

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ELETRICIDADE

**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA:
UM ENFOQUE EM
CONSUMIDORES RESIDENCIAIS**

Paulo Roberto Mendes da Silva

São Luís - MA, Brasil.

ABRIL/2008

PAULO ROBERTO MENDES DA SILVA

Conservação de energia elétrica:
um enfoque em
consumidores residenciais

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Energia.

São Luís

2008

Silva, Paulo Roberto Mendes da

Conservação de energia elétrica: um enfoque em consumidores residenciais / Paulo Roberto Mendes da Silva. São Luís, 2008.

150f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: José Eduardo Onoda Pessanha.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade, 2008.

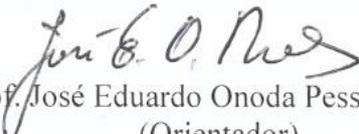
1. Energia Elétrica – Abastecimento – Brasil 2. Energia elétrica – Consumo residencial – Brasil I. Título

CDU 621.31 (81)

**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA:
UM ENFOQUE EM CONSUMIDORES
RESIDENCIAIS**

Paulo Roberto Mendes da Silva

Dissertação aprovada em 25 de abril de 2008.


Prof. José Eduardo Onoda Pessanha, Dr.
(Orientador)


Prof. Lindomar Jacinto de Souza, Dr.
(Membro da Banca Examinadora)


Prof. Osvaldo Ronald Saavedra Mendez, Dr.
(Membro da Banca Examinadora)

**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
UM ENFOQUE EM
CONSUMIDORES RESIDENCIAIS**

MESTRADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

PAULO ROBERTO MENDES DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO ONODA PESSANHA

Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Eletricidade da
Universidade Federal do Maranhão

*Dedico este trabalho às pessoas
que têm deixado marcas na minha vida,
em especial aos meus pais, Fabriciana e Manoel Dias,
à minha esposa Lícia e à minha filha Vanessa.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre, pela proteção e companhia, mesmo naqueles momentos em que até duvidava da Sua existência.

Ao professor Dr. José Eduardo Onoda Pessanha, pela orientação, compreensão e ajuda dispensadas no decorrer deste trabalho.

Ao Pesquisador Eng^o. Shigeaki Leite Lima, pelo suporte nos ensaios realizados em laboratório, fundamentais para a conclusão desta Dissertação.

À Lícia e Vanessa, pela paciência e carinho para com este autor, bem como pela compreensão pelo tempo não compartilhado.

Aos Professores Vicente Leonardo Paucar Casas, Maria da Guia da Silva, Sebastian Yuri Catunda, Osvaldo Ronald Saavedra Méndez e José Eduardo Onoda Pessanha, pelas boas horas de convivência e de aprendizado durante a execução dos projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) idealizados e realizados ao longo dos últimos anos.

Ao colega Alcides, pela maneira sempre gentil e prestativa com que trata os alunos na Coordenação do Programa de Pós-Graduação.

Aos meus bravos resilientes companheiros do curso de pós-graduação: Orlando Maramaldo, José Carlos, Laércio Castro, Márcio Nazareno e Ana Carla: pelas várias horas de muita dedicação e superação, divididas irmamente.

Ao Mestre Júlio César Mendes, pelo incentivo.

E a todos aqueles que não tenha mencionado, mas cujas contribuições foram importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho investiga as formas de conservação de energia elétrica mais utilizadas, especialmente no Brasil, sem esquecer o aspecto da qualidade da energia fornecida enfatizando o setor residencial. Dentre as linhas investigadas, destaca-se a tecnológica, que abrange a aplicação de equipamentos mais eficientes, mas não são esquecidas as ações humanas, com grande penetração especialmente no setor residencial.

Estudos práticos de qualidade de energia elétrica envolvendo cargas residenciais de iluminação supostamente eficientes também são apresentados. Esses estudos foram realizados num protótipo de laboratório capaz de simular fontes de problemas de qualidade de energia, como afundamentos momentâneos e de longa duração de tensão. Grandezas elétricas foram monitoradas através de um equipamento analisador de qualidade de energia elétrica – DRANETZ 4300. Os resultados mostram que o consumidor pode não adquirir um produto (lâmpada compacta, nesse caso) de acordo com as especificações do fabricante, estando muito abaixo do prometido.

O objetivo geral foi, portanto, estudar os conceitos de ações voltadas à eficiência energética e ao combate ao desperdício de energia, vinculando-os à redução de custos relacionados à energia elétrica e à melhoria contínua no gerenciamento dos custos observando-se o aspecto da qualidade de energia.

Palavras-chave:

- Conservação de Energia;
- Energia Elétrica;
- Eficiência energética;
- Consumidor residencial.

ABSTRACT

This work investigates the most used forms of electric energy conservation, especially in Brazil, without neglecting the power quality aspect, emphasizing residential loads. Among the investigated issues, the technological is a very important one since it comprises the application of efficient equipment. However, it is not forgotten the human actions, with great application in the residential point of view.

Power quality practical studies involving lightning residential loads are also presented. These studies were carried out with a lab prototype capable of simulating power quality problems, such as momentary and long-term voltage sags. Electrical parameters were monitored through a power quality analyzer equipment - DRANETZ 4300. The results show that the consumer may not acquire a product (compact efficiency light in this case) according to the manufacturer specifications, being very far from the label specifications.

The main objective was, therefore, to study the efficiency energy concepts actions and energy savings, associating them to the cost reduction related to electrical energy and the continuous improvement in cost management taking into account the power quality aspect.

Key Words:

- Energy conservation;
- Energy efficiency;
- Electrical energy;
- Residential consumer.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	i
Lista de Figuras	ii
Lista de Abreviaturas e Símbolos	iii

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1. A Energia Elétrica	1
1.2. A Conservação de Energia Elétrica: Um Breve Histórico	2
1.3 Conceitos Associados à Energia Elétrica	6
1.3.1 Energia	7
1.3.2 Recursos Energéticos	7
1.3.3 Potência e Fator de Potência	8
1.3.4 Consumo e Demanda de Energia Elétrica	9
1.4 Panorama Atual do Setor Elétrico Brasileiro	11
1.5 Motivação e Estrutura do Trabalho	19

CAPÍTULO 2 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

2.1. Generalidades.....	21
2.2 Outras Motivações para Conservar Energia Elétrica	22
2.3 Vertente Humana da Conservação de Energia Elétrica	25
2.4 Vertente Tecnológica da Conservação de Energia Elétrica	27
2.4.1 Desenvolvimento de Equipamentos	28
2.4.2 Desenvolvimento dos Processos Produtivos	28
2.4.3 Desenvolvimento dos Processos de Manutenção	29
2.4.4 Desenvolvimento da Arquitetura de Edificações	31
2.5 PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica	32
2.5.1 - PROCEL Educação (PROCEL nas Escolas)	36

2.5.2 – PROCEL EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos)	40
2.5.3 - Programa PROCEL EDIFICA	40
2.5.4 - Gestão Energética Municipal	41
2.5.5 - PROCEL SANEAR	42
2.5.6 – Programa RELUZ	44
2.5.7 – O Selo PROCEL	46
2.6 Conservação em Usos Finais	55
2.6.1 Indicadores da Qualidade do Uso da Energia Elétrica	55
2.6.2 Diagnóstico Energético	59
2.6.3 Conservação – Principais Usos Finais	66
2.6.3.1 Iluminação	66
2.6.3.2 Condicionamento de Ar e Refrigeração	76
2.6.3.3 Força Motriz	80

CAPÍTULO 3 CONSERVAÇÃO NO SETOR RESIDENCIAL

3.1 Introdução	82
3.2 Programa de Eficiência Energética para o Brasil – PEE	82
3.3 O Consumidor Brasileiro – O Estado do Maranhão	88
3.4 Refrigeração Residencial	91
3.5 Aquecimento de Água	96
3.6 Condicionamento de Ar	100
3.7 Iluminação Residencial	106
3.8 Carga Residencial Típica	113

CAPÍTULO 4

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A QUALIDADE DE ENERGIA	117
4.1 Introdução	117
4.2 Conceitos Fundamentais	117
4.2.1 Definições	120

4.3 Simulações Práticas	126
4.4 Observações preliminares	136
4.5 Comentários Gerais	137

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	139
---	------------

5.1. TRABALHOS FUTUROS.....	140
-----------------------------	-----

APÊNDICES

A – Dados das Simulações - Lâmpada Incandescente – Classe 3.....	141
B – Dados das Simulações - Lâmpada fluorescente Classe 1.....	143
C – Dados das Simulações - Lâmpada fluorescente Classe 2	145
D - Relação de Modelos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas	148

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
---	------------

LISTA DE TABELAS

1.1 – Dados mundiais – Geração de energia elétrica por tipo de fonte	4
1.2 - Mercado Total de Energia Elétrica no Brasil	12
1.3 – Carga do Sistema Interligado Nacional – Ano-base 2004	17
2.1 – Resultados obtidos pelo PROCEL 1986-2005	33
2.2 – Potencial de conservação de eletricidade - ano 2015	35
2.3 - Resultados obtidos pelo RELUZ no período 2000 a 2006	45
2.4 - Refletâncias típicas	71
2.5 – Comparativo entre lâmpadas OSRAM usadas na IP	74
3.1 – Dados comparativos da CEMAR frente ao setor elétrico nacional	89
3.2 – Comparação do consumo por segmento - CEMAR e setor elétrico nacional.....	89
3.3 – Número de consumidores e consumo por segmento – CEMAR	89
3.4 – Consumo de refrigerador alimentado com tensões diferentes da nominal	95
3.5 - Níveis de iluminância recomendáveis para interiores.....	107
3.6 - Comparação entre lâmpada incandescente e fluorescente compacta disponíveis no mercado	108
3.7 – Lâmpadas mistas de potências mais utilizadas	110
3.8 – Dados de embalagem da lâmpada Philips incandescente	110
3.9 – Comparativo entre lâmpadas incandescentes.....	111
4.1 – Dados de embalagem das lâmpadas incandescentes Classe 1.....	127
4.2 – Dados de embalagem das lâmpadas Classe 2.....	128
4.3 – Dados de embalagem das lâmpadas Classe 3	128
4.4 – Dados de embalagem das lâmpadas Classe 4	129
4.5 – Dados das leituras – lâmpadas Classe 1	133
4.6 – Dados das leituras – lâmpadas Classe 2.....	134
4.7 – Dados das leituras – lâmpadas Classe 3	134
4.8 – Dados das leituras – lâmpadas Classe 4.....	136

LISTA DE FIGURAS

1.1 – Evolução da geração de energia elétrica por tipo de fonte no mundo	4
1.2 - Consumo setorial de eletricidade no Brasil	13
1.3 - Consumo médio residencial (kWh/mês)	15
1.4 – Participação das outras classes de consumo	16
1.5 - Estrutura da oferta interna de energia elétrica	17
1.6 – Estrutura de consumo de energia elétrica no Brasil	18
2.1 – Potencial de conservação de energia elétrica no Brasil	35
2.2 – Selo PROCEL	49
2.3 – Selo PROCEL INMETRO de desempenho	51
2.4 – Etiqueta do PROCEL INMETRO	52
2.5 – Dados do Catálogo do Selo PROCEL – Ar condicionados	54
2.6 – Exemplo de matriz energética por uso final	62
3.1 – Participação das cargas no consumo final residencial brasileiro	84
3.2 – Posse média de outros eletrodomésticos	87
3.3 – Participação das cargas no consumo final residencial - Nordeste	87
3.4 – Percentual do quantitativo de consumidores da CEMAR	90
3.5 – Participação dos segmentos no consumo total de energia - CEMAR	90
3.6 - Posse média dos refrigeradores no Brasil e regiões	91
3.7 – Composição básica de um refrigerador	92
3.8 - Tempo médio de utilização do chuveiro elétrico por pessoa	98
3.9 - Posse média e uso de lâmpadas nos domicílios brasileiros	111
3.10 – Curva de carga diária média no Brasil (do consumidor residencial típico)	113
3.11 – Curva de carga diária média na região Nordeste (consumidor residencial).....	114
3.12 – Participação dos equipamentos no consumo residencial – Brasil	114
3.13 – Participação dos equipamentos no consumo residencial – Nordeste	115
4.1 – Diagrama Unifilar do Modelo Reduzido para Simulação de Qualidade de Energia e Eficiência Energética de Cargas Residenciais	126

4.2 – Autotransformador e multímetro utilizados em bancada	131
4.3 – Analisador de qualidade de energia Dranetz-BMI PP 4300	131
4.4 – Simulações com lâmpadas fluorescentes compactas	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABILUX - Associação Brasileira da Indústria de Iluminação

ABRADEE - Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CEB – Companhia Energética de Brasília

CEMAR - Companhia Energética do Maranhão

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia

CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte S.A.

ELETROS - Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ESCOS - *Energy Service Companies*

GCOI - Grupo Coordenador para Operação Interligada

GEM - Programa Gestão Energética Municipal

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IASC - Índices ANEEL de Satisfação do Consumidor

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEC - Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor

IP – Iluminação Pública

OIE - Oferta Interna de Energia

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PIB – Produto Interno Bruto

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RGR – Reserva Global de Reversão

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. A ENERGIA ELÉTRICA

No final do século XVIII e início do XIX, o grande desafio para os pesquisadores era descobrir uma forma de transformar a energia mecânica em algum tipo de energia de fácil transporte e utilização. Somente no ano de 1831 a possibilidade dessa transformação ficou comprovada, quando Michael Faraday montou, no Reino Unido, um gerador de corrente contínua a partir de um disco de cobre, e Joseph Henry obteve, nos Estados Unidos, corrente alternada ao criar um gerador com ímãs e enrolamentos de fio elétrico numa armadura de ferro. Apesar de terem sido grandes feitos para o conhecimento da energia elétrica, somente meio século depois dessas pesquisas é que começaram a ser desenvolvidos os primeiros geradores com condições de serem empregados em escala [1].

Ao final da Segunda Grande Guerra Mundial, as nações precisam realizar pesquisas para resolverem os problemas gerados pelos conflitos recentes e se tornarem auto-suficientes, bem como para melhorar a qualidade de vida dos seus povos. Por isso, o setor energético foi visto como aquele que deveria crescer mais rapidamente, pois só com energia de baixo custo e abundante seria possível fazer com que os outros setores da economia se desenvolvessem rapidamente. Assim, as nações européias começaram a reestruturar seus setores energéticos a partir de usinas nucleares e térmicas, que não necessitavam de muito tempo para construção, bem como devido a questões de ordem hidrográfica e ao baixo custo do petróleo no cenário pós-guerra, pois havia muita oferta.

Uma vez consolidados os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica nos principais países, esses passaram a se preocupar com pesquisas para o próprio desenvolvimento tecnológico, de forma que houve um grande desenvolvimento de equipamentos elétricos para todos os setores, inclusive com o início do desenvolvimento da

automação moderna. Estabelecia-se, assim, a dependência, cada vez mais crescente, da Europa Ocidental, Japão e Estados Unidos a esse tipo de combustível, barato e abundante.

Porém, em outubro de 1973, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo - OPEP decidiu reduzir progressivamente a produção de barris de petróleo de cerca de 21 milhões de barris/dia para cerca de 16 milhões de barris/dia, o que resultou em um aumento de quase 600% no preço do barril de petróleo, período que ficou marcado como a Crise do Petróleo de 1973 [2].

Essa crise, além de abalar a economia mundial e de ter sido bastante danosa para alguns países, especialmente os então chamados de “em desenvolvimento”, alertou o mundo civilizado para os perigos de uma dependência quase exclusiva do petróleo. Isso fez com que algumas nações começassem a se preocupar com o desenvolvimento e a utilização de fontes de energia renováveis, bem como com o desperdício de energia, que na época era grande em qualquer setor, uma vez que as preocupações eram apenas com a produção, pois o insumo energia não representava custo significativo.

1.2 A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM BREVE HISTÓRICO

No período da crise do petróleo, o governo brasileiro estimulou a substituição do óleo combustível utilizado pelas indústrias principalmente pela eletricidade e criou o Programa CONSERVE [3], em 1981, gerido pelo Ministério da Indústria e Comércio (MIC). Durante décadas, os recursos naturais e, conseqüentemente, a energia elétrica gerada a partir de recursos naturais foi considerada como inesgotável. A necessidade de se ter energia disponível, a possibilidade real de extinção de algumas fontes primárias não-renováveis e a busca por um desenvolvimento sustentável, fez com que o combate ao desperdício de energia fosse cada vez mais importante. Assim começou a se formar o embrião dos conceitos de combate ao desperdício de energia, principalmente nos Estados Unidos e Canadá [1].

Nos Estados Unidos o pensamento da época era: “... elaborar estratégias energéticas que possibilitem que os Estados Unidos alcancem suas metas de proteção ambiental, saúde pública e segurança nacional, como resultado de economias de energia, com práticas racionais de economia a preços reduzidos, mantendo a conservação de energia como um anteparo de proteção para a maioria dos consumidores americanos” [4].

Em consonância com essa crescente conscientização, diversos países começaram então a estruturar agências públicas específicas a fim de implementar programas de conservação de energia que visassem informar, difundir, conscientizar, pesquisar e implementar idéias conservacionistas, tendo tido destaque as agências da França (ADEME), Holanda (NOVEM) e Espanha (IDEA).

O fato é que nas últimas duas décadas o pensamento conservacionista ganhou força em todo o mundo, especialmente após a edição do Protocolo de Kyoto (Japão), em 1997, quando 160 países decidiram que seria necessário limitar as emissões de gases estufa nos países industrializados e que seria criada a ferramenta “créditos de carbono”. Assim, no período de 2008 a 2012 a redução nas emissões será em média de 5%. Trata-se não só de uma questão de necessidade de um “desenvolvimento sustentável”, mas também de um novo paradigma econômico, pois a conservação de energia pode ser um “grande negócio”.

No âmbito da energia elétrica as primeiras ações em nível mundial de combate ao desperdício foram as de estimular a troca de refrigeradores e condicionadores de ar antigos por equipamentos mais eficientes, com as vantagens de redução do uso de gases clorofluorcarbonetos (os atualmente famosos CFCs) e de redução do consumo de energia elétrica.

Com relação à conservação de energia elétrica, pode-se afirmar que conceitos foram e estão sendo redefinidos. O que antes era apenas obrigação, responsabilidade ou mero interesse de algumas concessionárias de energia elétrica, hoje se transformou em uma imperiosa necessidade. Ou seja, atualmente é proibitiva a utilização perdulária da energia elétrica.

Os problemas que o estado da Califórnia (EUA) teve com o abastecimento de energia elétrica no ano de 2002 enfatizaram, por outro lado, a necessidade de que sejam observados os verdadeiros custos dos dispositivos que apresentam alta eficiência energética.

Além disso, o relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), apresentado pela ONU no mês de maio de 2007, não deixa dúvidas sobre a gravidade dos problemas relacionados ao consumo crescente de energia.

O fato é que houve uma alteração significativa na participação do petróleo como fonte utilizada na geração de energia elétrica a nível mundial nas últimas três décadas,

caindo de cerca de 25% para 6,7 %, como pode ser observado na tabela e no gráfico abaixo [11]:

Tabela 1.1 – Dados mundiais – Geração de energia elétrica por tipo de fonte

FONTES	1973	2004
Petróleo	24,7 %	6,7
Gás	12,1 %	19,6
Nuclear	3,4 %	15,7
Hidráulica	21,0 %	16,1
Carvão Mineral	38,2 %	39,8
Outros	0,6 %	2,1
Energia elétrica Total (TWh)	6.117	17.450

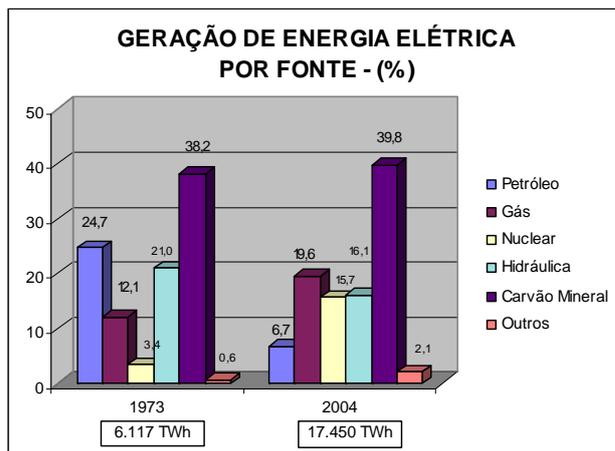


Figura 1.1 – Evolução da geração de energia elétrica por tipo de fonte no mundo

Vale ressaltar neste momento um outro conceito: a intensidade energética de um produto ou processo, a qual pode ser expressa como a quantidade de energia por unidade de produto, sendo os indicadores mais utilizados kWh/US\$ e kWh/ton. [5]. A intensidade energética também pode ser expressa através do uso da energia por dólar de Produto Interno Bruto para comparação entre nações desenvolvidas e neste quesito, a intensidade energética no Brasil é o dobro da dos Estados Unidos e quatro vezes maior que a do Japão, o que nos leva à conclusão de que no Brasil há um dos maiores mercados potenciais do mundo para Eficiência Energética [6].

No Brasil, como será visto em detalhes nos tópicos seguintes, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, criado em dezembro de 1985, foi idealizado a partir da observação das experiências de sucesso de outros países, mas estruturado a partir da realidade nacional a fim de ter uma maior penetração no país. Apesar da criação do PROCEL em 1985, a preocupação maior com a conservação de energia elétrica só teve resultados significativos a partir de 2001, após o racionamento de energia elétrica. Porém, vale ressaltar que, através da Lei 9.427, de 26 de dezembro de 1996, foi criada a agência reguladora do reestruturado setor elétrico, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME, bem como o Operador Nacional do Sistema - ONS. A missão da citada Agência é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade. O objetivo dessa reestruturação era o de atrair capital de empresas privadas, como uma alternativa para atender o crescente aumento na demanda por energia elétrica, que vinha crescendo a taxas médias em torno de 6% ao ano [7]. Assim, naquele período, a sociedade brasileira foi obrigada a fazer diversos tipos de sacrifício, uma vez que o Sistema Elétrico Brasileiro foi colocado à prova. A causa desse problema ainda hoje é questão de debates acirrados, principalmente políticos, mas com certeza foi um efeito danoso do modelo de privatização, desestatização e desregulamentação (a dita modernização) do setor elétrico nacional, bem como da não observância, por parte do governo federal, das diretrizes das renomadas entidades e autoridades de planejamento e operação do sistema elétrico nacional, agravada pelos reduzidos níveis de água nos reservatórios das principais hidrelétricas devido às previsíveis estiagens, pelo acréscimo de carga sofrido no sistema e pela falta de investimentos prometidos pelas empresas privadas na parte física estrutural do sistema, na construção de novas usinas, principalmente térmicas, e em linhas de transmissão. Essa crise impulsionou os programas de conservação de energia elétrica, a multiplicação de unidades de co-geração e o desenvolvimento de estudos e de incentivos governamentais para fontes alternativas de geração de energia elétrica.

De uma forma geral, Conservação de Energia Elétrica é um conceito sócio-econômico que se resume na não utilização, no momento do consumo analisado, de parcela da energia elétrica que usualmente seria utilizada para realizar determinado trabalho ou

atividade, mas sem comprometer, em hipótese alguma, a qualidade de vida dos consumidores e a própria produção de bens e serviços [8]. De um modo mais particular, reflete-se na necessidade de retirada do planejamento da expansão do sistema elétrico da componente referente a qualquer forma de desperdício de energia elétrica, permitindo a redução dos investimentos nesse setor, sem comprometer o fornecimento de energia elétrica.

Como será visto posteriormente, para se conseguir conservar energia elétrica é preciso que sejam trabalhadas duas vertentes, a humana e a tecnológica, assim definidas:

- Vertente humana - através de uma gama de informações recebidas, o cidadão é instigado a mudar hábitos e atitudes, o que poderá levar a uma mudança de comportamento, que é o mais desejável;
- Vertente tecnológica - o desenvolvimento de novos equipamentos e processos, quando efetivamente implementados, pode resultar em uma significativa redução do consumo de energia, sem comprometimento da qualidade de vida ou do produto final.

Já Eficiência Energética é a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia [72]. É a utilização de processos e equipamentos que visam a um melhor desempenho e a um menor consumo de eletricidade. É um termo também usualmente empregado para denotar a geração de energia por unidade de energia fornecida ao sistema. Em outras palavras, se houver uma redução no consumo de energia em comparação com o equipamento ou processo em análise, corresponde ao conceito de vertente tecnológica anteriormente apresentado.

1.3 CONCEITOS ASSOCIADOS À ENERGIA ELÉTRICA

Para uma melhor compreensão dos assuntos abordados neste trabalho, em especial a racional utilização dos fluxos de energia, faz-se necessária a apresentação de alguns conceitos básicos e definições.

1.3.1 ENERGIA

No Século IV a.C., Aristóteles definiu energia como uma realidade em movimento [3], mas o conceito mais difundido e encontrado em várias referências bibliográficas, que é quase senso comum, é que “energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho”. Porém, essa definição não é a mais correta. Uma das mais completas é a que Maxwell estabeleceu em 1872: “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança” [1]. Outra forma de se conceituar energia é a energia incorporada aos bens e serviços, que é o consumo de energia no ciclo de vida, ou seja, aquela consumida por um sistema desde a sua concepção e construção, até o seu descarte final.

Sob o ponto de vista de eletricidade, pode-se conceituar energia como a quantidade de eletricidade utilizada por um aparelho elétrico ao ficar ligado por certo tempo [9]. No âmbito na engenharia elétrica a energia é dividida em dois tipos:

- Energia Elétrica Ativa (energia ativa): é a energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts hora (kWh) [10]. É a energia elétrica despendida para realizar trabalho num período de tempo ($P \times t$);
- Energia Elétrica Reativa (energia reativa): é a energia elétrica que circula permanentemente entre os vários campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho [10]. É uma energia que, apesar de não realizar trabalho, não pode ser considerada inútil, sendo expressa em quilovolt ampère reativo hora (kVARh). É utilizada por alguns equipamentos para a manutenção do fluxo magnético a eles necessários.

1.3.2 RECURSOS ENERGÉTICOS

São os fluxos ou reservas de energia presentes na natureza que podem ser utilizados para atender as necessidades do ser humano. Podem ser classificados em:

- Recursos fósseis: são os estoques finitos de materiais que armazenam energia química ou atômica presentes na natureza. Ex: petróleo, gás natural, urânio, etc;
- Recursos renováveis: são os fluxos naturais que existem como potencial disponível para as realizações humanas. Ex: energia solar, hidráulica, talassomotriz, geotérmica, etc.

1.3.3 POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA

Alguns equipamentos elétricos como motores, transformadores, máquinas de solda, lâmpadas de descarga, entre outros solicitam para seu perfeito funcionamento (nominal) dois tipos de potência:

- Potência ativa (P): é a potência elétrica (medida em watt) utilizada pelo equipamento para efetivamente ser convertida em trabalho útil, considerando-se geralmente as perdas correspondentes. A utilização de fatores multiplicativos (por exemplo, $k = 1 \times 10^3 \Rightarrow 1\text{kW} = 1 \text{ quilowatt}$) é bastante usual;
- Potência reativa (Q): é a potência elétrica (medida em volt-ampère-reactivo) requerida pelo equipamento para abastecer seu campo eletromagnético. Essa parte da potência é solicitada da rede elétrica pelo equipamento, mas não é transformada em trabalho útil. Logo, é desejável que os equipamentos absorvam pouca potência reativa da rede à qual estão ligados. Também é bastante utilizado fator multiplicativo ($M = 1 \times 10^6 \Rightarrow 1\text{MVA} = 1 \text{ megavolt-ampère-reactivo}$);
- Potência aparente (S): representa a potência (medida em volt-ampère) total requerida da rede pelo equipamento. Seu cálculo é feito através da soma vetorial das potências ativa (P) e reativa (Q). Também são utilizadas com frequência as medidas quilovolt-ampère (kVA) e MVA.

A Equação abaixo (1.1) retrata a relação entre essas potências.

$$kVA = \sqrt{kW^2 + kVAR^2} \quad (1.1)$$

Fator de Potência (fp) é a razão entre a potência ativa e a potência aparente (Equação 1.2), sendo, portanto adimensional. Ou de outra forma é a parcela de potência ativa (kW) que está sendo utilizada da potência aparente (kVA) de uma instalação. De acordo com a legislação vigente [10], se o fator de potência (indutivo ou capacitivo) resultante de um consumidor for inferior a 0,92 (limite mínimo) a concessionária poderá cobrar uma taxa chamada de excedente de energia reativa, que alguns chamam de multa por baixo fator de potência. Valores de fator de potência próximos da unidade (fp = 1) indicam que a energia elétrica está sendo utilizada de forma mais eficiente, evitando ou reduzindo perdas, sobrecargas nas instalações (alimentadores e transformadores), desgastes em dispositivos de proteção e manobra, investimentos em condutores, saturação de equipamentos, entre outros.

$$fp = \frac{kW}{kVA} = \cos \theta \quad (1.2)$$

1.3.4 CONSUMO E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo de energia ativa de um equipamento ou instalação é a energia elétrica solicitada da rede e utilizada para transformação, sendo representado, de forma genérica, pela potência (W) solicitada e gasta em um intervalo de tempo, usualmente uma hora (h). Portanto, o consumo de energia pode ser determinado a partir da integração numérica da curva de carga pelo Método Trapezoidal, dado por [10]:

$$C_{ea} = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(P_i + P(i+1))}{2} * \frac{\Delta h}{60} \quad (1.3)$$

Onde:

C_{ea} - Consumo de potência ativa (kWh);

n - Número de medições;

P_i - Potência ativa da i -ésima medição (kW);

Δh - Intervalo de tempo entre as medições (em minutos).

A Demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado [10], ou seja, é o valor médio da potência elétrica instantânea solicitada pela instalação. As concessionárias geralmente medem essa grandeza através de equipamentos integradores, que utilizam intervalos padrões de 15 minutos. É comum serem utilizadas as seguintes definições:

- Demanda média ($D_{méd}$) - relação entre a quantidade de energia elétrica ativa medida num certo período de tempo (kWh) e o número de horas desse período (Δt);
- Demanda máxima ($D_{máx}$) - maior valor registrado de demanda verificado em um período de tempo.

O Fator de carga (FC) é o índice obtido através da relação entre a demanda média ($D_{méd}$) e a demanda máxima ($D_{máx}$) registradas num mesmo intervalo de tempo especificado. Dessa forma, o fator de carga de uma instalação varia de 0 a 1, sendo expresso por [10]:

$$FC = \frac{D_{méd}}{D_{máx}} = \frac{D_{méd} * \Delta t}{D_{máx} * \Delta t} = \frac{kWh}{D_{máx} * \Delta t} \quad (1.4)$$

Como pode ser visto na Equação 1.4, o fator de carga pode também ser obtido pela divisão do consumo de energia elétrica verificado no intervalo de tempo pela demanda máxima registrada. O fator de carga é um índice que funciona como um sinalizador da forma como a energia elétrica vem sendo utilizada pela unidade consumidora ou instalação, pois, quanto mais próximo de 1, mais otimizado é o uso da energia elétrica. Dessa forma, para que se obtenha um fator de carga igual a 1, é necessário que a demanda média seja igual à demanda máxima, ou seja, que toda a potência demandada esteja sendo realmente consumida. Por outro lado, um FC baixo representa que o consumo de energia elétrica está se dando em curtos períodos e com demanda alta.

Outras definições importantes relacionadas ao consumo e a demanda de energia elétrica são:

- **Matriz Energética:** é a matriz composta pelos percentuais, medidos ou estimados, de todas as cargas existentes em um consumidor ou uma instalação, agrupadas por usos finais;
- **Carga Instalada:** é a soma das potências nominais de todos os equipamentos instalados em uma unidade consumidora ou instalação. Indica o valor da potência máxima que pode ser demandada por esse consumidor ou instalação.

1.4 PANORAMA ATUAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO:

Aqui são usados os dados consolidados de carga e de mercado de energia elétrica verificados durante os anos-base 2004 e 2005 no Brasil, de acordo com os documentos

Balanço Energético Nacional – BEN 2005 e BEN 2006 [11], este já integralmente elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE.

Vale ressaltar que o acompanhamento sistemático da evolução do mercado de energia elétrica [20] é ferramenta imprescindível para o entendimento da dinâmica que abrange os estudos de planejamento energético, pois somente dessa forma é possível elaborar políticas que permitam a otimização dos recursos energéticos nacionais, o que permite, na outra ponta, melhorar indicadores sociais e promover o desenvolvimento sustentável. Assim, a partir da edição da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e do Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004, esse acompanhamento mensal passou a ser de responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Essa empresa tem por finalidade “prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras” [11].

Conforme pode ser observado na tabela 1.2, o mercado total de energia elétrica, constituído por toda a energia consumida no Brasil pelos consumidores finais nos seus diversos usos, apresentou um crescimento de 4,2 % em relação a 2004 [11], atingindo 375,2 TWh, índice quase uma vez maior que o do crescimento da economia em 2005, que alcançou 2,3% em termos reais. Apesar de ter sido bem superior nesse período, historicamente o crescimento do mercado de energia elétrica é diretamente dependente da dinâmica de crescimento da economia. A análise dos indicadores de desempenho da economia, portanto, é fundamental para o entendimento da evolução do referido mercado.

Tabela 1.2 - Mercado Total de Energia Elétrica no Brasil

	2004	2005	Crescimento (%)
Mercado de fornecimento (TWh)	322,0	335,4	4,2
Mercado de autoprodução (TWh)	37,90	39,80	4,9
Mercado Total	359,9	375,2	4,2
PIB (R\$ x bilhões)	1.766,60	1.807,23	2,3

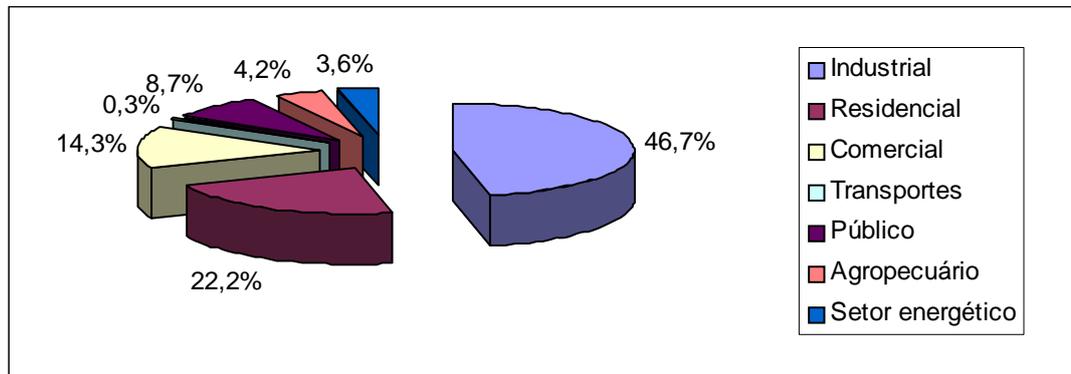


Figura 1.2 - Consumo setorial de eletricidade no Brasil

OBS: setor energético: refere-se ao consumo próprio desse setor.

O mercado total de energia elétrica é composto pela soma do mercado de fornecimento (formado pelo mercado cativo e pelo mercado livre, incluída aí a co-geração) com o mercado de autoprodução, cujo produtor precisa transportar a sua energia pela rede de distribuição ou transmissão de energia.

Vale ressaltar que, de acordo com levantamentos preliminares da matriz energética brasileira [12] para o ano de 2006, ainda não concluída à época do desenvolvimento do presente trabalho, a Oferta Interna de Energia – OIE em 2006 cresceu 3,2% em relação ao ano de 2005, ficando 0,5% abaixo do crescimento da economia no mesmo período, já considerando a nova metodologia de cálculo do PIB pelo IBGE. A Oferta de Energia Elétrica do país em 2006 apresentou crescimento em torno 4% em relação a 2005, atingindo montante de 459,6 TWh, incluídos 41,7 TWh de geração de autoprodutores (9,1% de participação) e 41,1 TWh de importação líquida (9,0%).

Os dados preliminares indicam que o consumo final de energia elétrica, descontadas as perdas na distribuição, foi de 389,6 TWh em 2006, o que corresponde a um crescimento de 3,8% sobre 2005. Em se confirmando esses dados, a classe industrial teve participação de um pouco maior que 2005, ficando com 46,7% e a residencial manteve-se com cerca de 22,0%.

A seguir são apresentados os comportamentos das principais classes de consumo referentes ao ano de 2005 [11]:

- RESIDENCIAL

O crescimento do consumo de energia elétrica na classe residencial em 2005 foi da ordem de 5,9%, mantendo a reversão das performances negativas de 2001 e 2002, sendo reflexo em grande parte da entrada de novos consumidores, principalmente em decorrência do Programa Luz para Todos.

Assim, as cerca de 48,9 milhões de unidades residenciais consumiram cerca de 83,2 TWh em 2005, o que representou 22,17% (em 2004 era 24,47%) do mercado total de fornecimento. Vale ressaltar que, de acordo com a pesquisa de posse de equipamentos elétricos e hábito de uso [13] divulgada pela ELETROBRÁS em 2007, a classe residencial vem tendo um crescimento expressivo em sua participação percentual na matriz elétrica nacional, de forma que poderá chegar a ter um terço de toda a energia consumida no país já na próxima década. Essa pesquisa tem grande importância para o setor elétrico, pois norteará as ações de melhoria da eficiência energética dirigidas para essa classe consumidora implementadas pela ELETROBRÁS e demais atores envolvidos nesse tema, tornando-as mais eficazes, bem como embasará as previsões do planejamento energético brasileiro relativas à redução da taxa de crescimento da demanda e do consumo de energia elétrica em virtude das medidas de efficientização que forem adotadas ao longo do período de tempo constante no planejamento.

Em 2005, o consumo médio residencial manteve-se em 141,8 kWh/mês, índice que vem se mantendo ao redor desse patamar nos últimos anos, embora o consumo residencial tenha crescido mais de 4.600 GWh no ano de 2005 [11]. A queda no período de 2001 a 2002 no consumo médio residencial brasileiro deveu-se basicamente à imposição do racionamento de energia elétrica. Após esse período, o índice tem praticamente se mantido uniforme, o que pode ser explicado principalmente pela entrada de novas unidades consumidoras de baixa renda, pela consolidação dos efeitos do racionamento, pelas políticas de conservação de energia nos hábitos de consumo e pela introdução de novas tecnologias, notadamente o uso de lâmpadas fluorescentes compactas.

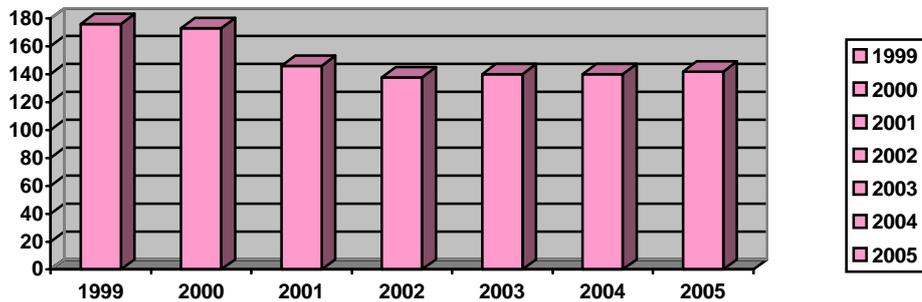


Figura 1.3 - consumo médio residencial (kWh/mês)

- INDUSTRIAL

No ano de 2005, o consumo de energia elétrica da classe industrial do mercado de fornecimento foi o que apresentou a menor performance, com crescimento de 1,9% sobre 2004, totalizando 175,4 TWh, ou seja, bem próximo aos 2,3 % de crescimento da economia nacional e 2,5% do crescimento da indústria. Em 2005, a participação da classe industrial representou 46,7% do total consumido, contra 45,5% em 2004.

- COMERCIAL

A classe comercial é composta na sua maioria por consumidores que realizam atividades relativas a comércio varejista e atacadista, mas também abrange instituições hoteleiras, hospitais, bancos, transportadoras, etc. O consumo de energia elétrica dessa classe apresentou em 2005 um crescimento ainda maior que o residencial, chegando a 6,8% e atingindo 53,5 TWh (em 2004, o crescimento foi de 4,5% superior ao total consumido no ano de 2003). Porém, apesar de sua participação no consumo total ter se mantido na casa do 15,5% nos três anos anteriores a 2005, nesse ano a participação foi de 14,2%.

- OUTRAS CLASSES DE CONSUMO

As outras classes de consumo englobam as unidades consumidoras referentes a poderes públicos, iluminação pública, consumidores rurais, consumo próprio e serviços públicos, tendo sido responsáveis por 16,8% (63,1 TWh) do mercado de fornecimento verificado no ano de 2005.

Em 2005, a capacidade instalada das centrais geradoras do Brasil atingiu 93,2 GW, incluídas aí as centrais de serviço público e as autoprodutoras, bem como o acréscimo de aproximadamente 3 GW ocorrido nesse ano, devido à entrada em operação de algumas usinas, em especial as usinas hidrelétricas Aimorés, com 330 MW, e Barra Grande (232 MW), e as novas unidades geradoras da usina de Tucuruí, com mais 750 MW, e da termelétrica Termo-Rio, com mais 423 MW.

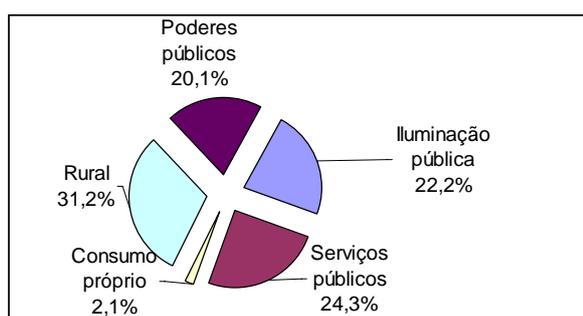


Figura 1.4 – Participação das outras classes de consumo

Com relação à estrutura da oferta interna de energia elétrica (figura 1.5), a hidroeletricidade representou 76,3% da oferta total.

Em 2005, a energia hidráulica e eletricidade representaram 14,4% da Matriz Energética Brasileira, resultado próximo ao de 2004.

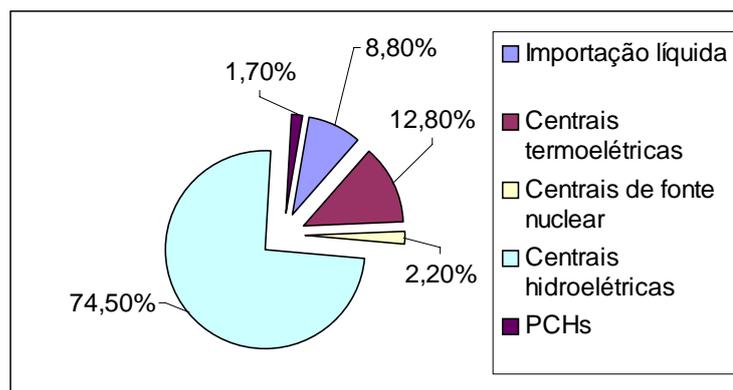


Figura 1.5 - Estrutura da oferta interna de energia elétrica

Centrais hidroelétricas são aquelas com potência superior a 30 MW.

Pequenas centrais hidroelétricas são aquelas com potência igual ou inferior a 30 MW.

A importação inclui a parcela paraguaia de Itaipu.

Com relação à carga do Sistema Interligado Nacional – SIN verificada em 2004 (tabela 1.3), observou-se um crescimento de 4,3% em comparação à de 2003, conforme levantamento realizado pelo Operador Nacional do Sistema ONS. A carga do SIN é formada pela energia consumida pelo mercado de fornecimento adicionada às energias transportadas dos consumidores autoprodutores e às perdas comerciais e técnicas.

Tabela 1.3 – Carga do Sistema Interligado Nacional – Ano-base 2004

	SIN		N Interligado		NE		SE/CO		S	
	2004	Var (%)	2004	Var (%)	2004	Var (%)	2004	Var (%)	2004	Var (%)
Carga Própria (MW médio)	44.316	4,7	3.031	7,5	6.283	4,0	27.702	4,3	7.301	5,9
Sistema Interligado	43.730	4,7	2.973	8,4	6.270	3,8	27.257	4,2	7.321	5,7
- Pequena Geração	586	7,9	58	-24,7	13	333,33	445	8	70	37,3
Consumo Total SIN (GWh)	324.782	4,8	22.408	8,4	44.859	5,7	201.368	4,4	56.147	4,2
- Consumo Fornecimento	314.077	4,4	22.408	8,4	44.758	5,5	191.589	4,1	55.322	3,2
- Autoprodução Transportada	10.705	17,9	0	-	101	-	9.779	11,1	825	198,9
Perdas (%)	16,6	0,8	15,8	-2,9	18,7	-5,6	17,2	0,5	12,4	15,6

Como citado anteriormente, a classe que mais consome no Brasil é a industrial, seguida pela residencial. Conforme dados de 2004 [8], apresentados em resumo na Figura 1.6, em relação à estrutura de consumo de energia elétrica no Brasil, 51% do consumo de

energia nas indústrias é relativo à força-motriz, ficando outros 41% para aquecimento e processos eletroquímicos. Já a participação de iluminação nessa classe é bem pequena.

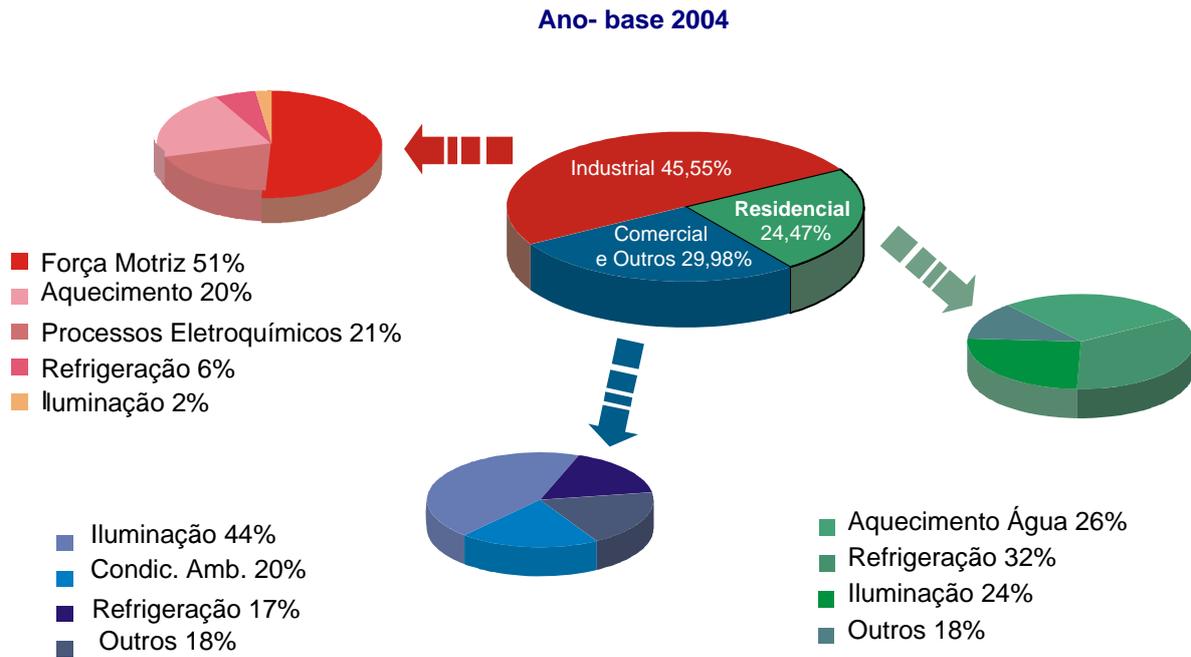


Figura 1.6 – Estrutura de consumo de energia elétrica no Brasil

Já na classe comercial e outras classes (figura 1.6), a grande participação no consumo de energia é devida à iluminação e ao condicionamento ambiental, que, juntos, correspondem a cerca de 64% do consumo total dessas classes.

A classe residencial, principal foco deste trabalho, comporta-se de forma bastante diversa das anteriores, sendo que aquecedores e refrigeradores (cargas térmicas) são os maiores responsáveis pelo consumo, da ordem de 58%. Já a iluminação também é responsável por cerca de 18% do consumo da classe, sendo também um percentual bastante significativo. Ou seja, esses percentuais devem ser objeto de estudo mais detalhado quando

o principal objetivo é a conservação de energia elétrica em consumidores residenciais, como será visto posteriormente.

1.5 MOTIVAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

Os itens anteriores apresentaram conceitos e definições sobre a Energia Elétrica, enfatizando os aspectos críticos e as necessidades da sua conservação. O tema da Conservação de Energia é atual e mundialmente preocupante devido, principalmente, às dificuldades associadas e à escassez de recursos naturais e econômicos para atender a atual e crescente escala de consumo. A conservação de energia elétrica funciona como uma usina virtual de produção de energia, pois a energia não desperdiçada pelos consumidores pode ser aproveitada por outros. Essa é a fonte de produção de energia mais econômica e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Para a disseminação dessa nova abordagem é preciso que se atue em dois focos principais: a vertente humana e a tecnológica, já introduzidas, mas que serão detalhadas Capítulo 2. Assim, pretende-se mostrar neste trabalho os principais métodos conservação de energia nas duas vertentes e alguns dos principais fatores que podem reforçar a disseminação e implementação dessa nova abordagem.

Um outro tema que de certa forma está associado à questão central deste trabalho é o da qualidade de energia. Devido à sua importância e à sua associação ao tema da conservação, esse também é abordado aqui, porém em menor escala, enfocando alguns aspectos práticos desconhecidos pela maioria dos consumidores. Esses aspectos estão associados aos problemas gerados pelas lâmpadas compactas e ditas eficientes. Experiências práticas efetuadas em laboratório fazendo uso dessas lâmpadas, e monitoradas por um equipamento analisador de qualidade de energia, também fazem parte deste trabalho. Essas cargas de iluminação foram submetidas a condições adversas de operação a partir de um protótipo de laboratório desenvolvido para reproduzir condições de afundamento momentâneo e de longa-duração de tensão.

Este trabalho está, portanto, organizado na seguinte forma:

- Capítulo 1. INTRODUÇÃO – São apresentados conceitos fundamentais e definições inerentes a energia elétrica e suas formas de utilização, bem com o atual perfil do setor elétrico nacional;
- Capítulo 2. CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – Neste capítulo são discutidas outras motivações para a conservação de energia, detalhadas as vertentes humana e tecnológica e apresentado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, bem como os principais usos finais da eletricidade;
- Capítulo 3. CONSERVAÇÃO NO SETOR RESIDENCIAL – São apresentados os principais usos finais da energia elétrica no setor residencial e as cargas residenciais típicas;
- Capítulo 4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A QUALIDADE DE ENERGIA - São apresentados conceitos fundamentais e definições inerentes à qualidade de energia elétrica, as características do protótipo simulador de condições de afundamentos de tensão e os resultados das simulações acompanhados das análises dos resultados.
- Capítulo 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

CAPÍTULO 2

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

2.1. GENERALIDADES

Um dos assuntos mais atuais é o "desenvolvimento sustentável", ou seja, manter bons níveis de desenvolvimento a fim de reduzir a pobreza de parte considerável da população e propiciar condições mais dignas de vida. Isto envolve um gerenciamento eficaz dos recursos naturais, realizando a proteção ao meio ambiente local e global, preservando os sistemas biológicos, fatores necessários para a continuação da própria espécie humana. Para isso, também é necessário que seja garantida a disponibilidade de recursos naturais em níveis semelhantes aos atuais para que as gerações futuras também tenham futuro.

Assim, ao se tratar de energia elétrica também se verifica que as fontes de energia na natureza estão cada vez mais escassas e, como consequência, são procuradas cada vez mais distantes dos centros consumidores e a custos cada vez maiores. Dessa forma, a tendência mundial é, sem sombra de dúvida, o combate ao desperdício e a conservação de energia elétrica, pois, ao serem realizados, também estará sendo garantida a manutenção de parte dos recursos naturais.

Com relação ao Brasil, conforme dados estimados da ELETROBRÁS, no ano de 2003 cerca de 35 TWh foram desperdiçados, ou seja, 11,5% do consumo total de energia elétrica no Brasil poderia ter sido evitado. Transformando esses dados em cifras, única linguagem que consegue sensibilizar alguns cidadãos, se considerarmos uma tarifa média da ordem de R\$ 0,1786 por kWh, em média R\$ 6,2 bilhões estão sendo anualmente desperdiçados [8]. Logo, esses dados confirmam a importância que a conservação de energia elétrica tem para o nosso país, principalmente levando em conta que grandes investimentos poderiam ser evitados, empréstimos poderiam não ser solicitados para construção de novas usinas e linhas de transmissão, impactos ambientais poderiam ser evitados, além do risco real de

novo colapso nos próximos anos ser pelo menos postergado, uma vez que a situação pelo lado da oferta tende a se agravar, dentre outras razões, pelo aumento do custo marginal de geração (cerca de 41 US\$/MWh no ano 2000 para 58 US\$/MWh em 2010) e pelo alto crescimento da demanda de eletricidade (mesmo já tendo sido de 5.6% a.a. na década de 90, a previsão da média anual continua em 4.6% para o período até 2010). Portanto, existem muitas dificuldades, sejam técnicas, financeiras ou ambientais, para o aumento da geração de energia elétrica a fim de garantir nos próximos anos as taxas esperadas de desenvolvimento do país, e a conservação de energia assume papel importantíssimo nesse sentido.

2.2 OUTRAS MOTIVAÇÕES PARA CONSERVAR ENERGIA ELÉTRICA

Em cada atividade urbana a energia encontra-se presente e sem sua presença o mundo civilizado pararia completamente, pelo menos na forma como se apresenta atualmente. Se a evolução da raça humana começou com a descoberta do fogo, as sociedades modernas tenderão a evoluir de acordo com a eficiência com que conseguirem explorar as fontes energéticas existentes, especialmente as renováveis, uma vez que cerca de 55,2% da energia atualmente consumida no mundo inteiro provém do petróleo e do gás natural [11].

Neste contexto, cabe uma reflexão sobre a energia elétrica e o Brasil, o qual precisa atender uma população de mais de 184 milhões de habitantes, em cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados de área total. Para isso, possui hoje capacidade de geração de energia elétrica instalada de 93,2 GW, oferta interna de energia elétrica de 402,8 TWh e consumo anual de cerca de 375,2 TWh. O consumo anual de energia elétrica por habitante é de 2.036 kWh/ano/habitante e sua taxa de crescimento anual de consumo de energia elétrica vem se mantendo na casa dos 4,2% ao ano [11].

Como informação adicional, o consumo total de energia elétrica deverá crescer 78% em apenas 10 anos, ficando no patamar de 668 TWh se as medidas de conservação de energia elétrica previstas nos planejamentos energéticos nacionais não forem implementadas e de 593 TWh com a devida conservação, ou seja, uma redução de 11,2%, o que já demonstra a importância da conservação de energia elétrica.

A partir da estrutura de consumo de energia elétrica do Brasil apresentada anteriormente e da estimativa de que o setor industrial convive com taxas de desperdício de energia maiores que 25% (dados do SEBRAE/Programa Energia Brasil), é possível começar a vislumbrar as oportunidades de as empresas obterem ganhos com redução no consumo de energia, nos custos em geral, além disso aumentando a qualidade, melhorando o ambiente de trabalho e a produtividade, sem abrir mão do conforto e da segurança.

Oportunidades relativas à conservação de energia também existem para outras classes de consumo, como para a classe residencial, onde somente a energia consumida com iluminação e refrigeração, destacando-se os aparelhos de ar-condicionado, corresponde aproximadamente a 56% do consumo dessa classe.

Talvez a principal motivação para a conservação de energia elétrica seja a constatação de que o custo de qualquer ação de conservação é bem menor do que o associado para a construção de uma nova usina hidrelétrica ou térmica, pois o custo médio da energia conservada é estimado em 0,024 US\$/kWh, bastante inferior ao custo marginal de expansão do setor elétrico, que situa-se entre 0,047 e 0,100 US\$/kWh [14]. Como esse tipo de economia pode parecer muito distante da realidade do cidadão comum, pode-se visualizar outras vantagens da conservação para o consumidor e para a nação:

- Redução da demanda de energia no horário de ponta do sistema elétrico;
- Minimização de impactos ambientais que seriam causados pela construção de novas usinas hidrelétricas, térmicas, nucleares, linhas de transmissão e distribuição de energia, etc;
- Economia de recursos pela redução ou postergação de investimentos na expansão do sistema elétrico (construção de novas usinas, linhas de transmissão, etc);
- Redução do consumo de bens nobres como água, gases e outros tipos de combustíveis utilizados nos processos de produção;
- Otimização de investimentos já efetuados no sistema elétrico;
- Melhoria das instalações elétricas dos consumidores e conseqüente redução de perdas técnicas;
- Aumento de produtividade, competitividade e do controle do processo de produção para empresas, pela melhoria da eficiência de processos e equipamentos;

- Garantia de melhores condições de atendimento ao mercado consumidor de energia elétrica;
- Criação de uma cadeia de cidadãos comprometidos com o combate a qualquer tipo de desperdício, como o de alimentos, de água, de matérias primas em geral, etc.

Com relação aos danos ambientais que têm íntima relação com o processo de desenvolvimento de um país e ao conseqüente aumento no consumo de energia, destacam-se:

- Extinção de grande parte de fauna e flora devido a inundações necessárias para criação de reservatórios de usinas hidrelétricas;
- Perda de terras cultiváveis (desertificação);
- Desmatamento;
- Emissão de poluentes, principalmente os desprendidos da combustão de combustíveis fósseis, em especial o gás carbônico (CO₂);
- Poluição de rios, lagos, mares e da atmosfera;
- Poluição do solo e de águas subterrâneas;
- Contribuição para aumento do efeito estufa pela geração de CO₂;
- Contribuição para aceleração de mudanças climáticas;
- Esgotamento das reservas naturais.

O maior problema ambiental provocado pela utilização de energia é, sem dúvida, o efeito estufa, que é o aumento da temperatura média do planeta em conseqüência do crescimento dos níveis de concentração atmosférica de alguns gases, os popularmente conhecidos como gases estufa: gás carbônico (CO₂), os CFCs, o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), dentre outros, que conseguem absorver parte da radiação infravermelha que a terra devolve para o espaço. Segundo HOSKYN [36], as principais ações que podem ser realizadas para a redução das emissões de CO₂ são:

- Eficiência e conservação de energia;
- Substituição de combustíveis;

- Utilização de fontes renováveis de energia;
- Captura e deposição do CO₂.

Como visto acima, a eficiência energética e a conservação de energia também contribuí fortemente para a redução de danos ao meio ambiente. Além disso, como já comentado, a conservação de energia elétrica é uma forma de geração muito eficiente, ou seja, uma fonte virtual de produção de energia elétrica, não poluente e mais barata que a construção de novas usinas. Isso quer dizer que a energia conservada, por exemplo, em motor de grande porte que estava superdimensionado pode ser utilizada para atender uma nova unidade de saúde ou um pequeno condomínio residencial, sem ser desperdiçada.

