesmo tendo de sacrificar seu modo de vida e seu conforto; o terceiro, denominado visão social, política e ecológica da conservação, apresenta maior preocupação com a natureza e com os mais pobres, ao invés de um enfoque apenas individual.

Nas principais conclusões do estudo, é possível destacar os seguintes pontos:

- a) As variáveis: nível de escolaridade, renda e consumo não exercem influência significativa sobre o potencial de conservação de energia. Por outro lado, a associação dessas variáveis exerce um efeito bastante significativo nesse potencial;
- b) A escolha de qualquer uma das duas regiões selecionadas não é significativa para o potencial de conservação;
- c) Para a faixa de consumo de 200 a 500 kWh/mês, os consumidores de renda superior e maior escolaridade apresentam maior potencial de conservação.
- d) Acima de 500 kWh/mês, os que possuem maior potencial são aqueles também com renda superior, mas com nível de escolaridade inferior.

Independentemente das conclusões obtidas, a principal importância do trabalho apresentado por CAMARGO (1996) está no enfoque de segmentação de mercado. JANNUZZI (2003) enfatiza que a segmentação de mercado pode ser de grande valia para a concepção e implementação de programas de uso eficiente de energia.

A referência SILVA (2000) descreve que a primeira pesquisa nacional de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo de energia elétrica para consumidores residenciais coordenada pelo PROCEL, em 1988/1989, foi conduzida por vinte e sete concessionárias estaduais. As concessionárias proveram amostras estratificadas simples, em dois estágios, para 10.818 domicílios, em 291 localidades, assim como dados dos respectivos consumos médios mensais de eletricidade. A amostra foi estratificada pelo tamanho dos municípios ou localidades e faixas de consumo.

O questionário aplicado procurava obter informações sobre a posse, hábitos e uso de mais sessenta equipamentos de utilização de energia, assim como dados demográficos, sociais e indicadores econômicos: número de habitantes, grau de instrução, renda do chefe da família, etc.

SILVA (2000) descreve que *“uma vez que a renda familiar não foi fornecida por todos os entrevistados, e sendo uma das variáveis fundamentais para explicar o consumo de energia, foram excluídos os domicílios que não apresentavam informação sobre a renda familiar, resultando em uma amostra com 9.403 domicílios”*.

A referência PROCEL (1989) comenta que 90% dos consumidores residenciais pesquisados pertenciam às 27 concessionárias amostradas. A Região Sudeste possuía aproximadamente 52% dos domicílios eletrificados, a Região Nordeste cerca de 20%, a Região Sul pouco mais de 18% e as Regiões Centro-Oeste e Norte apenas 6% e 3%, respectivamente.

**Tabela 2. 1 – POPULAÇÃO E AMOSTRA DE PESQUISA PROCEL 1988**

**Fonte: SILVA (2000)**

REGIÃO GEOGRÁFICA	POPULAÇÃO (DOMICÍLIOS)		AMOSTRA (DOMICÍLIOS)	
	PERCENTUAL (%)	TOTAL	TOTAL	COM INFORMAÇÃO DE RENDA
BRASIL	100,00	20.992.571	10.818	9.403
NORTE	3,20	671.855	1.377	1.023
NORDESTE	20,06	4.210.385	2.874	2.574
CENTRO-OESTE	6,06	1.272.438	1.238	970
SUDESTE	52,65	11.051.630	3.651	3.279
SUL	18,04	3.786.263	1.678	1.557

A Tabela 2. 1 apresenta uma visão geral da população e das amostras dessa pesquisa e a Tabela 2. 2 supre os dados de posse dos equipamentos de utilização de energia em ordem decrescente do percentual de presença.

A referência SILVA (2000) destaca que “o ferro de passar, a televisão, o liquidificador, a geladeira de 1 porta e o chuveiro elétrico são os equipamentos que apresentaram percentual superior a 50% em relação ao total dos domicílios do Brasil. Esta situação mantém-se ao expandirmos a análise a nível de cada uma das 5 regiões do Brasil. A única grande exceção é o chuveiro elétrico que, enquanto nos domicílios das Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul tinha presença acima dos 80%, nas Regiões Norte e Nordeste só cerca de 8 e 15% dos domicílios possuíam o equipamento, respectivamente”.

A partir dos dados da Tabela 2. 2, que apresenta a posse dos equipamentos de utilização de energia da pesquisa coordenada pelo PROCEL em 1988/1989, é possível destacar:

- a) O elevado percentual de posse de aparelhos de ar condicionado identificado na Região Norte (10%), significativamente superior ao das demais regiões do Brasil (de 3% a 6%),
- b) A Região Nordeste foi a que apresentou o menor percentual de posse de equipamentos de utilização. A geladeira de uma porta, por exemplo, apresentou um percentual de posse no Nordeste de 57,8%, enquanto a média no Brasil foi de 72,3%.
- c) Na Região Nordeste, a televisão, o ferro de passar roupa, o liquidificador e a geladeira de uma porta foram os equipamentos de utilização que apresentaram maior percentual de posse.
- d) As Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul apresentaram uma maior similaridade quanto ao percentual de presença dos equipamentos de utilização.
- e) A maior posse percentual de geladeira de 2 portas e aparelhos de ar-condicionado foi encontrada na Região Sudeste.
- f) Na Região Sudeste, o ferro de passar roupa, a televisão, o chuveiro elétrico e a geladeira de uma porta foram os equipamentos de utilização que apresentaram maior percentual de posse
- g) Na Região Sul, vale destacar a presença acentuada de secadoras de roupa (9,4%) e aquecedores de ambiente (9,2%), os quais, para o restante do Brasil tinham presença insignificante.

A Tabela 2. 3 apresenta os percentuais de posse de equipamentos por concessionária para a Região Nordeste obtidos da referência SILVA (2000), em que é possível verificar-se a grande distorção entre os percentuais de posse nas diferentes áreas de concessão. O chuveiro elétrico apresenta uma posse em torno de 35% nas áreas de concessão da COELBA e CELPE, e 5,8% na CEMAR.

Os menores percentuais de posse são os da área de concessão da SAELPA, e os maiores percentuais de posse estão nas áreas de concessão da CELPE e COSERN. O ferro elétrico tem uma posse bastante alta nas áreas de concessão da COSERN e ENERGIPE.

**Tabela 2. 2 – PERCENTUAL DE POSSE DE EQUIPAMENTOS 1988****Fonte : SILVA (2000)**

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	BRASIL	NORTE	NORDESTE	CENTRO-OESTE	SUDESTE	SUL
FERRO DE PASSAR ROUPA	87,4	77,2	70,7	90,0	93,8	88,2
TELEVISÃO	87,3	81,7	75,1	86,1	91,5	89,7
LIQUIDIFICADOR	74,3	65,0	62,6	67,0	81,3	71,0
GELADEIRA DE 1 PORTA	72,3	77,6	57,8	73,9	75,5	77,8
CHUVEIRO ELÉTRICO	67,6	7,9	15,2	72,9	83,5	88,1
APARELHO DE SOM	47,0	46,5	41,8	46,2	49,9	44,4
VENTILADOR/CIRCULADOR	41,5	56,8	33,1	38,3	42,2	46,8
RADIO ELÉTRICO	39,1	40,3	34,6	27,6	42,8	36,8
ENCERRADEIRA	31,5	15,5	11,5	28,7	42,0	26,8
BATEDEIRA	30,9	14,7	12,7	25,2	37,4	37,0
SECADOR DE CABELO	30,6	12,9	9,3	25,5	36,7	41,2
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	27,7	6,2	3,1	30,0	35,0	36,9
RADIO RELÓGIO	26,3	10,4	7,9	18,1	34,1	29,9
ESPRESSO DE FRUTAS	21,0	13,1	11,9	19,3	26,9	16,2
MÁQUINA DE COSTURA	17,6	13,4	10,7	16,8	20,7	17,4
ASPIRADOR DE PÓ	16,5	3,4	2,0	7,6	22,8	19,7
GELADEIRA DE DUAS PORTAS	11,4	5,6	5,8	10,8	14,1	10,8
VÍDEOCASSETTE	9,6	5,2	3,3	7,7	13,4	6,9
FURADEIRA ELÉTRICA	9,4	7,3	3,1	14,0	8,2	18,6
<i>FREEZER</i>	9,4	7,3	3,1	14,0	8,2	18,6
VÍDEOGAME	8,3	5,1	3,2	7,7	10,4	8,5
BARBEADOR ELÉTRICO	7,3	2,0	1,2	5,0	8,2	13,0
AR-CONDICIONADO	5,7	10,4	3,7	3,5	6,3	6,1

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	BRASIL	NORTE	NORDESTE	CENTRO-OESTE	SUDESTE	SUL
COIFA/EXAUSTOR	5,6	2,3	0,2	4,2	8,1	5,5
TORNEIRA ELÉTRICA	3,8	0,2	0	0,1	5,9	3,7
CAFETEIRA ELÉTRICA	3,7	3,2	0,9	2,6	4,7	4,4
SECADORA DE ROUPA	3,7	0,7	0	0,7	3,1	10,7
TORRADEIRA	3,5	1,2	0,5	0,9	5,3	3
BOMBA DE AGUA COM MOTOR	3,4	9,7	2,8	3	3,5	2,8
OZONIZADOR	3,3	2,9	5,1	5,8	2,3	3,3
FACA ELÉTRICA	3,0	1,5	0,5	1,9	4,8	1,3
AQUECEDOR DE AMBIENTE	2,9	0,1	0,1	0,5	2	10,1
FOGÃO ELÉTRICO	2,9	2,5	2,4	5,5	2,7	3,3
GRILL	2,9	1,1	1,9	1,9	2,2	6,6
MULTIPROCESSADOR	2,6	2,6	1,7	3,2	2,9	2,3
DEPILADOR ELÉTRICO	2,4	0,9	0,4	1,2	3,2	3,2
FORNO ELÉTRICO	2,4	1,2	0,7	2,6	3	2,9
CORTADOR DE GRAMA	2,2	0,8	0,1	0,3	0,7	9,9
BOMBA DE AQUÁRIO	1,8	0,6	0,4	1,3	2,9	0,6
MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA	1,7	0,7	0,2	1,5	1,9	2,9
FORNO MICROONDAS	1,5	1,4	0,2	1,1	1,8	2,3
MICROCOMPUTADOR	0,9	0,5	0,3	0,8	1,2	0,8
SECRETÁRIA ELETRÔNICA	0,7	0,2	0,1	0,4	1,1	0,4
ABRIDOR/AFIADOR	0,7	1,0	0,2	0,3	0,9	0,6
FILTRO DE PISCINA	0,4	0,8	0,3	0,2	0,4	0,4
HIDROMASSAGEM	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,7
SAUNA	0,2	0,5	0,0	0,2	0,3	0,4

**Tabela 2.3 – PERCENTUAL DE POSSE DE EQUIPAMENTOS NO NORDESTE 1988**

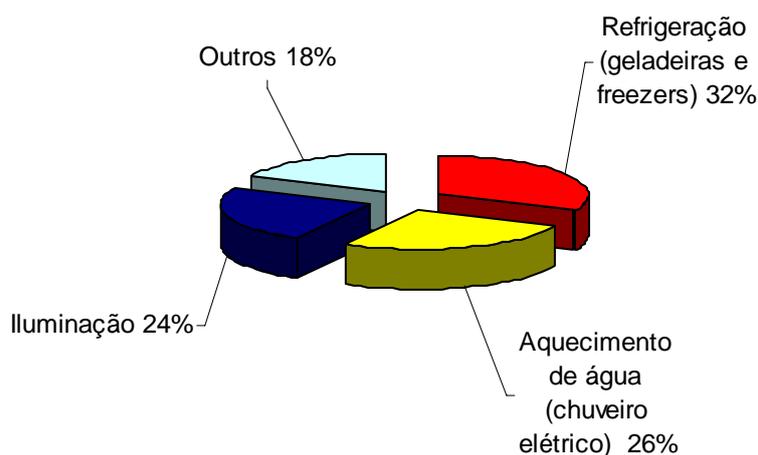
Fonte : SILVA (2000)

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	NORDESTE	CEAL	COELBA	COELCE	CEMAR	SAELPA	CELPE	COSERN	ENERGIPE
TELEVISÃO	75,1	75,7	70,6	77,9	70,1	71,3	90,1	70,4	83,8
FERRO DE PASSAR ROUPA	70,7	64,3	68,6	74,4	48,5	72,1	80,7	83,9	87,4
LIQUIDIFICADOR	62,6	71,9	62	65,7	44,1	52,3	68,9	70,6	75,7
GELADEIRA DE UMA PORTA	57,8	52,6	55,8	57,5	65,2	51,5	63,7	54,4	68
APARELHO DE SOM	41,8	43,1	41,2	39,5	45	30,2	54,2	34,1	40,4
RADIO ELÉTRICO	34,6	10,8	35,2	42,2	18,5	39,9	52,1	27,2	24,4
VENTILADOR/CIRCULADOR	33,1	41,3	17,2	37,3	48	26,7	57,1	27,7	40
CHUVEIRO ELÉTRICO	15,2	10,2	20,7	4,9	4,3	9,9	32,4	6,4	18,7
BATEDEIRA	12,7	16,6	11,2	7,8	6,2	10,2	27,2	11	16,2
ESPREMEDOR DE FRUTAS	11,9	11,4	8,4	10	3,9	12,1	28,3	11,5	16,8
ENCERADEIRA	11,5	13,2	11,3	11,9	3,5	6,2	20,1	8,4	21,4
MÁQUINA DE COSTURA	10,7	14	7,9	14,9	5,3	5,6	19	8,7	13,6
SECADOR DE CABELO	9,3	16,9	7,7	9,1	4	10	18,4	8	14,2
RADIO RELÓGIO	7,9	5,1	5,2	8,3	4,5	7,9	19,1	6,6	9
GELADEIRA DE DUAS PORTAS	5,8	8,2	5,5	6,9	2,3	4,9	6,1	6,5	9,5
OZONIZADOR	5,1	1,2	5,8	6	1,2	6,3	8,9	2	2,8
AR-CONDICIONADO	3,7	3,2	2,7	3,5	3,7	3	7,3	3,2	3,8
VÍDEOCASSETE	3,3	3,7	1,8	3,1	0,8	6,2	7,8	3,4	1,6
VÍDEOGAME	3,2	3,4	2,2	2,3	1,7	3,8	6,8	4,1	5,6
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	3,1	3,9	1,8	3,1	2,7	5,4	5,7	1,8	4
<i>FREEZER</i>	3,1	5,8	2,3	3,2	3,8	1,9	3,9	3,6	1,7
BOMBA DE ÁGUA E MOTOR	2,8	2,2	2	5,2	3,2	0,3	5,4	0,6	0,7
FOGÃO ELÉTRICO	2,4	3,4	2,1	2	1,8	3	3,1	1,6	4,4

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	NORDESTE	CEAL	COELBA	COELCE	CEMAR	SAELPA	CELPE	COSERN	ENERGIPE
FURADEIRA ELÉTRICA	2,3	2,8	0,9	1,1	0,5	1,4	4,6	1,7	08
ASPIRADOR DE PÓ	2,0	3,2	1,5	1,3	1,1	1,7	4,8	1,9	0,7
GRILL	1,9	3,2	0,3	3,7	0,8	2,2	3,7	2,4	0,0
MULTIPROCESSADOR	1,7	1,6	0,5	2,2	1,3	3,5	1,5	4,9	3,3
BARBEADOR ELÉTRICO	1,2	2,6	1,0	0,9	0,0	1,3	2,1	1,4	1,4
CAFETEIRA ELÉTRICA	0,9	1,7	0,4	0,8	0,4	0,7	2,3	0,7	1,5
FORNO ELÉTRICO	0,7	1,2	0,6	0,8	0,0	1,6	0,7	0,3	1,2
FACA ELÉTRICA	0,5	1,2	0,4	0,9	0,0	0,8	0,0	0,9	0,0
TORRADEIRA	0,5	0,8	0,6	0,4	0,2	0,8	0,6	0,1	0,0
MASSAGEADOR ELÉTRICO	0,5	0,3	0,2	0,6	0,0	0,0	1,6	0,6	0,0
DEPILADOR ELÉTRICO	0,4	0,8	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
MICROCOMPUTADOR	0,3	1,2	0,0	0,3	0,1	0,0	0,7	0,6	0,0
MICROONDAS	0,2	0,4	0,0	0,2	0,0	0,3	0,7	0,0	0,8
MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0
PIPOQUEIRA	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0
CORTADOR DE GRAMA	0,1	0,4	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0
SECRETARIA ELETRÔNICA	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8
SERRA ELÉTRICA	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,5	0,0
HIDROMASSAGEM	0,1	0,4	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
SECADORA DE ROUPA	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
TORNEIRA ELÉTRICA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5
AQUECEDOR DE PASSAGEM	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FOGAREIRO ELÉTRICO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
SAUNA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,3

A partir de 1996, com a reformulação do PROCEL no sentido de estabelecer ações dentro de um processo de transformação de mercado, passaram a ser requeridas as seguintes informações sobre o mercado de energia elétrica descritas na referência PROCEL (1998):

- a) *“Identificar as principais regiões/localidades críticas, no que se refere ao atendimento à demanda de energia elétrica, cuja solução poderá ser total ou parcialmente coberta por ações de combate ao desperdício;*
- b) *Analisar o mercado consumidor segundo os setores de consumo e usos finais, construindo as respectivas curvas de carga e identificando as principais oportunidades de atuação;*
- c) *Conhecer as necessidades, atitudes e comportamentos dos consumidores, expressos através dos hábitos de uso da eletricidade, aquisição de eletrodomésticos e do processo de decisão associado a essas categorias (uso e compra);*
- d) *Conhecer os produtos comercializados, em especial aqueles energeticamente eficientes, suas participações e posicionamentos, assim como as tendências de mercado;*
- e) *Entender a estrutura do mercado: quais são os principais fabricantes ou fornecedores, sua forma de atuação, os canais de distribuição e seu funcionamento”.*



**Figura 2- 9 : Estrutura de consumo de energia elétrica residencial no Brasil**  
**Fonte: Elaboração própria a partir de dados ACHÃO (2003)**

No sentido de obter essas informações, nova Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo de Energia foi coordenada pelo PROCEL e concluída em 1999. A referência ACHÃO (2003) apresentou os principais resultados dessa Pesquisa, dos quais é possível destacar os seguintes:

- a) A estrutura do consumo de energia elétrica do setor residencial que foi obtida por uso final para o Brasil está mostrada na Figura 2- 9.
- b) As geladeiras e *freezers* eram responsáveis pelo uso de energia elétrica de maior consumo no setor residencial respondendo por 9% do consumo global de energia elétrica do país. Embora a maioria das geladeiras utilizadas no País fosse do modelo de uma porta, a penetração dos modelos de duas portas vinha crescendo de forma significativa.
- c) Os equipamentos de utilização mais adquiridos após a estabilização econômica proporcionada pelo Plano Real foram os televisores e aparelhos de som.
- d) Os aparelhos de ar-condicionado só apresentaram presença significativa nas áreas de concessão da Light e da CERJ, mesmo assim com posse média reduzida, uma posse pequena de aparelhos de ar-condicionado nos domicílios atendidos pela CELPE, CEAL e ESCELSA, e foi inexistente nas residências atendidas pelas demais concessionárias.
- e) Foi elevada a posse obtida para ventiladores de teto, que contribuíam para a instalação de lâmpadas incandescentes adicionais.
- f) O ferro elétrico foi considerado como presente maciçamente nos domicílios pesquisados.
- g) Foi obtido um número significativo de lâmpadas incandescentes, comparativamente às fluorescentes, muito embora tenha sido observado um ligeiro processo de substituição em algumas concessionárias. As lâmpadas de 60W incandescentes foram as mais encontradas.
- h) A posse obtida para os *freezers* foi baixa nos domicílios. As maiores posses médias obtidas foram na CEB e Light (0,29 e 0,25, respectivamente).
- i) Constatou-se uma posse de eletrodomésticos, em alguns casos, incompatível com a faixa de consumo medida, numa forte indicação de possíveis fraudes.

- j) As posses médias dos chuveiros elétricos nos domicílios atendidos pela COELBA, CELB, CELPE, SAELPA e CEAL são de 0,34; 0,23; 0,20; 0,16 e 0,14 respectivamente. Nas demais regiões pesquisadas, a presença dos chuveiros é mais significativa, como na área da COPEL e nas concessionárias do Centro-Oeste e São Paulo, com uma média de mais de um chuveiro/domicílio da COPEL.

A referência ACHÃO (2003) relata que, no tocante à difusão das tecnologias eficientes no Brasil, as pesquisas patrocinadas e coordenadas pelo PROCEL permitiram concluir que:

- a) O consumidor ainda tem pouca consciência da necessidade de preservação do meio ambiente e de contenção no uso da energia elétrica. Falta à população conhecimento dos problemas associados ao atendimento da demanda de energia, dos mecanismos básicos para a redução do consumo e uma predisposição favorável para assumir uma participação efetiva e sistemática em programas governamentais. A energia elétrica está de tal forma incorporada ao consumo da população que não se considera a possibilidade de sua escassez.
- b) O consumidor considera que a energia elétrica é um bem do qual “não se abre mão”, mas que está fora da sua alçada como consumidor e sob a responsabilidade exclusiva do governo. O acompanhamento da conta de energia elétrica é superficial, principalmente por parte do público masculino. Para a maioria dos consumidores, excetuando-se os de baixa renda, o custo da energia elétrica não é percebido como alto, comparativamente aos demais itens do orçamento doméstico, e devido aos benefícios por ela proporcionados.
- c) Apenas as donas de casa das classes baixas (C/D) fazem o acompanhamento do consumo de energia elétrica. Esse público é o que se demonstra ser mais receptivo aos apelos e ações de contenção de consumo. Já os segmentos masculinos e de classes superiores (A/B), em geral, são mais refratários a propostas de ações coletivas.
- d) Observou-se uma declarada preocupação por parte do consumidor em gastar menos energia. Entretanto, esse mesmo consumidor é resistente a mudanças em seus hábitos de consumo e não abre mão do conforto privado.

- e) Em relação ao governo, o consumidor, de modo mais atenuado nas classes baixas, mostra-se descrente e desconfiado, não percebendo a atuação do Estado na aplicação da receita no setor elétrico. Não compreende a contradição das ações do próprio governo, pois ao mesmo tempo em que esse tenta convencer a população a reduzir o consumo, ostenta prédios públicos inteiramente iluminados durante a noite e/ou finais de semana.

Considerando todas as conclusões descritas nas referências PROCEL (1989), SILVA (2000) e ACHÃO (2003) sobre as pesquisas patrocinadas e coordenadas pelo PROCEL, torna-se evidente que muito ainda deve ser feito no sentido de mobilizar os consumidores residenciais para o uso eficiente da energia.