Uma das características da conservação de energia elétrica é a de que os consumidores e usuários continuam usufruindo de todo o conforto, da qualidade dos serviços e produtos, e dos demais benefícios proporcionados pela energia elétrica. Para conseguir, então, esses benefícios, os programas de conservação de energia elétrica, como já citado, devem ser desenvolvidos seguindo duas vertentes. A humana, onde os principais objetivos são a mudança de hábitos de consumo e atitudes pelos consumidores, o que pode levar à mudança de comportamentos; a sensibilização de formadores de opinião; e a qualificação profissional. Já a vertente tecnológica é caracterizada pelo desenvolvimento de novos processos e equipamentos e pela utilização das novas tecnologias na produção, operação e manutenção de equipamentos e processos. Desta forma, são obtidos resultados iguais ou superiores aos anteriormente conseguidos com um consumo menor de energia. Essa vertente é a grande responsável pela redução de custos, pela produção de mudanças nos processos produtivos, na disposição de ambientes e na arquitetura das edificações, bem como nas formas de relação, geralmente unilaterais, entre consumidores e concessionárias, pois abre-se, inclusive, a perspectiva de cogeração ou de geração própria.

2.3 VERTENTE HUMANA DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Como já citado, dois dos principais objetivos dessa vertente são a mudança de hábitos de consumo e atitudes pelos consumidores e a sensibilização de formadores de opinião [2]. Para que isso se concretize, o consumidor-cidadão deve receber e adquirir

informações que o auxiliem a se sensibilizar com esse novo paradigma, o que será o motor de indução para a mudança de hábitos e atitudes, primeiros passos para a mudança de comportamento. Nesse sentido, são propostas ações educativas elaboradas de acordo com o público a ser atingido, a fim de que se tenha uma linguagem própria para cada segmento e exemplos mais próximos da realidade dos usuários, multiplicando as chances de sucesso.

Como exemplo das ações e técnicas já empregadas no Brasil, destacam-se alguns programas e materiais desenvolvidos por empresas e diversos órgãos ligados à conservação de energia [8]:

- Programa PROCEL nas Escolas – o principal exemplo da vertente humana no Brasil, que será apresentado com bastantes detalhes no tópico a seguir, é a princípio levado a sensibilizar formadores de opinião, para depois ser disseminado para o verdadeiro público-alvo;
- Implementação de Laboratórios de Eficiência Energética, que, além de permitir a realização de estudos voltados à vertente tecnológica, são formados os profissionais que irão atuar nessa área;
- Criação de Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE em empresas e instituições públicas e privadas. A CICE é uma comissão que deve ser bastante heterogênea - formada por representantes de todos os níveis e setores da instituição ou empresa - para que a chance de sucesso seja bem grande. A CICE tem o papel de elaborar campanhas educativas, definir metas a serem alcançadas por todos e pelas instalações, acompanhar as possíveis implantações decorrentes da vertente tecnológica, controlar e divulgar as informações mais relevantes e os resultados obtidos.

O terceiro principal objetivo dessa vertente é a qualificação de profissionais integrados ao contexto sócio-econômico para lidar com a vertente tecnológica a fim de tirar vantagens competitivas de equipamentos tecnologicamente mais eficientes e de novos processos ou de energeticamente melhorados. Esses profissionais, geralmente são os responsáveis pelos processos produtivos, possuindo diversos tipos de formação, como engenharia mecânica, elétrica, de produção, etc.

Assim, a vertente humana tem a missão não só auxiliar na redução do consumo de energia elétrica, mas a de envolver a própria comunidade na solução desse problema, devendo fazê-lo de forma que seja perene e que haja replicabilidade.

2.4 VERTENTE TECNOLÓGICA DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A vertente tecnológica [2] refere-se à aplicação de novas tecnologias a processos e equipamentos, podendo ser verificada tanto na fabricação, manutenção e operação de equipamentos, quanto na própria ambientação e arquitetura. É nessa vertente que se emprega largamente o termo eficiência energética, pois busca-se efetuar as mesmas atividades (ou semelhantes) e conseguir os mesmos resultados (ou melhores) através da utilização de uma quantidade menor de energia. Isso geralmente leva à redução dos custos de uma instalação consumidora, seja pelas mudanças introduzidas no processo produtivo, pela substituição de equipamentos não tão eficientes, pela melhoria dos processos de manutenção, ou até mesmo por alterações na arquitetura das edificações.

O surgimento de novas tecnologias, de inovações tecnológicas ou de processos inovadores não surge de imediato; é o resultado de um processo bastante complexo e geralmente lento. Isso envolve pesquisas científicas e desenvolvimento tecnológico realizados por universidades, centros de pesquisas, empresas, com a contribuição de usuários e profissionais diretamente ligados ao processo produtivo, que sugerem modificações em alguma parte do processo, propõem alternativas, mudanças organizacionais, dão idéias, observam detalhes imperceptíveis. Todas essas ações combinadas aos esforços das equipes de pesquisadores, acarretam melhoria no custo e na qualidade de produtos/serviços/resultados.

Assim, a difusão dos conhecimentos científicos e a descoberta de novos, junto com a capacidade de transformação dessas descobertas em processos e produtos novos ou melhorados, são o resultado da combinação de comunicação, ciência, tecnologia, apreensão de conhecimento, demanda e a respectiva produção, bem como das diretrizes políticas. A vertente tecnológica abrange, portanto, a aplicação, desenvolvimento ou aprimoramento:

- De equipamentos;
- De processos produtivos em geral;
- De processo de manutenção;
- Da arquitetura e ambientação das edificações.

2.4.1 DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS

A vertente tecnológica da conservação de energia também é responsável pela produção de novos equipamentos e processos ou pelo aprimoramento dos já existentes, a fim de que consigam executar as tarefas a que se propõem com a vantagem de consumir menos energia. Esse desenvolvimento é fruto de conhecimentos adquiridos com os equipamentos e processos já existentes e com a aplicação e desenvolvimento de conceitos geralmente desenvolvidos nos campos da química e da física. São também geralmente empregados novos materiais na concepção dos equipamentos, bem como dispositivos eletrônicos, microeletrônicos e de eletrônica de potência. Devido a esses últimos, houve um grande avanço no controle dos processos produtivos e no controle de acionamento e velocidade de motores através do uso de inversores de frequência. Alguns exemplos de equipamentos desenvolvidos nesse conceito e que vêm sendo largamente utilizados são as lâmpadas fluorescentes compactas e os aparelhos de ar condicionado tipo split [1].

No caso de processos, pode-se destacar a facilidade de monitoramento de processos de produção à distância, através do uso de linhas telefônicas fixas ou móveis, a programação do acionamento de cargas de forma não simultânea, visando à redução da demanda instantânea de uma instalação [1].

2.4.2 DESENVOLVIMENTO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Não basta apenas que surjam novos equipamentos ou que esses sejam aprimorados. É aproveitar adequadamente essas inovações tecnológicas, especialmente nos processos produtivos. Para isso, começaram a ser formados os profissionais de engenharia de produção, que têm a função de estudar os processos e encontrar alternativas mais eficientes energeticamente. Assim é realizada a análise de todo o processo produtivo, desde a entrada

de um insumo até a saída do produto final. A partir de idéias próprias ou de usuários, do conhecimento organizacional e das técnicas de engenharia de produção, são propostas ações que acarretam na redução do consumo de energia global e/ou aumento de produtividade, o que também pode reduzir o consumo de energia por unidade produzida. Como exemplos dessas ações podem ser citadas a mudança de etapas de montagem, a substituição de um equipamento ou máquina por outro mais eficiente, a alocação de novos profissionais, etc, tudo isso visando a obter um melhor desempenho do processo produtivo.

2.4.3 DESENVOLVIMENTO DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção de equipamentos e demais partes de uma instalação elétrica é, sem dúvida, um fator importante para a consecução dos resultados esperados. Além disso, a criação de rotinas adequadas de manutenção pode levar à redução no consumo de energia e ao aumento na produtividade, pois, dentre outros benefícios, diminui o risco de paralisação do processo produtivo ocasionado pelo desgaste de contatos elétricos e mecânicos e de partes móveis dos equipamentos. Também, aumenta a vida útil dos mesmos e evita ou posterga a aquisição de novos equipamentos.

Atualmente existem medidores das mais variadas grandezas que se destinam à supervisão do desgaste de peças e equipamentos, os quais fornecem dados que podem ser comparados aos fornecidos pelos fabricantes, permitindo um monitoramento constante. Segundo as teorias mais aceitas atualmente, uma rotina de manutenção bem elaborada deve ser criada observando os seguintes conceitos [15]:

- *Manutenção Corretiva* - baseada na técnica de gerência reativa, ou seja, após a falha da máquina ou equipamento é que é realizada a ação de manutenção. Nesse tipo de manutenção o equipamento ou máquina trabalha até o momento que ocorre o defeito. Se a manutenção utilizada por determinado consumidor está totalmente baseada na manutenção corretiva, isso acaba se tornando a maneira mais cara de gerência de manutenção, pois, apesar da redução inicial de custos com manutenção, há o aumento de custos devido às horas-extras da equipe técnica e ao aumento de perdas na produção devido a paradas não

programadas. E para que sejam evitadas paradas prolongadas, é necessário que o setor de manutenção mantenha grandes estoques de peças sobressalentes, aumentando os custos finais;

- *Manutenção Preventiva* - é a gerência de manutenção baseada na capacidade de antecipação aos problemas. Para isso, é necessária a realização de um planejamento prévio e a execução de ações com antecedência, com a finalidade de que sejam evitadas as ocorrências de falhas. Assim, as tarefas de manutenção são realizadas de acordo com os “tempos gastos” ou com as “horas de operação”, ou seja, os programas de manutenção preventiva assumem que os equipamentos sofrem desgastes de acordo com uma escala de tempo típica, elaborada conforme sua classificação e tipo de utilização. O grande argumento utilizado na defesa desse tipo de manutenção é que a mesma consegue prolongar a vida útil dos equipamentos como um todo. Porém, apresenta um custo considerável de reposição, uma vez que pode acontecer a troca de peças ou equipamentos que poderiam ainda continuar em operação por um período de tempo maior, mas que tiveram que ser substituídos por o tempo padrão da escala ter sido atingido;
- *Manutenção Preditiva* - manutenção baseada no acompanhamento periódico ou contínuo do rendimento operacional, da condição mecânica real e de outros indicadores da condição operativa de equipamentos ou sistemas de processos. Assim, são criados parâmetros em tempo real, os quais indicam com mais precisão o intervalo máximo entre reparos, ou seja, em vez de estar baseada nos dados estatísticos de vida média, a programação das ações de manutenção preditiva baseia-se no monitoramento direto das condições mecânicas, do rendimento do sistema e de outros indicadores. Desta forma, é possível determinar o tempo médio para falha real ou para a perda de rendimento do equipamento [15]. A grande vantagem desse tipo de manutenção é que os custos com paradas de equipamentos e processos, com reposição e com pessoal são reduzidos. A desvantagem fica por conta do elevado custo inicial dos equipamentos responsáveis pelo monitoramento dos indicadores;

- *Manutenção Proativa* - ao contrário das demais, tem como objetivos principais identificar e eliminar as causas da falha de um equipamento, e não simplesmente consertar o defeito. É, portanto, o resultado da combinação da manutenção preventiva com a preditiva. Assim, é possível a identificação de problemas potenciais antes de acontecerem. O maior argumento dos defensores desse tipo de manutenção é a redução obtida nos custos com manutenção e com paradas de equipamentos e processos. As principais desvantagens são: custo inicial elevado dos equipamentos responsáveis pelo monitoramento dos indicadores e o conhecimento técnico profundo dos equipamentos e da engenharia do produto, bem como da utilização de ferramentas que permitam a combinação dos dados das manutenções corretivas, preventivas e preditivas.

2.4.4 DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA DE EDIFICAÇÕES

Ao longo dos tempos e ainda hoje, as edificações vêm sendo construídas para garantir a acomodação e proteção de homens e equipamentos para proporcionar os meios necessários para a produção das diversas atividades humanas e para se integrar harmoniosamente à paisagem que incorpora. Porém, atualmente um novo conceito se agrega aos anteriores, qual seja a integração ao ambiente. Quer dizer, o aproveitamento de todos os recursos naturais disponíveis e possíveis com a finalidade de que seja amenizado ao máximo o impacto ambiental causado pela própria edificação, o que implica na necessidade de que seja reduzido o consumo de energia, que, como já citado, é um dos causadores de impactos ambientais.

Assim, preocupações com a utilização da ventilação e da luz natural, com o uso de técnicas de arquitetura passiva para melhorar o conforto térmico, etc, já começaram e passarão, cada vez mais, a ser incorporadas na arquitetura moderna. Além dos benefícios citados, proporcionam redução no consumo de energia, crescimento dos índices de produtividade, minimização de problemas de saúde relacionados às condições laborais e diminuição no número de acidentes de trabalho.

Por outro lado, toda e qualquer reforma que vise à adequação às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT deve ser executada, mesmo que acarrete aumento no consumo de energia, pois o conceito de conservação de energia, apesar de remeter à redução no consumo de energia e à realização de uma atividade com o menor consumo energia, não implica na perda do conforto e da qualidade de vida que a energia proporciona. A construção de edificações eficientes já é uma realidade, haja vista já existirem no Brasil inclusive cursos de pós-graduação sobre esse tipo de arquitetura, os quais estudam a aplicação e o desenvolvimento de novas tecnologias na área de construção civil, ambientação e tecnologia dos materiais. Vale ressaltar que, apesar da formação de profissionais da área de arquitetura eficiente ser da vertente humana, as adequações realizadas em estruturas físicas de instalações são consideradas dentro da vertente tecnológica, pois visam a melhorias no ambiente de trabalho.

Nos tópicos a seguir serão apresentadas iniciativas e aspectos que levam à conservação de energia elétrica nos principais usos finais, mas antes disso vale à pena fazer um registro de algumas políticas e experiências institucionais de conservação de energia elétrica realizadas no Brasil, das quais a mais importante e de melhores resultados tem sido o programa governamental PROCEL.

2.5 PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Criado em 1985 com o então nome de Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, o PROCEL é um programa vinculado ao Ministério de Minas e Energia - MME e operacionalizado pela ELETROBRÁS. Sua missão é a de estimular o uso eficiente e racional de energia elétrica, combatendo o seu desperdício, e reduzir os impactos ambientais, proporcionando maiores benefícios à sociedade. e a diminuição dos investimentos setoriais.

Só para ilustrar, de 1985 até o final de 2006 (Tabela 2.1), o PROCEL proporcionou uma redução de aproximadamente 22 bilhões de quilowatts-hora (22 TWh), o que corresponde a um ano do consumo de energia elétrica do Estado do Rio Grande do Sul ou o abastecimento de cerca de 13 milhões de residências nesse mesmo período [16].

Tabela 2.1 – Resultados obtidos pelo PROCEL 1986-2005

Resultados anuais obtidos pelo PROCEL 1986-2005

	1986/ 2001	2002	2003	2004	2005
Investimentos Eletrobrás/Procel (R\$ milhões)	231,9	5,95	14,16	27,18	37,17
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	582,8	42,3	41	94,15	98
Energia Economizada (GW h/ano)	14.135	1.270	1.817	2.373	2.158
Usina Equivalente (MW) (d)	3.292	305	436	569	518
Redução de Demanda na Ponta (MW)	3.871	309	453	622	585
Investimentos Postergados (R\$ milhões)	7.307	1.339	2.007	2.492	1.786

Fonte: Eletrobrás/Procel Avaliação

RESULTADOS PROCEL - TOTAL ACUMULADO 1986-2005	
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	858,25 *
Energia Economizada e Geração Adicional (Gwh/ano)	21.753
Usina Equivalente (MW)	5.124
Redução de Carga na Ponta (MW)	5.839
Investimento Postergado (R\$ bilhões)	14,93

* - Inclui a parcela relativa à RGR e os Recursos do GEF - Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL Avaliação

As ações do PROCEL têm por objetivo a obtenção do mesmo produto ou serviço com menor consumo de energia elétrica, ou seja, a redução da intensidade energética. Isto tem sido conseguido e está sendo continuamente perseguido através de investimentos em informação e educação, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, legislação, regulação e regulamentação, tarifas e incentivos com vistas à redução da intensidade energética. As principais diretrizes estratégicas do PROCEL são [16]:

- Vincular o combate ao desperdício e uso eficiente e racional da energia elétrica à qualidade, à produtividade, ao meio ambiente e à educação. É a dimensão sócio-política;
- Propor políticas e formular o Plano Estratégico Decenal e o Plano de Ação Trienal para o combate ao desperdício e o uso eficiente e racional de energia elétrica no país, criando as condições necessárias para alcançar as metas estabelecidas. Constitui-se a dimensão planejamento;
- Fomentar mecanismos de financiamento e captação, buscando incrementar e assegurar o fluxo regular de recursos para as ações do combate ao desperdício e uso eficiente e racional de energia elétrica. É a dimensão Financiamento e Captação de Recursos;
- Estimular e apoiar os agentes envolvidos com pesquisa, desenvolvimento tecnológico e capacitação de recursos humanos, promovendo sua integração e o repasse dos resultados obtidos para a sociedade. Corresponde à Capacitação e Desenvolvimento Tecnológico.

O potencial de conservação de energia do Brasil, estimado pelo PROCEL, é mostrado na Figura 2.1. Já o potencial de conservação de energia elétrica pelo lado da demanda para o ano de 2015 estimado pelo PROCEL é mostrado na Tabela 2.2.

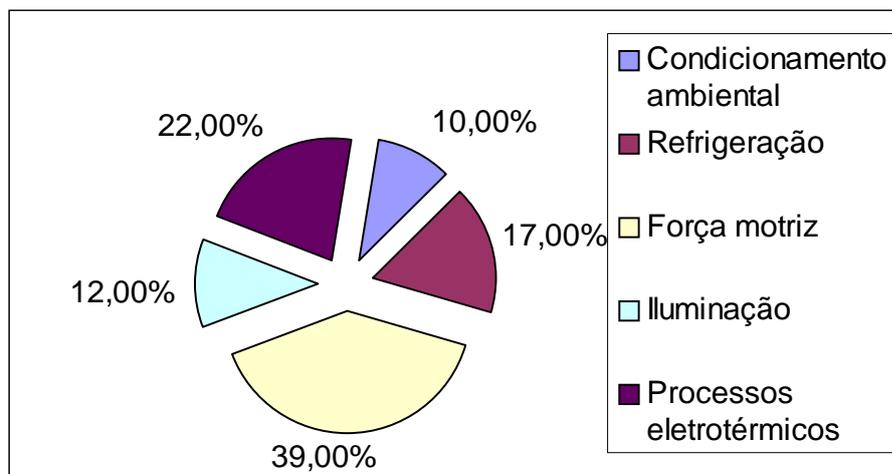


Figura 2.1 – Potencial de conservação de energia elétrica no Brasil

Tabela 2.2 – potencial de conservação de eletricidade - ano 2015

SETOR	CONSUMO (TWh)		ECONOMIA	
	Sem conservação	Com conservação	Diferença (TWh)	Percentual (%)
RESIDENCIAL	179	168	11	6,1
INDUSTRIAL	307	262	45	14,7
COMERCIAL	96	80	16	16,7
OUTROS	86	83	3	3,5
TOTAL	668	593	75	11,2

Assim, se as medidas de conservação forem levadas a efeito, o investimento em expansão do sistema elétrico será 29,5% menor até 2015, do que se elas não forem executadas, resultando em uma relação custo/benefício (RCB) do investimento em conservação versus investimentos evitados de 1:8 para o setor elétrico e de 1:3 para a sociedade, o que demonstra a grande importância dessas medidas [16].

Uma das principais conquistas obtidas pelo PROCEL desde a sua criação foi a aprovação da lei 10.295/2001 [17], mas conhecida como Lei de Eficiência Energética. Essa lei está em fase gradativa de implantação e definirá os índices de eficiência mínimos ou níveis máximos de consumo de energia para determinados equipamentos que utilizam energia elétrica.

As principais ações do PROCEL estão na área de educação e capacitação, com o PROCEL nas Escolas; mas também em prédios públicos; na área de saneamento, com o PROCEL SANEAR; na administração municipal, com o programa Gestão Energética Municipal – GEM; na iluminação pública, com o RELUZ; com o programa de etiquetagem/Selo PROCEL e Prêmio PROCEL, como detalhado a seguir.

2.5.1 - PROCEL EDUCAÇÃO (PROCEL NAS ESCOLAS)

O objetivo do PROCEL Educação, até o primeiro semestre de 2007 conhecido como PROCEL nas Escolas, é capacitar professores da educação básica (educação infantil, ensino fundamental e médio) das redes de ensino público, privado, do SENAI e do SENAC, para a conservação de energia, através da utilização da metodologia “A Natureza da Paisagem - Energia”. Atuam desta forma, os professores como multiplicadores da mudança de hábito junto aos seus alunos, visando a uma futura mudança de comportamento, contribuindo, assim, para o exercício pleno da cidadania. A metodologia “A Natureza da Paisagem – Energia Recurso da Vida” é, na verdade, um programa de educação ambiental, que foi desenvolvida pelo Centro de Cultura, Informação e Meio Ambiente – CIMA especialmente para a ELETROBRÁS. Tal como qualquer proposta pedagógica, possui princípios fundamentais que guiam sua implantação, seu acompanhamento e sua avaliação. Uma vez que é um programa de educação ambiental, possui os mesmos oito princípios da Educação Ambiental, definidos na cidade de Tibilisi (Geórgia) no ano de 1977, quais sejam [8]:

- *TOTALIDADE* - Como o ser humano e a natureza fazem parte de um todo, é necessário entender o ambiente de forma integrada, através de abordagens múltiplas.

- *INTERDISCIPLINARIDADE* - Uma vez que o ambiente é uma totalidade, não adianta, por exemplo, um especialista apresentar isoladamente suas sugestões para solução de problemas. É preciso que para cada disciplina do currículo sejam apresentadas por profissionais de várias áreas a maior quantidade de sugestões possíveis.
- *TEORIA/PRÁTICA* - É necessário pensar a realidade e agir. Assim, através do acúmulo de informações é possível fazer melhor e se preparar para a vida e um dos locais mais indicados para que isso aconteça é a escola.
- *RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS IMEDIATOS* - Uma vez constatado que é devido aos seres humanos e suas realizações que a terra vem apresentando problemas ambientais graves, os envolvidos são levados a se questionar sobre o que podem fazer dentro desse espaço do cotidiano, já que alguns desses problemas não são resolvidos a partir da intervenção a nível local.
- *PROCESSO PERMANENTE* - “A natureza do homem é a de aprender sempre”.
- *MUDANÇA DE HÁBITOS* - A partir da constatação dos enormes danos ambientais e da necessidade de mudança desse quadro, as pessoas são impelidas a terem um comportamento diferente para que seja garantida uma vida saudável para a atual geração e para as futuras.
- *PARTICIPAÇÃO/PARCELIAS* - Como a Educação Ambiental aborda assuntos comuns a toda a humanidade, é necessária a participação da sociedade civil, do Estado e da iniciativa privada, como forma de conseguir o comprometimento de todos os agentes envolvidos com o resultado final e a fim de que sejam garantidos os recursos necessários para consecução dos objetivos.

- *QUALIDADE DE VIDA* - Está relacionada ao bem estar do homem e à sua satisfação, de forma que precisa ser garantida a cada dia e para sempre.

Essa metodologia vem sendo aplicada com sucesso em várias cidades do Brasil e os resultados que têm sido alcançados são bastante satisfatórios, reduzindo o consumo a mais de 6,0 kWh/mês por residência de aluno envolvido no projeto (6,93 kWh/mês segundo a Companhia Paranaense de Energia - COPEL e 8,77 kWh/mês de acordo com dados das Centrais Elétricas de Minas Gerais – CEMIG [2]). Como em 2006, havia mais de 49 milhões de estudantes em todos os níveis da educação básica no País, pode-se perceber que os resultados tendem a ser bastante expressivos, sem contar que no ensino supletivo, médio técnico e superior são outros 6 milhões de alunos. No período de 1995 a 2003, os resultados obtidos pelo PROCEL nas Escolas foram: 12.300 escolas participantes, mais de 96.000 professores capacitados e cerca de 10,5 milhões de alunos sensibilizados.

Como pode ser observado, o programa oferece ao alunado e, por extensão, à sua família, informações essenciais que permitem otimizar o uso da energia e uma eventual substituição de equipamentos por outros mais eficientes. Como o consumo residencial está intimamente ligado à posse e ao uso de eletrodomésticos e como a penetração destes está se dando cada vez mais nas classes menos favorecidas, a correta sensibilização para o uso e aquisição adequada dos mesmos torna-se fundamental para que se consiga níveis interessantes de conservação de energia e, como consequência, diminuição no impacto ambiental.

Apesar de todo o sucesso alcançado, a metodologia utilizada tem passado por avaliações e foi reformulada através do Programa de Ampliação e Atualização do PROCEL NAS ESCOLAS - PAPE, o que permitirá ampliar ainda mais sua atuação e eficácia. Para isso, um novo material didático, lançado em 30 de maio de 2007, foi introduzido nessa metodologia de sucesso. Esse material, que foi ilustrado por Ziraldo, é composto de sete livros, um álbum seriado, um jogo educativo, um folder e um programa em vídeo, tem seu foco também no segmento residencial. De qualquer forma, as etapas de implantação do PROCEL nas Escolas são: sensibilização adequada, princípios fundamentais, processo de implantação, processo de acompanhamento e processo de avaliação.

O PROCEL Nas Escolas, para sua perfeita implantação, precisa se articular com Concessionárias de Energia Elétrica e com Secretarias de Educação, para então envolver professores de todas ou quase todas as disciplinas aplicadas nas escolas. Assim, após a articulação com concessionárias, são realizadas reuniões iniciais com as Secretarias de Educação (estaduais e/ou municipais) e com as superintendências do SENAI, SENAC, etc, para que haja engajamento das mesmas e para que sejam traçados os cronogramas de implantação. Depois, são realizados cursos de capacitação para os multiplicadores (técnicos em educação, professores ou outros profissionais que depois capacitarão os demais professores), palestras de sensibilização para diretores de escolas e cursos de capacitação para professores, quando então são demonstradas as formas de se utilizar o material didático-pedagógico e as fichas de acompanhamento das residências.

Os instrumentos para implementação eficaz do programa compreendem: processo de acompanhamento, ficha de cadastro da escola, ficha de cadastro da residência, ficha de acompanhamento da escola e ficha de acompanhamento da residência. Os resultados informados nas fichas são computados, quantificados e servem para avaliação de quão efetivo está sendo a implementação do programa. O material didático é distribuído gratuitamente para as escolas e fica à disposição dos professores e alunos, em quantidade suficiente para que três turmas de alunos possam trabalhar simultaneamente.

Um dos pontos mais importantes da metodologia é que as ações de combate a qualquer tipo de desperdício são tratadas como um exercício de cidadania e que, dentro de cada disciplina (interdisciplinaridade), são trabalhados os conceitos básicos. São apresentadas sugestões para solução dos problemas por profissionais de diversas áreas, lembrando-se sempre que em especial a conservação de energia é uma fonte de energia limpa.

Vale ressaltar que a meta do PROCEL Educação lançada em maio de 2007 é atingir com a metodologia cerca de 18.000 escolas de todas as regiões do país.

2.5.2 – PROCEL EPP (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS PRÉDIOS PÚBLICOS)

Esse projeto [16] foi iniciado pelo PROCEL no ano de 1997 com a função de promover a eficiência energética em prédios públicos federais, estaduais e municipais. Os objetivos compreendem a implantação de projetos-piloto com potencial de replicação em larga escala, a implementação de ações de sensibilização, capacitação e divulgação, o estabelecimento de parcerias com outros setores e a realização de projetos-demonstração. Apesar de o seu início ter sido bastante modesto, ganhou grande impulso com a edição do Decreto nº 3.789, de 18/04/2001, durante o racionamento de energia elétrica entre 2001 e 2002, quando a meta era reduzir o consumo em até 20%. Esse Decreto foi revogado várias vezes e hoje vige o Decreto nº 4.131, de 14/02/2002, que determina que os órgãos da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional deverão observar meta de consumo de energia elétrica correspondente a 82,5% do consumo mensal, tendo por referência o mesmo mês do ano 2000, a partir de fevereiro de 2002. Isso impulsionou o Programa e atualmente há mais de 15.000 prédios públicos cadastrados no PROCEL.

2.5.3 - PROGRAMA PROCEL EDIFICA

O Programa PROCEL Edifica [16] faz a articulação entre diversas entidades das áreas governamental, econômica, tecnológica e de desenvolvimento para, através de enfoque multisetorial, promover a conservação e o uso eficiente da energia elétrica em edificações, reduzindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente. Os objetivos do PROCEL Edifica com relação ao desenvolvimento tecnológico são:

- Colaborar no desenvolvimento e capacitação de laboratórios de arquitetura eficiente e de conforto ambiental com eficiência energética, especialmente os custeados pela ELETROBRÁS. Até meados de 2007, já haviam sido capacitados 13 dos 15 laboratórios que receberam aporte total de mais de 2 milhões de reais para estudos de sistemas térmicos, eficiência energética e conforto ambiental em edificações, como por exemplo, os das Universidades Federais de Alagoas, Rio Grande do Norte, Pelotas, Santa Catarina, Rio de Janeiro e Bahia;

- Promover o intercâmbio entre as instituições da produção científica e didática sobre os temas de interesse;
- Estimular o desenvolvimento de inovações tecnológicas e de novas tecnologias relativas a projetos e construções;
- Fomentar parcerias nas atividades de ensino, pesquisa e extensão entre os participantes do programa.