Muito embora as atitudes reveladas nas pesquisas tenham sido bastante favoráveis ao combate ao desperdício de energia, as ações e o próprio comportamento cotidiano dos consumidores (quer na compra, quer no uso) foram de encontro às atitudes inicialmente formuladas. Outro aspecto importante é que os consumidores não se consideram como co-responsáveis pelo problema que identificam, talvez porque não tenham uma idéia muito clara do que realmente venha a ser o desperdício de energia elétrica e do que seja um eletrodoméstico eficiente e de suas conseqüências para o meio ambiente.

A solução brasileira para a implantação de projetos de uso eficiente de energia dada, pela Lei 9.991, de 24 de julho de 2000, determinando que o percentual de 0,25% da Receita Operacional Líquida (ROL) das concessionárias e permissionárias seja utilizado em projetos e programas voltados para o aumento da eficiência no uso final da energia elétrica, tem se mostrado acertada, na medida em que permite às concessionárias a escolha dos projetos a serem implantados, sempre considerando as regras traçadas pelo regulador.

A referência INEE (2002) destaca que a liberdade de escolha dos projetos traz um poder criativo que é multiplicado pela capacidade de realização dos técnicos dessas empresas. A única ameaça que paira sobre os atuais procedimentos, principalmente em países como o Brasil, é que, devido a enormes carências em outras áreas, sempre existem riscos de idéias de

canalização dos recursos hoje disponíveis, ou pelo menos de parte deles, para outros fins que não aqueles para os quais sua utilização foi inicialmente concebida.

Dentro do processo de elaboração dos Programas de Eficiência Energética para o ciclo 2005/2006, a ANEEL tentou recomendar novas regras para a aplicação dos recursos destinados à promoção da eficiência no uso final da energia elétrica, propondo que pelo menos 90% dos recursos arrecadados fossem destinadas a “novas tipologias de projeto, no caso Baixa Renda e Perdas Comerciais”. Na sua Nota Técnica 063/2005 SRC/ANEEL, previa a extinção de “projetos que, pelo seu histórico não apresentem resultados efetivos de economia de energia”, nominalmente Iluminação Pública, Educação e Gestão Pública Municipal, assim como a redução radical dos valores destinados a projetos com contratos de desempenho.

Embora sendo possível entender os princípios que nortearam essa postura, o investimento em Educação, voltado para diversos segmentos da população, em particular dos usuários, constitui fator fundamental para o aumento da eficiência energética, ainda que seus efeitos não sejam de curto prazo nem facilmente mensuráveis.

## **2.10 ESTADO DA ARTE DA ANÁLISE CONDICIONADA DA DEMANDA**

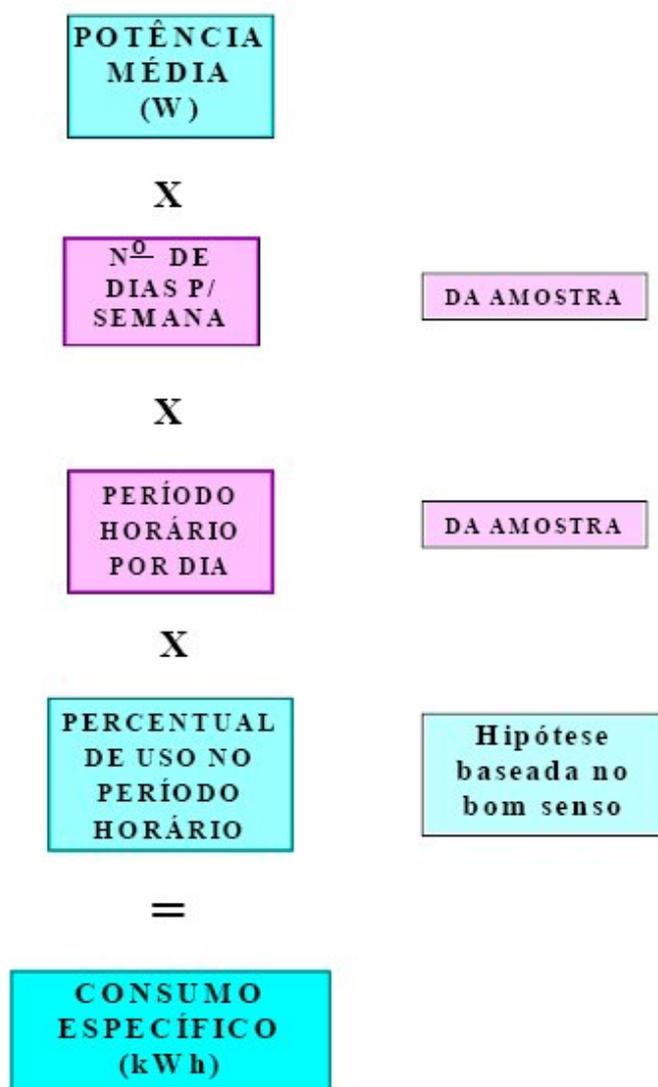
O consumo de energia elétrica residencial responde por 25% de todo o consumo de energia elétrica no Brasil (EPE, 2004) e é um dos principais contribuintes para o pico do sistema, tornando fundamental conhecer como diferentes usos finais nas residências, tais como aquecimento, refrigeração ou iluminação, contribuem para o consumo global e para a curva de carga no momento do pico.

As informações dos consumos mensais dos consumidores residenciais estão facilmente disponíveis, porém a desagregação desse consumo pelos diferentes usos finais não é facilmente encontrada. A obtenção desses dados por medição implicaria custos muito elevados, o que inviabilizaria qualquer iniciativa nesse sentido, restando apenas métodos de estimação desse consumo por uso final.

O consumo de energia elétrica residencial é uma combinação de vários equipamentos de utilização, que são responsáveis por vários serviços indispensáveis à sociedade moderna como iluminação, conforto ambiental, aquecimento, etc. O consumo de energia elétrica de um dado domicílio depende da posse, uso e hábitos desses equipamentos de utilização, além de outros

fatores como renda, número de habitantes, temperatura, etc. Alguns desses equipamentos de utilização como, por exemplo, a máquina de lavar louça, tem na eletricidade sua única fonte de energia possível. Outros como o fogão, têm outra opção de fonte de energia.

O consumo de energia elétrica residencial por uso final é uma ferramenta importante em um grande conjunto de problemas que vão desde a previsão de demanda e o crescimento da carga, até a avaliação de opções para a construção de novas centrais geradoras, passando pelas projeções de emissões de CO<sub>2</sub> e pelo processo de tomada de decisão de políticas energéticas, racionamento ou racionalização de energia elétrica.



**Figura 2- 10 : Método de engenharia para desagregação do consumo por uso final**  
**Fonte: SILVA (2000)**

Os métodos de estimação do consumo residencial por uso final exigem a realização de pesquisas de posse, hábito e uso de energia elétrica, e utilizam dois tipos de modelos: modelos de engenharia e modelos econométricos, usando a análise condicionada da demanda. Os modelos de engenharia adotados vão desde modelos como os descritos na referência SILVA (2000) que estima uma potência média para cada tipo de equipamento e arbitra (Figura 2- 10), ou se obtém por meio de declarações dos consumidores e os tempos de utilização de cada equipamento, até modelos, mais complexos como o ERAD, descrito na referência LARSEN (2004).

A utilização do modelo ERAD requer conhecimentos de engenharia referentes a aspectos técnicos e de construção dos domicílios, pesquisa de posse de hábitos e uso de energia, além de informações referentes a condições ambientais (temperatura, pressão atmosférica, umidade...). A Figura 2- 11, obtida da referência LARSEN (2004), apresenta um fluxograma da estrutura do modelo ERAD.

O modelo econométrico mais adotado para estimar o consumo residencial por uso final é o da Análise Condicionada da Demanda. (“*Conditional Demand Analysis*”) que, mediante a posse de equipamentos de utilização e de consumo domiciliar, desagrega o consumo por equipamento de utilização. A primeira utilização dos modelos de usos finais usando análise condicionada da demanda de que se tem notícia, foi realizada por PARTI, e descrita na referência PARTI (1980). Ele utilizou a regressão estatística para a determinação do consumo mensal de energia elétrica, com base em uma amostra de aproximadamente 5.000 consumidores. O modelo básico consiste na seguinte relação linear entre o consumo de energia elétrica (CE) em cada domicílio (t) pesquisado e a posse dos diversos equipamentos (i) pesquisados, representados por variáveis dependentes associadas ao consumo de cada uso final  $X_{it}$ , por meio da seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} + \varepsilon_t \quad \text{Equação 2. 1}$$

em que:

$CE_t$  – consumo de energia elétrica no domicílio t,

$\beta_i$  – coeficiente de regressão que representa o consumo do equipamento i,

$\xi_t$  – erro amostral,

$X_{it}$  – consumo do equipamento i no domicílio t.

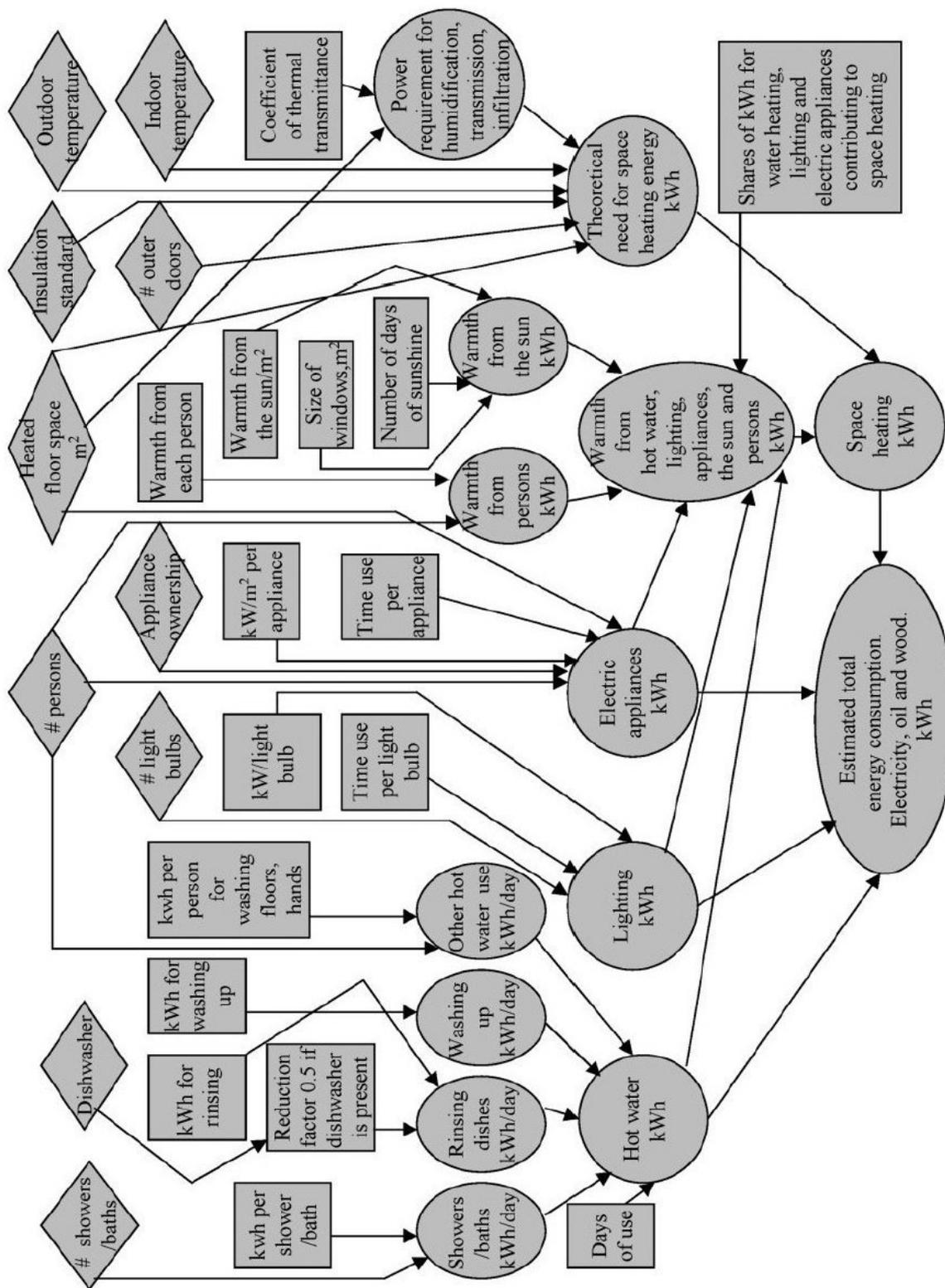


Figura 2- 11 : Estrutura do modelo ERAD de estimação do consumo por uso final  
 Fonte: LARSEN (2004)

O modelo de obtenção do consumo de energia elétrica de um domicílio pode ser ajustado para incorporar variáveis econômicas, sociais, culturais, ambientais, etc., como número de moradores, renda, dimensões físicas dos domicílios, como está descrito nas referências PARTI (1980) e DUBIN (1984).

Na referência AIGNER (1984), os modelos de usos finais foram usados numa base horária para permitir quantificar a contribuição de cada uso final para a demanda de pico. A referência ARCHIBALD (1982) concentrou sua atenção na contribuição de cada uso final na variação sazonal do consumo residencial, e a referência STANOVNIK (1987), no uso médio anual de eletricidade.

Em 1996, na referência PARTI (1996) empregou o método CDA para o setor comercial, avaliando os impactos dos programas de Gerência pelo Lado da Demanda (GLD) para o setor comercial, implementados pela Southern California Edison, em 1994.

A primeira aplicação do método CDA, no Brasil, para o consumo de energia residencial de que se tem conhecimento foi apresentada por LINS (1996), que utilizou dados de posse e consumo de energia de pesquisa realizada pelo PROCEL/ELETOBRÁS, em 1988/1989.

Ainda hoje a modelagem do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro não é feita a partir do modelo de uso final propriamente dito, mas sim de agregados de uso final como, por exemplo, o uso final de televisores inclui todos os tipos e tamanhos de televisores. Para cada agregado de uso final é estimado um consumo médio.

As tentativas de se utilizarem modelos “*bottom up*” mais precisos para se chegar ao consumo de cada equipamento de utilização, como a descrita na referência LINS (1984), não tiveram sucesso pela inexistência de uma base de dados adequada.

A referência JANNUZZI (1997) destaca que “*Nem sempre existem dados suficientes, ou de qualidade, para se caracterizar a estrutura de consumo nos seus usos finais*”, e ainda ressalta a importância da realização de questionários, pesquisas de campo e medições para uma modelagem “*bottom up*”.

Uma comparação interessante entre a estrutura de consumo de três cidades da Amazônia é apresentada na referência POMPERMAYER (1999). Essa referência analisa o resultado de pesquisas de campo realizadas em três cidades, uma com característica urbana, como Manaus, e duas cidades com características rurais. Nessa referência é feita a caracterização do consu-

mo a partir dos principais usos finais (ainda de forma agregada), com o objetivo de verificar as oportunidades de redução do pico da curva de carga.

A referência SILVA (2000) desagrega o consumo residencial do Ceará, usando a metodologia CDA, em parcelas devidas a cada equipamento de utilização. O consumo de cada equipamento de utilização é explicado a partir de uma função de várias variáveis, como número de habitantes no domicílio, renda, temperatura etc.

LARSEN (2004) apresenta um estudo comparativo entre os dois métodos de estimação do consumo residencial desagregado por uso final: o método de engenharia e o método de análise condicionada da demanda, para o caso da Noruega. Ele relata a realização de pesquisa de posse, hábitos e uso de energia na Noruega, com uma amostra de 1.453 domicílios. Após uma comparação entre os resultados obtidos usando o método de engenharia com o modelo ERAD e o método que usa a análise condicionada da demanda, destaca a melhor performance do último.

## **2.11 RECUPERANDO OS PRINCIPAIS CONCEITOS PARA A MODELAGEM**

Concluindo este capítulo, é importante destacar os principais conceitos e informações descritas:

- a) O uso eficiente de energia passou a ser relevante no cenário mundial, a partir da primeira crise do petróleo, em 1973.
- b) A implantação de programas de uso eficiente de energia elétrica para o setor residencial, mesmo em plena crise do petróleo, enfrentou significativas barreiras. Dentre essas barreiras estavam a dificuldade de fazer um grande número de pessoas mudarem seus hábitos e a cultura existente de que a solução para as crises de energia deveria sempre caminhar para o aumento da oferta.
- c) O pouco sucesso obtido com a implantação dos programas de uso eficiente voltados para o consumidor residencial foram objeto de muitos artigos e trabalhos. Eles apontavam razões e sugestões de mudança, como a necessidade de conscientizar os consumidores e divulgar resultados e exemplos concretos de implantação de programas de uso eficiente de energia. Dentre as sugestões para incentivar o uso eficiente de energia nos consumidores residenciais estava a de estimular a aquisição de produtos eficientes por meio de descontos e financiamentos.

- d) Na década de 80 as concessionárias dedicaram-se a programas de uso eficiente de energia voltados para programas de GLD visando reduzir custos, retardar ou mesmo evitar investimentos.
- e) Com a desverticalização do setor, os programas de uso eficiente de energia sofreram um pesado golpe e passaram a ocorrer em função das exigências do poder regulador.
- f) Nos anos 90 as questões ambientais deram um grande impulso aos programas de uso eficiente de energia. O Protocolo de Kyoto ao propor o controle da emissão de gases de efeito estufa pelos países industrializados, estabeleceu o “mercado carbono”, que deve ser um dos principais estímulos à implementação de programas de uso eficiente de energia.
- g) Com a questão ambiental assumindo um papel relevante no processo decisório, a tendência é que cada vez mais o setor elétrico utilize o PIR dentro da análise de alternativas de expansão dos sistemas elétricos. A utilização do PIR deve estimular programas de uso eficiente de energia, pois passa a incluir no processo decisório de expansão do setor elétrico, alternativas destinadas ao uso eficiente de energia.
- h) No Brasil, os programas de uso eficiente só surgiram após a segunda crise do petróleo, pois mesmo com a primeira crise do petróleo, em 1973, a oferta abundante de energia elétrica, fruto de uma matriz energética predominantemente hidráulica, propiciou até mesmo o lançamento de programas de substituição de outras formas de energia por energia elétrica.
- i) Com a segunda crise do petróleo, entre 1979 e 1981, e a grave recessão econômica que a sucedeu, o setor elétrico entrou numa fase difícil. Uma das ações implementadas para enfrentar essa fase foi a criação do PROCEL, em 1985.
- j) Até a reforma do setor elétrico brasileiro, o PROCEL teve importante papel na implantação de ações e medidas de uso eficiente de energia, como a etiquetagem de produtos eficientes, a efficientização da iluminação pública e os programas de informação e divulgação do uso eficiente de energia.
- k) Com a reforma do setor elétrico e o início do processo de desverticalização do setor elétrico, o PROCEL e os programas de uso eficiente de energia passaram por uma

fase de muita indefinição. O racionamento de energia elétrica nas Regiões Sudeste, Norte e Nordeste em 2001 fez com que o governo retomasse a adoção de políticas de uso eficiente de energia.

- l) As políticas de uso eficiente de energia receberam um novo impulso com a inclusão de cláusulas nos contratos de concessão, estipulando um percentual da receita operacional líquida para a execução de ações de uso eficiente de energia.
- m) A avaliação da melhor alternativa entre os diversos programas de uso eficiente de energia voltados para o consumidor residencial exige modelos que permitam aferir o impacto dessas medidas, tanto no consumo como na demanda global.
- n) A obtenção desses modelos pode ser feita por medições ou por métodos de estimação. O método de medição, embora preciso, tem elevado custo, o que inviabiliza o seu uso. Os métodos de estimação são baseados em modelos de engenharia e em modelos que usam análise condicionada de demanda.
- o) Várias referências destacam as vantagens dos modelos ao usarem a análise condicionada de demanda em relação aos modelos de engenharia, que requerem uma grande quantidade de dados, em alguns casos complexas equações.

### **3. MODELAGEM DO CONSUMO RESIDENCIAL POR USO FINAL**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

O consumo de energia elétrica residencial é significativamente relacionado à renda, à posse e ao uso de equipamentos de utilização de energia e correspondem a um percentual entre 24% e 25% do consumo total de energia elétrica no país. Nos países desenvolvidos, a saturação do mercado de alguns equipamentos de utilização de energia elétrica intensivos é muito comum. Em países como o Brasil, mesmo com a estabilidade financeira e a facilidade de concessão de crédito, a grande maioria desses equipamentos ainda está longe da saturação.

De acordo com a referência EPE (2005) o consumo de energia elétrica da classe residencial cresceu a uma taxa média de 5,7% ao ano na década de 90. De 1994 a 1998, o consumo residencial cresceu 9,1% em média motivado pela estabilização de preços, alcançada com a implantação do Plano Real. Essa estabilização, possibilitou:

- a) Um aumento real da renda, notadamente da população de baixa renda, propiciada pela redução drástica da inflação;
- b) Uma transferência de parte das reservas do sistema financeiro especulativo para o mercado de consumo de bens duráveis, principalmente por parte dos pequenos e médios poupadores;
- c) A reativação do sistema de crédito;
- d) A expansão das vendas de aparelhos eletroeletrônicos em função da redução de seus preços, na busca de maior competitividade frente a produtos importados.

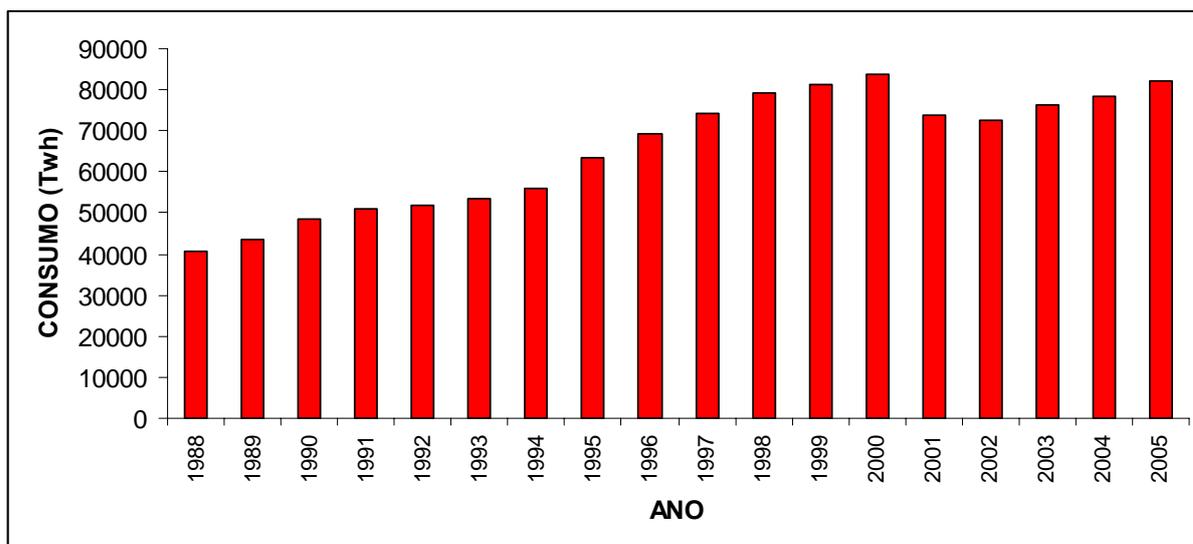
Todos esses pontos produziram um crescimento significativo do consumo de energia residencial, o que acarretou um forte movimento de migração de consumidores de faixas de consumo mais baixas para faixas mais altas.

A referência ROSA (2003) destaca que, em 1998, as medidas de ajuste econômico implementadas pelo governo brasileiro para o enfrentamento da crise asiática (final de 1997) e da moratória da Rússia (1998) impactaram fortemente o consumo da classe residencial, fa-

zendo com que este, nos anos de 1999 e 2000 tivesse um crescimento significativamente abaixo da sua média histórica (2,5% e 2,9%, respectivamente).

Com o racionamento em 2001, o consumo residencial registrou uma redução de 11,9% comparativamente com o consumo registrado em 2000. O consumo da classe residencial, em valores absolutos, atingiu 74 TWh, retornando a um valor próximo do verificado em 1997. Em 2002, o consumo residencial apresentou uma retração de 1,2%, ainda como reflexo do racionamento, que vigorou até o mês de fevereiro.

A evolução mensal do consumo residencial brasileiro nos últimos três anos está apresentada na Figura 3- 1, onde podem ser observados os fatos descritos anteriormente e o significativo crescimento apresentado em 2005, porém com um valor ainda inferior ao verificado em 2000. De acordo com a referência EPE (2004), em 2004, o consumo de energia elétrica na classe residencial foi de 78,5 TWh, tendo crescido 3,0% em relação a 2003. A Região Nordeste foi a que apresentou a maior taxa de crescimento, 5,2%, em 2004.



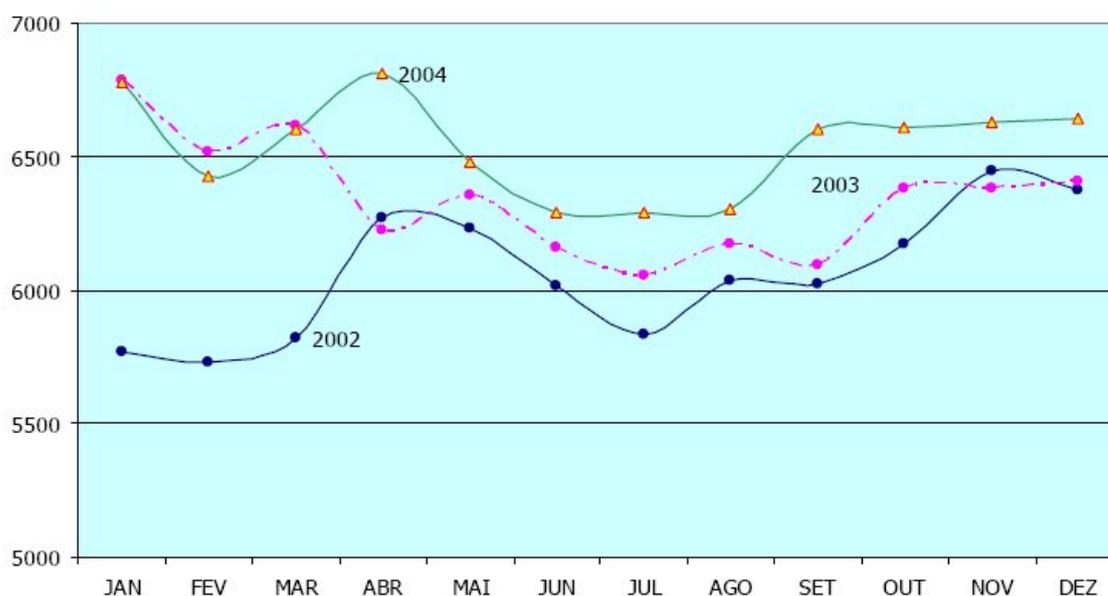
**Figura 3- 1 : Evolução do consumo residencial no Brasil**

**Fonte : Elaboração própria a partir de dados da referência EPE (2004) e EPE (2005)**

A Figura 3- 2 apresenta a variação mensal do consumo residencial no Brasil dos anos de 2002, 2003 e 2004. Nessa Figura 3- 2 é possível observar o caráter sazonal dessas evoluções e a influência do clima. A referência EPE (2004) ressalta que, em 2003, a significativa redução do consumo residencial no mês de abril de 2003 pode ser explicada a partir do boletim de

informações climáticas do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, onde pode ser observado que em 2003 ocorreu, principalmente no mês de abril, uma grande incidência de chuvas no Sudeste, fazendo com que a temperatura média nessa região ficasse abaixo da média histórica. O impacto do consumo residencial da Região Sudeste no consumo residencial do país, pode ser evidenciado, quando se analisa os dados da referência EPE (2005) onde é possível se constatar que o consumo residencial da Região Sudeste é responsável por 62% do consumo residencial do país.

### CONSUMO RESIDENCIAL (GWh)

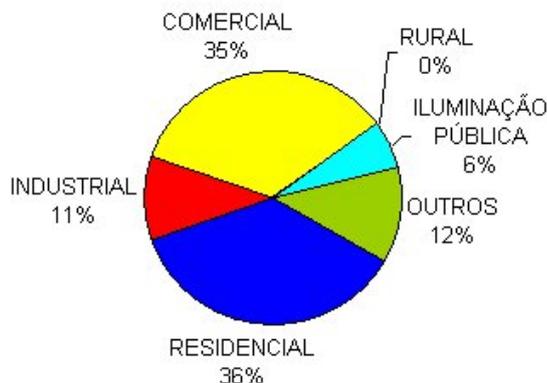


**Figura 3- 2: Variação mensal do consumo residencial no Brasil**  
**Fonte : EPE (2004)**

Segundo a referência EPE (2005), o consumo de energia elétrica residencial cresceu à taxa de 4,6%, em 2005. As maiores taxas de crescimento foram encontradas no Norte e Nordeste interligado, 4,8% e 5,6%, respectivamente. A referência EPE (2005) relata que, no caso do Norte e do Nordeste, o significativo aumento do consumo e o crescimento do número de consumidores, acima da média nacional, contribuíram de forma efetiva para esses índices.

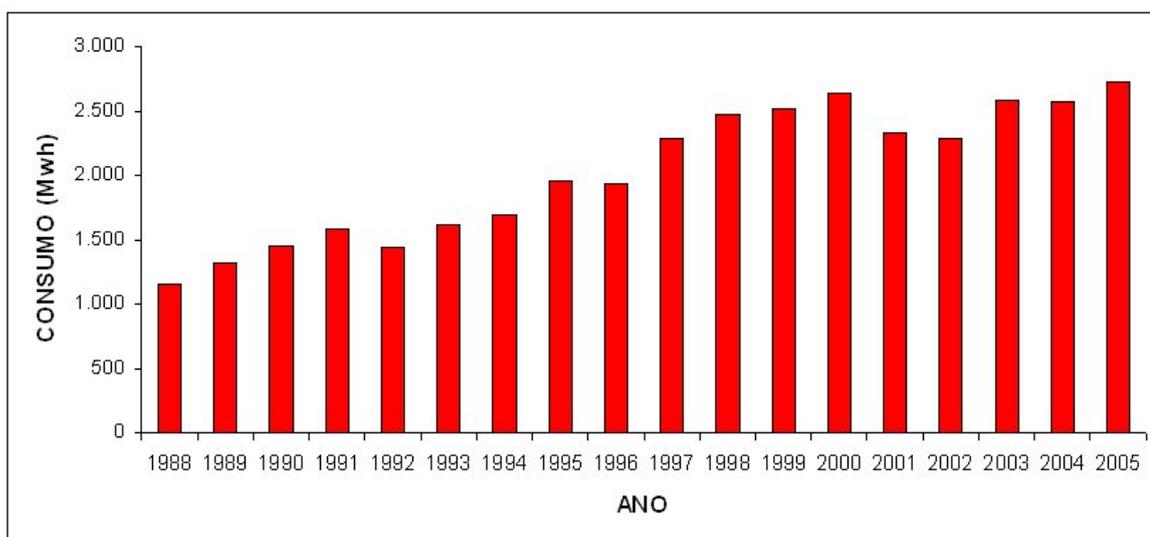
A estrutura do consumo de energia elétrica na cidade do Recife por classe de consumidor, está apresentada na Figura 3- 3, na qual se pode visualizar que o consumo residencial corresponde a 36% do consumo total de energia elétrica.

## ESTRUTURA DE CONSUMO DA CIDADE DO RECIFE

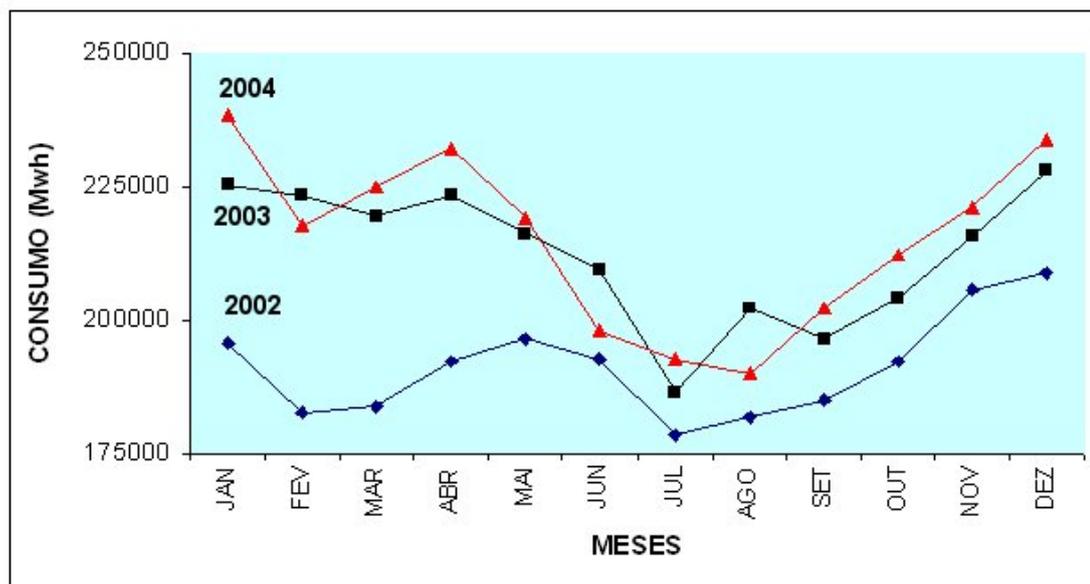


**Figura 3- 3 : Consumo de energia por classe na cidade do Recife**  
**Fonte: CELPE 2004**

A evolução mensal do consumo de energia elétrica residencial na cidade do Recife está apresentada na Figura 3- 4, na qual pode ser observado o significativo crescimento apresentado no final de 2005, atingindo um valor ligeiramente superior ao de 2000. Esse consumo apresenta uma maior variabilidade ao longo do ano do que o consumo residencial do país, além de uma sazonalidade caracterizada por uma redução do consumo entre os meses de junho e agosto e forte crescimento no segundo semestre.(Figura 3- 5)

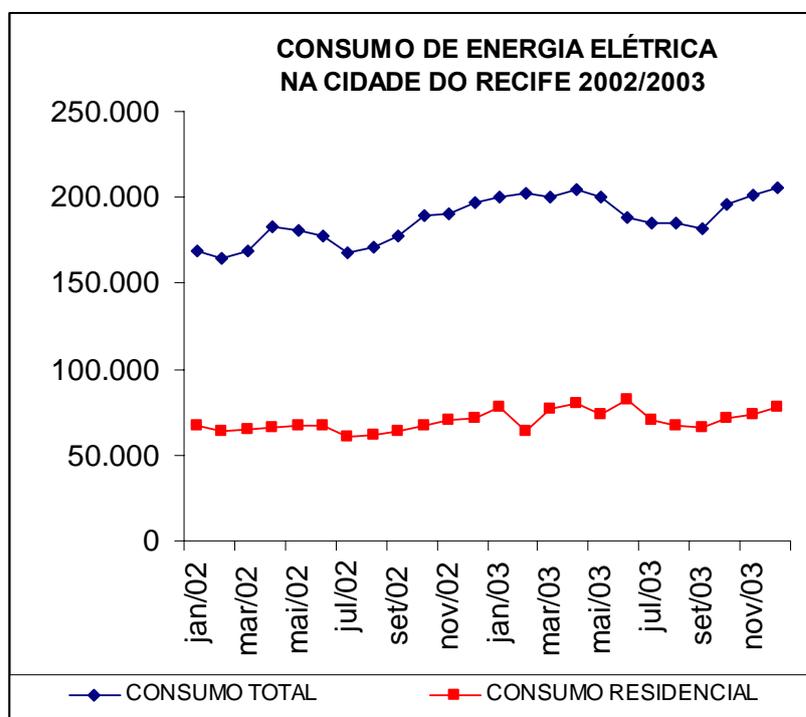


**Figura 3- 4 : Evolução do consumo residencial na cidade do Recife**  
**Fonte : Elaboração própria a partir de dados da referência CELPE (2005)**



**Figura 3- 5: Variação do consumo residencial na cidade do Recife ao longo do ano**  
**Fonte : Elaboração própria a partir de dados da referência CELPE (2005)**

A Figura 3- 6 apresenta de forma detalhada o consumo global e residencial de energia elétrica da cidade de Recife entre 2002 e 2003, na qual se pode verificar o impacto do último racionamento de energia elétrica ocorrido na região.



**Figura 3- 6 : Evolução do consumo de energia elétrica mensal na cidade do Recife**  
**Fonte: CELPE 2004**

### 3.2 PESQUISA DE POSSE, HÁBITOS, USO E HÁBITOS DE CONSUMO

Com a finalidade de suprir dados para a aplicação da metodologia de análise condicionada para a demanda foi realizada uma “Pesquisa de Posses, Hábitos, Usos e Preferências de Consumo de Energia Elétrica” com 600 consumidores residenciais da cidade do Recife.

O questionário aplicado foi desenvolvido de forma a possibilitar comparações com pesquisas anteriores feita pelo PROCEL, em fevereiro de 1998 (PROCEL, 1998), e incluir as estruturas de preferência dos consumidores residenciais. A elaboração do questionário incorporou sugestões de pesquisas realizadas pelas referências CEMIG (1996), POMPERMAYER (1998), SILVA (2000) e LINS (2002).

A partir dos valores de consumo mensal em kWh cedidos pela concessionária local para todos os consumidores residenciais da cidade do Recife, entre fevereiro de 2001 a fevereiro de 2002 (totalizando uma população média de 981.672 consumidores e um consumo total médio de 98.209 MWh), foram obtidos os valores médios de consumo para domicílio.

A partir da ordenação desses consumos médios, foram amostrados 600 consumidores, escolhidos uniformemente distribuídos de acordo com as faixas de média de consumo de energia elétrica mensal apresentada na Tabela 3. 1.

**Tabela 3. 1 – QUANTIDADE DE AMOSTRAS POR FAIXA DE CONSUMO**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

FAIXAS DE CONSUMO (KWH)						TOTAL
0 – 30	31-50	51-100	101-150	151-300	> 300	
5,40	15,90	35,20	19,20	15,40	8,90	%
32	95	211	115	92	53	Amostra

A Tabela 3. 2 apresenta os resultados referentes à posse de eletrodomésticos projetada para toda a população (consumidores residenciais da cidade do Recife). Deve-se salientar que essa posse reflete a situação após o racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001, período em que a cultura de economizar energia elétrica ainda estava bastante disseminada nos consumidores residenciais.

**Tabela 3. 2 – POSSE DE EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA****Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

EQUIPAMENTO DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	PERCENTUAL DE POSSE
Refrigerador de 1 porta sem FROST FREE	68,7 %
Refrigerador de 1 porta com FROST FREE	9,2 %
Refrigerador de 2 portas sem FROST FREE	3,8 %
Refrigerador de 2 portas com FROST FREE	4,4 %
<i>Freezer</i> horizontal sem FROST FREE	14,5 %
<i>Freezer</i> horizontal com FROST FREE	3,4 %
<i>Freezer</i> vertical sem FROST FREE	1,6 %
<i>Freezer</i> vertical com FROST FREE	0,3 %
Chuveiro elétrico	32,7 %
Condicionador de ar 7.500 BTU	9,8 %
Condicionador de ar 10.000 BTU	7,5 %
Condicionador de ar (outros)	3,2 %
Televisor menor ou igual a 12 polegadas	24,3 %
Televisor 14 polegadas	64,8 %
Televisor 15 polegadas	19,1 %
Televisor 20 polegadas	9,3 %
Televisor maior ou igual a 26 polegadas	5,3 %
Aparelho de som	39,4%
Videocassete	43,3 %
Microcomputador	37,2 %
Impressora	36,1 %
Videogame	21,3 %
Ferro elétrico	58,9 %
Máquina de lavar roupa	13,8 %
Máquina de lavar louça	2,4 %

EQUIPAMENTO DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	PERCENTUAL DE POSSE
Secadora de roupa	1,2 %
Forno de microondas	23,2 %
Forno elétrico	0,9 %
Liquidificador	39,4 %
Batedeira	28,3 %
Exaustor	8,3 %
Ventilador/circulador	68,5 %
Sanducheira/grill	6,4 %
Enceradeira	4,5 %
Bomba d'água	2,7 %
Gelo água	8,9 %
DVD	1,3 %
Secador de cabelo	2,4 %
Fax	1,8%
Cafeteira elétrica, Rádio elétrico, Panela elétrica, Aspirador de pó, Aquecedor de ambiente	1,4 %

Entre os aspectos relevantes observados na Tabela 3. 2, é que, mesmo com uma significativa posse de televisores e geladeiras, ainda não está configurada nenhuma saturação de equipamentos de utilização e ainda existe uma grande posse de equipamentos de utilização convencionais.

Outro fato que também merece registro após o racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001, foi o interesse por parte da população na aquisição de produtos eficientes. Nos casos de aquisição de geladeira, durante o ano de 2002, 98,2 % dos consumidores residenciais que adquiriram geladeira durante ou após o racionamento declararam que levaram em consideração o consumo do aparelho.

A Tabela 3. 3 apresenta a posse de lâmpadas e a sua distribuição por tipo e por faixa de consumo, deixando evidente que ainda existe uma significativa posse de lâmpadas não eficientes. Merece ainda destaque que 82 % dos consumidores se declaram dispostos a trocar a lâmpada incandescente de menor custo de aquisição pela lâmpada fluorescente compacta de menor consumo, porém de maior custo de aquisição.

**Tabela 3. 3 - POSSE DE EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

TIPOS DE LÂMPADAS	POSSE SEGREGADA POR FAIXA DE CONSUMO (KWH)						
	0-30	31-50	51 -100	101 - 150	151-300	> 300	GERAL
INCANDESCENTES 25 W	5,06	2,52	5,55	4,15	5,27	3,56	3,90%
INCANDESCENTES 40 W	26,69	19,50	22,65	26,56	15,79	11,72	16,82%
INCANDESCENTES 60 W	49,44	69,81	55,00	51,18	50,87	43,93	43,89%
INCANDESCENTES 100 W	7,30	2,52	3,39	2,53	4,61	4,18	5,20%
INCANDESCENTES 150 W	0,28	1,26	0,00	0,00	0,16	0,00	0,19%
FLUORESCENTES 20 W	4,78	2,52	8,17	6,50	9,06	10,67	10,09%
FLUORESCENTES 40 W	3,65	1,89	3,54	2,81	2,80	3,35	8,19%
FLUORESCENTES COM-PACTAS STANDARD	0,56	0,00	0,15	4,18	6,47	17,57	8,93%
FLUORESCENTES COM-PACTAS CIRCULAR	1,40	0,00	0,77	0,72	1,15	0,42	0,79%
DICRÓICA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	2,93	0,39%
PL	0,84	0,00	0,78	0,36	3,62	1,67	1,56%
OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06%

Esses dados são interessantes, uma vez que em pesquisa anterior realizada pelo PROCEL, em 1998, apenas 53% dos consumidores estavam dispostos a trocar a lâmpada incandescente de menor custo de aquisição pela lâmpada fluorescente compacta de menor consumo, porém de maior custo de aquisição.

### 3.3 MODELAGEM USANDO A ANÁLISE CONDICIONADA DA DEMANDA

A metodologia a ser aplicada consiste em desagregar o consumo residencial nas suas partes constituintes, cada uma associada a um uso final ou a um equipamento em particular. Essa metodologia tornou-se conhecida como Análise da Demanda Condicional.

A modelagem a ser utilizada pressupõe uma relação estocástica entre as variáveis  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$ , obtida por meio de regressão linear, na forma geral:

$$\mathbf{Y} = \boldsymbol{\alpha} + \boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{X} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{Equação 3. 1}$$

em que:

$\mathbf{Y}$  – vetor de variáveis dependentes associado ao consumo de cada uso final,

$\mathbf{X}$  – vetor de variáveis independentes associado à posse de cada uso final,

$\boldsymbol{\beta}$  – vetor de parâmetros de regressão,

$\boldsymbol{\xi}$  – erro amostral.

É importante ressaltar que o valor de  $\mathbf{Y}$  não pode ser obtido de forma determinística. A natureza estocástica do modelo de regressão implica que para cada valor de  $\mathbf{X}$  haja uma distribuição de probabilidade total dos valores de  $\mathbf{Y}$ .

O modelo mais simples (MODELO 1) para o consumo de energia ( $CE_t$ ) em cada domicílio amostrado  $t$  é dado pelo somatório do consumo individual de cada equipamento de utilização usado no domicílio, representados por  $X_{it}$  variáveis dependentes, por meio da seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3. 2}$$

em que:

$CE_t$  – consumo de energia elétrica no domicílio  $t$ ,

$\beta_i$  – coeficiente de regressão que representa o consumo do equipamento  $i$ ,

$\xi_t$  – erro amostral.

A principal característica desse modelo é assumir que o consumo  $\beta_i$  é o mesmo para todos os domicílios, independentemente do número de moradores, renda e localização. A principal vantagem dessa metodologia reside na possibilidade de isolar o consumo de cada equi-

pamento de utilização estatisticamente, sem medição direta dos equipamentos, depende de acordo com a referência AIGNER (1984), das diferenças dos padrões de posse dos equipamentos. Quanto maior a distinção de marca, modelo ou tipo, melhor se pode isolar o consumo por equipamento de utilização.