A contrapartida dessas instituições será o desenvolvimento de produção científica que resulte em nível maior de qualidade das edificações, através de aproveitamento de iluminação e ventilação naturais, acústica e sistemas térmicos.

Neste ano de 2007, a ELETROBRÁS lançou a Rede de Eficiência Energética em Edificações – RedEEE, cuja implantação atenderá aos anseios do corpo docente e discente dos centros de pesquisa das faculdades de arquitetura, urbanismo e de engenharia civil e de outros centros de pesquisa que venham a se alinhar ao plano de ação do Edifica, pois otimiza intercâmbio de conhecimentos e esforços desenvolvidos para a produção tecnológica. Através de um portal computacional, denominado de *PROCEL Info*, será implantado uma espécie de escritório virtual da RedEEE, o qual permitirá a realização de conferências on-line, a troca de arquivos, etc, bem como criará fóruns de discussão, tudo isso em um ambiente de acesso seguro. Outros passos importantes realizados pelo PROCEL Edifica foram a inclusão nos currículos das instituições de ensino superior do tema arquitetura sustentável e o financiamento de bolsas de mestrado para pesquisadores dessa área, o que será essencial como estratégia de disseminação do conceito de conservação de energia entre estudantes e para a formação dos futuros profissionais dos citados campos do conhecimento.

2.5.4 - GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL

O Programa Gestão Energética Municipal - GEM [16] é destinado às administrações públicas municipais e a seus servidores de nível técnico, a consultores e especialistas em assuntos relacionados à energia elétrica e a técnicos de concessionárias. O GEM tem o objetivo principal de fornecer ferramentas e habilidades a gestores e servidores

municipais de nível técnico para que consigam realizar o gerenciamento do uso da energia elétrica nas municipalidades, controlando seus custos, desempenho e eficiência.

Para facilitar a disseminação e troca de experiências e informações entre municípios, participantes do GEM ou não, o PROCEL criou a Rede Cidades Eficientes - RCE, que se organiza nos moldes da rede europeia *Energie-Cités (Association de Municipalités Européennes pour la Maîtrise de l'Énergie en Milieu Urbain)*. A RCE foi criada em parceria com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM.

2.5.5 - PROCEL SANEAR

O Programa de Eficiência Energética no Saneamento Ambiental – PROCEL SANEAR tem como principais objetivos:

- A realização de ações que levem ao uso eficiente de energia elétrica e de água em sistemas de saneamento ambiental;
- A promoção e incentivo do uso eficiente dos recursos hídricos, como estratégia de conservação de água para futura geração hidroelétrica;
- Diminuir custos para a sociedade pela efficientização das instalações de saneamento ambiental, facilitando a universalização do acesso a esses bens e gerando outros benefícios nas áreas de meio ambiente e saúde pública.

Para a consecução desses objetivos, o PROCEL Sanear incentiva em todo o território nacional a apresentação de projetos de eficiência energética em sistemas de abastecimento de água ou esgotamento sanitário. Um ponto importantíssimo da concepção desse programa é a inclusão dos próprios consumidores, com o intuito de permitir uma visão integrada da utilização de energia elétrica e água, bem como das implicações na saúde e meio ambiente. Dessa forma, os projetos de eficiência energética, para serem aprovados pelo referido programa, precisam ter como resultado a redução de demanda no horário de ponta do sistema elétrico e a diminuição do consumo de energia elétrica, o que pode ser obtido não só pela substituição de equipamentos existentes por mais outros eficientes, mas também pela melhoria do processo produtivo.

Alguns critérios básicos de ordem burocrática devem ser seguidos na elaboração dos projetos a fim de que o financiamento seja concedido, sendo o principal deles o de que é uma concessionária de energia elétrica que faz a apresentação e a implementação dos projetos de eficiência energética em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário ao Programa e à ELETROBRÁS. São utilizados recursos da Reserva Global de Reversão – RGR (fundo federal administrado pela própria ELETROBRÁS, sendo composto por recursos advindos de quotas incidentes sobre os investimentos em instalações e serviços da concessionária, de acordo com as leis nº 10.438, de 26/04/2002, e nº 5.655, de 20/05/1971). É função dos próprios prestadores de serviços de saneamento que operam na área de concessão da concessionária a iniciativa de elaborar o anteprojeto de acordo com os critérios estabelecidos em um manual específico e de procurar a concessionária para viabilizá-lo. O financiamento é feito ao concessionário, que, além disso, terá que arcar com uma contrapartida, o que também será solicitado de outros agentes envolvidos, pois a ELETROBRÁS financia até 75% do valor total do projeto. Os projetos [18] poderão contemplar uma ou mais modalidades de projetos de eficiência energética oferecidas pelo PROCEL SANEAR, quais sejam:

- Projetos para otimização de sistemas de bombeamento;
- Projetos de modulação de carga que deslocam ou reduzem a demanda do horário de ponta do sistema elétrico;
- Inovações tecnológicas.

A fim de facilitar a difusão de técnicas para a redução de desperdícios e trazer benefícios econômicos para o setor de saneamento, o PROCEL Sanear está implantando um laboratório de eficiência energética e hidráulica em saneamento na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o qual, depois de capacitado, transformará essa instituição em um centro de excelência no uso integrado de água e energia elétrica nesse setor.

2.5.6 – PROGRAMA RELUZ

O Programa RELUZ, instituído pela ELETROBRÁS com o nome de Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente, foi criado para melhorar a eficiência dos serviços públicos de iluminação através do incentivo à execução de projetos que tenham um potencial significativo de melhoria, uma vez que a iluminação pública no Brasil corresponde a cerca de 3,4% do consumo total de energia elétrica do país e a 4,5% da demanda nacional, o que equivale a uma demanda de 2,2 GW e a um consumo de 10,3 TWh/ano.

Sua principal motivação é a redução de demanda no horário de ponta do sistema elétrico causada pela utilização de tecnologias mais eficientes, o que leva à modernização das redes existentes e das expansões previstas.

O RELUZ tem como objetivo o desenvolvimento e a utilização de sistemas eficientes de IP nos espaços públicos urbanos, o que contribui significativamente para o aumento dos níveis de segurança pública e da qualidade de vida das cidades brasileiras, especialmente nos aspectos relacionados à proteção da população urbana e à segurança do tráfego, uma vez que a iluminação pública funciona como um instrumento de cidadania, pois permite aos cidadãos utilizar democraticamente os espaços públicos mesmo no período noturno, devido também à diminuição nos índices de criminalidade e ao embelezamento de monumentos culturais e paisagísticos.

Além disso, como todo programa do PROCEL, há a minimização dos impactos ambientais decorrentes de melhor uso da energia elétrica de novos empreendimentos e dos já existentes, o que acaba contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Como o PROCEL Sanear, o RELUZ segue critérios de ordem burocrática para a concessão do financiamento, sendo necessária a participação da concessionária de energia elétrica que faz a apresentação e a implementação dos projetos de eficiência energética e assume o risco financeiro integralmente junto à ELETROBRÁS.

Cerca de 75% dos recursos utilizados também vêm da Reserva Global de Reversão – RGR, ficando o restante a cargo da concessionária e prefeituras.

Os tipos de projetos financiados pelo RELUZ são os de melhoria dos sistemas de IP existentes, as expansões desses sistemas, a iluminação especial ou de destaque, a iluminação de áreas públicas para prática de esportes e a inovação tecnológica na IP.

Os resultados obtidos pelo RELUZ no período de 2000 a 2006 são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 2.3 - Resultados obtidos pelo RELUZ no período 2000 a 2006

RESULTADOS DO RELUZ DE 2000 A 2006	
Municípios beneficiados	1.140
Nº de pontos de melhoria	1.660.926
Economia de energia (GWh/ano)	628
Redução de demanda (MW)	145
Valor total investido (aprox.) – R\$ x mil	R\$ 271.000,00

Dados até o 1º trimestre de 2006

As metas atuais do RELUZ são tornar eficientes cerca de 5 dos 13 milhões de pontos de IP existentes no país até o ano de 2010 e instalar um milhão de novos pontos eficientes de IP, proporcionando uma economia no consumo de energia elétrica de quase 1, 3 TWh/ano e a redução de demanda da ordem de 292 MW.

Alguns aperfeiçoamentos estão sendo introduzidos no RELUZ, especialmente após a realização do 1º e do 2º Seminários RELUZ [19], como o descarte de lâmpadas, as mudanças nas condições financeiras, a nova Metodologia de Cálculo da relação custo/benefício – RCB, bem como a mudança no modelo de contrato, ou seja, o TCU passou a obrigar a ELETROBRÁS a exigir das concessionárias, que as prefeituras apresentem consulta prévia aprovada pela Secretaria de Tesouro Nacional na ocasião da liberação financeira.

A preocupação ambiental mais uma vez foi a motivadora de inovações do PROCEL, que introduziu nos projetos aprovados o descarte de lâmpadas de vapor de mercúrio VM, uma vez que as mesmas contêm mercúrio e resíduos tóxicos. Para isso, houve a confecção de guia e cartilha com orientações para o correto descarte desse tipo de material.

Outra conquista tem sido a certificação de equipamentos de IP no PBE e no Programa de Selo do PROCEL (reatores, lâmpadas vapor de sódio – as luminárias estão em estudo).

Além disso, o RELUZ auxiliou na montagem de Centro piloto de Gestão de IP na PUC-RS, com o intuito de diminuir as deficiências apresentadas por boa parte das prefeituras na gestão de seus sistemas de IP).

Outros benefícios obtidos pelo RELUZ dizem respeito à postergação de investimentos para expansão do sistema elétrico e à disponibilidade de carga para atender novos consumidores de energia elétrica.

2.5.7 – O SELO PROCEL

Para que sejam apresentadas as informações sobre o Selo PROCEL, seus objetivos e resultados, é necessário primeiramente discorrer sobre Programas de Etiquetagem e Padronização de Eficiência Energética, que são elaborados criteriosamente com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica de equipamentos e acessórios, sem afetar a qualidade dos benefícios que eles oferecem aos consumidores.

Um dos mais conhecidos programas no mundo é o U.S. ENERGY STAR, que foi criado em 1992 para avaliar o desempenho energético de computadores, mas hoje já identifica mais de 40 categorias de produtos manufaturados, dentre os quais televisores, aquecedores e condicionadores de ar.

Só para exemplificação, um refrigerador novo vendido nos EUA hoje consome, na média, apenas 25% da energia elétrica que teria sido usada por um refrigerador vendido 30 anos atrás, quando os padrões e etiquetas foram inicialmente introduzidos, mesmo considerando que os novos aparelhos possuem muito mais recursos e maior capacidade de refrigeração.

Os benefícios de padrões e etiquetas para produtos não tão comuns ou que não consumam bastante energia são muito pequenos para justificar os custos de implantação dos programas.

Os programas de padronização bem elaborados, mesmo que obrigatórios, conseguem modificar o mercado pela retirada paulatina de produtos ineficientes, o que faz

com que haja um aumento de qualidade dos produtos ofertados aos consumidores, que, mesmo sem ter a escolha de produtos limitada, serão beneficiados pela economia gerada por esses produtos mais eficientes.

As etiquetas estimulam os consumidores a fazer escolhas mais conscientes e baseadas em informações consistentes e confiáveis sobre os produtos que adquirem e passem a gerenciar suas contas de energia.

Os padrões de eficiência energética são procedimentos e regulamentos que prescrevem o desempenho energético de produtos manufaturados. Às vezes, chegam a proibir a venda de produtos que sejam menos eficientes que um nível mínimo estabelecido.

O termo padrão comumente abrange dois possíveis significados:

- a) Protocolos bem definidos ou procedimentos de testes em laboratórios através dos quais obtém-se uma estimativa suficientemente precisa do desempenho energético de um produto ou um posicionamento relativo do seu desempenho quando comparado a outros modelos;
- b) Normas ou limites-alvo no desempenho energético, geralmente máximo uso ou mínima eficiência, baseados em um protocolo de testes especificado.

Segundo a CLASP há três tipos de padrões de eficiência energética:

- Os padrões prescritos (prescritivos) determinam que uma característica particular ou um dispositivo seja instalado em todo produto novo a ser comercializado no mercado;
- Os padrões de performance de energia mínima ou padrões de performance prescrevem eficiências mínimas (ou máximos consumos de energia) que os fabricantes devem alcançar para todo produto a ser comercializado. Especifica, portanto, a performance energética requerida, mas não a tecnologia ou os detalhes do projeto do produto. A Lei de Eficiência Energética Brasileira encaixa-se nessa classificação. A Lei de Eficiência Energética, de 17 de outubro de 2001, publicada em pleno racionamento de energia, apenas estabelece a decisão de estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou

comercializados no País. A idéia é retirar somente as unidades menos eficientes do mercado, de forma que os fabricantes atingidos têm que reprojetar os seus equipamentos.

- Os padrões classe-média estabelecem a eficiência energética média de um produto manufaturado, permitindo que cada fabricante selecione o nível de eficiência de cada modelo, desde que a média total de eficiência energética definida seja alcançada. Este tipo de padronização permite que o produtor faça a adaptação de seus produtos paulatinamente, mas sem desconsiderar a média estabelecida.

Etiquetas de eficiência energética são etiquetas informativas que são afixadas a produtos manufaturados para descrever a performance e o desempenho dos mesmos em relação ao uso de energia, além de outras características técnicas. Elas fornecem aos consumidores as informações necessárias para que se realizem compras baseadas em informação.

O *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program* - CLASP [20] classifica as etiquetas em 2 tipos:

- As de endosso;
- As comparativas.

As etiquetas de endosso são essencialmente selos de aprovação concedidos de acordo com um critério específico, geralmente determinado por uma entidade governamental.

As etiquetas comparativas permitem que o consumidor compare o desempenho energético entre produtos similares disponíveis no mercado utilizando ou uma escala contínua ou ao desempenho na categoria. Nessa classificação é que está enquadrada a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, do PBE.

Os programas de endosso são inerentemente voluntários. Se o programa incluir uma etiqueta de comparação, o programa pode ser obrigatório ou pode começar como voluntário e se tornar mandatório posteriormente.

Alguns países utilizam etiquetas de informação, nas quais são apresentados apenas os dados relativos a consumo de energia.

As etiquetas podem ser utilizadas sozinhas ou serem complementares a um programa de padronização, mas a efetividade da etiquetagem é bastante dependente de como elas apresentam a informação para os consumidores, sem contar que devem ser apoiadas por campanhas de informação.

Vale ressaltar que a CLASP é uma associação de organizações, dentre elas o *International Institute for Energy Conservation* - IIEC, com apoio da USAID, e tem o intuito de ajudar nações a implementar programas de etiquetagem e padronização.

O Selo PROCEL (figura 2.2) é, sem sombra de dúvidas e literalmente, a face mais visível do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Concedido todos os anos a partir de 1994 (foi instituído por Decreto Presidencial em 8/12/1993 com o nome de Selo PROCEL de Economia de Energia), tem a finalidade de estimular a fabricação nacional, a comercialização e a importação de produtos, equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes no item consumo de energia e com maior competitividade. É, portanto, também um instrumento promocional que orienta os consumidores brasileiros a adquirirem equipamentos que apresentam melhores níveis de eficiência energética no ato da compra.



Figura 2.2 – Selo PROCEL

Na sua primeira edição, foram contempladas com o Selo três categorias da linha de refrigeradores: o de uma porta, o de duas portas ou combinado e o freezer vertical. Hoje são 20 categorias que são avaliadas e agraciadas pelo PROCEL com o Selo, que compreendem máquinas de lavar roupas, condicionadores de ar, refrigeradores e freezers, sistema solar (coletores e reservatórios térmicos) de aquecimento de água, motores de indução trifásicos e equipamentos de iluminação. Mas outros eletrodomésticos e equipamentos como fornos de microondas, televisores, painéis fotovoltaicos e reatores eletrônicos para lâmpadas estão sendo considerados para receber o Selo.

Para fazer merecer o selo, os fabricantes e importadores de equipamentos e eletrodomésticos submetem voluntariamente seus produtos a testes, avaliações e ensaios nos laboratórios indicados pelo PROCEL. Assim, o fato de saber que os principais produtos do mercado naquela categoria passam por essas avaliações, faz com que os fabricantes invistam na melhoria dos índices de eficiência energética dos seus produtos, o que tem contribuído enormemente para o desenvolvimento tecnológico brasileiro e para a redução de impactos ambientais.

Somente nos 12 anos seguintes à primeira edição do Selo, ou seja, até 2005, ele proporcionou uma economia de energia estimada em cerca de 8 TWh, o mesmo que seria consumido por 5 milhões de residências durante o período de um ano, o que corresponde a 9,61% do consumo do setor residencial brasileiro em 2005 [11].

Apesar de o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos e produtos ser da vertente tecnológica, a vertente humana também foi contemplada pela criação do Selo PROCEL, pois refletiu no comportamento de boa parte dos consumidores brasileiros, que atualmente exigem e utilizam seu direito elementar de acesso a características e informações técnicas detalhadas sobre os equipamentos e eletrodomésticos colocados à disposição pelo mercado. Assim, o consumidor ao ir a uma loja sabe que quando o Selo faz parte de uma embalagem ou aparece colado em um produto, isso é garantia de qualidade e de eficiência energética.

Para que isso acontecesse foi necessário que se criassem parcerias duradouras, as quais começaram com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, no Rio de Janeiro, e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, e atualmente contam com o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor – IDEC. Ainda, vários laboratórios espalhados pelo Brasil e associações de fabricantes de equipamentos e importadores, tais como a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX) e a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos – ELETROS.

Além disso, o Selo PROCEL, pela experiência adquirida, tem sido importante como instrumento de apoio para a Lei de Eficiência Energética, que tem como meta a definição de índices mínimos de eficiência de equipamentos, comentada mais detalhadamente nos próximos tópicos.

Outra conquista que tem estreita relação com a edição do Selo, foi a capacitação de 22 laboratórios para ensaios de eficiência energética no Brasil, quando foram investidos pelo PROCEL algo em torno de R\$ 15 milhões. Dentre eles, podem ser destacados o laboratório de iluminação da UFRJ e o de refrigeração e iluminação do CEPEL, referências para o setor elétrico, o laboratório de sistemas de aquecimento solar (simulador solar) criado na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, que atualmente é o único existente na América Latina para assuntos dessa área, e o laboratório de bombas centrífugas da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI.

A partir do Selo PROCEL de Economia de Energia e após a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, que é coordenado pelo INMETRO, foi criado em 1988 o Selo PROCEL INMETRO de Desempenho (Figura 2.3), que passou a ser concedido anualmente aos produtos nacionais ou estrangeiros que se submetiam à etiquetagem do PBE, pois deveriam ter seus níveis mínimos de eficiência e qualidade definidos pelo PROCEL, o que acabou se tornando importantíssimo para o desenvolvimento de normas técnicas e para a fiscalização dos produtos. Nessa época, o Selo PROCEL passou a ser concedido apenas aos equipamentos e produtos que obtivessem conceito “A” (de uma faixa que varia de *A* a *E*) nos ensaios realizados nos laboratórios de referência do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. A Etiqueta que indica os resultados dos ensaios e a classificação obtida pelo produto é mostrada na Figura 2.4. Em janeiro de 2006, por deliberação da Comissão de Análise Técnica, o Selo PROCEL de Economia de Energia e o Selo PROCEL INMETRO de Desempenho foram unificados em um só, permanecendo o nome do primeiro.



Figura 2.3 – Selo PROCEL INMETRO de desempenho



Figura 2.4 – Etiqueta do PROCEL INMETRO

Segundo a pesquisa de posse e hábitos de uso [13], na última década 43,3% dos que adquiriram refrigeradores novos levaram em conta o consumo de energia elétrica constante da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE e apenas 11,0% dos entrevistados declararam que não sabiam da existência da mesma, o que mostra o grande sucesso dessa iniciativa.

Os equipamentos e produtos que atualmente têm sua qualidade e eficiência avaliadas minuciosamente nos laboratórios de referência indicados pelo PBE do INMETRO e que recebem o Selo são:

- Lâmpadas fluorescentes compactas integradas e não integradas;
- Lâmpadas fluorescentes circulares integradas e não integradas;
- Refrigeradores (compactos, de uma porta, combinados ou de duas portas e combinados *frost-free*);
- *Freezers* (horizontais, verticais *frost-free* e verticais);
- Reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes tubulares;
- Reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio;
- Aparelhos de ar condicionado de janela e *split system*;
- Motor elétrico de indução trifásico da linha padrão e da de alto rendimento;
- Coletores térmicos e reservatórios térmicos para aquecimento solar.

- Máquinas de lavar roupas (automáticas e semi-automáticas).

Esses equipamentos são submetidos a várias experiências a fim de que sejam levantados todos os dados relativos a seu funcionamento e à verificação de que estão em consonância com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, quando serão certificados ou não.

Além disso, para alguns equipamentos, é exigido o atendimento a outros critérios além da eficiência energética, como no caso de máquinas de lavar roupa que têm seu consumo de água e eficiência de lavagem (centrifugação, por exemplo) analisados.

Só para se ter uma idéia do resultado obtido, a partir de 1998, quando o Selo passou a ser concedido aos produtos classificação A no PBE, a eficiência energética média dos condicionadores de janela de 7.500 BTU/h (figura 2.5) aumentou 36%, o que representando uma redução no consumo médio desse aparelho de 48 kWh/mês, caso o aparelho seja utilizado durante uma hora por dia e o compressor funcione durante 70% desse tempo).

No caso dos refrigeradores de uma porta, nestes últimos doze anos sua eficiência energética média melhorou 26,5%.

Com relação aos motores elétricos, que chegam a consumir anualmente cerca de 30% da energia elétrica do Brasil, o PROCEL passou a conceder o Selo aos motores de indução trifásicos tipo padrão e alto rendimento nas potências padronizadas que se situam na faixa até 250 CV, o que, somente em 2005, resultou em uma economia de quase 116 mil MWh em relação a 2004, resultados devidos ao incremento nos rendimentos médios dos motores que receberam a etiqueta e que foram vendidos aos consumidores nesse ano.

Condicionadores de Ar - Janela

FABRICANTE	MARCA	C Capacidade (BTU/h)	MODELO	VERSÃO	CONSUMO* 127 V - 220 V (kWh/h)	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	7500	EAE07F	FRIO	0,53	0,53
		7500	EAM07F	FRIO	0,53	0,53
		7500	EAM07R	REVERSO	-	0,53
		7500	EC07F	FRIO	0,53	0,53
		7500	EC07R	REVERSO	-	0,53
		10000	EAE10F	FRIO	0,68	0,68
		10000	EAE10R	REVERSO	-	0,68
		10000	EAM10F	FRIO	0,68	0,68
		10000	EAM10R	REVERSO	-	0,68
		10000	EC10R	REVERSO	-	0,68
ELGIN	ELGIN	12000	EAF12000	FRIO	-	0,77
		12000	EAQ12000-2	REVERSO	-	0,81
		18000	EAF18000	FRIO	-	1,27
		18000	EAQ18000-2	REVERSO	-	1,26
GREE	GREE	5600	GJ5-12LM	FRIO	0,30	-
		7000	GJ7-12LM/C	FRIO	0,40	-
		7000	GJ7-22LM/C	FRIO	-	0,40
		7000	GJ7-22LM/E	FRIO	-	0,47
		7000	GJ7-22RM/E	REVERSO	-	0,47
		7150	GJ7-22R/E	REVERSO	-	0,50
		7200	GJ7-22RM	REVERSO	-	0,50
		7500	GJ7-12L/C	FRIO	0,53	-
		10100	GJ10-22LA	FRIO	-	0,60
		10500	GJ10-22LM/B	FRIO	-	0,71
LG	LG	7800	WGM0730GA	REVERSO	-	0,53
		18500	WME181FGA	FRIO	-	1,26
		18500	WMM181FGA	FRIO	-	1,26
SPRINGER CARRIER	SPRINGER	7500	FCA075BB	FRIO	-	0,52

Figura 2.5 – Dados do Catálogo do Selo PROCEL – Ar condicionados

O PROCEL recentemente passou a conceder o Selo a máquinas de lavar roupas que obtiveram os requisitos necessários. Atualmente, os equipamentos que estão sendo analisados individualmente com vistas à concessão do Selo PROCEL são os fornos de microondas e os ventiladores de teto, o que aumentará ainda mais a lista de benefícios trazidos por essa iniciativa de sucesso.

Está claro que para apresentar resultados ainda mais satisfatórios, é preciso que a sua divulgação seja ampliada. A pesquisa de posse e hábitos de uso [13], recém divulgada, atestou que na Região Nordeste ainda há um alto percentual de falta de conhecimento do Selo, pois somente 32,1% dos entrevistados o conhece, enquanto 66,2% o desconhece. As Regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste também apresentaram bom conhecimento do Selo, com números que giram em torno de 46%. Por outro lado, a Região Sul é aquela onde os consumidores têm mais conhecimento do Selo PROCEL: 58%.

2.6. CONSERVAÇÃO EM USOS FINAIS

Antes de estudarmos a conservação nos principais usos finais da energia elétrica, vale à pena abordar os seguintes tópicos: indicadores da qualidade do uso da energia elétrica e diagnóstico ou auditoria energética.

2.6.1 INDICADORES DA QUALIDADE DO USO DA ENERGIA ELÉTRICA

Alguns indicadores podem ser utilizados e outros até mesmo criados para determinar quão eficiente está sendo a utilização da energia elétrica em determinada instalação. Esses indicadores constituem-se, portanto, em ferramentas importantes para a realização de diagnósticos ou auditorias energéticas, uma vez que servem para efeito de comparação com valores típicos obtidos para instalações com características semelhantes, possibilitam a determinação do potencial de conservação de energia elétrica e acabam retratando o perfil de consumo da própria instalação. Além disso, facilitam o acompanhamento da efetividade das ações de uso racional e eficiente de energia elétrica implementadas, o que também permite fazer acertos de rota durante essas implementações.

Alguns desses principais indicadores são especificados a seguir:

a) Custo Médio da Energia (C_e) ou custo unitário da energia

É a relação entre o valor da fatura de energia elétrica da unidade consumidora ou instalação e seu consumo mensal.

$$C_e = \frac{\text{Valor da fatura (R\$)}}{\text{Consumo mensal (kWh)}} \quad (2.1)$$

b) Fator de Carga (FC)

Como já explicitado no item 1.3, esse indicador dá uma amostra de como a instalação consumidora está utilizando a energia elétrica ao longo do tempo e o ideal é que seja próximo a 1. Assim, para elevar o FC de uma instalação, algumas medidas podem ser

implementadas, como por exemplo o não acionamento de grandes motores simultaneamente e a programação de utilização dos equipamentos da instalação, dentre outras.

c) Consumo Mensal por Morador (C_{mor})

É a relação entre o consumo mensal de uma residência, condomínio ou conjunto habitacional e o número de moradores dessas habitações.

$$C_{mor} = \frac{\text{Consumo}_\text{mensal}_\text{(kWh/mês)}}{\text{número}_\text{de}_\text{moradores}} \quad (2.2)$$

d) Consumo Mensal por Área Útil (C_{au})

Esse indicador é bastante útil para a comparação de instalações que são utilizadas para o desempenho de atividades semelhantes. É obtido pela relação entre o consumo de energia elétrica mensal e a área útil da instalação.

Também é propício para a realização de análises de desempenho da arquitetura do local e se, por exemplo, a iluminação natural está sendo bem utilizada.

$$C_{au} = \frac{\text{Consumo}_\text{mensal}_\text{(kWh/mês)}}{\text{Área}_\text{útil}_\text{(m}^2\text{)}} \quad (2.3)$$

e) Consumo Mensal por Área Útil e Número de Usuários (C_{aunu})

É a relação do indicador mostrado anteriormente pelo número de usuários da instalação consumidora. É também bastante útil para análises de levar em conta a produtividade/empregados, por exemplo.

$$C_{aunu} = \frac{\text{Consumo}_\text{mensal}_\text{(kWh/mês)}}{\text{Área}_\text{útil}_\text{(m}^2\text{)} * \text{n}^\circ_\text{de}_\text{usuários}} \quad (2.4)$$

f) Consumo Mensal com Condicionamento de Ar por Área Climatizada (*Ccaac*)

É a relação entre o consumo do uso final “condicionamento de ar” e a área climatizada da instalação consumidora. Demonstra quão eficiente está esse sistema e sua operação e manutenção.

$$Ccaac = \frac{\text{Consumo}_\text{mensal}_\text{com}_\text{condicionamento}_\text{de}_\text{ar}(\text{kWh}/\text{mês})}{\text{Área}_\text{climatizada}(\text{m}^2)} \quad (2.5)$$

g) Potência Instalada de Ar Condicionado por Área Climatizada (*Pacac*)

É definida como a relação entre a potência ativa total instalada no uso final “condicionamento de ar” e a área útil analisada. Assim, através de comparações com valores típicos é possível realizar a estimativa do potencial de conservação nesse uso final.

$$Pacac = \frac{\text{Potência}_\text{ativa}_\text{instalada}_\text{em}_\text{ar}_\text{condicionado}(W)}{\text{Área}_\text{útil}(\text{m}^2)} \quad (2.6)$$

h) Consumo Mensal de iluminação por Área Iluminada (*Ciai*)

É a relação entre o consumo do uso final “iluminação” e a área iluminada da instalação consumidora. Através de comparações com valores-padrão demonstra quão eficiente está o sistema e o tipo de tecnologia empregada, sua operação e manutenção, bem como sinaliza quais são os hábitos dos usuários (tempo de operação). Além disso, pode sinalizar para a melhor utilização da iluminação natural e seccionamento de circuitos.

$$Ciai = \frac{\text{Consumo}_\text{mensal}_\text{com}_\text{iluminação}(\text{kWh}/\text{mês})}{\text{Área}_\text{iluminada}(\text{m}^2)} \quad (2.7)$$

i) Potência Instalada em Iluminação por Área Útil (P_{iau})

É definida como a relação entre a potência ativa total instalada no uso final iluminação e a área útil analisada. Assim, através de comparações com valores típicos é possível realizar a estimativa do potencial de conservação nesse uso final.

$$P_{iau} = \frac{\text{Potência_ativa_instalada_em_iluminação_}(W)}{\text{Área_útil_}(m^2)} \quad (2.8)$$

j) Potência Instalada em Iluminação por Número de Interruptores (P_{ini})

É obtida pela divisão entre a potência ativa instalada no uso final iluminação e a quantidade de interruptores.