Na análise das respostas dos questionários, foram identificados problemas, tais como modelos declarados de eletrodomésticos que não existiam para o fabricante informado, inconsistências entre marcas e modelos com as características declaradas.

Buscando evitar que tais problemas evitassem comprometer a obtenção do modelo, os equipamentos de utilização de energia pesquisados foram incluídos em um dos seguintes grupos: iluminação incandescente, iluminação fluorescente, iluminação fluorescente compacta, ferro elétrico, refrigerador de uma porta convencional (sem possuir selo de eficiência do PROCEL), refrigerador de uma porta eficiente, refrigerador de duas portas, *freezer* convencional (sem possuir selo de eficiência do PROCEL), *freezer* eficiente, microondas, chuveiro elétrico, condicionador de ar, televisor, lavadora de roupa, aparelho de som, microcomputador, ventilador, videocassete, bomba de água e outros.

Os modelos aditivos adotados permitem uma interpretação física, que é simular o consumo de cada equipamento. Ao final da regressão, a partir dos coeficientes de regressão obtidos, isto é, dos consumos de cada tipo de equipamento de utilização de energia é possível obter o consumo residencial total com a multiplicação pelos equipamentos existentes.

Um segundo modelo (MODELO 2) avaliado assume que o consumo de energia ( $CE_t$ ) em cada domicílio amostrado  $t$  varia linearmente com o número de moradores no domicílio ( $nm_t$ ), sendo expresso pela seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} \cdot nm_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3.3}$$

em que:

$CE_t$  – consumo de energia elétrica no domicílio  $t$ ,

$\beta_i$  – coeficiente de regressão que representa o consumo do equipamento  $i$ ,

$nm_t$  – número de moradores do domicílio  $t$ ,

$\xi_t$  – erro amostral.

Um terceiro modelo (MODELO 3) empregado assume que o consumo de energia (CE<sub>t</sub>) em cada domicílio amostrado t varia linearmente com a renda dos moradores no domicílio (rm<sub>t</sub>), sendo expresso pela seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} \cdot rm_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3. 4}$$

em que:

CE<sub>t</sub> – consumo de energia elétrica no domicílio t,

β<sub>i</sub> – coeficiente de regressão que representa o consumo do equipamento i,

rm<sub>t</sub> – renda dos moradores do domicílio t,

ξ<sub>t</sub> – erro amostral.

Num quarto modelo testado (MODELO 4), é assumido que o consumo de energia (CE<sub>t</sub>) em cada domicílio amostrado t varia linearmente com a área construída do domicílio (A<sub>t</sub>), sendo expresso pela seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} \cdot A_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3. 5}$$

em que:

CE<sub>t</sub> – consumo de energia elétrica no domicílio t,

β<sub>i</sub> – coeficiente de regressão que representa o consumo do equipamento i,

A<sub>t</sub> – área construída do domicílio t,

ξ<sub>t</sub> – erro amostral.

Num quinto modelo avaliado (MODELO 5) é assumido que o consumo de energia (CE<sub>t</sub>) em cada domicílio amostrado t varia linearmente com o nível de instrução (N<sub>t</sub>), sendo expresso pela seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} \cdot N_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3. 6}$$

em que:

CE<sub>t</sub> – consumo de energia elétrica no domicílio t,

β<sub>i</sub> – coeficiente de regressão que representa o consumo do equipamento i,

N<sub>t</sub> – nível de instrução dos moradores do domicílio t,

ξ<sub>t</sub> – erro amostral.

Os resultados obtidos com as regressões realizadas usando os cinco diferentes modelos procurando explicar o consumo de cada domicílio como um somatório dos consumos de todos esses eletrodomésticos agrupados, podem ser observados na Tabela 3. 4, na Tabela 3. 5 e na Tabela 3. 6.

Analisando os resultados obtidos é possível destacar os seguintes pontos:

- a) Dos cinco modelos avaliados, o que melhor pode explicar o consumo de cada domicílio para a cidade de Recife foi o MODELO 1, tendo ele apresentado resultados significativos para vários dos equipamentos como pode ser verificado observando os maiores valores da estatística t obtidos. O valor da estatística R corresponde ao coeficiente de correlação amostral entre o valor do consumo (CE) ajustado e o valor do consumo observado. Este valor, assim como o da estatística  $R^2$ , que representa o percentual da variância explicada pelo modelo, foram os maiores valores encontrados entre os cinco modelos descritos, embora o consumo obtido para alguns equipamentos como a lavadora de roupa, o chuveiro elétrico, o vídeo cassete e o microondas não foram significativos. É importante ressaltar que a referência EPRI (1989) e a SILVA (2000) descrevem que por se tratar de dados cross-section, os valores da estatística  $R^2$  em estudos de CDA normalmente variam entre 0,55 a 0,70.
- b) O MODELO 2 apesar de ter apresentado uma estatística  $R^2$  de 0,32 apresentou um aumento da significância para os consumos regredidos ao número de moradores associados ao chuveiro elétrico, ao forno de microondas e ao ferro elétrico. Este fato sugere que estes eletrodomésticos possam ser melhor modelados pelo consumo por morador. O banho é possivelmente um dos únicos serviços que não possa ser compartilhado por diversos moradores, já o ferro elétrico e o forno de microondas estão sujeitos a certo grau de compartilhamento. Dentro dessa argumentação, não ficou explícita o aumento da significância da máquina lavadora de roupa que apresentou apenas um ligeiro aumento da estatística t.
- c) O MODELO 3 apresentou uma estatística  $R^2$  baixa (0,14) e foram obtidas algumas significâncias aceitáveis com relação ao consumo regredido por faixa de renda para os refrigeradores e *freezers* convencionais e eficientes junto com o ar condicionado, embora com valores de estatística t encontrados tenham sido inferiores aos valores obtidos para o MODELO 1.

- d) O MODELO 4 embora tenha apresentado uma estatística  $R^2$  (0,22) baixa porém melhor que a obtida para o MODELO 3, não apresentou nenhum valor de estatística  $t$  que se destacasse com relação a significâncias aceitáveis com relação ao consumo regredido por área construída. O resultado mais interessante obtido aqui é a significância adquirida pela iluminação incandescente, fluorescente e fluorescente compacta sugerindo que esses equipamentos de utilização possam ser adequadamente modelados com o consumo por área construída.
- e) O MODELO 5 apresentou um valor da estatística  $R^2$  muito baixo (0,08) e os valores de estatística  $t$  obtidos caracterizam que nenhum dos equipamentos de utilização pode ter seu consumo explicado de forma significativa com o nível de instrução.

Embora o MODELO 1, tenha apresentado a melhor estatística  $R^2$  dentre todos os modelos adotados, destaca-se nas análises que este modelo para regredir o consumo de alguns equipamentos de utilização se mostrou não significativo com valores de estatística  $t$  reduzidos. Esses equipamentos de utilização como chuveiro elétrico, iluminação, ar condicionado, forno de microondas e ferro elétrico puderam ter seu consumo melhor explicado pelos outros modelos. Contrariando a posição descrita por BERG (1994) de que as variáveis sócio-econômicas e climáticas não deveriam ser obtidas diretamente das equações de regressão, mas em funções associadas ao uso do equipamento de utilização, foram testadas novas modelagens tentando regredir o consumo para cada equipamento como uma parcela constante e outras parcelas associadas à renda, número de moradores, área construída, linha de pesquisa adotada por ARCHIBALD (1982), SILVA (2000) e LINS(2002).

Várias tentativas de modelagem foram analisadas buscando sempre explicar o consumo de um dado equipamento de utilização como sendo a soma de uma parcela constante com outras parcelas associadas às variáveis explicativas que tinham apresentado elevada estatística  $t$  nos modelos anteriores. Após essas várias tentativas, foi proposto um MODELO 6 que apresentou a melhor estatística  $R^2$  entre as diversas modelagens analisadas.

Nesse MODELO 6, o consumo dos refrigeradores convencionais foi descrito como sendo uma soma de dois coeficientes, um constante e outro que depende do número de pessoas. A tentativa de incluir no consumo dos refrigeradores convencionais e eficientes um coeficien-

te associado à renda como adotado em SILVA (2000) não apresentou uma melhor estatística  $t$  para o consumo regredido deste equipamento nem para a estatística  $R^2$  do modelo. Desta forma no MODELO 6 proposto, o consumo das geladeiras convencionais e eficientes foi explicado pela seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} + \sum_{i=1}^N \beta'_i \cdot X_{it} \cdot nm_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3.7}$$

O consumo do chuveiro e do ferro elétrico no MODELO 6 proposto foram ambos explicados através da Equação 3.7, como sendo uma soma de um coeficiente constante e outro que depende do número de pessoas. A modelagem do consumo do ventilador, microondas, microcomputador e aparelho de som não mostraram significativos avanços nos valores de estatística  $t$  e da estatística  $R^2$  quando incluíamos a presença de coeficientes associados a renda, número de moradores do domicílio ou área construída, fazendo com que no MODELO 6 proposto, eles tivessem seu consumo explicado por apenas um coeficiente constante.

O *freezer* convencional e o *freezer* eficiente no MODELO 6 foram modelados através de uma soma de um coeficiente constante, um que depende do número de moradores e outro da renda, de acordo com a seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} + \sum_{i=1}^N \beta'_i \cdot X_{it} \cdot nm_t + \sum_{i=1}^N \beta''_i \cdot X_{it} \cdot rm_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3.8}$$

Com relação aos consumos referentes a iluminação convencional e a iluminação eficiente foram analisadas a possibilidade de dependência com relação ao número de moradores, renda e área construída, tendo apresentado avanços significativos nos valores da estatística  $t$  e da estatística  $R^2$  apenas na dependência com relação à área construída. No MODELO 6 proposto o consumo referente ao ar-condicionado e o consumo da iluminação fluorescente e incandescente, convencional ou eficiente foram modelados por um coeficiente constante e um coeficiente dependente da área construída de acordo com a seguinte equação:

$$CE_t = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot X_{it} + \sum_{i=1}^N \beta'_i \cdot X_{it} \cdot A_t + \varepsilon_t \quad \text{Equação 3.9}$$

**Tabela 3. 4 – MODELOS 1 E 2 PARA A DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL DA CIDADE DO RECIFE**

**Fonte : Elaboração a partir dos resultados obtidos com o software STATISTICA**

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	MODELO 1		MODELO 2	
	Coefficiente de Regressão	Estatística t	Coefficiente de Regressão	Estatística t
INTERCEPTO	9,07	3,92	12,34	21,18
ILUMINAÇÃO INCANDESCENTE	5,26	23,36	2,16	16,34
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE	3,12	16,28	2,09	11,65
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE. COMPACTA	2,67	19,06	3,04	14,45
FERRO ELÉTRICO	10,27	6,12	8,65	7,39
REFRIGERADOR DE UMA PORTA CONVENCIONAL	48,94	26,71	19,25	15,87
REFRIGERADOR DE UMA PORTA EFICIENTE	36,27	18,23	14,18	12,62
REFRIGERADOR DE DUAS PORTAS	58,39	17,43	24,31	9,27
<i>FREEZER</i> CONVENCIONAL	53,26	22,06	15,23	13,45
<i>FREEZER</i> EFICIENTE	49,25	17,04	10,78	9,56
MICROONDAS	29,07	3,03	15,38	6,03
CHUVEIRO ELÉTRICO	7,37	2,08	4,87	10,34
AR-CONDICIONADO	85,42	16,37	51,04	2,53
TELEVISÃO	9,82	7,25	- 6,34	- 1,03
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	10,18	0,96	8,45	1,08
APARELHO DE SOM	6,89	9,27	4,64	7,34
MICROCOMPUTADOR	3,19	4,21	- 1,95	- 2,04
VENTILADOR	19,23	14,89	10,08	8,62
VÍDEOCASSETE	8,32	2,09	-1,56	- 0,34
BOMBA DE ÁGUA	19,45	12,73	6,23	3,27
R <sup>2</sup>	0,56		0,32	

**Tabela 3. 5 – MODELOS 3 E 4 PARA A DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL DA CIDADE DO RECIFE**

**Fonte : Elaboração a partir dos resultados obtidos com o software STATISTICA**

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	MODELO 3		MODELO 4	
	Coefficiente de Regressão	Estatística t	Coefficiente de Regressão	Estatística t
INTERCEPTO	16,79	24,08	12,24	13,18
ILUMINAÇÃO INCANDESCENTE	- 1.34	- 0.76	5,34	11,17
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE	2.45	1.02	3, 34	12,06
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE. COMPACTA	1,25	0.98	4,05	14,23
FERRO ELÉTRICO	- 1,87	-2,03	4,34	1,53
REFRIGERADOR DE UMA PORTA CONVENCIONAL	24,45	12,09	34,56	6,32
REFRIGERADOR DE UMA PORTA EFICIENTE	20,23	9,84	28,41	5,76
REFRIGERADOR DE DUAS PORTAS	31,43	11,04	23,45	7,85
<i>FREEZER</i> CONVENCIONAL	36,41	8,84	24,38	5,42
<i>FREEZER</i> EFICIENTE	29,78	10,12	17,65	6,23
MICROONDAS	5,12	2,03	- 2.34	-0,79
CHUVEIRO ELÉTRICO	18,34	1,32	12,34	2,03
AR-CONDICIONADO	18,45	8,12	14,23	3,28
TELEVISÃO	-4,56	- 5,53	4,52	3,16
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	-3,76	-6,98	-4,23	-3,96
APARELHO DE SOM	2,23	2,78	3,87	1,39
MICROCOMPUTADOR	0,98	1,73	1,22	2,34
VENTILADOR	6,34	2,03	8,34	4,02
VÍDEOCASSETE	2,34	3,17	1,98	2,15
BOMBA DE ÁGUA	15,78	1,05	23,42	3,02
R <sup>2</sup>	0,14		0,22	

**Tabela 3. 6 – MODELOS 5 E 6 PARA A DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL DA CIDADE DO RECIFE**

**Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos com o software STATISTICA**

EQUIPAMENTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	MODELO 5		MODELO 6	
	Coefficiente de Regressão	Estatística t	Coefficiente de Regressão	Estatística t
INTERCEPTO	21,27	20,43	5,29	12,52
ILUMINAÇÃO INCANDESCENTE	- 1,34	- 0,76	3,36	16,36
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE	- 3,56	- 1,02	3,04	15,48
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE. COMPACTA	-2,58	- 1,98	2,57	12,06
FERRO ELÉTRICO	- 2,24	- 3,03	12,27	6,88
REFRIGERADOR DE UMA PORTA CONVENCIONAL	26,55	8,09	46,34	23,66
REFRIGERADOR DE UMA PORTA EFICIENTE	24,37	6,63	36,27	16,27
REFRIGERADOR DE DUAS PORTAS	39,53	4,84	51,39	19,28
<i>FREEZER</i> CONVENCIONAL	35,41	5,72	47,56	20,43
<i>FREEZER</i> EFICIENTE	33,71	8,55	45,25	15,04
MICROONDAS	- 2,12	- 1,03	13,46	5,03
CHUVEIRO ELÉTRICO	23,34	1,12	6,37	4,03
AR-CONDICIONADO	- 20,12	- 2,05	65,42	12,37
TELEVISÃO	6,56	4,27	9,82	9,44
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	-5,76	-4,18	10,18	1,56
APARELHO DE SOM	4,59	2,55	6,31	11,98
MICROCOMPUTADOR	1,39	4,73	2,66	5,44
VENTILADOR	6,34	2,03	15,26	12,89
VÍDEOCASSETE	2,34	3,17	2,72	1,99
BOMBA DE ÁGUA	25,78	1,88	22,85	14,47
R <sup>2</sup>	0,08		0,67	

Os consumos da televisão, videocassete, computador no MODELO 6 proposto foram regredidos através de um coeficiente constante, após várias tentativas de avaliar dependências do consumo destes equipamentos com relação ao número de moradores, renda, área construída e nível de instrução.

Os resultados obtidos usando o proposto MODELO 6 aplicado aos dados de consumidores da cidade do Recife foram bastante significativos a nível de cada equipamento, como pode ser visto pelos elevados valores da estatística *t* apresentados na Tabela 3. 6. O valor de *R*, interpretado como coeficiente de correlação amostral entre o valor do consumo (CE) ajustado e o valor do consumo observado, foi de 82%. Este valor, assim como o de  $R^2$ , o percentual da variância explicada pelo modelo, foram significativos, embora pudessem ter sido maiores, a fim de melhor explicar o consumo individual de alguns equipamentos de utilização.

A referência AIGNER (1984) conclui que resultados significativos usando a metodologia de CDA para isolar o consumo de uso final estatisticamente, sem medição direta dos equipamentos, depende essencialmente das diferenças dos padrões de posse dos equipamentos. Desta forma, na utilização deste modelo, não seria possível isolar o consumo por refrigerador convencional, se todos tivessem o mesmo refrigerador e se a quantidade de refrigeradores por domicílio não fosse conhecida.

Na referência PROCEL (1998) se ressalta que mais de 70% do consumo de energia elétrica residencial no NORDESTE se deve à participação da iluminação, refrigerador, ferro elétrico, televisor, chuveiro e ar condicionado. Considerando esse fato, é importante destacar que mesmo o MODELO 6 tendo apresentado elevados valores de estatística *t* e uma razoável estabilidade dos coeficientes de regressão para os equipamentos de utilização mais representativos, a obtenção da previsão do consumo de um determinado domicílio é ainda um resultado aproximado. O intercepto representa o consumo dos equipamentos de utilização não incluídos nesta análise.

Outro aspecto importante, destacado na referência SILVA et al (2005) é o problema existente na modelagem usando CDA quando o percentual de posse está próximo de 100 %. Nessa situação, denominada de saturação de posse, o modelo não consegue identificar o seu consumo. Quando essa situação ocorre a solução descrita por SILVA (2000) e LARSEN (2004) é diferenciar o equipamento de utilização por tipo, idade ou modelo, etc.

### 3.4 ELABORAÇÃO DA CURVA DE CARGA DO SETOR RESIDENCIAL

A elaboração da curva de carga do setor residencial desagregada é uma aplicação na qual se torna imperativo o conhecimento detalhado da estrutura de consumo horária dos diversos usos finais e equipamentos que constituem a demanda final. Nesse sentido, várias técnicas e modelos têm sido desenvolvidos, porém, a falta de dados confiáveis sobre a tipologia de equipamentos e hábitos de uso tem dificultado enormemente a aplicação e validação desses instrumentos.

Dados foram levantados pela pesquisa de campo realizada, na qual foram evidenciados os horários de uso dos equipamentos de utilização mais relevantes. Dentre os equipamentos anteriormente analisados, destacam-se, em termos de demanda, os seguintes equipamentos de utilização de energia: iluminação, ar-condicionado, refrigerador, *freezer*, televisor, som, ferro, chuveiro, forno microondas e máquina de lavar roupa.

Dentre os principais parâmetros necessários para a obtenção da curva de carga habitual de um dado equipamento, destacam-se os seguintes: a) índice de posse dos aparelhos; b) potência requerida; c) intervalos horários em que o uso ocorre; d) tempo efetivo de funcionamento.

Os equipamentos de utilização de energia de acordo com a potência média requerida e com regime de funcionamento podem ser classificados em três grupos:

- a) Grupo 1 ou de equipamentos de utilização de energia com potência requerida constante e regime de funcionamento contínuo, corresponde aos equipamentos de utilização de energia cuja potência requerida é aproximadamente a potência nominal ( $P_{\text{NOM}}$ ) durante o seu tempo de funcionamento. Estão nesse grupo as lâmpadas, o chuveiro e o ferro elétrico. Nesse caso, a potência média horária  $P_{\text{med}}$  em cada hora de uso pode ser estimada simplesmente pela potência nominal, conforme está descrito na seguinte equação:

$$P_{\text{med}} = P_{\text{NOM}}$$

Equação 3. 10

- b) Grupo 2 ou de equipamentos de utilização de energia com potência requerida variável e regime de funcionamento contínuo, corresponde a equipamentos que, embora

apresentem um funcionamento contínuo, num dado intervalo de tempo bem definido, sua potência requerida depende do ciclo operacional. Nesse caso, para uma estimativa da curva de carga, toma-se como parâmetro a potência requerida, que é obtida aplicando-se um fator de utilização ( $f_U$ ) à potência nominal. Esses fatores de utilização são usualmente obtidos de forma empírica, em campanhas de medições, e apresentam incertezas em relação à tecnologia, fabricante, modelo, etc. Neste trabalho serão adotados os valores dos fatores de utilização da referência CELPE (1998) apresentados na Tabela 3. 7 para refrigerador, *freezer*, máquina de lavar roupa e secadora de roupa. Para os demais equipamentos serão utilizados os valores calculados a partir dos consumos médios resultantes da modelagem descrita no item anterior usando a Análise Condicionada da Demanda. Para esse grupo de equipamentos de utilização, a potência média requerida em um ciclo-padrão de funcionamento é dada pela seguinte equação:

$$P_{\text{med}} = f_U \cdot P_{\text{NOM}}$$

Equação 3. 11

**Tabela 3. 7 – FATOR DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS****Fonte : CELPE (1998)**

EQUIPAMENTO	TIPO/MODELO	FATOR DE UTILIZAÇÃO
REFRIGERADOR 1 PORTA	PADRÃO	0,46
REFRIGERADOR 1 PORTA	EFICIENTE	0,32
REFRIGERADOR 2 PORTAS	PADRÃO	0,52
REFRIGERADOR 2 PORTAS	EFICIENTE	0,38
<i>FREEZER</i> VERTICAL	PADRÃO	0,44
<i>FREEZER</i> VERTICAL	EFICIENTE	0,29
LAVADORA DE ROUPA	PADRÃO	0,52
LAVADORA DE ROUPA	EFICIENTE	0,34
SECADORA DE ROUPA	PADRÃO	0,96
SECADORA DE ROUPA	EFICIENTE	0,68

- c) Grupo 3 ou de equipamentos de utilização de energia com potência requerida variável e regime de funcionamento descontínuo, inclui uma significativa variedade de equipamentos, tais como o ferro elétrico, o forno microondas e o aspirador de pó. Nesse caso, além da questão relativa à potência média requerida, há um outro relacionado ao tempo efetivo de uso do aparelho. Um exemplo de equipamento desse grupo é o forno microondas que por exemplo, é usado em média 20 minutos por dia cujo uso ocorre entre 12 e 14 horas. Nesse grupo, a potência média requerida para um dado equipamento, que é usado em média  $T_{ef}$  (tempo efetivo de operação) num período estabelecido de tempo  $T_{est}$ , é dada pela seguinte equação:

$$P_{med} = f_U \cdot P_{NOM} \cdot \frac{T_{ef}}{T_{est}} \quad \text{Equação 3. 12}$$

A referência POMPERMAYER (1998) destaca que, para os equipamentos eletrônicos no cálculo da potência média requerida, pode ser significativo incluir a demanda requerida no modo *stand-by* dos equipamentos eletrônicos. A mesma referência ressalta, ainda, a existência de equipamentos que não são usados todos os dias da semana (como, por exemplo, o ferro elétrico e a máquina de lavar roupa), ou são usados de forma bastante diferenciada. Se não há diferença quanto à forma de uso, mas esse não ocorre todos os dias da semana, pode-se ajustar a potência média requerida, multiplicando-a pelo número de dias em que o uso ocorre ( $D_{sem}$ ) e dividindo pelo número de dias do período ( $D_{per}$ ).

De um modo geral, a demanda média horária de um dado equipamento de utilização para um grupo de consumidores pode ser estimada pela seguinte equação:

$$D_H = (f_U \cdot P_{NOM} \cdot I_{AT} + P_{SB} \cdot I_{SB}) \cdot \left( \frac{T_{ef}}{T_{est}} \right) \cdot \left( \frac{D_{sem}}{D_{per}} \right) \quad \text{Equação 3. 13}$$

em que:

$f_U$  - fator de utilização,

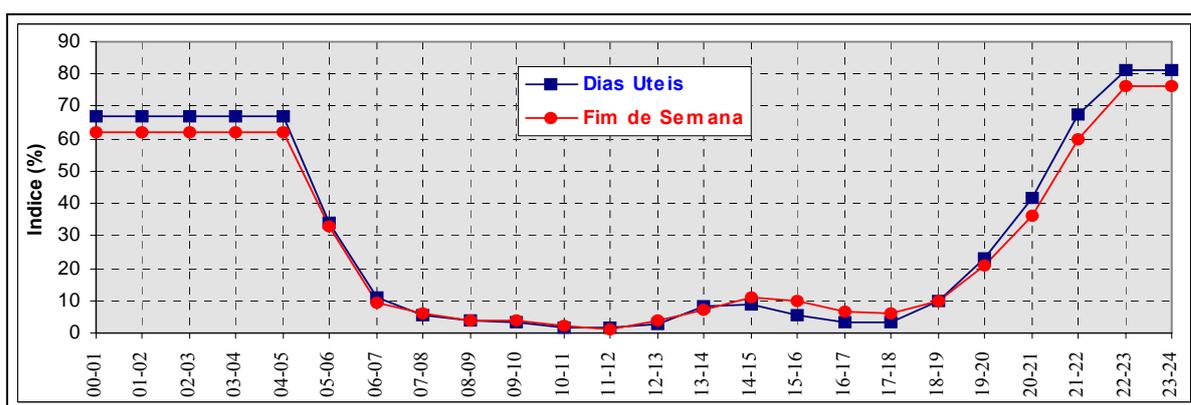
$P_{NOM}$  - potência nominal,

$I_{AT}$  - índice associado ao número equipamentos em operação dos existentes,

$P_{SB}$  – potência do equipamento no modo *stand-by* quando for o caso,  
 $I_{SB}$  – índice associado ao número de equipamentos operando em *stand-by* dos existentes,  
 $T_{ef}$  – tempo efetivo de operação,  
 $T_{est}$  – tempo estabelecido,  
 $D_{sem}$  – número de dias em que o uso ocorre,  
 $D_{per}$  – número de dias do período.

Usando os dados obtidos da Pesquisa de Posses, Hábitos, Usos e Preferências de Consumo de Energia Elétrica realizada em 600 domicílios da cidade do Recife, foram levantadas as seguintes curvas para o índice associado ao número de equipamentos em operação em relação aos existentes para:

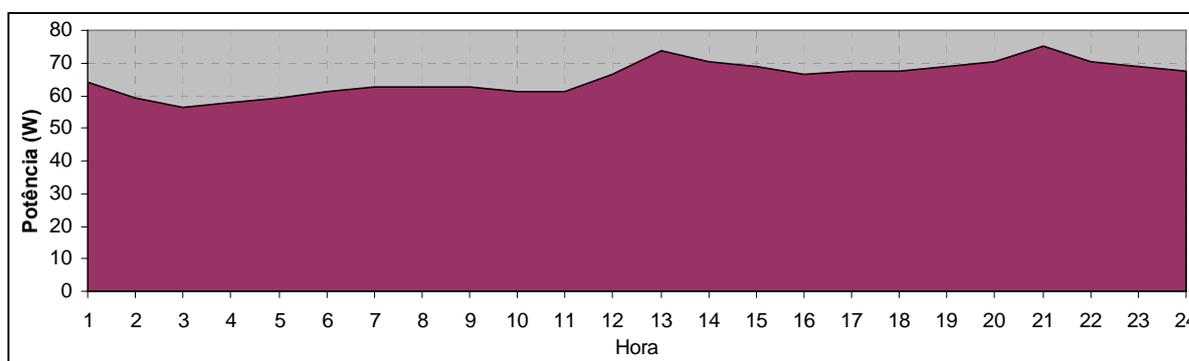
- Iluminação: observou-se um uso intensivo durante a noite, porém com pouca simultaneidade, uma vez que o maior índice de operação encontrado foi de 58,1%.
- Ar-condicionado: observou-se a predominância do uso durante a noite, uma vez que 98,5% dos aparelhos estão instalados nos dormitórios. Nos domicílios que possuem mais de um aparelho, verificou-se que aumentou a ocorrência do uso durante o dia. Observou-se que não há muita diferença entre os dias úteis e os fins de semana/feriados. Observou-se, ainda, que os aparelhos são mais utilizados durante o dia nos fins de semana e feriados.



**Figura 3- 7 : Estimativa do índice de operação para o ar-condicionado**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

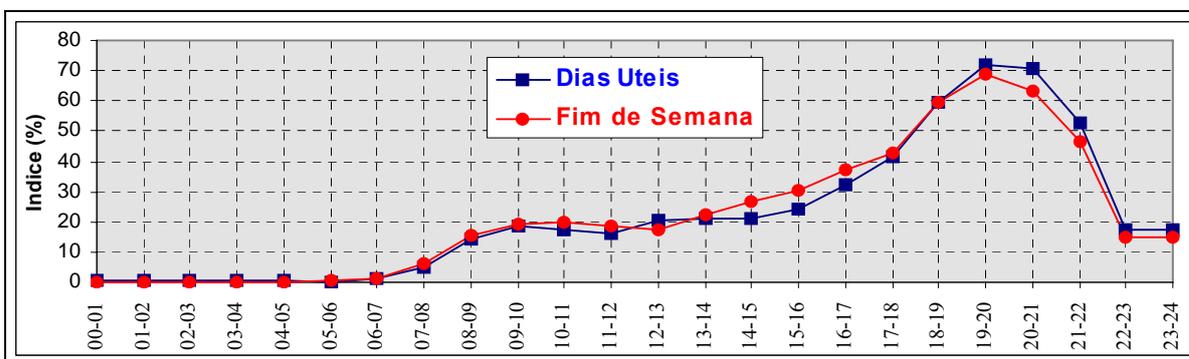
- c) Geladeira e *freezer*: observou-se, como era esperado para ambos, um índice de operação elevado, em torno de 98,3%, e a não operação foi constatada apenas em poucos domicílios que possuíam mais de um equipamento. Apesar das variações individuais da potência requerida por um refrigerador ou *freezer*, as quais dependem muito do ambiente onde estão instalados e das condições operacionais (número de vezes que eles são abertos, tempo de duração, posição do termostato, etc). Para a obtenção da curva de demanda destes equipamentos, usamos a curva típica da referência CELPE (1998), que apresenta um perfil plano, com pequenas variações entre os horários de refeições.



**Figura 3- 8 : Curva típica de demanda de um refrigerador num domicílio**

Fonte: CELPE (1998)

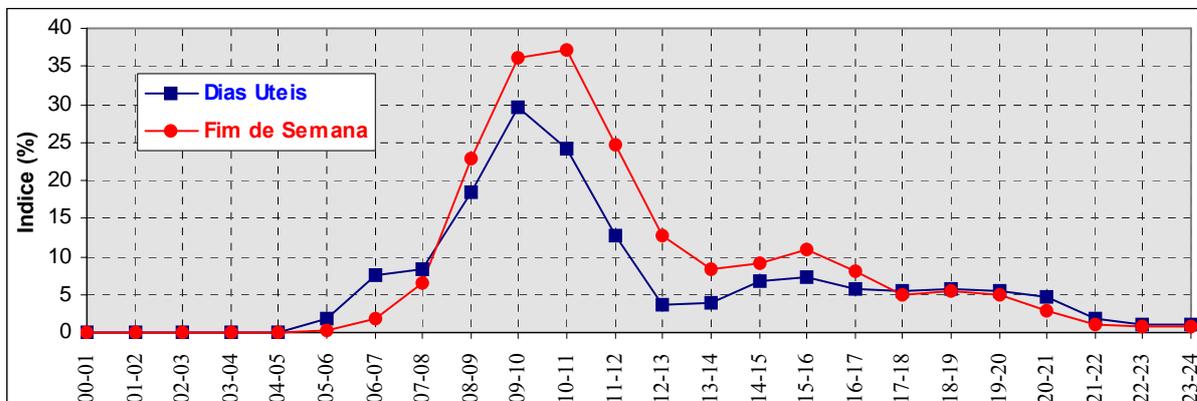
- d) Televisor: observou-se um significativo aumento do uso durante a noite, uma elevada posse e uma pequena redução do uso durante o final de semana.



**Figura 3- 9 : Estimativa do índice de operação para o televisor**

Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife

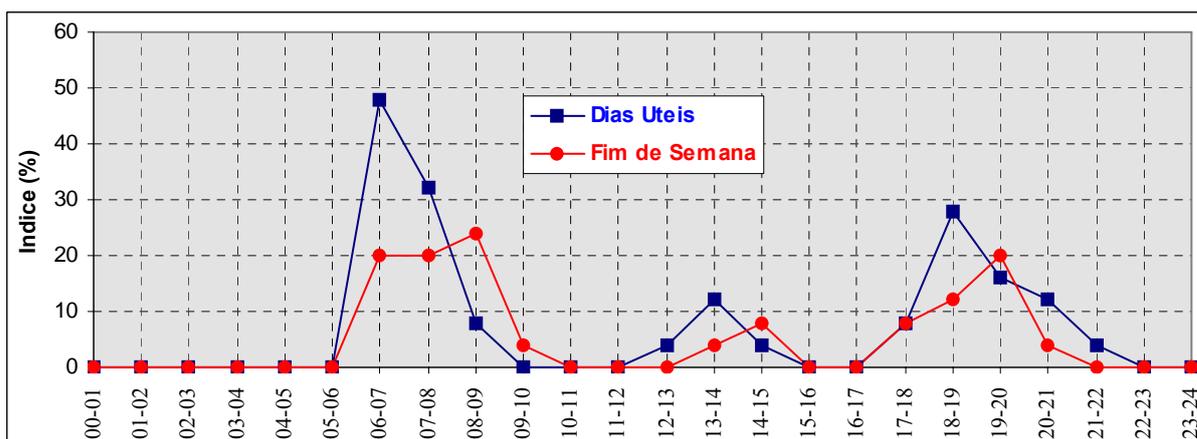
- e) Equipamento de som: observou-se a predominância do uso durante o dia e um uso mais intenso nos finais de semana.



**Figura 3- 10 : Estimativa do índice de operação para o equipamento de som**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

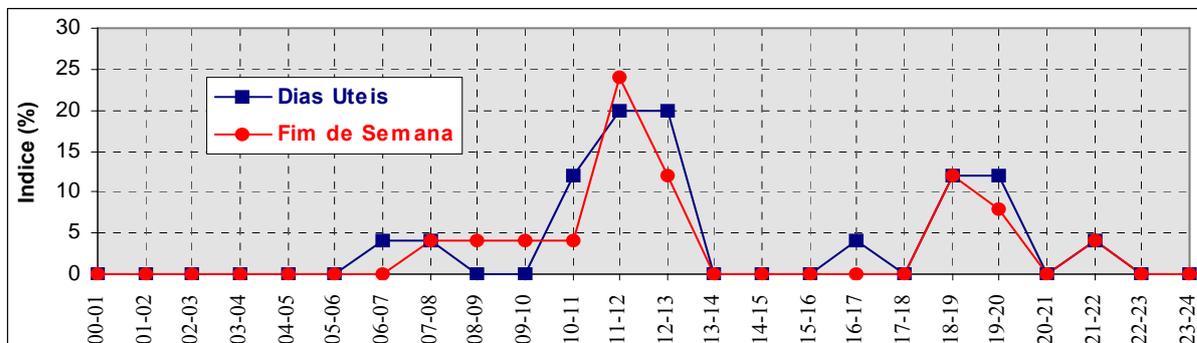
- f) Chuveiro: observou-se que o uso do chuveiro elétrico na cidade do Recife apresenta três períodos de uso intenso, com maior intensidade nos dias úteis, em que, entre as 7 e 8 horas, cerca de 50% dos chuveiros são habitualmente usados. Foi também observada uma diferença significativa entre o uso no final de semana e nos dias úteis com um impacto bastante significativo no período de uso intenso matinal.



**Figura 3- 11 : Estimativa do índice de operação para o chuveiro**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia em Recife**

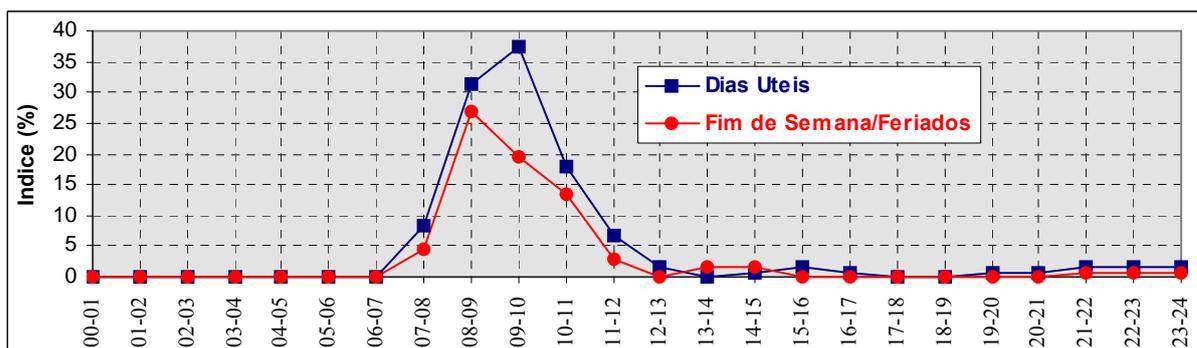
- g) Forno microondas: observou-se um uso mais intensivo no horário de almoço e de maior intensidade no final de semana, por volta das 12 horas..



**Figura 3- 12 : Estimativa do índice de operação para o forno de microondas**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

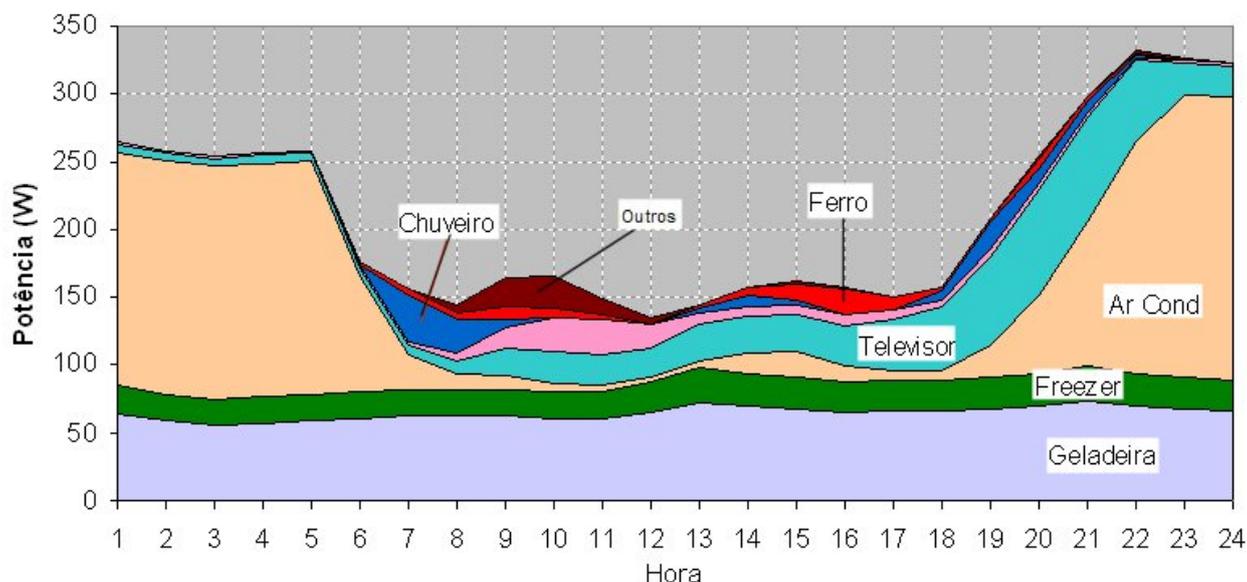
- h) Lavadora de roupa: observou-se um uso mais intenso no período da manhã e menos intenso entre 21 e 23 horas. Foi observado um menor uso durante o final de semana e acentuada queda a partir do final da manhã. Apenas 7,2% das máquinas de lavar existentes são utilizadas todos os dias. Os dias de maior uso são a segunda-feira e a quinta-feira. O domingo apresentou durante o dia um uso de intensidade similar ao observado no período da noite.



**Figura 3- 13 : Estimativa do índice de operação para a lavadora de roupa**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

A partir da curva de carga individual dos equipamentos anteriormente relacionados no índice de posse de aparelhos e incluindo os demais equipamentos levantados na categoria outros, é possível obter a estimativa da curva de carga do consumo residencial da cidade do Recife, apresentada na Figura 3- 14. É importante destacar que a área sob a curva representa o consumo global do setor residencial em um dia típico da cidade do Recife.



**Figura 3- 14 : Curva de carga do consumo residencial na cidade do Recife**

**Fonte : Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

O peso relativo de cada equipamento, na composição da demanda residencial de eletricidade, varia muito e pode ser observado na também Figura 3- 14, da “Pesquisa de Posses, Hábitos, Usos e Preferências de Consumo de Energia Elétrica”. Foi ainda possível levantar a participação dos seguintes equipamentos de utilização de energia: refrigerador, *freezer*, chuveiro elétrico, condicionador de ar, televisor, aparelho de som, microcomputador, ferro elétrico, máquina de lavar roupa e máquina de lavar louça na curva de carga relacionada ao consumo residencial de energia elétrica na cidade do Recife.

## **4. AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIENTIZAÇÃO E RACIONAMENTO**

### **4.1 EFICIENTIZAÇÃO DE ENERGIA**

A melhoria da eficiência no uso de energia é um dos instrumentos mais eficazes para retardar investimentos, reduzir custos e gerar competitividade em todos os setores da sociedade. Desde a crise do petróleo, nos anos 80, que os países, principalmente os industrializados, perceberam ser fundamental que o crescimento econômico se dê de forma desacoplada em relação ao consumo de energia. No final dos anos 80, a questão ambiental passou a ser discutida com mais intensidade, deixando evidente que o crescimento rápido e mal planejado da produção e da demanda de energia levaria a um conjunto de impactos ambientais que pode comprometer seriamente as próximas gerações.

A intensificação do efeito estufa é bastante preocupante, já que é a principal causa do aquecimento global, isto é, do aumento da temperatura média do planeta. A causa desse aquecimento é uma consequência direta do aumento das emissões de gases de efeito estufa, em especial do dióxido de carbono, metano e óxido nitroso.

Em dezembro de 1997 foi firmado o Protocolo de Kyoto, cujo objetivo é estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Esse protocolo é um instrumento que objetiva fazer com que os países industrializados (os chamados "países do Anexo 1") reduzam e controlem suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012.

Pelo Protocolo de Kyoto, as emissões de gases de efeito estufa de um dado país podem ser flexibilizadas, condicionadas a uma redução global rígida. Assim, os países signatários poderão reduzir as suas emissões em nível doméstico e/ou terão a possibilidade de aproveitar os chamados "mecanismos flexíveis" para cumprir seus compromissos: Implementação Conjunta, Comércio de Emissões e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

O Comércio de Emissões prevê que como alguns países têm emissões abaixo do limite estabelecido pelo protocolo, existe a possibilidade de que essa diferença seja coberta por um aumento na emissão de carbono de outros países do Anexo 1. Dessa forma, haveria uma troca

de cotas de emissão de carbono entre os dois grupos, sem alterar a emissão global. Já no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, os países emissores poderiam patrocinar projetos do outro grupo para reduzir ainda mais as emissões desse grupo e, com isso, aumentar suas emissões, de modo a não alterar a emissão global. Todas essas ações constituem o que se chama "mercado de carbono" cujo objetivo é aliviar o impacto na economia dos países do Anexo 1 e tornar viáveis os objetivos estabelecidos pelo Protocolo.

Nesse contexto, a eficiência do uso da energia elétrica é estratégica para o Brasil e se reveste da maior importância, requerendo cada vez mais métodos quantitativos para o processo de tomada de decisão quanto às alternativas de ação.

#### **4.2 IMPACTO DE MEDIDAS DE EFICIENTIZAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

O consumo de energia elétrica residencial é afetado significativamente pela posse, renda, hábitos de uso de energia elétrica. É sabido que a procura por serviços energéticos certamente aumentará e a saturação do mercado de alguns eletrodomésticos intensivos de energia ainda está baixa. Os primeiros dois anos de estabilidade macroeconômica no Brasil deram um exemplo de demanda reprimida, ocorrendo uma explosão de compras de eletrodomésticos, especialmente pelas camadas de menor renda.

O racionamento de 2001 evidenciou que esse consumo de energia elétrica residencial é bastante sensível a políticas de uso de energia. As reduções do consumo de energia elétrica na cidade do Recife, as quais durante o racionamento chegaram a quase 26 % (CELPE 2004), demonstram de forma clara que a população responde bem às políticas de uso de energia.