Desta forma, é possível fazer uma análise da forma como o acionamento de lâmpadas/luminárias está sendo realizado, ou seja, se em ambientes de grandes proporções há muitos casos em que diversas luminárias são acionadas por um único interruptor, o que é um fator que gera um percentual significativo de desperdício de energia elétrica.

$$P_{ini} = \frac{\text{Potência_ativa_instalada_em_iluminação_}(W)}{n^{\circ}_de_interruptores} \quad (2.9)$$

j) Porcentagem de Luminárias Defeituosas (P_{ld})

É a relação entre a quantidade de luminárias defeituosas de uma unidade consumidora e o número total dessas. É bastante útil para indicar o estado de conservação do sistema de iluminação e a eficiência das rotinas de manutenção, pois, tipicamente, valores superiores a 5% sinalizam para falhas no programa de manutenção.

É um indicador importantíssimo para empresas onde os operários estão sujeitos a acidentes de trabalho.

$$P_{ld} = \frac{n^{\circ}_de_luminárias_defeituosas}{n^{\circ}_total_de_luminárias} * 100\% \quad (2.10)$$

2.6.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O diagnóstico energético é a etapa na qual são levantadas todas as informações necessárias para elaboração de um quadro que dê uma visão geral e que represente o comportamento de consumo energético de uma determinada instalação consumidora, o que permite identificar os usos finais que não estão tendo uma boa eficiência, as oportunidades de redução de perdas existentes e as possíveis alternativas a serem implementadas. Ou seja, permite identificar primariamente quais são as possíveis soluções para reduzir o consumo específico e global de energia elétrica da instalação, para reduzir o desperdício de energia, bem como de que forma pode ser deslocada a demanda para horários mais propícios e que tipo de tarifa é o mais adequado àquele consumidor.

Para que o diagnóstico seja realizado de forma eficaz, é necessário inicialmente uma visita dos técnicos às instalações do consumidor para levantamento de dados e vistoria dos ambientes, bem como para entrevista dos usuários como forma de detectar como está sendo utilizada a energia elétrica.

O levantamento de dados constitui-se uma das fases mais importantes para a perfeita realização do diagnóstico energético e deve ser realizado de forma bastante criteriosa.

Para esse levantamento devem ser utilizadas inicialmente as faturas de energia elétrica, pois estas fornecem informações básicas importantes e um histórico sobre como vem sendo utilizada a energia elétrica pela unidade consumidora. Além disso, desde que o consumidor não utilize de meios fraudulentos, as faturas constituem-se em fontes de dados bastante confiáveis, de fácil acessibilidade, e que permitem acompanhar a evolução do uso da energia ao longo do tempo, em especial ao longo dos últimos 12 meses. Além disso, com essas informações, é possível estimar os valores futuros de consumo e de demanda de energia elétrica da unidade consumidora, bem como os valores contratuais e a sazonalidade da planta.

Para informações adicionais geralmente são feitas medições diretas, quando são utilizados equipamentos eletrônicos microprocessados, os comumente denominados de analisadores de energia elétrica, que são capazes de monitorar e gravar em sua memória várias informações em intervalos de tempo programados. Desta forma, é criado um banco

de dados consistente que relaciona as principais grandezas elétricas das instalações e os horários em que elas ocorreram. Geralmente essas grandezas compreendem:

- Tensões das fases (V_a , V_b , V_c);
- Correntes das fases (I_a , I_b , I_c);
- Potências ativas (P_a , P_b , P_c);
- Potências reativas (Q_a , Q_b , Q_c);
- Consumo de energia por intervalos de 15 minutos.

Assim, através de programas específicos ou planilhas eletrônicas é possível traçar as curvas de carga diárias e mensais da instalação, bem como outros índices necessários às avaliações de desempenho. Uma variação de até 5% entre os valores medidos e os calculados ou estimados pode ser considerada aceitável.

O levantamento de dados pode ser complementado por uma inspeção ou vistoria dos ambientes de toda a instalação, quando algumas informações adicionais são conseguidas, principalmente as relacionadas às características físicas do ambiente e aos hábitos de uso da energia dentro da unidade consumidora, bem como aquelas que não são obtidas nas medições realizadas pelo analisador, nas plantas e nem pela fatura de energia da concessionária, como por exemplo:

- Área de cada ambiente (m^2);
- Pé direito de cada ambiente (m);
- Tipo de atividade realizada nesses espaços;
- Número de usuários dos ambientes;
- Horário de funcionamento da planta ou instalação;
- Cores utilizadas nas paredes, no teto e no piso;
- Uso e possibilidade de aproveitamento da iluminação natural;
- Qualidade da vedação em ambientes climatizados;
- Temperatura dos ambientes;
- Tempo médio de utilização dos equipamentos que consomem energia elétrica.

É obvio que nem todos esses dados precisam ser levantados detalhadamente, pois depende do tipo de diagnóstico a ser realizado e do tipo de utilização da instalação.

Porém, além desses dados, outros precisam realmente ser levantados se não estiverem disponíveis nos projetos elétricos, tais como:

- Equipamentos (em operação e em manutenção) que utilizam energia elétrica em cada um dos ambientes levantados com os respectivos dados de placa. Quando os dados de placa não puderem ser obtidos, podem ser feitas medições instantâneas;
- Localização e tipos de quadros de distribuição, número e localização de interruptores e como funcionam os seccionamentos dos circuitos;
- Tipo de iluminação utilizada, tecnologia empregada, tipos de lâmpadas, número de lâmpadas, tipo e quantidade de luminárias por ambiente;
- Nível de iluminamento de cada ambiente, conseguidos por medição através de luxímetros.

Após o levantamento de dados, que se completa com entrevistas com os usuários, é realizada a análise preliminar dos dados e o tratamento dos mesmos, os quais são fundamentais para a determinação do potencial de conservação de energia de uma unidade consumidora.

Essa análise tem também a finalidade de retratar o perfil de consumo desagregado e total [21], o que pode ser representado pela matriz energética da unidade e de cada instalação, a qual agrega os usos finais por tipos de equipamentos com finalidades semelhantes e seus respectivos consumos totais. A matriz energética pode ser representada por um gráfico (figura 2.6) em forma de *pizza* que traz o consumo percentual por uso final.

Nessa fase, pode ser calculada também a demanda média e o fator de carga da instalação a partir do consumo global e das equações dos tópicos 1.3 e 3.1. Mas é fundamental que em todas as análises feitas a partir das faturas de energia elétrica sejam feitas as correções dos valores contidos nas mesmas para um período de leitura padrão de 30 dias.

É possível também determinar a sazonalidade do uso da energia elétrica, a existência de multas por ultrapassagem de demanda ou por excesso de reativos/baixo fator de potência a partir das faturas de energia elétrica.

Também há a possibilidade de se estimar quais seriam as tendências de crescimento do consumo da unidade consumidora se não fossem tomadas as medidas de efficientização.

Tipo de Uso Final	Consumo (kWh)	%
Refrigeração	860	24%
Aquecimento	1.930	54%
Iluminação	613	17%
Outros	202	6%



Figura 2.6 – Exemplo de matriz energética por uso final

Uma das etapas também realizada no diagnóstico energético é a análise tarifária da unidade consumidora e da melhor tarifa a ser empregada, a qual, apesar de não ser realmente uma etapa do processo da efficientização energética propriamente dita, abre para o consumidor a possibilidade de obtenção de parte dos recursos financeiros necessários para os investimentos futuros em conservação energética, pois, através da análise das faturas de energia elétrica e dos equipamentos existentes e projetados para entrar em operação é possível realizar a adequação tarifária e a adequação do processo produtivo, que, na maioria das vezes, permite reduzir ou até mesmo eliminar multas por baixo fator de potência ou ultrapassagem de demanda, e reduzir ou acabar com a utilização de eletricidade no horário de ponta do sistema elétrico, pois nesse período as tarifas são mais caras. Ou seja, a análise tarifária pode se tornar um “fundo virtual de recursos financeiros” e o acompanhamento das faturas de energia elétrica um “termômetro de investimentos”.

Concluídas as etapas anteriores, já é possível se tem um resumo razoavelmente preciso do comportamento da unidade consumidora e o banco de dados já está suficientemente consolidado para permitir a determinação dos potenciais de conservação de energia elétrica, os quais encerram o diagnóstico propriamente dito.

Os modos de se determinar os potenciais de conservação de energia elétrica são distintos para cada um dos usos finais, de forma que é preciso primeiramente que seja determinada a matriz energética de cada uso final, como já comentado, só que agora para cada instalação relevante da unidade consumidora. Assim, devem ser realizadas medições diretas nessas instalações e comparadas com os dados já levantados da unidade consumidora, a fim de permitir a desagregação por uso final. Porém, naqueles casos em que não sejam possíveis as medições diretas por causa de os circuitos de alimentação não serem independentes, a desagregação do consumo global pode ser realizada através do uso dos fatores de carga e de demanda dos usos finais através da equação 2.10:

$$C_{uf} = FC * FD * P_{inst} * \Delta t \quad (2.11)$$

Onde:

C_{uf} é o consumo do uso final (kWh);

FC é fator de carga do uso final;

$F_{demanda}$ é o fator de demanda do uso final;

P_{inst} é a potência instalada dos equipamentos em operação referentes ao uso final (kW);

Δt é intervalo de tempo considerado (h).

É admissível a utilização do fator de carga global da unidade consumidora caso não seja possível a determinação do fator de carga para o uso final em análise, o que geralmente se constitui como indicador razoável para determinação do potencial de conservação de energia elétrica da instalação.

Uma outra opção é utilizar os fatores de carga e de demanda por uso final definidos em publicações especializadas ou a partir de estudos realizados anteriormente para instalações semelhantes.

Um dado bastante importante para o convencimento de consumidores industriais de que é necessário realizar diagnósticos energéticos é que, em média, no setor industrial o consumo de energia elétrica por uso final pode ser dividido em: iluminação (2%), refrigeração (6%), aquecimento (20%), força motriz (51%) e processos eletroquímicos (21%) [8], o que, em regra, mostra que há um enorme potencial de conservação de energia nestes dois últimos usos finais.

Já para os consumidores do setor comercial, o melhor argumento é que em geral o consumo com iluminação corresponde a 44 % do consumo total, sendo este uso final o de mais fácil obtenção de resultados, a refrigeração 17%, o condicionamento ambiental a 20% e os outros usos finais correspondem a 17% [8].

Outro argumento bastante importante é a expectativa de se poder determinar, ao final do diagnóstico energético, de quanto será o retorno de investimento de um equipamento com tecnologia mais eficiente que o existente ou o que estava projetado, uma vez que, ao contrário do senso comum, o custo inicial não é o fator determinante em uma escolha, pois as despesas de operação, reposição e manutenção devem ser levadas em conta nesse cálculo.

Desta forma, o método do custo do ciclo de vida [22] é uma das ferramentas para se determinar qual das opções disponíveis possui o melhor retorno de investimento quando considerados o custo inicial e os custos médios/esperados de operação. A equação abaixo determina o fator de avaliação FA (R\$/kW), que deve ser comparado para todas as opções:

$$FA = C * t * n \quad (2.12)$$

Onde:

FA é o fator de avaliação (R\$/kW);

C é o custo médio anual com energia elétrica (R\$/kWh);

t é o tempo de operação por ano (h/ano);

n é o tempo de vida (ano).

O custo de energia não é somente o custo por kWh constante da conta de energia elétrica da concessionária, mas ela deve incluir todos os encargos da energia, ou seja, penalidades por baixo fator de potência, encargos por demanda, etc.

O custo médio de energia elétrica é determinado levando-se em conta todos os encargos constantes da fatura de energia enviada pela concessionária, de forma que deve-se dividir o valor total das faturas em um ano pelo consumo verificado nesse mesmo período, obtendo-se o resultado em R\$/kWh.

Caso se deseje pode ser levado em consideração o valor do dinheiro no tempo e uma taxa de aumento dos custos com a energia, mas esses dois fatores tendem a se anularem.

Outra forma de se realizar a análise de viabilidade econômica e partir para a tomada de decisão é elencar todas as alternativas de acordo com seu potencial de retorno monetário, ou da relação custo-benefício,

A tomada de decisão envolve a escolha de uma ou mais alternativas propostas para a otimização do consumo de energia elétrica e passa necessariamente pela resposta às seguintes questões [23]:

- Quanto custa cada alternativa?
- Qual a taxa de retorno do investimento?
- Qual o período de amortização?
- Qual é o ganho com cada alternativa?

2.6.3 CONSERVAÇÃO – PRINCIPAIS USOS FINAIS

2.6.3.1 ILUMINAÇÃO

“Faça-se a luz. E a luz se fez”. A partir daí, o homem conseguiu desenvolver suas atividades, sempre na presença da luz.

Mas, voltando ao assunto principal, a avaliação do comportamento de uma unidade consumidora no que diz respeito ao uso da energia elétrica no uso final iluminação é fundamental para o resultado a ser obtido com as medidas de efficientização em geral, uma vez que é a iluminação um dos usos finais mais fáceis de se implementar ações de conservação de energia e de se verificar os resultados, o que serve de estímulo e incentivo para que todas as outras medidas de efficientização sejam levadas a cabo pelos consumidores. Além disso, a iluminação é um uso final com grande participação no consumo global, principalmente nos setores residencial e comercial.

Porém, antes de estudarmos as fontes de luz, é necessário ver algumas definições básicas, quais sejam:

- Luz é a energia útil dos sistemas de iluminação;
- Candela (cd) é a unidade básica do sistema internacional para a luz;
- Lúmen é definido como o fluxo (potência) luminoso de uma fonte emitindo 1 candela em todas as direções;
- Fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte. Sua unidade é lúmens (lm);
- Luminância é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície aparente, medida em cd/m^2 ;
- Intensidade luminosa é a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção, expressa em candela (cd) [24];
- Índice de Reprodução de Cor (IRC): é a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. Ou de outra forma, é a capacidade de uma lâmpada em reproduzir, sem deformações, o aspecto e as cores

do objeto por ela iluminado. Esse valor varia de 1 a 100% e quanto maior índice a lâmpada possuir, mais fidelidade e precisão a mesma possuirá;

- Curvas de Isoluminância - Curvas que caracterizam a distribuição luminosa em lux da iluminância em um determinado ambiente [25];
- Iluminância: é o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero [26]. É o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte. Ela é a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância, expressa em lux (lx);
- Luminárias: sua principal função é a de distribuir da melhor forma possível o fluxo luminoso proveniente da(s) lâmpada(s). Porém, fornece também os meios para sua própria fixação e dos componentes elétricos;
- Eficiência luminosa: é a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida. Pode ser expressa em lm/W ou cd/W.

Esses conceitos são necessários, uma vez que a iluminação artificial deve se adequar às necessidades humanas exatamente no instante em que é realizada a tarefa visual desejada, de forma que é necessário o uso da quantidade correta da iluminação (nível de iluminamento), do índice de reprodução de cores IRC e da temperatura da fonte de luz.

Assim, como a presença de luz é fundamental para a realização das atividades humanas, foram criados vários tipos de fontes artificiais, conforme comentado a seguir.

A fonte de luz artificial mais ineficiente no consumo de energia elétrica é a lâmpada incandescente [22], pois a maior parte da energia é convertida em calor, o que acaba sendo um insulto ao uso nada nobre da energia em tempos de protocolo de Kyoto e de grandes impactos ambientais.

Além disso, como a vida mediana das lâmpadas incandescentes é a menor de todas as lâmpadas comercialmente em uso (cerca de 1.000 horas), ela acaba tendo um dos maiores custos de manutenção. Porém, ainda é bastante utilizada, uma vez que tem o menor custo inicial (a lâmpada de 60 W custa no mercado local menos de R\$ 2,00).

Vale ressaltar que as lâmpadas, além do grupo das incandescentes, também são classificadas em lâmpadas de arco, as quais se subdividem em baixa pressão (fluorescentes) e em alta pressão, como comentado a seguir.

As lâmpadas fluorescentes e as fluorescentes compactas são lâmpadas com eficiência e vida mediana muito maior do que as incandescentes e constituem-se em uma excelente alternativa para substituição desse tipo de fonte.

Pela facilidade de substituição e instalação, pois não necessita de reatores externos ou *starters*, as lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) têm tido um crescimento espetacular no mercado brasileiro nos últimos anos, passando de cerca de 12 milhões de unidades comercializadas em 2000 para quase 60 milhões somente em 2006.

Só para se ter uma idéia da rapidez do retorno do investimento em aquisição de uma lâmpada FLC para substituição de uma incandescente, uma lâmpada FLC de 15 W existente no mercado nacional oferece uma luminosidade equivalente a uma incandescente de no mínimo 60 W (podendo chegar a 75 W, dependendo do fabricante), ou seja, uma economia mínima de 75%.

Um outro exemplo desse retorno de investimento pode ser observado pelo fato de que algumas concessionárias de energia elétrica pelo mundo afora estão promovendo, através de subsídios, a troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas. O principal objetivo dessa iniciativa, por incrível que parece, não é de ordem ambiental, mas sim de ordem financeira, pois o investimento necessário que seria feito por essas empresas para a ampliação da capacidade de geração de uma usina variaria de 1 a 4 milhões de dólares por MW instalado, enquanto que para reduzir a demanda em 1 MW através da substituição de lâmpadas são necessários apenas US\$ 500.000,00.

Isso foi comprovado na prática no México, quando foi realizado um investimento de cerca de US\$ 23 milhões nessa iniciativa para a redução de 80 MW, o que gerou economia de 140 milhões de dólares em investimentos públicos para uma nova usina.

Assim, as lâmpadas incandescentes devem ser usadas unicamente em locais de uso pouco freqüente, tais como despensas ou depósitos, *closets* ou aplicações similares.

Porém, vale ressaltar que o fato de se substituir lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes e na mesma quantidade, nem sempre representa a solução mais viável, uma

vez que pode acontecer um aumento excessivo do nível de iluminação do ambiente, o que, além de fugir das normas da ABNT, também acarreta desperdício de energia elétrica e danos à saúde dos olhos.

Já as lâmpadas mistas também são ineficientes, pois possuem rendimento na casa dos 30 lm/W, mas não necessitam de reator e também o investimento inicial é bastante reduzido.

As de vapor de mercúrio apresentam rendimento em torno dos 50 lm/W e baixa reprodução de cores, mas necessitam de reator para funcionar. Ainda vêm sendo bastante utilizadas principalmente na iluminação pública, uma vez que possui custo inicial inferior ao da vapor de sódio de alta pressão.

Um outro tipo de lâmpada disponível é a vapor de sódio de baixa pressão, que tem uma excelente eficiência (em torno de 180 lm/W), mas por ser uma verdadeira fonte de luz monocromática não apresenta temperatura de cor (baixa reprodução - IRC em torno de 20), de forma que seu uso se restringe a usos especiais, como iluminação de segurança, quando são utilizadas com alguns tipos especiais de sistemas com câmeras de vigilância.

Já as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP), que também têm uma excelente eficiência (rendimento inferior a VSBP, em torno de 100 lm/W), vêm sendo bastante utilizadas, uma vez que a fonte de luz está no lado amarelo do espectro de cores e tem IRC em torno de 80. Seu uso tem se intensificado em iluminação pública, especialmente através do incentivo do Programa RELUZ.

Como exemplo comparativo, uma lâmpada VS 70 W pode perfeitamente ser usada em substituição a uma lâmpada de vapor de mercúrio 125 W, o que, além de trazer uma redução de 44 % no consumo, ainda tem uma vida útil 60% maior (vapor de mercúrio: 15.000 horas e vapor de sódio: 24.000 horas – valores médios).

As lâmpadas multivapores metálicos utilizam tecnologia semelhante às anteriores, mas utilizam metais e gases selecionados em sua fabricação com o intuito de aumentar a reprodução de cores. Porém, a sua durabilidade ainda é baixa.

As lâmpadas de indução, que não possuem filamentos ou eletrodos e funcionam pela ionização de gases devido a indução magnética, têm vida mediana de 60.000 h, apresentam rendimento em torno de 75 lm/W e índice de reprodução de cor na casa de 80.

As lâmpadas VM possuem um eletrodo auxiliar para a partida da mesma, enquanto que as VS e metálicas necessitam de um ignitor para a partida, o qual produz um pulso elevado de tensão para ionizar os gases do tubo de descarga.

Com relação à vida útil de uma lâmpada, podemos citar que ela sofre depreciação luminosa ao longo do tempo que está em operação, perdendo paulatinamente a capacidade de emissão de luz, de forma que considera-se que uma lâmpada atingiu o seu fim de vida quando não consegue mais ser acesa ou quando seu fluxo luminoso atinge um valor mínimo estipulado.

As células fotoelétricas também vêm sendo bastante utilizadas, principalmente na iluminação pública, para fazer o acionamento e desligamento de lâmpadas durante os horários de ausência ou presença de luz natural, o que permite um controle razoável da iluminação artificial e do seu consumo.

Já os sensores de presença e de movimento vêm tendo seu uso aumentado em prédios residenciais e comerciais, especialmente para uso nos corredores, escadarias, escritórios e áreas de armazenamento, principalmente por causa da recente redução nos custos desses dispositivos, antes bastante inacessíveis.

Já para aplicações industriais, têm sido bastante utilizados os controladores lógico-programáveis (PLCs) para controle de circuitos de iluminação artificial.

Dentre as ações mais simples que podem ser implementadas para aumentar a conservação de energia elétrica no uso final iluminação, podem ser citadas:

- Utilização de luminárias e lâmpadas mais eficientes;
- Aproveitamento da iluminação natural nos ambientes sempre que possível;
- Adoção de circuitos elétricos independentes e paralelos, permitindo que lâmpadas próximas às janelas permaneçam desligadas durante o período diurno;
- Utilização de sensores de presença em *halls*, escadarias de incêndio, salas com pouca uso, etc;
- uso de equipamentos gerenciadores de energia elétrica;
- Limpeza das luminárias;
- Emprego de luminárias dimerizáveis ou com fluxo luminoso controlável;

- Utilização de retrofit em luminárias, ou seja, reformar luminárias pelo acréscimo ou substituição de materiais com melhores refletâncias (ver tabela 2.4), visando à melhoria do iluminamento e redução do número de luminárias e lâmpadas existentes.

Tabela 2.4 - Refletâncias típicas

Materiais	Refletância (%)
Ferro esmaltado a fogo	60 a 80
Alumínio polido	65 a 85
plástico metalizado	75 a 85
alumínio pos anodizado	80 a 86
Espelho de vidro	80 a 90
Alumínio reflectal	93 a 98

Com relação à limpeza de luminárias, pesquisas feitas com luminárias de IP nos Estados Unidos mostraram que o rendimento das mesmas pode ser bastante comprometido pela contaminação do meio. Essas pesquisas apontaram que mesmo as luminárias fechadas são alvo da contaminação, pois, após 4 anos de uso e mesmo após limpeza interna e externa do conjunto óptico, a perda observada foi 4%.

No caso de luminárias abertas, que não possuem difusor ou vidro, a perda de rendimento chega a 54% após 6 meses de uso sem limpeza básica, sendo que a limpeza recupera o rendimento para até 80% do valor original [27].

Já as luminárias com filtro de carvão ativado permitem a redução no fluxo de apenas 10% ao longo de 10 anos, desde que as limpezas sejam feitas apenas quando da substituição das lâmpadas em fim de vida útil.

Voltando à questão do *retrofit* em iluminação, há dois tipos possíveis de projetos de revitalização para iluminação [25]:

a) aqueles em que há o redimensionamento do sistema de iluminação, quando são aproveitados os espaços existentes, mas é realizada uma revisão parcial ou total do sistema de iluminação, o que pode levar à redução, remanejamento ou ampliação de pontos e luminárias;

b) os projetos simples, onde não há o redimensionamento do sistema de iluminação e são mantidos os layouts do sistema.

O potencial de conservação do uso final iluminação [21] pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$PC = 100. \left[1 - \min_{i=1}^n \left\{ \frac{P_i}{P_{atual}} \right\} \right] [\%] \quad (2.13)$$

(*i* varia de 1 a *n*)

Onde:

PC = potencial de conservação devido à mudança de tecnologia (%);

P_i = potência instalada do sistema projetado a partir da tecnologia *i* (W);

Patual = potência instalada operante (W);

n = número de diferentes tecnologias de iluminação propostas.

Vale ressaltar também que se uma unidade consumidora apresenta um elevado consumo de energia elétrica no uso final iluminação por área útil e um baixo fator de carga, é provável que haja um grande potencial de conservação nesse uso final.

Um gráfico que pode ser bastante útil nas análises do uso final iluminação é a participação do uso das diversas tecnologias no sistema de iluminação em estudo. Para isso, pode-se desagregar a potência instalada em iluminação por tecnologia utilizada, formando uma pizza, ou seja, *x* % da potência instalada corresponde a lâmpadas incandescentes, *y*% a lâmpadas mistas, *z*% a vapor de sódio, etc.

Com relação à iluminação industrial, pode-se afirmar que a maior preocupação na época do projeto é que seja garantido que especialmente o setor produtivo tenha níveis de iluminamento condizentes com as atividades realizadas, mesmo nos horários de pouca ou nenhuma luminosidade natural, pois também representa um item importante no quesito segurança.

Já para os escritórios as preocupações não são tão grandes, pois possuem características construtivas bastante semelhantes às comerciais e residenciais, bastando que sejam usadas as técnicas básicas, porém respeitando-se os valores de iluminância recomendados pela NBR 5413.

Voltando às áreas de produção, os galpões geralmente são equipados com lâmpadas de vapor de mercúrio ou de multivapores metálicos, acondicionadas em luminárias que tendem a melhorar o fluxo luminoso. Porém, como a questão custo inicial é geralmente levada em consideração no setor industrial, a escolha de lâmpadas e luminárias mais eficientes nem sempre é posta em prática na hora da execução do projeto.

Porém, um fator que deve ser levado sempre em consideração é a eliminação do efeito estroboscópico gerado, por exemplo, por lâmpadas fluorescentes acionadas por reatores eletromagnéticos. Esse efeito pode ser verificado quando as lâmpadas piscam com uma frequência próxima ao dobro da frequência de rede elétrica (120Hz), fazendo com que os equipamentos girantes que possuam rotação nessa faixa pareçam estar sem movimento, o que pode ser um fato gerador de acidentes de trabalho.

Principalmente nos galpões é quase sempre possível uma grande utilização de luz natural, de forma que podem ser instalados basculantes, combogós, telhas translúcidas, clarabóias, janelas e até mesmo refletores solares, como por exemplo telhado de uma cobertura para a reflexão da luz natural para um determinado ambiente.

Com relação ao setor comercial, cabe destacar que é o que apresenta os maiores índices de desperdício de energia por excesso de iluminação, pois a iluminação comercial tem como objetivos principais o realce de produtos em exposição e da decoração da lojas, mas muitas vezes os níveis de iluminamento são excessivos, o que compromete a qualidade da iluminação como um todo.

Com relação à iluminação pública, conforme comentado no item que trata do Programa RELUZ, o seu consumo anual é da ordem 10,3 TWh, o que corresponde a cerca de 3,4% do consumo total de energia elétrica do Brasil. Além disso, é responsável por uma demanda na ponta do sistema elétrico nacional de cerca de 2,2 GW.

Por sua grande importância tanto no que diz respeito à segurança pública e nos aspectos relacionados ao sistema elétrico, esse tipo de iluminação deveria ter se desenvolvido mais rapidamente com relação ao quesito eficiência energética, mas só

recentemente é que foram desenvolvidos e colocados no mercado brasileiro os reatores eletrônicos para lâmpadas de descarga, possibilitando, assim, uma considerável redução nas perdas por efeito Joule quando comparados aos reatores eletromagnéticos ainda bastante utilizados. De qualquer forma, essa preocupação tem se traduzido em ações e colocada em prática, principalmente após a implantação do Programa RELUZ.

Com relação às lâmpadas utilizadas na iluminação pública das cidades brasileiras, as de vapor de mercúrio reinaram praticamente sozinhas por muito tempo, principalmente pelo fato de terem sido a opção tecnológica de mais baixo custo às lâmpadas incandescentes e mistas, além de apresentarem boa reprodução de cores.

Porém, com o desenvolvimento tecnológico por que passaram as lâmpadas de descarga, que levou ao aumento de vida útil, melhor eficiência e redução de preços, as lâmpadas de vapor de mercúrio vêm sendo paulatinamente substituídas por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão e, em alguns casos, por lâmpadas de multivapores metálicos, principalmente para iluminação de monumentos artísticos e prédios históricos, pois essas lâmpadas possuem excelente reprodução das cores.