Usando os modelos obtidos, são apresentadas algumas das principais conclusões (admitindo um intervalo de confiança máximo em torno de 95%) que podem ser obtidas usando-se o modelo anteriormente descrito para o consumo de energia elétrica residencial na cidade do Recife:

- a) O impacto esperado no consumo global de energia elétrica residencial na cidade de Recife de se realizar um programa para a permuta de todas as lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, produzindo o mesmo nível de serviço (nível de iluminação) é de 7,3 %

- b) O impacto esperado no consumo global de energia elétrica residencial na cidade de Recife de se realizar um programa para a permuta de todas as lâmpadas fluorescentes convencionais por fluorescentes eficientes produzindo o mesmo nível de serviço (nível de iluminação) é de 8,2 %
- c) O impacto esperado no consumo global de energia elétrica residencial na cidade do Recife de se realizar um programa para permutar gratuitamente todas as geladeiras de uma dada capacidade por geladeiras de mesma capacidade mais eficientes é de 12,5 %
- d) O impacto esperado no consumo global de energia elétrica residencial na cidade do Recife de se realizar um programa para permutar gratuitamente todos os *freezers* geladeiras de uma dada capacidade por geladeiras de mesma capacidade mais eficientes é de 10,6 %.
- e) O impacto esperado no consumo global de energia elétrica residencial na cidade do Recife de se realizar um programa para permutar gratuitamente todos os condicionadores de ar de uma dada capacidade por geladeiras de mesma capacidade mais eficientes é de 6,1 %.
- f) A substituição dos chuveiros elétricos por outras fontes de energia apresentaria um impacto esperado no consumo global de energia elétrica residencial na cidade do Recife de 8,6 %.

### **4.3 IMPACTO DE MEDIDAS DE EFICIENTIZAÇÃO NO PICO DE DEMANDA RESIDENCIAL**

Usando a metodologia discutida no Capítulo 3, foi obtida a curva de carga da demanda residencial da Cidade de Recife, segregada por equipamento de utilização de energia e apresentada na Figura 3- 14. Na “Pesquisa de Posses, Hábitos, Usos e Preferências de Consumo de Energia Elétrica” realizada na cidade do Recife ainda foi possível identificar o interesse do consumidor em instalar um dispositivo que impeça a utilização de equipamentos na sua residência no período das 18 às 20 horas, mediante desconto na conta de energia elétrica. No questionário, foram listados os seguintes equipamentos: chuveiro elétrico, microondas, condicionador de ar, ferro elétrico, forno elétrico de parede, máquina de lavar roupa, máquina de lavar louça, geladeira e *freezer*.

Os resultados foram compilados na Tabela 4. 1 e permitem visualizar que o consumidor residencial é bastante receptivo à implantação de vantagens financeiras para a redução do consumo de energia durante o período de ponta. Esse fato também pôde ser verificado durante o último racionamento, quando o consumidor residencial atendeu plenamente às estratégias e metas de redução de consumo estipuladas.

**Tabela 4. 1 – INTERESSE DE REDUÇÃO DA DEMANDA NA PONTA DE CARGA**

**FONTE: Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia em Recife**

EQUIPAMENTO	SIM	NÃO	OUTRAS RESPOSTAS
CHUVEIRO	64,30%	2,60%	33,10%
MICROONDAS	33,10%	18,80%	48,10%
AR-CONDICIONADO	48,10%	22,30%	29,60%
FERRO ELÉTRICO	29,60%	58,80%	11,60%
FORNO ELÉTRICO	11,60%	14,30%	74,10%
LAVADORA DE ROUPA	74,10%	13,70%	12,20%
LAVADORA DE LOUÇA	12,20%	19,20%	68,60%
<i>FREEZER</i>	68,60%	14,30%	17,10%
GELADEIRA	17,10%	68,80%	14,10%

Usando os modelos de desagregação do consumo obtidos são apresentadas algumas das principais conclusões (admitindo um intervalo de confiança máximo em torno de 95%) que podem ser obtidas usando-se o modelo anteriormente descrito para o consumo de energia elétrica residencial na cidade do Recife:

- a) O impacto esperado na demanda de energia elétrica residencial no horário de pico de se implantar um estímulo tarifário para a não-utilização de um chuveiro elétrico nesse período é de 16,8 %.
- b) O impacto esperado na demanda de energia elétrica residencial no horário de pico de se implantar um estímulo tarifário para a não-utilização de microondas nesse período é de 2,4 %.

- c) O impacto esperado na demanda de energia elétrica residencial no horário de pico de se trocar gratuitamente todas as lâmpadas fluorescentes convencionais por lâmpadas fluorescentes eficientes que produzam o mesmo nível de iluminação nesse período é de 3,4%.
- d) O impacto esperado na demanda de energia elétrica residencial no horário de pico de se trocar gratuitamente todas as lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas que produzam o mesmo nível de iluminação nesse período é de 8,3%.

As conclusões descritas reforçam a importância do modelo de consumo e demanda horária segregada por equipamento para a avaliação de políticas e medidas permitindo quantificar o impacto de projetos e programas que racionalizem ou racionem o consumo e a demanda de energia elétrica residencial.

#### **4.4 RACIONAMENTO DE ENERGIA**

Como descrito na referência SILVA et al (2005), no decorrer dos últimos 15 anos, o Brasil passou por dois períodos de racionamento: o primeiro, iniciado em 1º de março de 1987, afetou 5,3 milhões de consumidores dos nove estados do Nordeste, sul do Pará e norte de Goiás, encerrou-se em 18 de janeiro de 1988. O segundo racionamento aconteceu no período de 1º de junho de 2001 a 28 de fevereiro de 2002, atingindo consumidores das Regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste.

O primeiro, ocorrido no período de 1º de março de 1987 a 18 de janeiro de 1988, teve como causas determinantes:

- a) Um longo período de estiagem na bacia do Rio São Francisco no verão de 1986-1987, provocando um baixo nível (29,7%) no principal reservatório da região Nordeste (Usina de Sobradinho);
- b) O adiamento de importantes obras consideradas prioritárias como a hidrelétrica de Itaparica e o segundo circuito da linha de transmissão Tucuruí - Presidente Dutra, além do agravamento da situação pela indisponibilidade das centrais térmicas de São Luís da ELETRONORTE, Bongi e Camaçari da CHESF;

- c) O crescimento do mercado de energia elétrica na região Nordeste acima dos valores previstos (5,2%).

Com base nos estudos efetuados pelo Grupo Coordenador para Operação Interligada (GCOI) e pelo Comitê Coordenador de Operações Norte-Nordeste (CCON), o Ministério das Minas e Energia baixou a Portaria 98, em 27 de janeiro de 1987, determinando a implantação do racionamento de energia a partir de 1º de março de 1987, buscando obter uma redução global de 15%. Durante o racionamento, o objetivo da operação do sistema elétrico nordestino era manter a geração hidráulica tão baixa e eficiente quanto possível. Para atingir a meta de 15% de redução global, as simulações realizadas liberaram os consumidores das classes residencial, comercial e industrial para que consumissem até 80, 300 e 500 kWh, respectivamente. Acima desses valores, foram definidos numa fase inicial (FASE 1) os percentuais de redução por classe de consumidores apresentados na Tabela 4. 2.

**Tabela 4. 2 - METAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO RACIONAMENTO 1987/1988**

**FONTE: Compilada de DIAS (1996)**

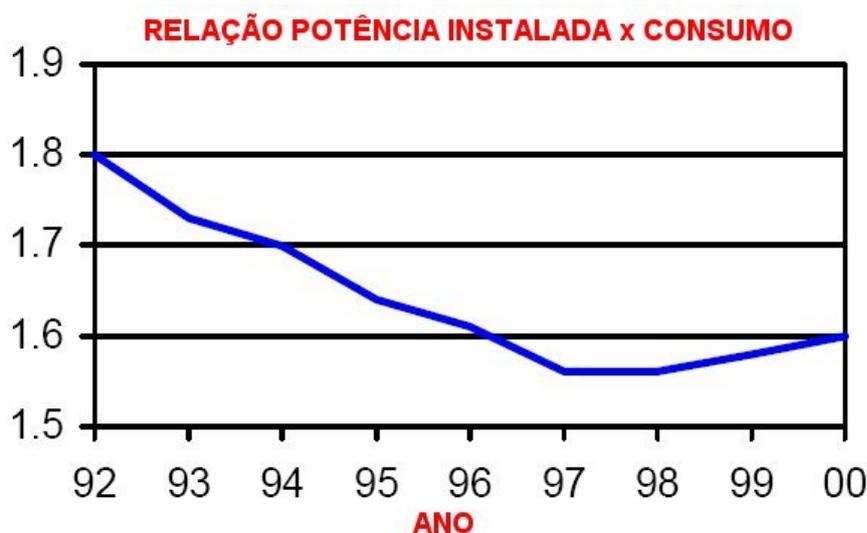
CLASSE DE CONSUMIDOR	PERCENTUAL DE REDUÇÃO	
	FASE 1	FASE 2
RESIDENCIAL	21%	15%
INDUSTRIAL	14%	9%
COMERCIAL	20%	12%
RURAL	15%	0%
PODER PÚBLICO	25%	25%
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	25%	25%
SERVIÇO PÚBLICO	10%	5%
CONSUMO PRÓPRIO	25%	25%
META GLOBAL	15%	10%

Novos estudos realizados pelo GCOI e CCON, em julho de 1987, possibilitaram a revisão das metas nos sistemas interligados das regiões Norte e Nordeste, diminuindo a meta global de 15% para 10%, estabelecendo um segundo conjunto de metas por classe de consumo, apresentados na FASE 2 da Tabela 4. 2.

O fim desse primeiro racionamento foi determinado pelo Ministério das Minas e Energia, por meio da Portaria 34, de 15 de janeiro de 1988, tendo em vista a entrada em operação das obras previstas no Programa de Emergência para Suprimento de Energia Elétrica ao Nordeste e a recuperação hidráulica verificada nos reservatórios das usinas hidrelétricas da bacia do Rio São Francisco.

A segunda crise de energia nos últimos 15 anos ocorreu no período compreendido entre 1º de junho de 2001 e 28 de fevereiro de 2002, atingindo as Regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste. Essa crise energética pode ser atribuída aos seguintes fatos mais relevantes:

- a) Falta de investimentos no setor elétrico, tanto no lado da geração quanto no lado da transmissão,
- b) A ocorrência de pluviosidades muito baixas no início de 2001, durante o chamado período úmido.



**Figura 4- 1 : Evolução da relação entre a capacidade de geração e o consumo no Brasil.**

**FONTE: ELLIS, M. F. e FERREIRA, L. E. S.,2002**

É importante destacar que, em 1992, registrou-se um consumo de energia de 242.755 GWh, enquanto no ano de 2000 esse consumo subiu para 360.225 GWh, ou seja, num período de oito anos, o Brasil apresentou uma elevação no seu consumo de energia elétrica de 48,4 %. Por outro lado, enquanto o consumo de energia no período subiu em 48,4%, a capacidade de

geração instalada no país passou de 49.692 MW no final de 1992 para 65.757 MW no final de 2000. Portanto, nesses oito anos, o parque gerador teve uma evolução de apenas 32,3%. A Figura 4- 1 apresenta uma curva que mostra a evolução da relação entre a capacidade instalada e o consumo global.

No sentido de enfrentar a crise energética de 2002, o governo brasileiro criou e instalou a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), mediante a Medida Provisória de número 2198-5, de 24/08/2001.

O estabelecimento de metas de redução de energia para todos os consumidores residenciais fez parte da estratégia adotada para enfrentar ambos os períodos de racionamento. Essas decisões provocaram prejuízos, danos e muitos inconvenientes para um grande número desses consumidores. Dentre os mais prejudicados, encontravam-se:

- Consumidores que possuíam estrutura hospitalar em sua residência para pacientes graves, pois tiveram de enfrentar todo um processo administrativo para não ter o seu fornecimento de energia interrompido;
- Consumidores que, na informalidade, possuíam seu sustento baseado em atividades exercidas em suas residências;
- Consumidores que tinham viajado ou se ausentado durante o período de cálculo da média de consumo para a definição da meta, pois também tiveram de enfrentar todo um processo administrativo para não ter o seu fornecimento de energia interrompido;
- Consumidores que já tinham adotado medidas de efficientização de energia elétrica nas suas residências tiveram dificuldades em atender às metas, enquanto consumidores ineficientes foram beneficiados.

Fatos como os relatados, dentre muitos outros, destacam a inadequação da política de metas globais de redução de consumo de energia elétrica em situações de racionamento, e evidenciam a necessidade de o Governo ter modelos para que o processo de decisão seja menos conturbado e mais eficiente.

Por outro lado, o setor residencial é o segundo setor que mais consome energia elétrica no Brasil, após a indústria, e tem um significativo impacto no período de pico do consumo de

energia elétrica global. Na cidade do Recife, a participação do setor residencial no consumo total de energia elétrica cresceu acentuadamente nos últimos anos, crescimento esse devido principalmente ao processo de urbanização do país e à melhoria da renda *per capita* da população, atingindo 36% do consumo global.

Nesse contexto, tanto em períodos de racionalização de energia como na busca da eficiência no uso da energia elétrica, é estratégico para o Brasil ter cada vez mais métodos quantitativos, como o apresentado neste item, para o processo de tomada de decisão quanto às alternativas de ação em ambas as situações.

#### 4.5 PREFERÊNCIAS DO CONSUMIDOR

Na modelagem de uso final adotada para descrever o consumo residencial da cidade do Recife, usando-se a metodologia CDA, o consumo de cada equipamento de utilização é explicado a partir da posse, uso e hábito do uso de serviço em cada domicílio.

Usando o modelo descrito no Capítulo 3, o consumo residencial na cidade do Recife foi desagregado a partir dos seus principais usos finais, considerando-se a posse levantada e os respectivos usos levantados na “Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Energia”.

A mesma pesquisa levantou ainda a preferência do consumidor em relação a uma possível redução do consumo motivada por um aumento indesejável de tarifa ou por um desconto em relação aos seguintes serviços: chuveiro elétrico, microondas, ar-condicionado, ferro elétrico, máquina de lavar roupa, iluminação, televisão, geladeira e *freezer*. Os resultados foram compilados na Tabela 4. 3 e apresentado um indicador de preferência. O indicador de preferência ( $I_{PREFI}$ ) do equipamento de utilização de energia  $i$  é expresso pela seguinte equação:

$$I_{PREFI} = \frac{(OP_i \times 10 + OS_i \times 5)}{15} \quad \text{Equação 4. 1}$$

em que:

$OP_i$  – percentual de consumidores que fizeram opção principal pelo equipamento  $i$ ,

$OS_i$  – percentual de consumidores que fizeram opção secundária pelo equipamento  $i$ .

O indicador de preferência ( $I_{\text{PREFi}}$ ) do equipamento de utilização de energia  $i$  é obtido atribuindo-se dez (10) pontos à opção principal e cinco (5) pontos à opção secundária. Quanto maior o indicador de preferência, maior é a preferência do consumidor por um dado serviço para uma redução do consumo de energia elétrica.

**Tabela 4. 3 - PREFERÊNCIAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO POR SERVIÇO**  
**FONTE: Pesquisa de Posse, Hábitos e Uso de Energia no Recife**

EQUIPAMENTO	PREFERÊNCIAS		INDICADOR DE PREFERÊNCIA
	OPÇÃO PRINCIPAL	OPÇÃO SECUNDÁRIA	
ILUMINAÇÃO	45,30%	32,30%	40,97
CHUVEIRO	16,20%	23,40%	18,6
<i>FREEZER</i>	7,30%	19,50%	11,37
AR-CONDICIONADO	10,40%	12,08%	10,96
MICROONDAS	9,30%	8,02%	8,87
TELEVISÃO	4,50%	2,10%	3,7
LAVADORA DE ROUPA	3,60%	1,20%	2,8
LAVADORA DE LOUÇA	2,20%	1,40%	1,93
FERRO ELÉTRICO	1,20%	0,00%	0,8
GELADEIRA	0,00%	0,00%	0

#### 4.6 AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE RACIONAMENTO

As reduções do consumo de energia elétrica residencial global na cidade do Recife, que durante o racionamento chegaram a quase 26 % (CELPE 2004), atestaram de forma clara que a população responde bem às políticas de uso de energia.

A partir da modelagem descrita no Capítulo 3 e da obtenção do indicador de preferências descrito no item 5.2, é possível apresentar um conjunto de alternativas para o processo decisório a partir da avaliação de algumas alternativas (admitindo-se um intervalo de confiança máximo em torno de 95%), que propiciariam alcançar a mesma meta dos 20%, minimizan-

do todos os inconvenientes do estabelecimento de uma meta única para todos os consumidores residenciais:

- a) ALTERNATIVA 1 : Consiste no seguinte conjunto de ações que não proporcionam nenhuma redução no nível dos serviços prestados pelos diferentes equipamentos: a) permutar todas as lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, produzindo o mesmo nível de serviço (nível de iluminação) e proporcionando uma redução do consumo global de 7,3%; b) proceder à troca das lâmpadas fluorescentes convencionais por fluorescentes de baixo consumo, acarretando uma redução global do consumo de 6,1% e c) proceder à troca de 100% dos *freezers* convencionais por *freezers* eficientes, produzindo uma economia de consumo de energia elétrica de 8,2%. Como não ocorreu nenhum desconforto ao consumidor, o índice de preferência por essa alternativa é de 100%.
  
- b) ALTERNATIVA 2 : Consiste no seguinte conjunto de ações que não proporcionam nenhuma redução no nível dos serviços prestados pelos diferentes equipamentos: a) permutar todas as lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, produzindo o mesmo nível de serviço (nível de iluminação) e proporcionando uma redução do consumo global de 7,3 %; b) proceder à troca das lâmpadas fluorescentes convencionais por fluorescentes de baixo consumo, acarretando uma redução global do consumo de 6,1% e c) proceder à troca de 50% das geladeiras convencionais por geladeiras eficientes, produzindo uma economia de consumo de energia elétrica de 12, 5%. Como não ocorreu nenhum desconforto ao consumidor, o índice de preferência por essa alternativa é de 100%.
  
- c) ALTERNATIVA 3 : Consiste no seguinte conjunto de ações: a) desligar todos os *freezers*, proporcionando uma redução de 14,3 % do consumo de energia elétrica; b) reduzir em 1/3 o uso dos chuveiros elétricos, proporcionando uma redução do consumo global de 8,3%, com o comprometimento bastante reduzido dos serviços de energia elétrica à população.

- d) ALTERNATIVA 4 : Consiste no seguinte conjunto de ações: a) desligar todos os *freezers*, proporcionando uma redução de 14,3 % do consumo de energia elétrica; b) reduzir em 50% o uso dos condicionadores de ar, acarretando uma diminuição do consumo global de energia elétrica de 7,3%.

As conclusões listadas anteriormente reforçam a importância do modelo obtido para avaliação de políticas e medidas para racionalizar ou racionar o consumo e a demanda de energia elétrica e a necessidade de se realizarem Pesquisas de Posse, Uso e Hábitos de Energia de forma periódica, no sentido de se disponibilizarem ferramentas de decisão para a definição de políticas de efficientização e racionalização de energia.

## **5. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES**

### **5.1 CONCLUSÕES**

Uma das conclusões mais importantes da tese é a importância e a efetividade da utilização dos modelos de Análise Condicionada de Demanda para a desagregação do consumo de energia elétrica residencial por equipamento, no estabelecimento de políticas de uso eficiente ou de racionalização de energia elétrica.

A obtenção dessa desagregação por campanhas de medição, embora mais precisa, resulta em custos elevados, o que inviabiliza uma ação de forma generalizada. O método de engenharia para o cálculo dessa desagregação por equipamento de utilização não tem um procedimento único. A literatura apresenta desde modelagens simplificadas, como a descrita na referência AIGNER (1984), até a complexa e que exige uma grande quantidade de informações, como a apresentada por LARSEN (2004). É importante destacar que os métodos de engenharia, como foi relatado nas referências SILVA (2000), LINS et al.(2002) e LARSEN (2004) não se têm mostrado efetivos quando comparados aos métodos que usam a análise condicionada de demanda.

Outra conclusão importante desta tese é a importância do questionário a ser aplicado na pesquisa de campo para a obtenção de resultados efetivos na aplicação do método de Análise Condicionada de Demanda. As sugestões coletadas nas referências LINS (1996), JANNUZZI (1996), POMPERMAYER (1998), SILVA (2000) e LINS et al.(2002) foram fundamentais para se conseguir a modelagem descrita no Capítulo 3.

Os resultados obtidos no modelo de Análise Condicionada de Demanda aplicada à cidade do Recife mostram a importância da inclusão de variáveis explicativas, ao invés de se utilizarem formulações matemáticas mais sofisticadas. Os índices de ajustamento dos modelos de regressão indicam uma elevada variância amostral não explicada dos resíduos dos mínimos quadrados, devida às perturbações cujas causas não foram incorporadas ao modelo. A inclusão de variáveis adicionais que melhor caracterizam os equipamentos (tais como a capacidade ou a potência nominal e variáveis climáticas), além de melhorar o ajustamento do modelo, têm o efeito de contribuir para a redução da multicolinearidade, conforme foi ressaltado em LARSEN (2004).

Conforme foi ressaltado pela referência SILVA (2000), não havia expectativas de auto-regressão dos resíduos, por se tratar de dados *cross-section*. O estudo de heterocedasticidade revelou que os equipamentos: chuveiros, aparelhos de ar-condicionado, *freezer* e geladeiras convencionais e eficientes de duas portas foram os que apresentaram maiores correlações com os erros.

Outra conclusão interessante deste trabalho é que a segregação do consumo de energia elétrica, ao usar a Análise Condicionada de Demanda associada a informações de uso de cada equipamento permite levantar a curva de carga do consumo residencial na cidade de Recife e, conseqüentemente, constitui importante ferramenta na avaliação de projetos de GLD e de programas de uso eficiente de energia voltada para a transformação de mercado, pois permite a quantificação de resultados.

A crise de energia elétrica, que provocou o último racionamento na maioria das regiões brasileiras em 2001, não foi o primeiro e possivelmente não será o último, pois o crescimento do consumo de energia elétrica sem a existência de políticas de uso eficiente de energia e sem a expansão da oferta de energia acompanhada por um crescimento na transmissão e distribuição de energia elétrica levará o país a um novo racionamento. Nesse contexto, conhecer as preferências do consumidor e a segregação do consumo residencial por equipamento de utilização de energia são fundamentais para se reduzirem seus efeitos nocivos para a população.

Para os tomadores de decisão com relação a políticas públicas de uso eficiente de energia para a cidade do Recife, é possível ressaltar que:

- a) Ainda existe um grande desconhecimento da população com relação aos benefícios e vantagens do uso eficiente de energia, além da menor conta de energia elétrica.
- b) Ainda existe um grande parque instalado de equipamentos não-eficientes entre aqueles equipamentos que têm grande repercussão no consumo residencial global, como lâmpadas, refrigeradores e *freezers*.
- c) O consumo de energia elétrica residencial não apresenta grande correlação com a renda familiar.
- d) Os consumidores de energia elétrica da cidade do Recife estão bastante interessados em projetos de redução de pico com incentivo financeiro.