De maneira geral, a lâmpada vapor de sódio de alta pressão (VSAP) é a que mais vem sendo aplicada na iluminação de locais em que a definição de cores não é uma exigência, como ruas, avenidas e túneis, pois tem uma excelente eficiência luminosa, se comparada a lâmpadas de vapor de mercúrio e de multivapores metálicos (tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Comparativo entre lâmpadas OSRAM usadas na IP

Lâmpada	Potência (W)	Lúmens	Vida média (h)
Vapor de mercúrio HQL 400	400	22.000	24.000
Vapor de sódio (Vialox NAV-T-250-4Y)	250	28.000	32.000
Multivapores metálicos (HCI-TM 250)	250	26.000	12.000

Como um exemplo da utilização das lâmpadas VSAP na IP, vejamos o caso em que uma lâmpada VM de 400 W vem sendo utilizada para iluminação de um determinado logradouro público. A partir da tabela 2.5 podemos observar que é possível a substituição do conjunto reator/lâmpada VM 400 W por um conjunto VSAP de 250 W, sem perda da

quantidade de lúmens ou necessidade de troca de luminária. Vale ressaltar que haverá diminuição na qualidade de reprodução de cor. Apesar disso, esse tipo de substituição vem sendo incentivada pelo Programa RELUZ, conforme detalhado no próprio manual técnico, uma vez que permite a redução de pelo menos 37,5% no consumo e na demanda do conjunto reator/lâmpada.

Em casos em que é necessária uma melhor reprodução de cores, o conjunto reator/lâmpada VM 400 W pode ser substituído por um conjunto reator/lâmpada de multivapores metálicos também de 250 W. Nesse caso, haverá a diminuição de cerca de 10% no nível de iluminação, o que poderá ser compensado, se for realmente necessário, por uma nova luminária que tenha melhor desempenho.

As luminárias têm, dessa forma, papel fundamental no sistema de iluminação pública, pois permitem a utilização de lâmpadas com menor potência. Uma opção bem interessante é, então, a substituição de luminárias de baixo rendimento por luminárias com melhor tecnologia, que geralmente utilizam materiais com maiores refletâncias, têm formato que aumentam o espalhamento e diminuem o ofuscamento.

Ultimamente os sistemas de acionamento da IP têm se desenvolvido com maior rapidez. Porém, apesar de permitirem a utilização de acionamento remoto ou pré-programado somente dos reatores eletrônicos de interesse, o que leva à redução de desperdícios de energia elétrica, ainda são alternativas bastante caras.

Um ponto que não pode ser mais desconsiderado, haja vista as preocupações ambientais, é o descarte de lâmpadas que contêm resíduos tóxicos. De acordo com a NBR 10.004, os produtos que contêm mercúrio (Hg), ao fim de sua vida útil, são considerados resíduos perigosos, Classe I.

Como já comentado, as lâmpadas de descarga possuem mercúrio, substância tóxica e nociva ao meio ambiente e ao ser humano. Dessa forma, as lâmpadas VM, VS, fluorescentes e mistas, ao terem seus invólucros rompidos, liberam para a atmosfera vapores que se espalham pela natureza, penetrando no organismo dos seres vivos através da respiração. Por outro lado, o mercúrio, por suas características, também penetra no solo e acaba contaminando os lençóis freáticos.

Dessa forma, é necessário o correto manejo, armazenamento e transporte das lâmpadas em final de vida útil, a fim de passarem por um processo de descontaminação pelas empresas autorizadas.

2.6.3.2 CONDICIONAMENTO DE AR E REFRIGERAÇÃO

Conforme já citado, no uso final condicionamento de ar o potencial de conservação de energia elétrica no Brasil é da ordem de 10%. Isso se deve principalmente a projetos mal dimensionados ou mal executados, nos setores industrial e comercial, a equipamentos obsoletos ou de péssima qualidade, nos setores residenciais e comerciais, bem como à não realização periódica da manutenção preventiva.

Antes, porém, de aprofundarmos o assunto, vale ressaltar alguns conceitos básicos:

- Carga térmica: quantidade de calor que é absorvida por um ambiente proveniente de fontes de calor externas (diferencial de temperaturas, ar de ventilação, etc) ou internas (pessoas, lâmpadas, equipamentos, vapor, ar infiltrado, etc). Pode ser expressa, dentre outras unidades, em Watts, quilocalorias/hora (kcal/h) e BTU/h.
- Eficiência do condicionador: relação entre o efeito frigorífico (capacidade do equipamento) e a potência requerida do compressor. Pode ser expressa em kJ/W.h ou kW/TR.;
- Capacidade do condicionador: quantidade de calor que um aparelho de ar condicionado deve retirar do ambiente a ser climatizado.

Para se calcular o potencial de conservação do uso final ar condicionado em relação ao sistema em uso, faz-se a comparação do consumo atual desse uso final com o esperado ao se utilizar equipamentos de tecnologia mais eficiente. Assim, pode-se utilizar a equação abaixo:

$$CE = \sum \frac{C_i * \Delta t_i}{1000 * EER_i} [kWh] \quad (2.14)$$

Onde:

C_e é o consumo esperado mensal do uso final ar condicionado com a nova tecnologia - em [kWh];

C_i = capacidade do aparelho de ar condicionado i [BTU/h];

Δt_i = tempo de operação do aparelho de ar condicionado i [h];

EER_i = eficiência do aparelho de ar condicionado i [BTU/h/W];

n = número de aparelhos de ar condicionado da instalação.

Essa equação não leva em consideração qualquer diminuição de carga térmica havida em um ambiente proporcionada pela diminuição da irradiação da carga térmica irradiada por outros equipamentos elétricos, como lâmpadas, ou por medidas de efficientização energética. De qualquer forma, o cálculo preciso da carga térmica de um ambiente não é fácil de ser realizado, pois depende de fatores, como a área útil, pé direito, orientação solar, quantidade de pessoas, potência média dos aparelhos, materiais do piso e paredes, móveis, etc.

Mas sempre que se for fazer um projeto de condicionamento de ar as condições para o recinto devem ser definidas de acordo com a ABNT NBR 6401, principalmente temperatura e umidade relativa, bem como deve ser feita a estimativa da carga térmica dos ambientes, levantando as áreas de piso, paredes, divisórias, etc, bem como os elementos construtivos utilizados na edificação, tais como os tipos de materiais das lajes, das paredes, dos forros, das divisórias. Devem ser observadas também as fontes internas de dissipação de calor, quais sejam: as pessoas, lâmpadas, equipamentos, vapor, infiltração de ar e ventilação, etc.

Os equipamentos a serem especificados no projeto deverão ter capacidade para atender às cargas térmicas calculadas (BTU/h) e ter uma eficiência mínima (kJ/W.h) a fim de garantir o melhor consumo de energia elétrica para a edificação.

Os aparelhos de janela, conforme já comentado, vêm tendo seus níveis de eficiência melhorados principalmente após a implementação do selo PROCEL, e, ainda assim, os preços dos equipamentos têm se tornado mais acessíveis, de forma que já é possível encontrarmos equipamentos de 7.000 BTU/h na casa dos R\$ 500,00, o que era impensável há alguns anos. Por outro lado, há uma tendência crescente de os aparelhos de janela serem

substituídos por equipamentos do tipo *split*, também já objeto de avaliação para concessão do Selo PROCEL.. Isso tem sido notado fortemente no setor comercial, onde há a necessidade de maior capacidade de condicionamento e com reduzido ruído audível, geralmente também se traduzindo em redução no consumo de energia. Nesse setor também são muito utilizados sistemas de ar condicionado central dos tipos *self-contained*, *roof-top* ou de expansão indireta.

Os equipamentos do tipo *split system* são compostos por pelo menos duas unidades interligadas por tubulações por onde o fluido refrigerante circula. A unidade evaporadora é instalada no próprio ambiente e a unidade condensadora é colocada na área externa a fim de realizar a troca de calor. Como possui a opção de trabalhar com apenas uma unidade condensadora e várias evaporadoras, torna-se muito interessante para locais em que o acesso a áreas externas para instalação de condensadores é difícil. Além disso, tem um bom rendimento no condicionamento ambiental em comparação aos aparelhos de janela, uma vez que o ar é condicionado em vários pontos, equalizando as temperaturas mais rapidamente e com menor consumo. Outras vantagens dizem respeito à facilidade de manutenção, o baixo nível de ruído, maior faixa de temperatura de operação em cada um dos evaporadores, que são geralmente controlados por controle remoto.

As centrais compactas do tipo *self-contained*, como o próprio nome diz, possuem todos os componentes necessários para realizar o condicionamento ambiental, quais sejam: filtragem, refrigeração, umidificação, aquecimento, desumidificação e movimentação do ar, geralmente em dutos espalhados pelos ambientes. Possuem sistemas de comando, controles e segurança e, por serem compactos, são de fácil instalação e manutenção. Possuem controles eletrônicos de temperatura na central de condensação, mas esse controle também pode ser feito através da regulagem de aletas instaladas nos terminais das tubulações de insuflamento de ar. Esse tipo de equipamento vem perdendo espaço para os *split* principalmente por ter menor rendimento e maior consumo de energia elétrica.

Quando um equipamento *self-contained* é projetado para instalação no teto do ambiente, ele recebe o nome de *roof-top*.

Os condicionadores de ar do tipo expansão indireta, muito utilizados em grandes edifícios e *shopping-centers*, são compostos basicamente de central de resfriamento do líquido (água gelada) ou *chiller*; unidades condicionadoras ou *fan-coils*, tubulações

hidráulicas, sistemas de água de resfriamento ou condensação, rede de dutos e distribuição de ar e controles automatizados.

O componente principal desse tipo de condicionador é o *chiller*, onde estão as unidades resfriadoras e as bombas de líquido, sendo responsável pelo resfriamento da água e pelo controle de temperatura, pressão e vazão, o que é um dos motivos pelos quais há redução no consumo de energia elétrica. Assim, após deixar o *chiller*, a água passa pelas unidades climatizadoras (fan-coils), que na verdade são compostas por serpentinas, e os ventiladores fazem com que o ar a ser resfriado passe pelo lado externo das serpentinas, fazendo a troca de calor entre eles.

Com relação ao uso final refrigeração, lembramos que o potencial de conservação de energia elétrica no Brasil é da ordem de 17%.

Esse percentual é maior no setor industrial, onde as câmaras frias são bastante utilizadas e onde a mão-de-obra deve ser mais especializada, pois, além de ter um custo maior de projeto, a montagem dos equipamentos é geralmente realizada no próprio local de operação e não nas fábricas. Outrossim, a refrigeração industrial geralmente apresenta problemas típicos de operação a baixas temperaturas.

A câmara fria, como o próprio nome diz, é um volume delimitado por paredes, não necessariamente de tijolos, revestidas por materiais isolantes que impedem ou dificultam a troca de calor com o meio externo. Esse isolamento térmico pode ser feito nas paredes internas das câmaras ou mesmo entre as paredes. O sistema de refrigeração tem as mesmas características utilizadas nas geladeiras e *freezers*. Para se conseguir um menor desperdício de energia elétrica, podem ser construídas pequenas câmaras frias junto à porta de acesso, denominadas de antecâmaras, que têm o objetivo de evitar trocas desnecessárias de calor com o meio externo. Nessas antecâmaras podem também ser colocados os produtos que serão armazenados nas câmaras frias, de forma que haverá troca de calor apenas entre esses ambientes, garantindo também uma melhor qualidade de estocagem de produtos.

Alguns aspectos devem ser levados em consideração quando se deseja conservar energia elétrica nos sistemas de refrigeração. Primeiramente, devem ser observados se os níveis de temperatura estão adequados, pois se a temperatura medida em um ambiente com condicionamento de ar ou em uma câmara frigorífica estiver abaixo da recomendada, o que

é muito mais comum do que parece, haverá um desperdício de energia elétrica fácil de ser solucionado, bastando para isso apenas o ajuste correto do termostato.

2.6.3.3 FORÇA MOTRIZ

A maior participação no consumo de energia elétrica do setor industrial corresponde ao uso final força motriz, que detém cerca de 51% do total consumido.

Desse total, cerca de 50% é consumido em motores de indução trifásicos [1]. Por isso, já no ano de 1995, dentro do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, o PROCEL, o CEPEL e o INMETRO, em parceria com fabricantes, começaram a desenvolver procedimentos para utilização nos ensaios desse tipo de motor afim de obter os índices de eficiência dos motores disponíveis no mercado nacional, o que resultou na concessão do Selo PROCEL para alguns dos modelos existentes à época.

Em 2002, também como efeito desse processo de eficientização, foi publicado o Decreto nº. 4.508/2002 que definiu níveis mínimos de eficiência energética para os motores trifásicos de indução com rotor gaiola de esquilo a serem comercializados no país.

De lá para cá, o resultado dessa iniciativa tem sido o aumento sistemático dos rendimentos médios dos motores etiquetados e comercializados. Para isso, o PROCEL vem classificando esses motores nas categorias padrão e alto rendimento, sendo que o Selo está presente em equipamentos de todas as potências padronizadas na faixa de 1 a 250 CV.

Esses motores, apesar de serem considerados como intrinsecamente eficientes, apresentam grande potencial de conservação, uma vez que a aplicação dos mesmos geralmente é feita de forma ineficiente [1].

Os motores categorizados como de alto rendimento passam por um processo fabril diferente do dos motores tipo padrão, pois neles há uma preocupação maior com a redução das perdas e do conseqüente consumo de energia, de forma que são conseguidas reduções de até 30% nas perdas. Para isso, são necessárias algumas modificações construtivas, tais como a utilização de uma quantidade maior de cobre nos enrolamentos do estator, utilização de chapas magnéticas de melhor qualidade para permitir a redução das perdas no ferro e da corrente de magnetização, utilização de rolamentos especiais que apresentem

perdas por atrito menores, melhoria do sistema de ventilação e do isolamento térmico do estator e rotor, etc.

No setor de saneamento, a maior parcela do consumo de energia elétrica está relacionada aos conjuntos motobomba instalados no sistema de captação, tratamento e distribuição da água potável, bem como no sistema de estações elevatórias de esgoto.

A maioria dos sistemas de bombeamento existentes nas concessionárias de saneamento brasileiras foram projetados e construídos, de uma maneira geral, sem que a preocupação com o consumo e a demanda de energia elétrica fossem uma consideração fundamental, visto que esse custo era subsidiado, a energia era mais barata e abundante, e não havia grandes preocupações com as questões ambientais.

Vale, então, ressaltar que o rendimento do conjunto motobomba é a relação entre a potência hidráulica de saída e a potência elétrica de entrada do motor. Enquanto esta é função da tensão de alimentação, da corrente e do fator de potência, aquela é função da vazão e da altura manométrica na bomba.

Assim, rendimentos baixos do conjunto motobomba podem ser atribuídos a várias causas. Dentre elas podemos destacar: motores sobredimensionados, que acionam cargas muito inferiores a sua capacidade nominal; motores subdimensionados; rotores mal dimensionados ou desgastados; e motores que já passaram por pelo menos um processo de rebobinamento.

É importante acrescentar que, assim como ocorre com outros usos finais, a simples substituição de motores por outros mais eficientes não é garantia necessariamente de ganhos significativos de eficiência, pois as condições do próprio sistema podem limitar os resultados esperados.

Para assegurar a melhoria no rendimento dos processos relacionados ao saneamento, todas as medidas devem ser bastante estudadas para se tornarem factíveis, técnica e economicamente. Essas medidas incluem, além da troca de motores por outros de rendimento superior, substituições de bombas, intervenções para melhoria nas características das bombas, a implementação de automação para assegurar confiabilidade e precisão da operação, a utilização de equipamentos para partida de motores, tais como chaves compensadoras, *softstarters*, etc.

CAPÍTULO 3

CONSERVAÇÃO NO SETOR RESIDENCIAL

3.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta conceitos fundamentais associados ao aspecto da conservação de elétrica enfatizando cargas residenciais. O objetivo é fornecer informações não apenas técnicas, mas também sobre o que tem sido feito, e está sendo planejado, no Brasil.

3.2 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O BRASIL – PEE

Como já apresentado no item 1.4 deste trabalho, no consumo total de energia elétrica do Brasil a participação da classe residencial, bem como da comercial, vem aumentando com alguma significância quando comparadas às demais classes. Isso se deve principalmente à facilitação dos meios de aquisição de novos eletrodomésticos e equipamentos eletroeletrônicos [13] na busca pelo conforto e lazer e ao aumento do tempo de permanência dos moradores em suas residências, notadamente nas áreas urbanizadas, onde a questão da falta de segurança é acentuada. Conseqüentemente, há um aumento da carga residencial instalada e do consumo de energia elétrica devido também à maior utilização dos equipamentos.

Assim, para exemplificar de que maneira a energia elétrica vem sendo utilizada pelos consumidores residenciais brasileiros, e por ser a classe residencial considerada bastante difusa, serão utilizados neste trabalho parte dos resultados, recém divulgados, da pesquisa de posse de equipamentos elétricos e hábitos de uso realizada pela ELETROBRÁS/PROCEL, no âmbito do “Programa de Eficiência Energética para o Brasil – PEE” [16]. Nesse trabalho foram verificados também fatores como condições sócio-econômicas e satisfação dos consumidores, qualidade do fornecimento de energia elétrica

pelas concessionárias, comportamento dos consumidores devido ao racionamento de energia ocorrido entre 2001 e 2002, qualidade da iluminação pública, etc.

A referida pesquisa de campo foi efetuada entre dezembro de 2004 e julho de 2006 e abrangeu 18 estados e 21 concessionárias de energia, representando 92% do mercado. Para isso, contou com recursos doados pelo Global Environment Facility – GEF repassados pelo Banco Mundial – BIRD, tendo sido pesquisados 9.874 domicílios, dos quais foram selecionados 4.310 por meio de tratamento estatístico (Rede Neural Artificial de Kohonen – SOM: Self Organization Map). O relatório da pesquisa assegura que o erro máximo nos cálculos de intervalos de confiança de 95% nas estimativas de proporções é de aproximadamente 1,5%, se o pior caso for levado em consideração.

A pesquisa teve como objetivo principal a quantificação da tipologia da posse de equipamentos de uso residencial que consomem energia elétrica e obter a declaração da utilização dos mesmos. Para tal foram utilizados questionários para coleta de informações em campo, nos quais constavam, além dos quesitos já comentados, a previsão de aquisição de novos eletrodomésticos nos próximos meses e quais medidas foram adotadas pelos consumidores durante o já citado período de racionamento.

Uma constatação da pesquisa que será de suma importância nesta dissertação, pois é utilizada para representar o consumidor residencial típico do Estado do Maranhão, é que mais de 2/3 das unidades residenciais brasileiras têm um consumo mensal de energia elétrica inferior a 200 kWh.

O racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001 certamente teve efeito na posse e uso de equipamentos elétricos, pois, segundo a pesquisa, cerca de 86,8% dos entrevistados declarou ter adotado alguma medida para economizar energia elétrica durante o racionamento. Além disso, a maioria informou que utiliza da mesma forma que antes do racionamento, a geladeira e o chuveiro elétrico. Houve significativa redução na utilização das lâmpadas e no uso de máquinas de lavar roupas após esse racionamento. Cabe ressaltar o significativo percentual (6,2 %) de lâmpadas substituídas por outras mais eficientes.

Com relação ao fornecimento e qualidade da energia elétrica percebida pelos consumidores, cerca de 20% das unidades consumidores teve interrupção no fornecimento nos 15 dias anteriores à pesquisa, mais de 17% reclamaram de queda nos níveis de tensão observada pela redução nos níveis de iluminação, e 21% reclamaram que houve queima de

2 ou mais lâmpadas nos últimos três meses anteriores à pesquisa. Esses dados, corroborados pelos “Índices ANEEL de Satisfação do Consumidor – IASC” indicam que a qualidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil ainda deixa a desejar. Foram consideradas as variações nos níveis nominais de tensão quando das simulações realizadas em laboratório e apresentadas no Capítulo 4 deste trabalho.

Assim, os percentuais significativos de queima de lâmpadas observadas na citada pesquisa e os eventos relacionados com as quedas de tensão podem ser indicadores da necessidade de implementação de medidas corretivas, objetivando a melhoria na qualidade da eletricidade entregue aos consumidores residenciais.

Outras informações relevantes extraídas da pesquisa mostram que mais da metade (54,3%) dos domicílios brasileiros possui área construída menor ou igual a 75 m² e uma média de 3,31 pessoas por domicílio no Brasil (no Nordeste esse número aumenta para 3,54).

A pesquisa constatou que a participação do consumo residencial de energia elétrica no Brasil, da ordem de 22,2%, já alcança índices semelhantes aos observados nos períodos que antecederam o racionamento de 2001/2002. Outra informação bastante interessante da pesquisa é a participação dos eletrodomésticos (por tipo) no consumo residencial do país, o que pode ser observado na figura 3.1, onde nota-se que o uso final refrigeração, formado neste caso por geladeiras e freezers, representa mais de um quarto do consumo residencial, alcançando cerca de 27%.

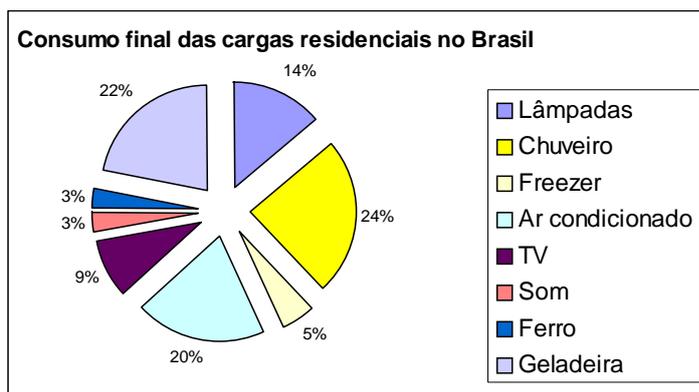


Figura 3.1 – Participação das cargas no consumo final residencial brasileiro

Com relação aos televisores, eles estão presentes em 97,1 % dos domicílios brasileiros e é o aparelho com a maior posse média entre os eletrodomésticos, da ordem de 1,41 (superior a um televisor por domicílio), sendo que a maior posse está na região Sul, com 1,63, e menor posse na região Norte, com 1,16. A Região Nordeste apresenta posse média de 1,30, e o equipamento está presente em 97% dos domicílios nordestinos.

Foi constatado também que mais de 85,3% dos aparelhos de televisão possuem menos de 10 anos de fabricação, o que pode sinalizar que o baixo percentual de aparelhos com mais de 10 anos esteja relacionado à vida útil desse tipo de eletrodoméstico. Verificou-se também que 82,8% dos entrevistados utilizam bastante os televisores, ou seja, mais de 4 vezes por semana.

Um dado bastante importante, que tem relação direta com o consumo mensal de energia elétrica residencial, é que em 55,5% dos domicílios a função standby dos televisores é utilizada. O outro eletrodoméstico que também tem um índice razoável de utilização dessa função é o aparelho de som, com 26,9%. De acordo com pesquisa realizada nos Estados Unidos [28], há uma grande variação no consumo desses dispositivos. Analisando todos os dispositivos de standby instalados em 10 residências da Califórnia (com uma a cinco pessoas e de classes diferentes), as potências totais por residência variaram de 14 a 169 W, mas a média de consumo desses aparelhos ficou na ordem de 67 W por residência, o que corresponde a 5% - 26% do consumo anual dessas casas. Vale ressaltar que o consumo residencial médio brasileiro é bastante diferente, pois a média de consumo anual dessas 10 casas é da ordem de 6.769 kWh/ano, contra 1.701 kWh/ano das brasileiras.

O consumo dos dispositivos de standby começaram a se tornar uma preocupação da comunidade internacional a partir de 1997 na Alemanha e Japão. O fato é que várias pesquisas demonstraram que esse consumo pode corresponder a mais de 10% do consumo de eletricidade da classe residencial de uma nação. Segundo ainda a pesquisa, os aparelhos que apresentaram as maiores perdas foram as televisões, com perdas que variavam de 2,5 a 6,4 W por aparelho.

Mas um dado importante observado foi que os fabricantes são capazes de reduzir as perdas desses dispositivos sem comprometimento de desempenho, de forma que as perdas

podem cair até 68%, se os dispositivos de standby forem substituídos por outros com consumo de até 1 W por aparelho.

Como esses dispositivos não podem ser desligados a menos que sejam retirados da tomada, continuam drenando energia da rede, mesmo sem cumprirem sua função principal. O fato é que mesmo que esse dispositivo consuma 4 W, um televisor que o contenha consumirá por mês o equivalente a 3 kWh só com essa função, o que corresponde a cerca de 3,5% do consumo mensal de um consumidor residencial do Estado do Maranhão.

Voltando à pesquisa de posse e hábito de uso, foram obtidos dados que confirmam a posse significativa dos seguintes eletrodomésticos: ferro elétrico (0,93), liquidificador (0,82), circulador de ar/ventilador portátil (0,78), aparelho de som (0,74) e máquina de lavar roupa (0,64). Vale ressaltar que o ferro elétrico teve uso declarado de 1 a 3 vezes por semana por 54,4% dos entrevistados. Apesar de ser um equipamento de alto consumo de eletricidade, a sua participação no consumo mensal de uma residência brasileira é da ordem de apenas 3%.

Com relação aos fornos de microondas, 29,9% dos domicílios brasileiros possuem pelo menos um, número esse que no Nordeste cai para 14,6%. Já com relação aos ventiladores de teto, 24,5% dos domicílios brasileiros possuem pelo menos um. Na Região Nordeste 19 em cada 100 domicílios dispõem desse tipo de eletrodoméstico.

A máquina de lavar roupas está presente em 64% dos lares do país e em apenas 35% dos nordestinos.

Nessa mesma pesquisa, como era de se esperar, pode-se observar que se forem considerados os consumidores residenciais do Nordeste do Brasil, há uma variação acentuada na participação do chuveiro elétrico de 24 para 9%, e do ar condicionado de 20 para 27% (Figura 3.3).

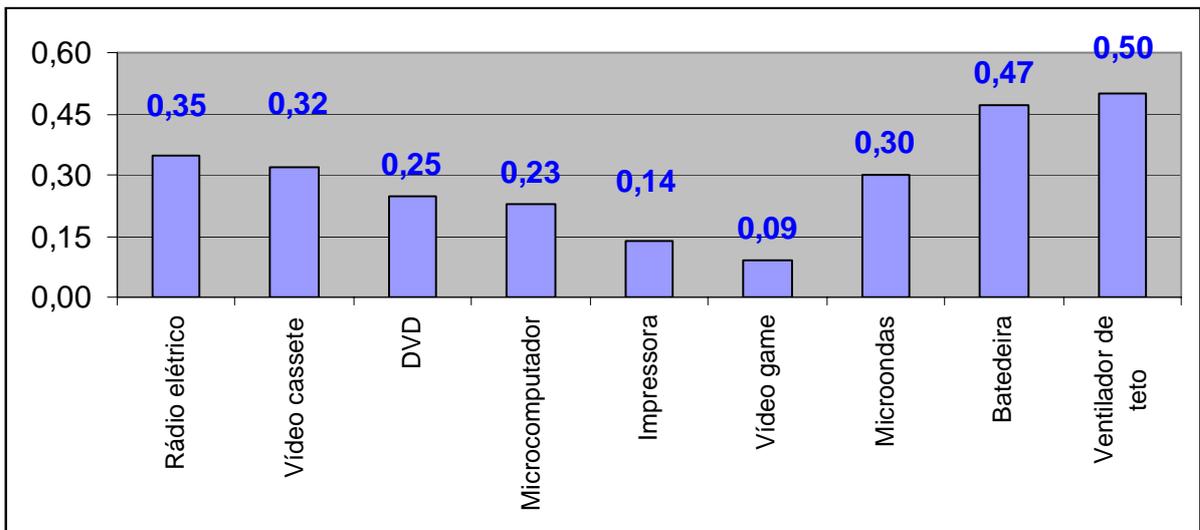


Figura 3.2 – Posse média de outros eletrodomésticos

Uma outra constatação de destaque na pesquisa é que, apesar estarem presentes em 23,2% dos lares brasileiros, em 21,81% dos casos os freezers não estão sendo mais usados para estocar alimentos.

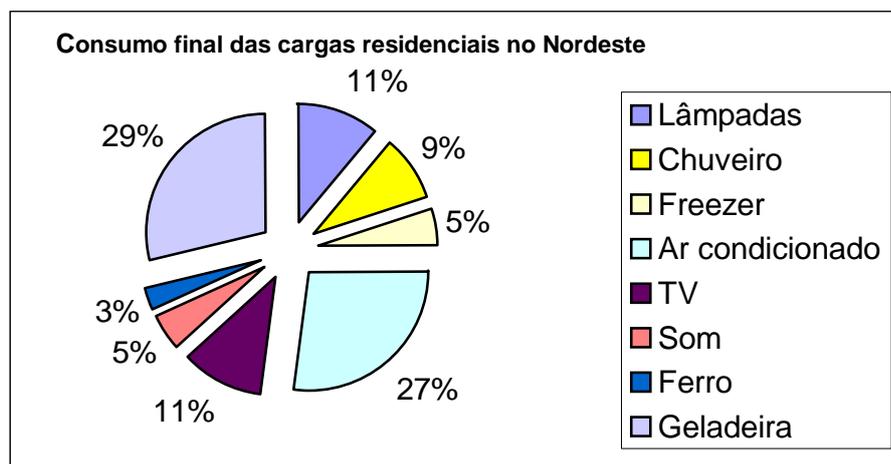


Figura 3.3 – Participação das cargas no consumo final residencial - Nordeste

3.3 O CONSUMIDOR BRASILEIRO – O ESTADO DO MARANHÃO

Para um melhor entendimento de como se comportam as cargas residenciais de um consumidor típico com consumo mensal de até 200 kWh, assume-se como base uma unidade consumidora da área de concessão da Companhia Energética do Maranhão – CEMAR. Mas para isso, primeiramente, é necessário conhecer algumas informações do mercado consumidor do Estado do Maranhão e da respectiva concessionária de distribuição [29].