## 5.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A principal limitação para este trabalho está no fato de que o método de Análise Condicionada de Demanda não pode estimar de forma significativa o consumo de energia elétrica de todos os domicílios a partir dos dados de posse dos equipamentos de utilização de energia. Tal limitação se torna evidente quando se constata que trabalhos anteriores, como AIGNER (1990), BARTELS (1990) e BARTELS (2000), usaram dados obtidos por medições em alguns equipamentos para melhorar os resultados obtidos pelo método da Análise Condicionada de Demanda.

Dados obtidos em medições em equipamentos de utilização de energia na referência BARTELS (1995) apresentaram problemas quando na combinação dos resultados, pela baixa qualidade das pesquisas de campo. As últimas referências sobre o assunto, BARTELS (2000) e LARSEN (2004), discutem como determinar quais equipamentos devem ser objeto de medições e como melhorar os questionários de campo para facilitar o processo de agregação dos resultados.

Outra limitação deste trabalho foi a incapacidade de desagregar de forma mais detalhada o consumo residencial entre os diferentes equipamentos de utilização existentes nos domicílios e na obtenção das preferências dos consumidores, motivados principalmente por lacunas e inconsistências no questionário aplicado, além de falhas na identificação da potência ou tipo dos eletrodomésticos envolvidos, por parte dos entrevistadores.

## 5.3 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando as dificuldades que envolvem o cálculo do consumo de energia residencial desagregado por equipamento de utilização de energia, usando-se o método de engenharia e o elevado custo envolvido na realização de medições desse consumo, é importante avançar na utilização de métodos que utilizem a Análise Condicionada de Demanda e a obtenção da curva de carga desagregada por uso final. Pelas limitações descritas anteriormente, julgou-se importante avançar no uso da Análise Condicionada de Demanda para obter uma desagregação mais ampla para o consumo e a demanda residencial por uso final em trabalhos futuros. Com esse objetivo, são apresentadas as seguintes sugestões e recomendações para futuros trabalhos:

- a) Melhorar o treinamento e a qualificação dos entrevistadores, no sentido de permitir identificar melhor a potência, marca e tipo do eletrodoméstico, o que proporcionaria uma melhoria significativa numa maior desagregação do consumo residencial.
- b) Realizar, em conjunto com a pesquisa de campo, medições de consumo de alguns eletrodomésticos, visando melhor quantificar a influência no pico e nas informações prestadas e coletadas.
- c) Aperfeiçoar o questionário no sentido de melhor identificar as preferências com relação a medidas de uso eficiente de energia e de racionamento, buscando melhor quantificar as preferências do consumidor.
- d) Aperfeiçoar o questionário no sentido de melhor identificar interesses e motivações com relação a medidas de uso eficiente de energia, buscando segmentar melhor as políticas de uso eficiente ou de racionamento de energia.
- e) Incluir o aspecto viabilidade econômica e o fator custo como um terceiro eixo decisório para avaliação da definição da melhor política de uso eficiente ou de racionamento de energia voltada para o consumidor residencial.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHÃO, C. C. L., 2003. "Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro". Dissertação de mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
2. AHMED, Z. 1994. "A Regression Model for Electric -Energy-Consumption Forecasting in Eastern Saudi Arabia", *Energy*, v.19, n.10, pp.1043-1049.
3. AIGNER, D. J., SCHONFELD, P., 1990. "Experimental design for direct metering of residential electricity end-uses.". *Economic Decision-Making: Games, Econometrics and Optimization*. Elviesier Science Publishers.
4. AIGNER, D. J., SOROOSHIAN, C. and KERWIN, P. 1984. "Conditional Demand Analysis for Estimating End-Use Load Profiles", *Energy Journal*, pp. 81-97;
5. ANXO, D. and STERNER, T. 1994. "Using Electricity Data to Measure Capital Utilization", *Energy Economics*, v. 16, n.1, pp.63-73.
6. ARCHER, Dane, PETTIGREW, Thomas, CONSTANZO, Mark et al., 1987. "Energy Conservation and Public Policy: The Mediation of Individual Behavior". In: KEMPTON, Willet, NEIMAN, Max (eds), *Energy Efficiency: Perspectives on Individual Behavior*. Washington, ACEEE.
7. ARCHIBALD, R. B., FINIFTER, D.H. and MOODY, C.E.Jr. 1982. "Seasonal Variation in Residential Electricity Demand: Evidence from Survey Data", *Applied Economics*, pp.167-181.
8. AROUCA, M. C. , 1982. "Análise da Demanda de Energia no Setor Residencial no Brasil." Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
9. ASSIMAKOPOULOS, V. 1992. "Residential Energy Demand Modelling in Developing Region - The Use of Multivariate Statistical Techniques", *Energy Economics*, pp.57-63.
10. BANDALA, A. I. "Importância do Sistema Mexicano de Iluminação no Setor de Comércio e Serviços". Prepared for the Right Light Three Conference (Newcastle, England) Anzures, México, 1995.
11. BARDELIN, C. E. A., 2004. "Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica". Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.

12. BARNES, R. GILLINGHAM, R. and HAGEMANN, R. 1980. "The Short-Run Residential Demand for Electricity", *The Review of Economics and Statistics*, pp.541-551.
13. BARTELS, R., FIEBIG, D. G., 2000. "Residential end-use electricity demand: results from a designed experiment.". *Energy Journal*, vol - 21, 51-81.
14. BARTELS, R. and DENZIL G. F. 1996. "Metering and Modelling Residential End-Use Electricity Load Curves", *Journal of Forecasting*, v.1 15, 415-426.
15. BARTELS, R. and FIEBIG, D. G. 1995. "Optimal Design in End-Use Metering Experiments", *Mathematics and Computers in Simulation*, pp.305-309.
16. BATTLES, J. 1990. "Comparison between Residential End-Use Submetering and Conditional Demand Estimates for a National Survey". *American Council for Energy-Efficient Economy (ACEEE)*, v.10, pp.10.5-10.14, California, 26 Aug - 1 Sep 1990.
17. BERG, S.V. and TAYLOR, C. 1994. "Electricity Consumption in Manufactured Housing", *Energy Economics*, v.16, n.1, pp.54-62.
18. BÔA NOVA, A., 1985, *Energia e Classes Sociais no Brasil*. São Paulo, SP, Loyola.
19. BOLETIM ENERGÉTICO NACIONAL DE 2004, Ministério de Minas e Energia.
20. BOMENY, H. e BIRMAN, P., 1991. *As assim chamadas ciências sociais - formação do cientista social no Brasil*. Rio de Janeiro, RJ, UERJ/Relume Dumará.
21. BRANDÃO, P.V. "Metodologia de Previsão de Mercado de Energia Elétrica", *Revista do Serviço Público - O Setor de Energia Elétrica no Brasil*, v.114, n.43, pp.86-89, número especial.
22. BUT, S., PLAGIANNAKOS, T., ZHU, J. & MUHAMMAD, H. 1990. "Analysis of Consumption Data: 100 Houses Study ", *American Council for Energy-Efficient Economy (ACEEE)*, v.10, pp.10.19-10.27, California, 26 Aug - 1 Sep 1990.
23. Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), 2002. *Resoluções do Racionamento números 1 a 119*.
24. CAMARGO, C. C. B. (1996). *Gerenciamento pelo lado da demanda: Metodologia para identificação do potencial de conservação de energia elétrica de consumidores residenciais*. Tese de D. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, 1996.
25. CAMARGO, C. C. B., CUNHA, C. J. C. (1997). "Gerenciamento pelo lado da demanda: Metodologia para identificação do potencial de conservação de energia elétrica de con-

- sumidores residenciais em Santa Catarina". In: Anais do XIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, FL/STC/03, Belém, PA.
26. CCPE - Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos Empresa de Pesquisa Energética, 2002. "Plano Decenal de Expansão 2013-2012", MME, Brasília, Brasil.
  27. CELPE, 2001. Curvas de Carga Típicas e Medições Realizadas - Publicação Interna.
  28. CELPE, 2004. Boletim de Mercado de Energia - Publicação Interna.
  29. CEMIG. 1990. "Pesquisa de Hábitos de Consumo de Posse de Eletrodoméstico e de Qualidade do Fornecimento", Relatório Técnico, 01000-CM/GC -7.
  30. CENSO DEMOGRÁFICO. 2002. "Resultado do Universo Relativos às Características da População e dos Domicílios", n. 14, PERNAMBUCO, IBGE.
  31. CHATTERJEE, S., PRICE, B. 1977. "Regression Analysis by Example", John Wiley & Sons.
  32. CHRISTIAN, M., GROSCURTH, H. M. 1994. "Modeling Dynamic Substitution Processes in Energy Supply Systems", Energy Sources, v.17, pp 295-311.
  33. COLTRANE, Scott, ARCHER, Dane, ARONSON, Elliot, 1986. "The social - psychological foundations of successful energy conservation programs", Energy Policy, v. 14, n.2 (Apr.), pp. 133-148.
  34. CONSTANZO, Mark, ARCHER, Dane, ARONSON, Elliot, PETTIGREW, Thomas, 1986. "Energy Conservation Behavior - The Difficult Path From Information to Action", American Psychologist, v.41, n.5 (May), pp. 521-528.
  35. DENNIS, J., SOROOSHIAN, C. and KERWIN, P. 1984. "Conditional Demand Analysis for Estimating Residential End-Use Load Profiles", The Energy Journal, v.5, n.3, pp.81-97.
  36. DIAS, R. F. 1996. "Notas de Racionamento de Energia Elétrica no Brasil 1940-1950". Edição do Centro de Memória da Eletricidade no Brasil.
  37. DUBIN, J. & MCFADDEN, D. 1984. "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption", Econometrica, v. 52, n. 2, pp. 345-362.
  38. ELLIS, M. F. e FERREIRA, L. E. S., 2002. "As crises energéticas na Califórnia e no Brasil em 2000/2001 e suas relações com os novos modelos setoriais". VIII Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica - SEPOPE.

39. EPE Empresa de Pesquisa Energética, 2004."O Mercado de Energia em 2004", 2004, Rio de Janeiro, Brasil.
40. EPE Empresa de Pesquisa Energética, 2005."Relatório Analítico de Projeções de Mercado de Energia Elétrica 2005-2015", Rio de Janeiro, Brasil.
41. EPRI Electric Power Research Institute. 1987. "Survey of Conditional Energy Savings Residential Unit Energy Consumption Coefficients" EA-3410, Project 576-3, California.
42. EPRI Electric Power Research Institute. 1989. "Residential End-Use Energy Consumption: A Survey of Conditional Demand Estimates" Report No. CU-6487.
43. EPRI, Electric Power Research Institute. 1989."End-Use Load-Shape Estimation: Methods and Validation" CU-7127, Palo Alto, CA.
44. ESTER, Peter, 1985. "Consumer behavior and energy conservation: A policy - oriented experimental field study on the effectiveness of behavioral interventions promoting residential energy conservation", Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff.
45. FREITAS, M. 1996. "Pesquisa de Hábitos de Consumo e de Posse de Eletrodomésticos e Proposta de Ações para Eficiência Energética em Santa Maria - DF", Fundação Getúlio Vargas - Escola Brasileira de Administração Pública - Núcleo de Brasília - Curso de Especialização em Marketing.
46. FREUND, Caroline L. and WALLICH, Christine I. "The Welfare Effects of Raising Household Energy Prices in Poland"; the Energy Journal, V. 17, N. 1, 1996.
47. FRIEDMANN, Rafael A. "Saving Electricity in Mexican Homes: Potential and Accomplishments to Date". In Proceedings of the ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings Vol. 4 (71-79) American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 1994.
48. GARBACZ, C. 1983. "A Model of Residential for Electricity Using a National Household Sample", Energy Economics, volume 4, número, pp.124-127.
49. GELLER, H. S. and MORREIRA, J. R. "Brazil's National Electricity Conservation Program (PROCEL): Progress and Lessons"; Prepared for the ACEEE Summer School, Asilomar, California, 1992.
50. GELLER, H. S. and NADEL, S. "Market Transformation Strategies to Promote End-Use Efficiency"; American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 1994.

51. GELLER, H. S., JANNUZZI G.M., SCHAEFFER R., TOLMASQUIM, M.T., 1998. "The Efficient Use of Electricity in Brazil: Progress and Oportunities", *Energy Policy*, v. 26 n. 11,pp. 859 - 872.
52. GELLER, H.S., 1991. *Efficient Electricity Use: A Development Strategy for Brazil*. Washington. D.C., American Council for an Energy-Efficient Economy.
53. GELLINGS, C.W. "Then And Now, p. The Perspective Of The Man Who Coined The Term 'DSM'", *Energy Policy*, vol. 24 (4), p. 285-288, 1996.
54. GELLINGS, C.W.; CHAMBERLIN, J.H. "Demand-Side Management, p. Concepts and Methods", Oklahoma, p. PennWell Publishing Company, 1993.
55. GELLINGS, Clark W. "DSM in Transition: from mandates to markets - The perspective of the man who coined the term DSM". *Energy Policy*. V. 24 N. 4 p258-288, 1996.
56. GOLDEMBERG, J., JOHANSSON, T.B., REDDY, A.K.N., WILLIAMS, R.H., 1988. *Energy for a Sustainable World*. New Delhi, John Wiley and Sons.
57. HALVORSEN, R. 1975. "Residential Demand for Electric Energy", *Ver. Econ Stat* ,v. 57, n.1, pp.12-18.
58. HASTIE, S., CRAIG, M., KING, M., SMITHERS, R., 1996. "Market Transformation in a Changing Utility Environment: A Guidebook for Regulators. National Association of Regulatory Utility Commissioners, USA.
59. HIRST, Eric, 1989. "Reaching for 100% participation in a utility conservation programme", *Energy Policy*, (Apr.), pp. 155-164.
60. HIRST, Eric, BERRY, L., SONDESTROM, J., 1981. "Review of Utility Home Energy Audit Programs", *Energy*, v. 6, pp. 621-630.
61. HOGAN, K., 1998. "Market Transformation: A Key Strategy for meeting U.S. Environmental Goals". Presentation at Second Annual Market Transformation Workshop, Washington, D.C., ACEEE.
62. JANNUZZI, G. M, COWART, R., KOZLOFF, K. e MIELNIK, O., 2001. "Energia Recomendações para uma Estratégia Nacional de Combate ao Desperdício". Editado com apoio da USAID - Brasil.
63. JANNUZZI, G. M. e SWISHER, J. 1997. "Planejamento Integrado de Recursos Energéticos", Editora Autores Associados.

64. KEMPTON, W., MONTGOMERY, L., 1982. "Folk Quantification of Energy", *Energy* v.7, n.10, pp.817-827.
65. KEMPTON, Willet, HARRIS, Craig K., KEITH, Joanne G. et al., 1985. "Do Consumers Know what works in Energy Conservation?". In: BYRNE, John, SCHULTZ, David A., SUSSMAN, Marvin B. (eds), *Families and the Energy Transition*, chapter 6, New York, Haworth Press.
66. LA ROVERE, E.L., 1986. "Um Enfoque Alternativo para o Planejamento Energético", *Revista ABG* (jun), pp. 28-32.
67. LA ROVERE, E.L., 1993. *Levantamento e Análise Crítica da Experiência Nacional na Implantação de Medidas de Conservação de Energia, Projeto COGERBA*.
68. LARSEN, B. M. e NESBAKKEN, R., 2004. "Household electricity end-use consumption: results from economics and engineering models". *Energy Economics*, Vol-26, pp 179-200.
69. LEITE, A. D., 1997. "A Energia no Brasil". Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
70. LIMA, J. L., 1995. "Políticas de governo e desenvolvimento do setor de energia elétrica: do Código das Águas à Crise dos anos 80", Editora do Centro de Memória da Eletricidade no Brasil.
71. MANUAL DE OPERALIZAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO E USO DA ENERGIA ELÉTRICA - VERSÃO 2.0. 2004, Ministério de Minas e Energia.
72. MARTINS, A. R. S., ALVEAL, C., SANTOS, E. M. et al., 1999. "Eficiência Energética: integrando usos e reduzindo desperdícios", ANEEL, ANP, Brasília, DF, Brasil.
73. MILLS, E. "Efficient Lighting Programs in Europe: Cost Effectiveness, Consumer Response, And Market Dynamics". *Energy: The International Journal* 18 (2) 131-144, 1993.
74. Ministério de Minas e Energia (MME), 2003. "Modelo Institucional do Setor Elétrico".
75. Operador Nacional do Sistema (ONS), 2002. *Energia Natural Afluentes*. Brasil.
76. Operador Nacional do Sistema (ONS), 2003. *Energia Armazenada nos Reservatórios*. Brasil.

77. POMPERMAYER, M. 2000. "Gerenciamento da demanda residencial de eletricidade: o caso de centros urbanos da região amazônica." Tese de doutoramento na Universidade Estadual de Campinas.
78. POPADIUK, S., 1991. Marketing social em conservação de energia elétrica residencial: um estudo dos efeitos dos manuais de conservação sob o enfoque de planejamento de experimento. Dissertação de M.Sc., FEA/USP, São Paulo, SP.
79. POPADIUK, S., 1992. "Mudanças sociais: uma abordagem para a conservação de energia elétrica residencial", Revista de Administração, v.27, n.3, pp. 29-36, Jul./Set.
80. PRAHL, R., SCHLEGEL, J., 1993. "Evaluating Market Transformation". In: Proceedings of ACEEE. Energy Program Evaluation Conference, pp 469-477, Chicago.
81. PROCEL, 1986. Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.. Rio de Janeiro. ELETROBRÁS.
82. PROCEL, 1998. Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.. Rio de Janeiro. ELETROBRÁS.
83. PROCEL/PUC-RJ, 1997. Consumo de energia elétrica na cidade de São Paulo: Estudo de Hábitos e Atitudes.
84. REIS, L. B. e SILVEIRA, S. 2001. "Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável", Editora da Universidade de São Paulo.
85. REIS, L. B., 2003. "Geração de Energia Elétrica Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade". Editora Mamole Ltda.. São Paulo, SP, Brasil.
86. RESEB, 1977. Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro da Coopers & Lybrand, Brasil.
87. ROSA, L. P., SAUER, I. L., D'ARAÚJO, P. R., CARVALHO, J. F., TERRY, L. A., PRADO, L. T. S. e LOPES, J. E. G., 2003. "A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro". Editora Paz e Terra, São Paulo, SP, Brasil.
88. SCHIPPER, L., Bartlett, S. et al., 1989. "Linking life-styles and energy use: a matter of time?", Annual Review Energy, n.14, 273-320.
89. SICSÚ, A. B., 1985. "A Questão Energética no Contexto do Desenvolvimento Brasileiro". Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil.

90. SILVA, A. C. M., 2000. Tese de Doutorado: "Análise condicionada da demanda de energia no setor residencial brasileiro". Rio de Janeiro: UFRJ; COPPE.
91. SILVA, A. C. Moreira da, ALMEIDA, A. T., GODOY, M. V. de, 2005. "Modelagem de Apoio a Decisão na Seleção de Instrumentos de Racionalização Energética no Setor Residencial In: XXXVI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional São João del-Rei, MG.
92. STERN, Paul C. & ARONSON, Elliot, 1984. Energy Use. The Human Dimension. New York, W.H. Freeman.
93. STERN, Paul C. & GARDNER, Gerald T., 1981. "Psychological Research and Energy Policy", American Psychologist, v.36, n.4 (Apr), pp.329-342.
94. STERN, Paul C., 1986. "Blind Spots in Policy Analysis: What Economics Doesn't Say about Energy Use", Journal of Policy Analysis and Management, v.5, n.2, pp. 200-227.
95. SUTHERLAND, R.J. 1991. "Market Barriers to Energy Efficiency Investments". The Energy Journal 12(3): 15-34.
96. TOLMASQUIM, M. T., OLIVEIRA, G. O., CAMPOS, A. F., 2002. "As Empresas do Setor Elétrico Brasileiro Estratégias e Performance". Edições Cenergia. COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
97. UDAETA, M. E. M., 1997. "Planejamento Integrado de Recursos para o Setor Elétrico". Tese de Doutorado, USP, São Paulo, SP, Brasil.
98. VALLÉE Catherine; LEBOT Benoît. "La Maîtrise de la Demande en Electricité dans les Pays d'Europe Central et Orientale". Revue de L'Energie No 483, dezembro de 1996.
99. VILLA VERDE, V. S., 2000. "A Conservação de Energia Elétrica no Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro". Dissertação de mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
100. VINE, E. "International DSM and DSM Program Evaluation: An Indeep Assessment". A Report from the International Database on Energy Efficiency Programs (INDEEP) Project, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, 1995.
101. YERGIN, Daniel, 1979. "Conservation: The Key Energy Source". In: STOBAUGH, R., YERGIN, D. (eds), Energy Future, chapter 6, New York, Random House.

**ANEXO I : PESQUISA DE POSSE E HÁBITOS DE CONSUMO****PESQUISA DE POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS E HÁBITOS DE CONSUMO****1. IDENTIFICAÇÃO:**CODUNC CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO:  TEMPO RESIDÊNCIA: a -  
m

NOME DO CONSUMIDOR: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

BAIRRO: \_\_\_\_\_ CEP:  - 

1.1 - NOME DO ENTREVISTADOR: \_\_\_\_\_

1.2 - NOME DO ENTREVISTADO: \_\_\_\_\_

1.3 - TELEFONE DO DOMICÍLIO: 1.4 - DATA DA ENTREVISTA: / /  1.5 - HORA DE INÍCIO: : 

1.6 - LISTE AS PESSOAS QUE MORAM NESTE DOMICÍLIO, ESPECIFICANDO GRAU DE PARENTESCO OU RELAÇÃO COM O(A) CHEFE DA FAMÍLIA, IDADE, SEXO, NÍVEL DE INSTRUÇÃO E PERÍODO HABITUAL DE PERMANÊNCIA NO DOMICÍLIO:

MORADORES DO DOMICÍLIO	CONDIÇÃO NO DOMICÍLIO (1)	IDADE	SEXO		NÍVEL DE INSTRUÇÃO (2)					PERÍODO HABITUAL DE PERMANÊNCIA NO DOMICÍLIO (3)				NÚMERO DE DIAS DE PERMANÊNCIA NO DOMICÍLIO	
			F	M	0	1	2	3	4	M	T	N	MA		
1)															
2)															
3)															
4)															
5)															
6)															
7)															
8)															
9)															
10)															

**CHAMADA: (1)**

- (1) PESSOA RESPONSÁVEL  
 (2) CÔNJUGE/COMPANHEIRO(A)  
 (3) FILHO OU ENTEADO

**CHAMADA: (2)**

- (0) ANALFABETO  
 (1) 1ª A 4ª INCOMPLETO  
 (2) 1ª A 4ª COMPLETO

- (4) OUTRO PARENTE  
 (5) AGREGADO  
 (6) PENSIONISTA

- (3) 5ª A 8ª INCOMPLETO  
 (4) 5ª A 8ª COMPLETO  
 (5) MÉDIO INCOMPLETO

- (7) EMPREGADO DOMÉSTICO  
 (8) PARENTE DE EMPREGADO  
 (9) HÓSPEDE

- (6) MÉDIO COMPLETO  
 (7) SUPERIOR INCOMPLETO  
 (8) SUPERIOR COMPLETO



**3. INFORMAÇÕES SOBRE ENERGIA ELÉTRICA**

3.1 - NESSA RESIDÊNCIA SÃO ADOTADAS MEDIDAS PARA ECONOMIZAR ENERGIA ELÉTRICA?