O Estado do Maranhão possui uma área de cerca de 333.000 km², correspondente a 3,91% do território brasileiro, e tem uma população (residente em 1º de abril de 2007), de 6.117.996 habitantes segundo a Contagem da População 2007 [30] divulgada pelo IBGE no Diário Oficial da União de 05/10/2007, o que equivalente a 3,3% da população brasileira.

A CEMAR é a concessionária de distribuição que atende a toda a área citada, sendo que, segundo a Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE), ao final de 2005, era a segunda maior distribuidora de energia elétrica do Nordeste em extensão de área de concessão, com 21,4 % do total, mas somente a quinta em termos de consumo de energia, com apenas 7,0 %, o que será melhor comentado a seguir.

Essa concessionária possuía ao final de 2006, 1.348.877 [29] consumidores de energia elétrica, tendo tido um crescimento no número de consumidores da ordem de 7,5% em relação ao ano anterior, a maioria dos quais devido ao Programa Luz para Todos (PLPT) do Governo Federal, que possibilitou a conexão de novos 62.931 clientes adicionais somente no ano de 2006. Foram investidos mais de R\$ 169 milhões, sendo 86,7% financiados a fundo perdido com recursos da CDE e 13,3% com recursos da RGR, disponibilizados pela ELETROBRÁS. Com isso, já foram adicionados no total mais de 103.000 novos consumidores à rede de distribuição da concessionária através do PLPT.

As Tabelas 3.1 – 3.3 e as Figuras 3.4 e 3.5 mostram comparações entre o sistema elétrico nacional e a concessionária de distribuição que atende o Estado do Maranhão.

Tabela 3.1 – Dados comparativos da CEMAR frente ao setor elétrico nacional

	BRASIL	CEMAR
HIDRELÉTRICA	84% da energia produzida é de origem hidráulica (inclui a parcela paraguaia de Itaipu)	96% da energia elétrica vem da UHE Tucuruí (Pará)
Nº DE CONSUMIDORES	56 milhões	1.348.877
LINHAS DE TRANSMISSÃO	67.000 km	30.485 km de linhas de distribuição (alta, média e baixa tensão)
FATURAMENTO ANUAL	R\$ 32 bilhões	R\$ 560 milhões

Tabela 3.2 – Comparação do consumo por segmento - CEMAR e setor elétrico nacional

Consumo por segmento	BRASIL	CEMAR - MARANHÃO
INDUSTRIAL	46,7 %	14,2 %
RESIDENCIAL	22,2 %	43,1 %
COMERCIAL	14,3 %	21,1 %
PÚBLICO/RURAL	12,9 %	9,1 %
OUTROS	3,9 %	12,5 %

Tabela 3.3 – Número de consumidores e consumo por segmento - CEMAR

SEGMENTO	2005		2006	
	Nº. consumidores	Consumo (MWh)	Nº. consumidores	Consumo (MWh)
Residencial	1.080.495	1.127.170	1.150.936	1.202.396
Industrial	9.262	441.741	9.566	396.349
Comercial	94.176	552.358	99.249	590.312
Outros	70.466	729.155	89.126	603.702
T O T A L	1.254.399	2.917.424	1.348.877	2.792.759

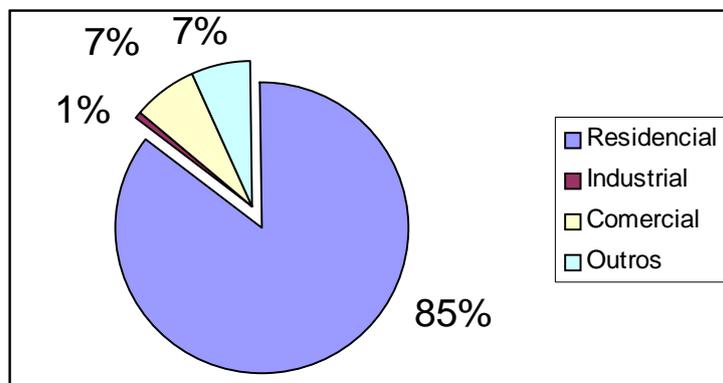


Figura 3.4 – Percentual do quantitativo de consumidores da CEMAR

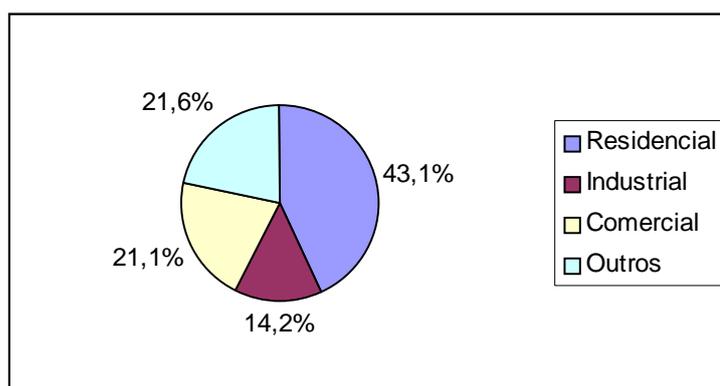


Figura 3.5 – Participação dos segmentos no consumo total de energia - CEMAR

3.4 REFRIGERAÇÃO RESIDENCIAL

Nos domicílios, os equipamentos responsáveis pela refrigeração são as geladeiras e os *freezers*. De acordo com a pesquisa de posse e hábito de uso de equipamentos residenciais [13], os refrigeradores estão presentes, em média, em todos os domicílios brasileiros (Figura 3.6). Essa pesquisa indicou que na faixa de consumo de 0 a 200 kWh/mês, apenas 5,2% dos domicílios brasileiros não possuíam refrigerador. Se levarmos em conta apenas a Região Nordeste, 6,6%, em média, dos domicílios não têm esse equipamento. Na faixa de 0 a 200 kWh/mês, 91,9% já contam com esse eletrodoméstico.

A pesquisa também comprova que 76,9% dos refrigeradores têm tempo de funcionamento (idade) inferior a 10 anos e que quase 40% têm até 5 anos de uso, o que sinaliza que uma boa parte da população já dispõe de equipamentos eletricamente eficientes. Isso pôde ser comprovado, pois 43,3% dos que adquiriram novas geladeiras disseram que consideraram o consumo de energia elétrica apresentado na etiqueta do PBE. Isso tem grande relevância para a conservação de energia, pois nos domicílios que a possuem, a geladeira é usada permanentemente em 97,3 % dos casos.

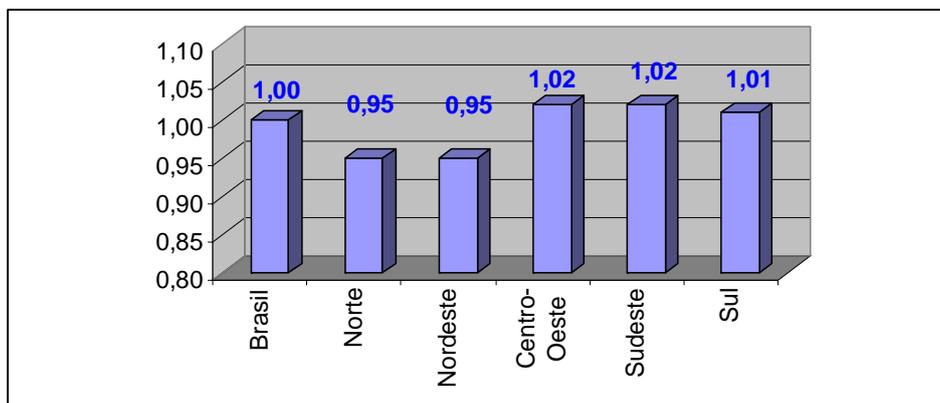


Figura 3.6 - Posse média dos refrigeradores no Brasil e regiões

Com relação à posse e uso de *freezer*, a pesquisa mostrou que 24% das residências possuem esse equipamento. Na Região Nordeste esse percentual cai para 18%. Outra informação importante é que quase 90% (88,5%, para ser mais exato) dos *freezers* possuem menos de 10 anos de fabricação, o que indica, além de que já possuem certos níveis de eficiência, que só há uma década o seu uso começou a se popularizar. Porém, também é digno de nota que em 21,9% das residências que o possuem, o seu uso não é permanente.

Com relação às características, os *freezers* e geladeiras têm basicamente o mesmo princípio de funcionamento, diferindo somente na temperatura interior, pois ambos têm o objetivo de retirar o calor existente no seu interior e fornecer a temperatura adequada para a conservação e congelamento de bebidas e alimentos.

De maneira geral, o calor existente no interior do *freezer* ou da geladeira é absorvido no evaporador por um fluido refrigerante, o qual é levado, por circulação forçada a partir de um compressor, em uma serpentina que funcionará como um condensador. Essa serpentina geralmente é instalada na parte externa do ambiente a ser refrigerado para que o calor presente no fluido seja descarregado no ambiente externo, de forma que o fluido perca temperatura e retorne às paredes internas do ambiente a ser refrigerado, onde novamente absorverá calor e recomeçará o processo (Figura 3.7), de forma que continuará a troca de calor até que a temperatura desejada seja alcançada. O ajuste da temperatura é normalmente feita a partir de um termostato e o evaporador também é denominado de congelador.

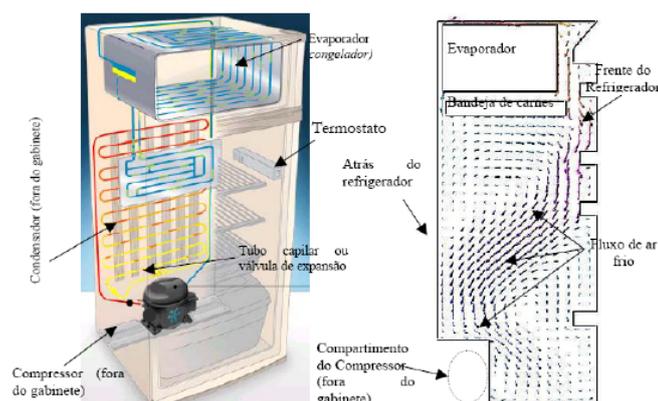


Figura 3.7 – Composição básica de um refrigerador

Como pode ser deduzido, a rapidez com que o equipamento faz a troca de calor com o meio ambiente é fundamental para a eficiência do processo, pois menos tempo será necessário para o compressor fazer o fluido refrigerante circular, o que reflete no menor consumo de energia elétrica. Além disso, o próprio rendimento do compressor e sua qualidade de fabricação são fundamentais para a redução do consumo de energia.

Desta forma, para se melhorar a eficiência de todo esse processo, não só o sistema de vedação (principalmente borrachas) que tem que estar em boas condições, como também o equipamento deve estar instalado em local com boa ventilação, à sombra e distante de fogões, paredes aquecidas pelo sol e outras fontes de calor. Por ser a geladeira o eletrodoméstico responsável pelo maior consumo de energia elétrica nas residências brasileiras, em especial no Nordeste, é que saem as dicas de conservação de energia elétrica geralmente presentes nos *sites* das principais concessionárias de energia elétrica [31]:

- Verifique as borrachas de vedação das portas (pois como dito, o sistema de vedação é fundamental na redução do consumo de energia e um aparelho com sistema de vedação estragado tenderá a permanecer ligado por maior tempo, devido à perda de ar frio, fazendo que sua temperatura interna demore a alcançar, ou nunca alcance, a temperatura de desligamento);
- Instale a geladeira em local bem ventilado, desencostada de paredes ou móveis, fora de alcance dos raios solares e distante do fogão e máquina de lavar pratos (já explicitado);
- Não utilize a parte traseira da geladeira para secar panos e roupa. Deixe-a livre e desimpedida (pois isso dificulta a troca de calor do fluido refrigerante, fazendo o compressor trabalhar mais);
- Siga as orientações do fabricante ao instalar, limpar, regular e manter a geladeira;
- Não abra a geladeira sem necessidade. Crie o hábito de colocar ou retirar alimentos e bebidas de uma só vez;
- Não coloque alimentos ainda quentes na geladeira (pois a troca de calor permanecerá por mais tempo);
- Não coloque líquidos em recipientes sem tampa na geladeira;
- Evite forrar as prateleiras para não impedir a circulação interna de ar frio;

- Verifique se a temperatura do congelador e o volume interno são adequados às suas necessidades e regule o termostato adequadamente em estações frias do ano (consultar o manual do fabricante);
- Refrigeradores e *freezers*, lado a lado ou *twins*, consomem de 7% a 13% mais do os modelos *duplex* ou combinados;
- Faça o degelo sempre que necessário (pois o gelo é um bom isolante térmico e o seu acúmulo dificulta a troca de calor, exigindo o funcionamento do sistema de refrigeração por um período muito maior).

Bastante em função da criação do Selo PROCEL, esses equipamentos tiveram uma melhoria tecnológica bastante significativa nos últimos 20 anos, tendo sido desenvolvidos novos materiais isolantes para melhorar o isolamento térmico e a troca de calor entre o fluido e o meio externo.

Além disso, devido ao Protocolo de Montreal, que passou por revisão em 1990 tendo o Brasil como signatário, houve uma revolução nos sistemas de refrigeração com a redução e posterior substituição dos clorofluorcarbonetos, os famosos CFCs, que eram utilizados como fluidos refrigerantes. Como já informado nos tópicos anteriores, os CFCs trazem danos ao meio ambiente e por isso foram substituídos paulatinamente por outros fluidos que também têm a característica de fluidos refrigerantes, mas que minimizam o impacto ambiental.

Um outro ponto de grande relevância, mas que não tem merecido a devida atenção dos órgãos normatizadores e reguladores, especialmente da ANEEL, são os baixos níveis de tensão de fornecimento das concessionárias. De acordo com ensaios realizados pela Comissão de Serviços Públicos Estaduais de São Paulo – CSPE, um fornecimento com tensão 9,4% menor que a tensão nominal, faz com que o consumo de um refrigerador residencial com potência média de 170 W operando 9 horas por dia (média) aumente 6,16% (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Consumo de um refrigerador alimentado com tensões diferentes da nominal

Tensão no ponto de entrega (V)	Percentual da queda de tensão em relação à nominal (%)	Consumo diário (kWh)	Consumo em relação ao com tensão nominal (%)
127	0	1,53	100
120	5,5	1,58	102,8
115	9,4	1,62	106,16

Segundo essa mesma fonte, em 2000, 83,63% dos consumidores da área da Grande São Paulo recebiam tensão de entrada da concessionária na faixa de 115 V. Pelas estatísticas apresentadas pelo estudo, existiam nessa área cerca de 3.412.000 refrigeradores, que consumiam 2.017,52 GWh por ano. Se todos esses consumidores estivessem sendo atendidos em tensão nominal de 127 V, o consumo anual baixaria para 1.905,43 GWh, ou seja, houve um desperdício estimado de 112,09 GWh somente no ano de 2000, o que corresponde ao consumo anual de cerca de 65.873 domicílios brasileiros, se utilizarmos a média de consumo residencial de 2005 divulgada pelo BEN 2006.

3.5 AQUECIMENTO DE ÁGUA

O aquecimento de água em um domicílio pode chegar a representar mais de um quarto do consumo de energia elétrica, a exemplo das residências da Região Centro-Oeste, onde o aquecimento de água para banho é responsável por 28% do consumo mensal, o que faz com que esse uso final seja de extrema importância para a análise do comportamento das cargas residenciais. Assim, precisamos relacionar os sistemas de aquecimento de água mais utilizados nas residências brasileiras, sendo estes:

- chuveiro elétrico;
- aquecedor elétrico de passagem;
- aquecedor elétrico de acumulação;
- aquecedor a gás de passagem;
- aquecedor a gás de acumulação;
- aquecedor solar de acumulação com *backup* elétrico.

Quase na totalidade das residências, o principal objetivo do aquecimento de água é para ser utilizada no banho. A pesquisa de posse e uso [13] de equipamentos elétricos residenciais demonstrou que 80,9 % dos domicílios brasileiros aquecem a água do banho de alguma forma e 18,2% não aquecem. Outra informação importante é que a fonte utilizada para aquecimento de água para banho em 73,5% dos casos era a eletricidade; o gás correspondia a 5,9% e apenas 0,4% usavam aquecimento solar.

Vale ressaltar que, dos sistemas que usavam energia elétrica como fonte de aquecimento, o chuveiro elétrico respondeu pela quase totalidade, com a parcela de 99,6%. Assim, o chuveiro elétrico é encontrado na maioria (73,3%) das residências brasileiras, sendo o principal responsável pelos 24% do total de energia elétrica consumida nesse setor. O seu uso é bastante difundido na sociedade principalmente pelo baixo custo do investimento inicial, pela facilidade de instalação e por quase não precisar de manutenção. Assim, os dados relativos ao aquecimento de água, principalmente para o banho, são de extrema importância para as ações direcionadas de eficiência energética, principalmente se levarmos em conta que na região Sul seu uso atinge praticamente a totalidade das

residências, com 98,6% dos domicílios tendo pelo menos um chuveiro elétrico (a posse média de chuveiro elétrico no Brasil é de 0,89). Na Região Nordeste, foco principal das simulações deste trabalho, a posse média do chuveiro elétrico é de 0,4 e o percentual de domicílios que possuem pelo menos um desses equipamentos é de 30,3%. Porém, com relação ao consumo, sua participação é de apenas 9% do total.

O chuveiro elétrico é um equipamento que aquece a água por meio de uma resistência elétrica e geralmente é fabricado com potências que variam de 3.000 W a 8.000 W, o que faz com que o consumo seja bastante alto, mesmo sendo utilizado em espaços de tempo relativamente curtos. Apesar de permitir algumas regulagens, fornece um nível de conforto baixo devido à pouca variação de temperatura.

Como possui uma demanda instantânea elevada e é muitas vezes utilizado no período de ponta do sistema elétrico brasileiro, entre 18:00 h e 21:00 h, o chuveiro elétrico é responsável por cerca de 45 a 50% da carga domiciliar nas horas de pico de consumo residencial, entre 18h e 20 horas, o que faz com que o setor elétrico seja obrigado a fazer elevados investimentos para garantir o suprimento de energia nesse horário. Assim, o chuveiro elétrico tem sido o alvo principal de programas de incentivo à implementação da tarifa amarela principalmente nas Regiões Sul e Sudeste.

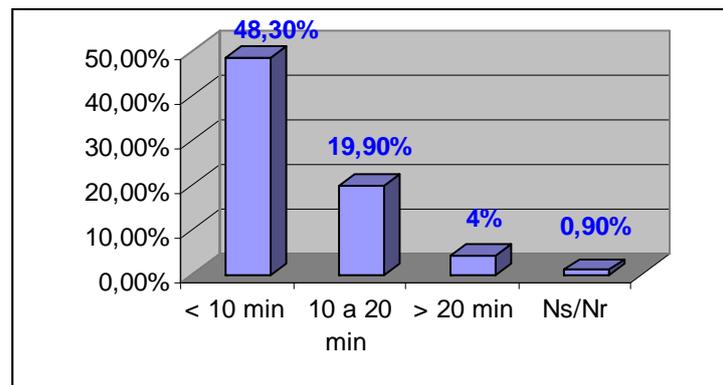
Um dado importante também obtido a partir da pesquisa de posse e uso [13] é que 22,1% daqueles que dispõem de chuveiro elétrico em suas residências já não o utilizam tanto quanto faziam no período anterior ao racionamento de 2001, quando tinham que cumprir uma meta compulsória de redução no consumo de energia elétrica da ordem de 20% na maioria dos casos.

Por ser o chuveiro elétrico o equipamento responsável pela maior demanda no horário de pico, em especial nas Regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, e também por boa parte do consumo de energia elétrica nas residências brasileiras é que as principais concessionárias de energia elétricas divulgam dicas de conservação de energia elétrica, tais como [31]:

- Nos dias quentes, utilize o chuveiro com a chave na posição "verão". Na posição "inverno" o consumo de energia elétrica é 30% maior;
- Banhos mais demorados são mais dispendiosos; o tempo recomendado para o banho é de 8 minutos;

- Procure limpar periodicamente os orifícios de saída de água do chuveiro;
- Evite o seu uso no horário de ponta (entre 18:00 e 21:00 h).

Com relação ao tempo médio de utilização do chuveiro elétrico por pessoa quando do banho, foram obtidos os seguintes dados, constatando que a maioria das pessoas gasta até 10 minutos (Figura 3.8).



Obs: Ns/Nr corresponde a não soube e não respondeu, respectivamente.

Figura 3.8 - Tempo médio de utilização do chuveiro elétrico por pessoa

Há uma tendência de crescimento do uso da energia solar como fonte de aquecimento de água residencial, principalmente nas classes média e alta.. A principal vantagem, além de que a geração de resíduos é praticamente estrita à fabricação do sistema e de que é uma fonte energética renovável e limpa, pois a sua utilização não polui a água, ar ou solo, não oferecendo riscos à saúde das pessoas, é que ela é totalmente gratuita, não podendo ser taxada, racionada ou controlada de alguma forma por nenhum governo ou país. Nesse quesito, o Brasil é considerado como o segundo colocado mundialmente quando se considera a potencialidade de um país no aproveitamento da energia solar, pois possui a maioria do seu território, em praticamente todas as regiões, localizada na região considerada como de elevado potencial de energia solar. Vale ressaltar que estudos científicos comprovaram que a substituição do chuveiro elétrico por um sistema solar de aquecimento de água garante o retorno do investimento em pouco mais de 2 anos [32].

O processo de etiquetagem para coletores solares pelo PBE e PROCEL iniciou-se em 1996, mas os primeiros modelos etiquetados foram disponibilizados ao público somente em 1998. Já para os reservatórios térmicos o Selo PROCEL INMETRO de Desempenho vêm sendo concedido desde 2002, o que vem trazendo melhorias contínuas nas eficiências dos sistemas solares de aquecimento de água.

Uma opção que vem sendo utilizada principalmente para residências de moradores considerados como de baixa renda é a instalação de uma caixa d'água, coberta por uma espécie de tinta preta que favorece a absorção de calor, acoplada a uma tubulação específica para o chuveiro tradicional, de forma que a água acumulada e aquecida durante o período matutino e vespertino, possa ser utilizada também durante à noite, evitando, assim, a utilização do chuveiro elétrico. Essa iniciativa começou através de um projeto constante do Programa de Eficiência Energética da CEB e vem sendo utilizada em algumas regiões do Sul e Sudeste.

Outra opção que vem ganhando terreno é o aquecimento solar de baixíssimo custo (cerca de R\$ 300,00), onde garrafas tipo *pet* são utilizadas como coletores solares e colocadas nos telhados ou lajes de residências, de forma que a água aquecida circula nos dutos específico, sendo armazenada em reservatório térmico para posterior utilização.

3.6 CONDICIONAMENTO DE AR

Realizar o condicionamento de ar de um ambiente delimitado é controlar ao mesmo tempo a temperatura, a umidade, a pureza e a movimentação do ar, mantendo esse controle independentemente das condições climáticas do meio externo. Nos ambientes residenciais sua finalidade principal é o controle da temperatura para propiciar conforto aos moradores, mas pode servir também para garantir um melhor desempenho de outras atividades.

A posse de aparelhos de ar condicionado no Brasil ainda é relativamente pequena, pois os domicílios que possuem pelo menos um condicionador de ar no correspondem a apenas 10,5% do total. Na Região Nordeste, apesar das altas temperaturas médias, esse percentual é de apenas 11,9%. Porém, a posse média é de 0,16 no Brasil e de 0,20 no Nordeste.

A pesquisa confirmou que a maior posse desse tipo de aparelho acontece nas regiões Norte e Sul, e a menor posse na região Sudeste, com apenas 0,09, o que indica que esse equipamento, como esperado, é mais necessário nas regiões mais quentes.

Foi observado também que a grande maioria dos equipamentos (87,0%) possuem menos de 10 anos de fabricação e 47,2% possuem menos de 5 anos, o que indica que já possuem níveis de eficiência razoáveis quanto ao consumo de energia elétrica, pois já são equipados com compressores rotativos.

Também é digno de registro que em 2,8% das residências brasileiras o equipamento é utilizado medianamente, ou seja, de 1 a 3 vezes por semana, e 5,2% regularmente (1 a 3 vezes por mês) quando ocorre clima ameno. Quando ocorre clima frio, a intensidade no uso do condicionador de ar cai bastante, pois 81,6% dos entrevistados declararam que não fazem uso do equipamento nessa condição.

Já quando ocorre clima quente, em 34,3% dos domicílios a utilização do aparelho de ar condicionado é grande, ou seja, mais que 4 vezes por semana, sendo que 23,1% fazem uso médio (de 1 a 3 vezes por semana). Ou seja, nessas condições, 57,4% dos domicílios que têm condicionadores de ar fazem uso grande ou médio dos mesmos.

Nos domicílios brasileiros os condicionadores de ar tipo janela ainda são os mais utilizados, principalmente pelo seu baixo custo inicial de aquisição e instalação, se comparado com as unidades tipo *split-system* que, apesar de ter passado por uma queda de

preços significante nos últimos 2 anos, o seu custo de instalação ainda é alto, o que tem comprometido as suas vendas. Outra vantagem do aparelho de janela é seu baixo custo de manutenção, que se restringe basicamente à limpeza periódica do filtro, evaporadores e condensadores.

Apesar de ser conhecido como um eletrodoméstico que apresenta um alto consumo de energia elétrica e impacta sobremaneira as faturas emitidas pelas concessionárias, esse fato é agravado pela aquisição ainda significante de equipamentos ineficientes e que não têm o Selo PROCEL. Isso ocorre basicamente em função do preço mais acessível dos modelos ineficientes, mas essa suposta economia acaba se tornando um peso extra para o próprio consumidor, o qual teria integralmente ressarcido o valor a maior que pagaria por um aparelho com selo PROCEL já ao final do primeiro ano de uso.

Para se ter idéia da diferença de consumo e de eficiência dos condicionadores de ar disponíveis no mercado, assume-se como exemplo o aparelho de janela modelo GJ18 220 V, capacidade total de refrigeração de 5,27 kW (18.000 BTU/h), fabricado pela GREE na China e comercializado no país pela GREE Brasil. Esse equipamento recebeu a classificação *B* na etiqueta ENCE do INMETRO/PROCEL.

Por essa etiqueta, que se baseia nos resultados do ciclo normalizado pelo INMETRO, o cálculo do consumo de energia é feito considerando-se que o aparelho seja utilizado durante uma hora por dia durante um mês e que o compressor funcione durante 70% desse tempo. Assim, o seu consumo mensal é de 40,3 kWh se for utilizado uma hora por dia durante um mês.

Para efeito de comparação adota-se os aparelhos tipo janela WHIRLPOOL CONSUL, modelo CCI18D, capacidade de 18.000 BTU/h, tensão de operação de 220 V, e LG, modelo WMM181FGA, capacidade de 18.500 BTU/h, tensão de operação de 220 V. Ambos receberam o Selo PROCEL, mas o primeiro tem um consumo mensal de 37,8 kWh e o segundo de 38,4 kWh. Ou seja, esses equipamentos consomem 6,2% e 4,7% menos energia elétrica que o modelo da GREE. Se o equipamento analisado fosse o que tem classificação *E* na etiqueta, esses percentuais seriam maiores que 10%.

No caso de a comparação ser feita com aparelhos tipo split-system com Selo PROCEL, as reduções no consumo seriam ainda maiores, como pode ser observado a seguir:

- o modelo GSW18 22L, capacidade de 18.000 BTU/h, comercializado pela GREE do Brasil apresenta um consumo mensal de 35,7 kWh, ou 11,4% menos que o aparelho de janela classificação B e 5,5% menos que o melhor aparelho de 18.000 BTU/h tipo janela avaliado pelo PROCEL;
- já o modelo RKP015AH1, que tem capacidade de 18.000 BTU/h e é fabricado pela HITACHI, apresenta um consumo de 34,5 kWh/mês, ou seja, 14,4% menor que o condicionador tipo janela com classificação B citado e 8,7% menor que o melhor aparelho de 18.000 BTU/h tipo janela avaliado pelo PROCEL;
- o modelo KO S18QC fabricado pela KOMECO e que tem capacidade de 18.000 BTU/h, apresenta um consumo mensal de apenas 31,05 kWh, ou 21,8% menos que o aparelho de janela classificação B e 16,6% menos que o melhor aparelho de 18.000 BTU/h tipo janela avaliado pelo PROCEL.

Mesmo que a comparação seja feita entre equipamentos que receberam o Selo PROCEL, a diferença entre a tecnologia utilizada pode representar uma grande diferença no consumo. Por exemplo, usando o aparelho de janela *Springer Carrier* modelo FCA075RB, com capacidade de 7.500 BTU/h e ganhador do Selo, o seu consumo mensal corresponde a 15,6 kWh para uma hora diária de uso. Já o condicionador tipo *split* marca *Hitachi*, modelo RKP006AH1, de mesma capacidade, apresentará um consumo mensal de apenas 13,5 kWh para o mesmo período de operação, ou seja, um consumo 13,4% menor.

Como pode ser observado, a substituição de um aparelho de ar condicionado de janela antigo por um mais moderno e eficiente ou por um tipo *split* deve ser considerada como uma excelente opção, mas sempre deve ser levado em conta o retorno do investimento, que está diretamente ligado ao número de horas de utilização do aparelho. Mas em caso de aquisição de um condicionador para um novo ambiente, essa escolha é menos complicada.

Outra questão que tem um peso bastante grande na conservação de energia elétrica no âmbito residencial nesse uso final é o dimensionamento do equipamento para o ambiente desejado, que, quando realizado de forma correta, permite diminuir o desperdício de energia e utilizá-la da melhor forma possível.