1.  SIM  
 2.  NÃO Vá para a pergunta 3.5  
 3.  Não sabe Vá para a pergunta 3.5

3.2 – COM RELAÇÃO A MEDIDAS DE EFICIÊNCIA, QUAIS VOCÊS ADOTAM?

( **LOCALIZAR** NO **CARTÃO 1** MARCANDO UM "X" NOS ESPAÇOS CORRESPONDENTES, ACEITANDO RESPOSTAS MÚLTIPLAS.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

3.3 - QUAIS DESTAS MEDIDAS SÃO ADOTADAS? ( **MOSTRAR** O **CARTÃO 1** - MARCANDO UM "X" NOS ESPAÇOS CORRESPONDENTES, ACEITANDO RESPOSTAS MÚLTIPLAS.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

3.4 – ORDENE AS MEDIDAS DO ITEM DE ACORDO COM A ORDEM DE PREFERÊNCIA QUE VOCÊ TEM PARA ATUAR SOBRE ELAS. ( **MOSTRAR** O **CARTÃO 1**)

1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>

3.5 - DENTRE OS ASSUNTOS RELACIONADOS NESTE CARTÃO, ASSINALE OS ITENS QUE LHE INTERESSAM RECEBER INFORMAÇÕES (MOSTRAR **CARTÃO 2** - ACEITANDO RESPOSTAS MÚLTIPLAS)

--	--	--	--	--

6.  Outros. Quais ? \_\_\_\_\_

3.6 - SE FOR OFERECIDO UM DESCONTO DE 10% NO VALOR DA SUA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA, DESDE QUE OS APARELHOS INDICADOS NÃO SEJAM LIGADOS, DURANTE DUAS HORAS, NO HORÁRIO DE 18:00 ÀS 20:00. O(A) SR(A) CONCORDA COM A INSTALAÇÃO POR CONTA DA CONCESSIONÁRIA, DE UM APARELHO PARA IMPEDIR SEU FUNCIONAMENTO ?

APARELHOS	1 - NÃO SABE	2- NÃO TEM O APARELHO	3 - SIM	4 - NÃO	5- SE NÃO ATÉ QUE % ACEITA
CHUVEIRO ELÉTRICO					
MICROONDAS					
AR CONDICIONADO					
FERRO ELÉTRICO					
FORNO ELÉTRICO DE PAREDE					
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA					
MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA					
FREEZER					
GELADEIRA					

3.7 - CASO A CONCESSIONÁRIA OFEREÇA ENERGIA ELÉTRICA MAIS BARATA FORA DO PERÍODO DE 18:00 ÀS 20:00 HORAS, O(A) Sr.(a) ESTARIA DISPOSTO(A) A REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA NESTE PERÍODO ?

1.  SIM  
 2.  NÃO.  
 3.  DEPENDE DO DESCONTO.  
 4.  NÃO SABE

CASO, A RESPOSTA SEJA 1 OU 3, PREENCHER:

REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA EM	DESCONTO QUE VOCÊ ACHARIA RAZOÁVEL? (EM %)	NÃO ACEITARIA REDUZIR O CONSUMO NESTE NÍVEL (MARQUE UM X)
1 - 10%	1-	1-
2 - 20%	2-	2-
3 - 25%	3-	3-

3.8 - O(A) SR.(A) ACEITARIA REDUZIR O CONSUMO EM 20%, PARA MANTER A TARIFA ATUAL?

1.  SIM  
 2.  NÃO  
 3.  NÃO SABE  
 4.  DEPENDE DO AUMENTO DA TARIFA

CASO A RESPOSTA SEJA 2 ou 4: PERGUNTAR:

3.9 - SE A TARIFA AUMENTASSE EM 20%, O(A) Sr.(a) ESTARIA DISPOSTO(A) A REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA?

1.  SIM  
 2.  NÃO  
 3.  NÃO SABE  
 4.  SÓ SE O AUMENTO DA TARIFA FOSSE MAIOR, QUAL SERIA O VALOR LIMITE?

3.10 - SE O(A) SR.(A) ACEITASSE REDUZIR O CONSUMO, SEJA EM FUNÇÃO DE UM DESCONTO DE SEU INTERESSE OU PARA EVITAR UM AUMENTO INDESEJÁVEL DE TARIFA, EM QUE SERVIÇO ATUARIA PRIORITARIAMENTE

SERVIÇO	ESCOLHA DOIS EM QUE VOCÊ ATUARIA PRIORITARIAMENTE? (INDICAR 1 PARA O PRIMEIRO E 2 PARA O SEGUNDO NA ORDEM)	INDIQUE EM QUAL VOCÊ SÓ ATUARIA EM ÚLTIMO CASO
CHUVEIRO ELÉTRICO		
MICROONDAS		
AR CONDICIONADO		
FERRO ELÉTRICO		
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA		
MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA		
ILUMINAÇÃO		
TELEVISÃO		
GELADEIRA		
FREEZER		

**4. ILUMINAÇÃO****4.1. CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS DE USO**

TIPO DE CÔMODO	LÂMPADAS		QUANTIDADE DE LÂMPADAS ACESAS POR PERÍODO (EVENTUAL X HABITUAL)																								
	Total	Tipo (1)	E	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala de estar, jantar e TV																											
Quarto 1																											
Quarto - 2																											
Quarto- 3																											
Quarto - 4																											
Banheiro -1																											
Banheiro -2																											
Banheiro -3																											
Corredores																											
Copa/Cozinha																											
Área de Serviço																											
Garagem																											
Área Externa																											

**CHAMADA (1) :TIPO DE LÂMPADA**

(1) 25 W - Incandescente

(2) 40 W - Incandescente

(3) 60 W - Incandescente

(4) 100 W - Incandescente

(5) 150 W - Incandescente

(6) 20 W- Fluorescente Tubular

(7) 40 W- Fluorescente Tubular

(8) Fluorescente Compacta

(9) Fluorescente Circular

(10) Dicroica

(11) PL

(12) OUTRO

NOTA: (1) Na sala e na copa/cozinha deve ser verificada a potência na própria lâmpada, nos demais cômodos essa medida pode ser feita por declaração.

(2) Se não for possível identificar um horário habitual de uso marque um "X" apenas na coluna referente a uso eventual "E".

**4.2 - QUAL A TONALIDADE DE ILUMINAÇÃO DE SUA PREFERÊNCIA?**1.  AMARELA2.  BRANCA.3.  NÃO TEM PREFERÊNCIA4.  NÃO SABE.

4.3 – VOCÊ TROCARIA A LÂMPADA INCANDESCENTE (QUE TEM MAIOR CONSUMO, PORÉM DE MENOR CUSTO DE AQUISIÇÃO) PELA FLUORESCENTE COMPACTA (QUE TEM MENOR CONSUMO, PORÉM DE MAIOR CUSTO DE AQUISIÇÃO)?

1.  SIM.                      2.  NÃO.                      3.  NÃO SABE

## 5. REFRIGERADOR

### 5.1. CARACTERÍSTICAS

Nº DE REFERÊNCIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO (1)				UTILIZ. (2)	TERMOSTATO		ESTIMATIVA DE IDADE DO APARELHO (em anos)	PROBLEMAS OCORRIDOS NOS ÚLTIMOS 12 MESES (3)	MEDIDAS DO APARELHO (cm)		
	MARCA	Nº DE PORTAS	FROST FREE -S/N	CAPACIDAD litros		POSIÇÃO	TOTAL			ALTURA	LARGURA	PROFUND
1												
2												
3												

CHAMADA (1): VEJA NO **CARTÃO 3**.

CHAMADA (2) :

(1) USO PERMANENTE.

(3) USO PARTE DO DIA.

(2) DESLIGADO.

(4) SÓ LIGADO EVENTUALMENTE.

CHAMADA (3):

(1) MOTOR COM DEFEITO OU RUÍDO EXCESSIVO ?

(3) CONGELADOR FAZENDO GELO DEMAIS OU DE MENOS?

(2) PORTA COM DIFICULDADE PARA FECHAR ?

(4) OUTROS PROBLEMAS

OBS.: ESTA QUESTÃO ADMITE RESPOSTAS MÚLTIPLAS

NOTA: A ÚLTIMA COLUNA REFERENTE AS MEDIDAS DO APARELHO SÓ DEVE SER PREENCHIDA CASO NÃO TENHA SIDO POSSÍVEL IDENTIFICAR O "TIPO DE APARELHO".

5.2 - DO(S) REFRIGERADOR(ES) ACIMA CITADO(S), ADQUIRIU ALGUM NOVO (NA LOJA) NOS ÚLTIMOS DEZ ANOS?

1.  NÃO

2.  SIM

QUANTOS?

CASO "NÃO" VÁ PARA O ITEM 6

5.3. NESSA AQUISIÇÃO LEVOU EM CONSIDERAÇÃO O CONSUMO DO APARELHO MOSTRADO NA ETIQUETA AO ADQUIRÍ-LO?

1. <input type="checkbox"/> SIM	3. <input type="checkbox"/> NÃO SABIA DA EXISTÊNCIA DE ETIQUETA
2. <input type="checkbox"/> NÃO ME INTERESSEI	4. <input type="checkbox"/> NÃO TINHA ETIQUETA

OBS.: ESTA QUESTÃO ADMITE RESPOSTAS MÚLTIPLA

5.4. NO CASO DE UMA FUTURA TROCA DE GELADEIRA VOCÊ COMPRARIA UMA COM SELO PROCEL?

1.  SIM  
 2.  NÃO PORQUE? \_\_\_\_\_

## 6. FREEZER

### 6.1. CARACTERÍSTICAS

Nº-REFERÊNCIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO (1)				UTILIZ. (2)	ESTIMATIVA DE IDADE DO APARELHO (em anos)	MEDIDAS DO APARELHO (cm)		
	MARCA	VERT/HORIZ	FROST FREE - S/N	CAPACID litros			ALTURA	LARGURA	PROFUND
1									
2									
3									

CHAMADA (1): VEJA NO **CARTÃO 4**

CHAMADA (2):

(1) USO PERMANENTE.

(3) USO PARTE DO DIA.

(2) DESLIGADO.

(4) SÓ LIGADO EVENTUALMENTE.

NOTA: A ÚLTIMA COLUNA REFERENTE AS MEDIDAS DO APARELHO SÓ DEVE SER PREENCHIDA CASO NÃO TENHA SIDO POSSÍVEL IDENTIFICAR O "TIPO DE APARELHO".

## 7. AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA BANHO

7.1 - COMO ESQUENTA A ÁGUA ?

### AQUECIMENTO ELÉTRICO

1.  CHUVEIRO ELÉTRICO  
 2.  BOILER  
 3.  AQUECIMENTO CENTRAL

### AQUECIMENTO A GÁS

4.  GLP (GÁS DE BOTIJÃO)  
 5.  BOILER  
 6.  AQUECIMENTO CENTRAL

7.  AQUECEDOR SOLAR8.  NÃO ESQUENTA (BANHO FRIO)9.  OUTROS FORMAS DE AQUECIMENTO QUAL: \_\_\_\_\_

OBS.: ESTA QUESTÃO ADMITE RESPOSTAS MÚLTIPLAS

CASO UTILIZE **CHUVEIRO ELÉTRICO** PREENCHA OS ITENS 7.2, 7.3, 7.4 E 7.5.

## 7.2 - CARACTERÍSTICAS

N <sup>o</sup> REFERÊNCIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO (1)		NÚMERO DE PESSOAS QUE USAM	POSIÇÃO EM QUE SE ENCONTRA A CHAVE DO APARELHO NO VERÃO			DURANTE OS MESES DE INVERNO A CHAVE FICA NA POSIÇÃO		
	MARCA	POTÊNCIA (WATTS)		VERÃO	INVERNO	DESLIGADA	VERÃO	INVERNO	DESLIGADA
1									
2									
3									

CHAMADA: (1) VEJA NO **CARTÃO 5**

NOTA: PERGUNTAR OU IDENTIFICAR O MODELO DE CHUVEIRO ELÉTRICO DE ACORDO COM O CARTÃO 5.

## 7.3 - HÁBITOS DE USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO NOS DIAS DE SEMANA.

N <sup>o</sup> REFERÊNCIA DO APARELHO	NÚMERO DE PESSOAS QUE USAM O CHUVEIRO ELÉTRICO NOS HORÁRIOS																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1																								
2																								
3																								

NOTA: Os campos devem ser preenchidos com o **número de pessoas** que usam o chuveiro elétrico nos horários correspondentes, admitindo a possibilidade de um indivíduo tomar mais de um banho por dia.

## 7.4 - HÁBITOS DE USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO NOS FINAIS DE SEMANA.

N <sup>o</sup> REFERÊNCIA DO APARELHO	NÚMERO DE PESSOAS QUE USAM O CHUVEIRO ELÉTRICO NOS HORÁRIOS																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1																								
2																								
3																								

NOTA: Os campos devem ser preenchidos com o **número de pessoas** que usam o chuveiro elétrico nos horários correspondentes, admitindo a possibilidade de um indivíduo tomar mais de um banho por dia.

## 7.5 - SE A TARIFA FOSSE O DOBRO DAS 18:00 ÀS 20:00 VOCÊ ACHA QUE A SUA FAMÍLIA EVITARIA TOMAR BANHO DE CHUVEIRO ELÉTRICO (QUENTE) NESTE HORÁRIO ?

1.  SIM    2.  NÃO    3.  NÃO SEI

**8. CONDICIONADOR DE AR****8.1 - CARACTERÍSTICAS**

Nº REFERÊNCIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO		ESTIMATIVA DA IDADE DO APARELHO (em anos)	ESTE CÔMODO RECEBE SOL?			A LIMPEZA DO FILTRO É FEITA NO INÍCIO DE UM PERÍODO DE USO PROLONGADO DO APARELHO ?		MEDIDAS DO APARELHO	
	MARCA (1)	BTU		MANHÃ	TARDE	NÃO	SIM	NÃO	ALTURA	LARGURA
1										
2										
3										
4										

CHAMADA (1): CARTÃO 6

NOTA: CASO NÃO SEJA POSSÍVEL IDENTIFICAR NO APARELHO SUA MARCA E BTU PREENCHA A LACUNA REFERENTE AS MEDIDAS DO APARELHO.

**8.2 - HÁBITOS DE USO DE ACORDO COM O CLIMA NOS DIAS DE SEMANA E FINAIS DE SEMANA.**

Nº REFERÊNCIA DO APARELHO	USA O APARELHO NO CLIMA.....? (SIM OU NÃO)	GRAU DE UTIL. (1)	TEMPO DE USO POR PERÍODO (marque um "X")																								
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
			1	Quente ( )																							
	Ameno ( )																										
	Frio ( )																										
2	Quente ( )																										
	Ameno ( )																										
	Frio ( )																										
3	Quente ( )																										
	Ameno ( )																										
	Frio ( )																										
4	Quente ( )																										
	Ameno ( )																										
	Frio ( )																										

CHAMADA (1) :

G (GRANDE)- UTILIZADO MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA.

P (PEQUENA) - MENOS DE UMA VEZ POR MÊS.

M (MÉDIA) - DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA.

N (NENHUMA) - NÃO UTILIZA

R (REGULAR) - DE 1 A 3 VEZES POR MÊS.

NOTA: DEVE SER EXCLUÍDO O PERÍODO EM QUE O CONDICIONADOR DE AR É UTILIZADO APENAS NA VENTILAÇÃO.

## 9. TELEVISÃO

## 9.1 - CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS DE USO NOS DIAS DE SEMANA E FINAIS DE SEMANA.

N <sup>o</sup> REFERÊN- CIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO		ESTIMATIVA DE IDADE (anos)	GRAU DE UTILIZAÇÃO (2)	MEDIDA NA DIAGONAL (cm)
	MARCA (1)	TAMANHO (POLEGADAS)			
1					
2					
3					
4					
5					

CHAMADA (1): VEJA NO **CARTÃO 7**

CHAMADA (2):

**G** (GRANDE)- UTILIZADO MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA. **P** (PEQUENA) - MENOS DE UMA VEZ POR MÊS.

**M** (MÉDIA) - DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA.

**N** (NENHUMA) - NÃO UTILIZA.

**R** (REGULAR) - DE 1 A 3 VEZES POR MÊS.

NOTA: PERGUNTE AO ENTREVISTADO A MARCA E O TAMANHO DO TELEVISOR, CASO ELE NÃO SAIBA OU HAJA DÚVIDA DA RESPOSTA PREENCHA A COLUNA CORRESPONDENTE À MEDIDA NA DIAGONAL

## 9.2 - HORÁRIOS DE USO DOS APARELHOS DE TV DE ACORDO COM O DIA DA SEMANA.

DIAS	N <sup>o</sup> REF	HORÁRIOS DE USO DOS APARELHOS DE TV (marque um "X")																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DIAS DE SEMANA	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SÁBADO	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
DOMINGO	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								

**10. OUTROS ELETRODOMÉSTICOS****10.1. CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS DE USO**

APARELHO	QUANTIDADE	GRAU
		UTIL.
		(1)
1. APARELHO DE SOM		
2. RÁDIO ELÉTRICO		
3. VIDEOCASSETE		
4. MICROCOMPUTADOR		
5. IMPRESSORA		
6. VIDEOGAME		
7. FERRO		
8. LAVA ROUPA		
9. LAVA LOUÇA		
10. SECADORA DE ROUPA		
11. FORNO DE MICROONDAS		
12. FORNO ELÉTRICO		
13. LIQUIDIFICADOR		
14. BATEDEIRA		
15. CAFETEIRA ELÉTRICA		
16. PANELA ELÉTRICA		
17. EXAUSTOR		
18. VENTILADOR/CIRCULADOR		
19. AQUECEDOR DE AMBIENTE		
20. ENCERADEIRA		
21. ASPIRADOR DE PÓ		
22. BOMBA D'ÁGUA		
23. GELO ÁGUA		
24. DVD		
25. PURIFICADOR		
26. SECADOR DE CABELO		
27. FAX		
28. SANDUICHEIRA/GRIL		

CHAMADA (1):

**G** (GRANDE) - UTILIZADO MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA.**M** (MÉDIA) - DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA.**R** (REGULAR) - DE 1 A 3 VEZES POR MÊS.**P** (PEQUENA) - MENOS DE UMA VEZ POR MÊS.**N** (NENHUMA) - NÃO UTILIZA.

NOTA: (1) Se a quantidade do equipamento for superior a um, ele deve ser colocado no final da tabela, mantendo a ordem cronológica do equipamento na tabela.

(2) Se no domicílio houver outro(s) equipamento(s) com o uso pelo menos "regular" - 1 a 3 vezes por mês - ele deve ser incluído na lista.

10.2. HORÁRIOS DE USO DO: (1) APARELHO DE SOM; (2) MICROCOMPUTADOR; (3) FERRO; (4) LAVA ROUPA; (5) LAVA LOUÇA; (6) SECADORA DE ROUPA; (7) FORNO DE MICROONDAS.

HORÁRIO	HORÁRIOS DE USO DOS OUTROS EQUIPAMENTOS						
	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SÁBADO	DOMINGO
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

NOTA: NOS ESPAÇOS DEVEM SER COLOCADOS OS NÚMEROS REFERENTES AOS EQUIPAMENTOS SE FIZER REFERÊNCIA A UM SEGUNDO EQUIPAMENTO UTILIZAR .1, .2 ETC..

10.3 - QUAIS DOS SEGUINTE EQUIPAMENTOS FORAM COMPRADOS PARA ESTE DOMICÍLIO NOS ÚLTIMOS DOIS ANOS ? INDIQUE O MÊS E O ANO DE AQUISIÇÃO?

GELADEIRA		FREEZER		LAVA ROUPA		LAVA LOUÇA		TELEVISÃO		AR CONDI CIONADO		COMPU TADOR		VIDEO CASSETE		APARELHO DE SOM		FORNO DE MICROONDAS		OUTRO, QUAL? _____		
MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	

10.4 - PRETENDE COMPRAR ALGUM ELETRODOMÉSTICO NOS PRÓXIMOS SEIS MESES, PARA ESTE DOMICÍLIO?

1.  NÃO      2.  SIM      3. QUAL(IS) (IDENTIFIQUE NO CARTÃO 8) :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

10.5 - CASO PRETENDA COMPRAR UM EQUIPAMENTO QUE JÁ POSSUA, QUAL O DESTINO QUE VAI SER DADO PARA O EQUIPAMENTO ANTIGO?

1.  NÃO SABE    2.  JOGAR FORA    3.  DAR PARA ALGUÉM    4.  FICA COM OS DOIS  
5.  VENDE

## 11. DADOS SÓCIO-ECONÔMICOS

11.1 - ITENS DE CONFORTO FAMILIAR

ITENS	NÃO TEM	QUANTIDADE					
		1	2	3	4	5	6 e +
RÁDIO							
BANHEIRO							
AUTOMÓVEL							
EMPREGADA MENSALISTA							

11.2. RENDA DOMICILIAR (Piso nacional de salários)

1.  <1      4.  3 a 4      7.  7 a 10      10.  20 a 30      13.  NÃO SABE  
2.  1 a 2      5.  4 a 5      8.  10 a 15      11.  30 a 40  
3.  2 a 3      6.  5 a 7      9.  15 a 20      12.  > 40

11.3. NESTE DOMICÍLIO É FEITO ALGUM TIPO DE TRABALHO PARA SER COMERCIALIZADO ?

- (OLHAR NO CARTÃO 9) 1.  NÃO    2.  SIM    3. QUAL(IS): \_\_\_\_\_

11.4. QUAIS SÃO OS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS UTILIZADOS NESTE(S) TRABALHO(S) (IDENTIFIQUE OS EQUIPAMENTOS NO CARTÃO 8)? \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_

11.5 - REGIÃO DO DOMICÍLIO:  LUXO     CLASSE MÉDIA     POBRE

11.6 - PRÓXIMO A FAVELA:  SIM     NÃO     OU NA FAVELA

11.7 - HORA DE TÉRMINO DA ENTREVISTA: :