Voltando à questão dos condicionadores de janela, estes passaram por várias modificações nos últimos anos com o objetivo de torná-los mais eficientes. A principal delas foi a substituição dos compressores alternativos por rotativos, mas também merece destaque a mudança de fluidos refrigerantes e o controle de realimentação de ar. Além disso, foram popularizadas funções antes só disponíveis nos equipamentos de ponta, como o *timer* de desligamento automático, que permite a programação do aparelho, evitando que fique operando desnecessariamente.

Outro ponto que merece destaque e que terá ainda maior influência sobre a eficiência dos condicionadores de ar é a regulamentação específica elaborada pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE que estabeleceu níveis mínimos de eficiência energética a serem atendidos pelos aparelhos de ar monobloco, de janela ou de parede, de corpo único e tipo *split-system hi-wall* de parede, importados ou fabricados no Brasil, a partir de 2007.

Por ser o aparelho de ar condicionado responsável por cerca de 27% do consumo de energia elétrica nas residências do Nordeste, as concessionárias de energia elétrica que prezam pela responsabilidade social divulgam em folhetos e *sites*, dicas de conservação de energia elétrica para esse uso final [31]:

- Manter portas e janelas fechadas ao usar o condicionador de ar (para evitar a movimentação do/para o exterior do ambiente, o que faria com que a carga térmica aumentasse, com maior tempo de operação do equipamento);
- Regular o termostato adequadamente mantendo a temperatura desejada no ambiente (estudos do Programa Energia Brasil chegaram à conclusão que a temperatura de 24°C é considerada adequada e confortável pela maioria dos usuários);
- Caso o equipamento não disponha de termostato programável, fazer a instalação do mesmo (para possibilitar a escolha dos horários de operação do aparelho, evitando o resfriamento indevido ou excessivo do ambiente);
- Fazer manutenções regulares.

Vale ressaltar que a falta de limpeza no filtro de ar origina o acúmulo de sujeira e reduz a vazão de ar, de forma que a limpeza periódica desse componente, geralmente em períodos nunca superiores a 15 dias, evita que haja um acréscimo no consumo de energia

elétrica. Além do filtro, os evaporadores e condensadores também devem ser limpos periodicamente e terem as saídas de ar desobstruídas (lado interno e externo), evitando que ocorra perda de eficiência no sistema de refrigeração, pela deficiência gerada para a troca de calor, que pode chegar a até 70%.

Outras iniciativas importantes que podem reduzir o tempo de operação dos aparelhos de condicionamento ambiental dizem respeito ao resfriamento residencial e ao tratamento das cargas térmicas do local, que pode aumentar o nível de conforto e diminuir o consumo de energia elétrica, pois isso contribui para que o sistema trabalhe por menos tempo. Dentre as iniciativas, podemos citar as seguintes técnicas [31]:

- plantação de árvores trepadeiras ou que propiciem sombra ao redor da casa, reduzindo a quantidade de luz solar absorvida pelas paredes e telhados e a incidente nas janelas;
- instalação de anteparos (toldos, brises, películas, cortinas, etc) nas janelas, diminuem ou impedem a entrada de calor pela radiação solar. A instalação de toldos, por exemplo, é mais eficiente que a de películas ou cortinas, pois bloqueiam a luz solar antes mesmo de ela penetrar nos ambientes. Já os brises, além de impedir a penetração das ondas de calor pela incidência direta dos raios solares, permite um melhor aproveitamento da luz natural. Hoje já estão disponíveis brises inteligentes, que permitem a alteração de inclinação de acordo uma programação prévia ou até mesmo pelo monitoramento ininterrupto da intensidade luminosa);
- realização de clareamento de telhados (refletem cerca de 70% dos raios solares se pintados com cores claras);
- aproveitamento da ventilação natural sempre que possível.

Vale ressaltar que, em geral, gasta-se mais energia no processo de condicionamento de ar do que num sistema de iluminação artificial, de forma que a instalação de anteparos deve ser considerada uma alternativa viável, mas que deve ser corroborada pela análise de custo-benefício.

A proteção contra radiação solar também deve ser considerada para os condicionadores, de forma que todos os que estiverem instalados com os condensadores voltados para o poente ou para o nascente devem ser protegidos contra a insolação direta,

pois a incidência dos raios solares causa elevação da temperatura de condensação do fluido refrigerante circulante do condensador, o que leva à redução no rendimento e na vida útil do aparelho.

3.7 ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL

Como já comentado no item 2.6.3.1, a luz é um elemento fundamental para a realização das atividades humanas e não poderia ser diferente em uma residência, onde a iluminação artificial tem papel fundamental, e, além dessas atribuições, tem a função de proporcionar maior segurança no período noturno.

Assim, para que se consiga atender aos critérios de iluminamento e de conservação de energia, é preciso conhecer os produtos disponíveis no mercado, utilizar as técnicas de iluminação mais adequadas, combinar lâmpadas, reatores e luminárias eficientes, preservando a qualidade e a quantidade da iluminação, mas não esquecendo da vertente humana da conservação de energia, que corresponde a uma grande parcela dos resultados que podem ser alcançados no setor residencial.

A iluminância ou o nível de iluminamento como é mais usual, é uma das variáveis mais importantes quando da realização de um projeto de um sistema de iluminação, pois determina o fluxo luminoso que deve incidir sobre a superfície onde será realizada a tarefa visual pelo usuário, ou seja, é o valor que deve ser garantido ao usuário na altura do seu plano de trabalho. Esse valor varia de acordo com a idade do usuário e com o tipo de tarefa visual.

As normas NBR 5413 e NBR 5461, que tratam de iluminância de interiores e iluminação, apresentam valores de iluminância recomendados para diversas atividades (iluminâncias por classe de tarefas visuais), como mostra a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Níveis de iluminância recomendáveis para interiores

Descrição da Atividade/Local	Iluminância média (lux)
Depósito ou despensa	100-150-200
Cozinha	150-200-300
Cozinha (pia, fogão, mesa)	200-300-500
Circulação, corredores e escadas	75-100-150
Banheiros	100-150-200
Quarto (iluminação geral)	100-150-200
Garagem	100-150-200
Quarto (iluminação localizada)	200-300-500
Residências (outros cômodos)	100-150-200
Sala de leitura	300-500-750
Sala de espera (foyer)	100-150-200
Escritório	500-750-1.000

OBS: A escolha da faixa depende das características da tarefa e do observador

Desta forma, caso os níveis estejam sobredimensionados, haverá desperdício de energia elétrica por excesso de iluminação, o que pode também acarretar um aumento do ciclo de trabalho do aparelho de ar condicionado, se esse existir no ambiente analisado, pela maior dissipação de calor das lâmpadas existentes.

HISTÓRICO

A iluminação artificial em residências era basicamente feita por lâmpadas incandescentes até a década de 70, quando começaram a ser utilizadas em maior escala as lâmpadas fluorescentes.

A lâmpada incandescente, além de ser uma das mais antigas fontes luminosas artificiais e de ser a mais difundida no mundo, apresenta temperatura de cor agradável, na faixa de 2.700 K, cor amarelada, índice de reprodução de cor de 100% e pode operar em qualquer posição de funcionamento. Outra vantagem e que deve explicar seu uso ainda elevado no Brasil, é o seu baixíssimo custo, na faixa de R\$ 1,85 (60 Watts). Como principais desvantagens estão o consumo elevado quando comparado com outras tecnologias e a pequena vida média, que varia de 750 (127 V) a 1.000 horas (220 V).

As lâmpadas fluorescentes tubulares, além de terem um custo maior, ainda necessitam de reatores e de luminárias ou suportes específicos para fixação. A alta

eficiência e a longa durabilidade, em torno de 7.500 h (alguns modelos chegam a 18.000 horas), são atrativos para os consumidores. Esse tipo de lâmpada passou por um processo de evolução significativo nas últimas décadas, pois possuía diâmetro de tubo (cerca de 38 mm) bem maior que os atuais e o revestimento interno era feito por um pó fluorescente comum, que não oferecia boa eficiência nem reprodução de cores. Atualmente o revestimento padrão é feito por um pó trifósforo, sendo que os reatores convencionais eletromagnéticos vêm sendo substituídos por reatores eletrônicos que operam em alta frequência e garantem maior durabilidade.

Já as fluorescentes compactas podem ser instaladas diretamente no bocal das lâmpadas incandescentes, o que se torna bastante atrativo para os consumidores. Além dessa vantagem, destaca-se uma maior eficiência energética quando comparadas às incandescentes. Por aquecerem menos que as incandescentes, podem reduzir a carga térmica dos ambientes e proporcionar maior conforto e sobrecarregar menos os condicionadores de ar. Atualmente, já fornecem excelente reprodução de cores, com índices IRC maiores que 80, e podem ser encontradas com temperaturas de cor de 2.700 K (semelhantes às incandescentes), 3.000, 4.000 e 6.500 K, dentre outras opções. Porém, a maioria ainda apresenta baixo fator de potência, entre 0,5 e 0,6.

O certo é que a utilização de lâmpadas incandescentes hoje é recomendada basicamente para ambientes residenciais que não tenham necessidade de iluminação artificial por longos períodos de tempo, pois podem ser substituídas por lâmpadas fluorescentes compactas (Tabela 3.6), com grandes vantagens nos aspectos de redução de consumo de energia elétrica, durabilidade e custo final, conforme demonstrado a seguir.

Tabela 3.6 - Comparação entre lâmpada incandescente e fluorescente compacta disponíveis no mercado

Tipo de lâmpada	Modelo	Consumo (W)	Fluxo luminoso (lm)	Vida útil (h)	Preço médio (R\$) *
Incandescente OSRAM	Clas A CL 60 W 220 V	60	715	1.000	1,85
Fluorescente compacta PHILIPS	Essencial 220-240V	15	810	8.000	9,45

* Valores médios do mercado de São Luís (MA) – Pesquisa feita em novembro/2007

Para se exemplificar a rapidez do retorno do investimento com a aquisição de uma lâmpada fluorescente compacta para substituição de uma incandescente, considere o exemplo abaixo, calculado levando-se em conta a tensão nominal:

- Uma lâmpada fluorescente compacta de 15 W existente no mercado nacional oferece uma luminosidade equivalente a uma incandescente de no mínimo 60 W (podendo chegar a 75 W, dependendo do fabricante), ou seja, uma redução no consumo de no mínimo 75%;
- A vida útil de uma incandescente de 220 V gira em torno de 1.000 horas (167 dias usando 6h/dia), enquanto encontra-se no mercado lâmpadas FLC que têm vida útil de 5.000 a 8.000 horas (mais de 2 anos). Vale ressaltar que a vida útil de uma lâmpada é considerada com a mesma operando à tensão nominal e em temperatura ambiente;
- Custo médio (mercado local) de lâmpada FLC de 15 W: R\$ 9,50 (marca renomada);
- Tempo de funcionamento diário para o exemplo: 6 horas;
- Custo médio (mercado local) da lâmpada incandescente de 60 W: R\$ 1,85;
- Tarifa média residencial: R\$ 0,3846/kWh;
- Economia mensal = R\$ 3,11;
- Tempo de retorno do investimento = 3,05 meses ou 92 dias.

Como pode ser observado, o tempo de retorno do investimento feito com a aquisição da lâmpada fluorescente compacta é muito pequeno e se for considerado consideração que a cada 167 dias o consumidor deve adquirir uma nova lâmpada incandescente, esse tempo de retorno de investimento será ainda menor.

Mesmo refazendo-se o cálculo considerando a substituição da lâmpada para um consumidor enquadrado como de baixa renda, que paga tarifas consideravelmente menores, ainda assim o tempo de retorno é pequeno:

- Tarifa média residencial baixa renda, com os descontos para o consumidor: R\$ 0,1945/kWh;
- Economia mensal = R\$ 1,57;

- Tempo de retorno do investimento = 6,03 meses ou 181 dias.

As Tabelas 3.7 e 3.8 apresentam uma comparação entre a eficiência energética de alguns modelos de lâmpadas incandescentes e mistas disponíveis no mercado brasileiro e bastante utilizadas nas residências.

Tabela 3.7 – Lâmpadas mistas de potências mais utilizadas

Lâmpada mista - Empalux					
Potência (W)	Tensão de operação (V)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	IRC (%)	Temperatura de Cor (°K)
160	220/230	33.000	20	> 60	3.800
250	220/230	51.000	20,4	> 60	3.800

Tabela 3.8 – Dados de embalagem da lâmpada Philips incandescente

Lâmpada Incandescente Philips 40 W – Dados da Embalagem				
Modelo	A55 Clara		Potência	40 W
Etiqueta PROCEL	E		Fabricação	Brasil
Luminância	417 lm		Eficiência luminosa	10,4 lm/W
Vida média	1.000 h		Tensão de Operação	220 Volts
Garantia	90 dias		Preço no mercado local	R\$ 1,85

Para efeito de comparação da eficiência luminosa de lâmpadas incandescentes, assume-se os modelos de lâmpadas incandescentes mostrados na Tabela 3.9, onde todas apresentam 1.000 horas de vida média, garantia de 90 dias, fabricação nacional e tensão de operação 220 Volts, segundo dados das embalagens:

Tabela 3.9 – Comparativo entre lâmpadas incandescentes

	Potência (W)	Luminância (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Etiqueta PROCEL (Classificação)
Philips 40 W A55 Clara	40	417	10,4	E
OSRAM Clássica CL 60	60	715	11,9	E
Philips E60 Argenta Soft	100	1.215	12,2	F

A pesquisa [13] confirma a presença marcante da iluminação no consumo total de energia elétrica no setor residencial e verificou os seguintes aspectos relativos à posse e uso das mesmas (Figura 3.9):

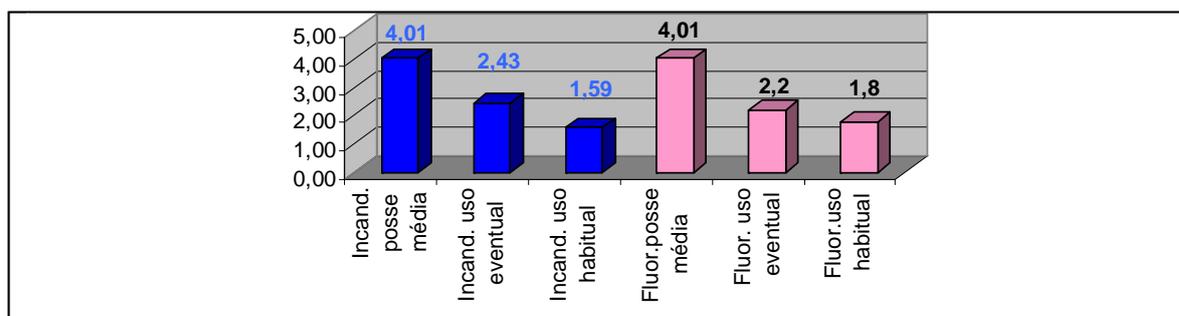


Figura 3.9 - Posse média e uso de lâmpadas nos domicílios brasileiros

Como pode ser visto na Figura 3.9 a posse média de lâmpadas incandescentes e fluorescentes é exatamente a mesma nas residências brasileiras. Porém, em média, os consumidores residenciais possuem quase duas (1,8) lâmpadas fluorescentes que utilizam habitualmente, ou seja, já utilizam mais as lâmpadas fluorescentes que as incandescentes devido a sua maior eficiência na relação consumo/iluminação.

A pesquisa classificou por uso eventual as lâmpadas que são utilizadas esporadicamente, como as que são usadas para iluminar as garagens, e de uso habitual aquelas que são usadas diariamente, como as que equipam cozinhas ou copas.

Na Região Nordeste, a posse média de lâmpadas fluorescentes verificada foi de 4,55, contra 3,08 unidades incandescentes, também confirmando um maior uso das primeiras.

Com relação às fluorescentes, as compactas já são a maioria, com posse de 3,36 (a posse média é de 2,3 para as de potência maiores que 15 W e de 1,06 para as com potência até 15 W), enquanto que os demais tipos correspondem à posse de 1,19.

A posse média das incandescentes de 60 W é de 2,23, ou seja, a enorme maioria das lâmpadas incandescentes utilizadas em domicílios é de 60 W (a posse média dos outros modelos é de apenas 0,85).

A pesquisa de [13] também levantou questões relacionadas ao racionamento de energia elétrica ocorrido no país em 2001 e 2002 e verificou que um significativo percentual (36%) de domicílios continuou utilizando lâmpadas fluorescentes após esse período. Outro ponto pesquisado que merece destaque é o baixo percentual de residências (apenas 7%) onde os moradores retomaram o uso de lâmpadas incandescentes quando da necessidade de substituição das lâmpadas fluorescentes por haverem chegado ao final de sua vida útil (queima).

Um componente do sistema de iluminação importante, mas que não recebe a devida atenção no setor residencial é a luminária, que tem como finalidade principal distribuir eficientemente a luz sobre o campo de trabalho. Na prática, a escolha de uma luminária residencial baseia-se geralmente no custo, beleza/design ou funcionalidade, e não na sua eficiência ou no tipo de atividade a ser desenvolvida pelo usuário.

Experiências e projetos realizados pelo CEPEL, pelo LEENER e pelo SEBRAE-RJ mostraram que a utilização de materiais reflexivos (papel alumínio, por exemplo) em luminárias existentes (retrofit), principalmente fluorescentes, consegue aumentar em mais de 20% o fluxo luminoso emitido, permitindo uma redução no número de pontos de iluminação artificial.

Outros pontos importantes que vêm sendo relegados na iluminação residencial são a manutenção e limpeza de lâmpadas e luminárias, o aproveitamento da luz natural e a utilização de dispositivos de controle de acionamento de lâmpadas (minuterias, sensores de presença e relés fotoelétricos).

3.8 CARGA RESIDENCIAL TÍPICA

De acordo com [13], a curva de carga que representa o comportamento da carga residencial média do consumidor brasileiro é mostrada na Figura 3.10. Em outras palavras, essa curva, na teoria, representa o consumo de energia elétrica ao longo de um dia típico (diário) da classe residencial brasileira dividido por todos os consumidores dessa mesma classe. Assim, esse consumidor hipotético é o representante de toda a referida classe e possui as frações de todos os eletrodomésticos e equipamentos existentes nos domicílios, ou seja, é possível expandir esse consumo para o universo de consumidores, sem perder de vista os hábitos de uso.

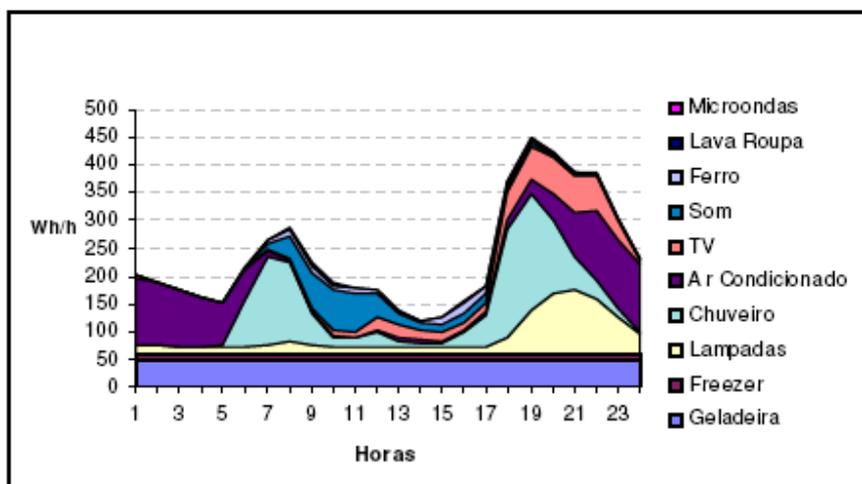


Figura 3.10 – Curva de carga diária média no Brasil (do consumidor residencial típico)

Pode-se observar que as demandas da geladeira e do *freezer* são constantes, visto que a forma de operação desses equipamentos possibilita esse tipo de modelagem estatística para o universo dos consumidores. Ao se representar o consumidor residencial da região Nordeste, foi obtida a curva de carga constante da Figura 3.11. Pode-se observar da comparação dessas duas figuras que o pico de carga do consumidor da região Nordeste acontece por volta das 22:00 h em um valor de cerca de 300 Wh/h, enquanto que o do consumidor residencial médio brasileiro acontece por volta das 19:00 h com um valor 50% maior.

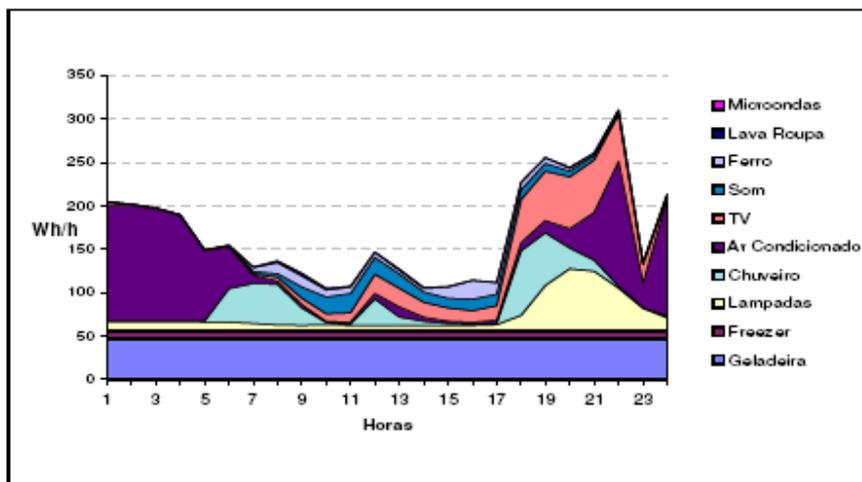


Figura 3.11 – Curva de carga diária média na região Nordeste (consumidor residencial)

A Figura 3.12 mostra que o chuveiro elétrico, a geladeira, o ar condicionado e as lâmpadas são os que têm maior contribuição no consumo final de energia elétrica para o consumidor residencial brasileiro, representando 80% do consumo final. Já para os consumidores da Região Nordeste (Figura 3.13), as maiores participações são do aparelho ar condicionado, da geladeira, das lâmpadas e da TV, perfazendo um total de 78% do consumo mensal. Esses dados, apesar de parecerem diferentes dos apresentados na Figura 1.6, indicam que houve uma redução apenas no percentual do consumo da iluminação pela substituição de tecnologia, permanecendo a soma do consumo desses equipamentos na casa dos 80% (antes era de 82%).

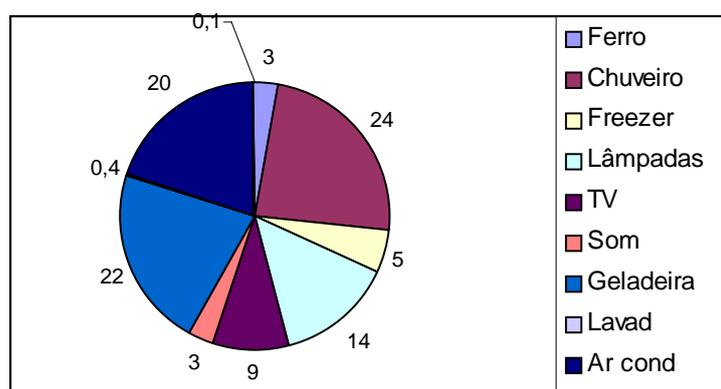


Figura 3.12 – Participação dos equipamentos no consumo residencial - Brasil

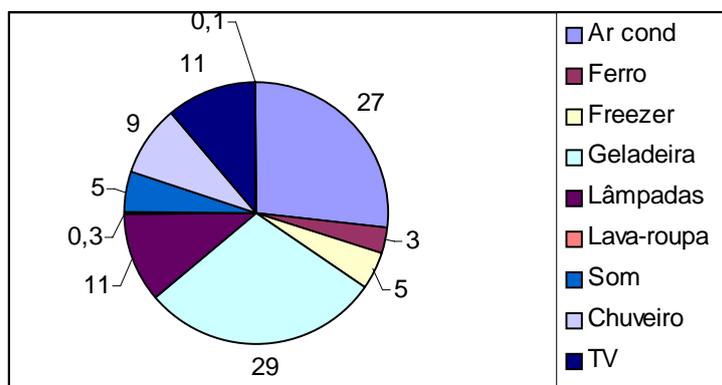


Figura 3.13 – Participação dos equipamentos no consumo residencial - Nordeste

Voltando aos dados da pesquisa de posse e hábito de uso [13], podemos verificar que na Região Nordeste, 75,3% dos domicílios possuem pelo menos 1 lâmpada fluorescente, 93,4% pelo menos 1 refrigerador e 97% pelo menos 1 TV. Nessa mesma Região não atingiram o índice de 0,50 de posse os seguintes equipamentos:

- Ar condicionado (0,20);
- freezer (0,18);
- lava-roupas (0,35);
- microondas (0,15);
- ventilador de teto (0,43);
- chuveiro elétrico (0,40).

Assim, considerara-se com bastante aproximação que a carga residencial padrão da Região Nordeste, para um consumidor com consumo de até 200 kWh/mês (faixa 1 da pesquisa), é composta de:

- 3 lâmpadas incandescentes, sendo 2 de uso habitual (diário) e 1 de uso eventual (esporádico), sendo 2 de 60 W (posse de lâmpadas incandescentes: 2,98);
- 3 lâmpadas fluorescentes, sendo 2 LFC com potência superior a 5 W (posse de lâmpadas fluorescentes: 3,28);

- 1 refrigerador (posse: 0,95);
- 1 TV com standby (posse: 1,30);
- 1 ferro elétrico (posse: 0,8);
- 1 liquidificador;
- 1 som;
- 1 ventilador portátil.

Essa carga residencial, para a análise que se pretende fazer, será considerada a carga típica também de um consumidor residencial maranhense com consumo mensal na faixa de 0 a 200 kWh, pois cerca de 85% dos consumidores dessa concessionária situam-se nessa faixa de consumo. E boa parte desses, cerca de 83% [33], estão enquadrados na subclasse residencial baixa renda, que têm direito a subsídios por serem menos favorecidos economicamente. Vale ressaltar que 40,5% desses consumidores recebem o auxílio bolsa-família e 48% enquadram-se nos índices de pobreza, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento Social [33] e do Instituto de Estudos de Trabalho e Sociedade- IETS.

Pode ser observado na Tabela 3.3 que o consumo médio dos consumidores residenciais maranhenses é de apenas 87,06 kWh/mês.

CAPÍTULO 4

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A QUALIDADE DE ENERGIA

4.1 INTRODUÇÃO

Os capítulos anteriores apresentaram informações sobre eficiência energética, com ênfase nos programas do Brasil. No entanto, não se deve esquecer de um aspecto de extrema importância no contexto da eficiência, que é a qualidade de energia. O uso racional da energia elétrica é um aspecto comum tanto para a eficiência energética quanto para a qualidade de energia, ou seja, deve-se evitar o desperdício, ou o consumo excessivo, sem optar por ações que coloquem em risco a operação das cargas.

O presente capítulo aborda justamente o aspecto da qualidade de energia elétrica, apresentando conceitos fundamentais importantes sobre o tema. É mostrado também, através de simulações práticas em laboratório, como cargas de iluminação (lâmpadas fluorescentes compactas) ditas eficientes podem apresentar desempenho bem abaixo do esperado.

4.2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A expressão qualidade de energia só há alguns anos passou a fazer parte do vocabulário utilizado no setor industrial, pois os equipamentos utilizados nesse setor eram muito mais simples que os atualmente empregados, além de mais robustos e menos sensíveis a pequenas variações da tensão de suprimento. Por outro lado, essa expressão ainda não é totalmente conhecida por grande parte dos consumidores residenciais e dos outros setores, uma vez que as ocorrências originadas na rede elétrica quase sempre nem são notadas.

Atualmente, qualidade de energia é um tema que cada vez mais vem se tornando relevante para os consumidores de energia elétrica, inclusive do Brasil, pelo fato de que o

emprego em maior número de equipamentos sensíveis e de cargas não-lineares tanto nos setores industrial e comercial, quanto nas residências, tem propiciado a verificação de ocorrências tais como interrupções no fornecimento, quedas de tensão, interrupções transitórias, mau funcionamento de equipamentos, etc, o que tem levado a um aumento de consciência dos consumidores, os quais passaram a exercer seus direitos de exigir melhorias nos serviços prestados e nos produtos fornecidos pelas concessionárias. Esses tipos de ocorrências, que afetam o fornecimento de eletricidade, outrora eram considerados aceitáveis pelas concessionárias e pelos consumidores, mas agora freqüentemente são classificados como um problema.

A definição de qualidade de energia pode variar de acordo com o ponto de referência, seja ele a concessionária de energia, o fabricante, o consumidor ou a agência reguladora. Mas como a regra assegura que o consumidor sempre tem razão e é ele que é o destinatário final da energia elétrica nos moldes do mercado em questão, a definição que mais se adequa aos objetivos deste trabalho é: “qualquer problema manifestado na tensão, corrente ou desvio de freqüência, que resulta em falha ou operação indevida do equipamento do consumidor” [34].

Porém, a qualidade da energia elétrica fornecida aos consumidores caracteriza-se não somente pela sua dependência da concessionária, mas também pelas cargas utilizadas pelos respectivos consumidores, uma vez que é cada vez mais comum o uso de modernos equipamentos eletroeletrônicos, o que implica que, se por um lado eles são cada vez mais sensíveis a problemas de qualidade da energia que vem do sistema elétrico, dependendo então de um nível alto de qualidade, por outro eles são também mais poluidores ao causar distúrbios que podem “caminhar” pela rede e atingir outras unidades consumidoras.

Apesar de a expressão usada ser qualidade de energia, de fato poderia ser utilizada na maioria dos casos o termo qualidade de tensão, uma vez que os sistemas elétricos de potência somente podem controlar a qualidade da tensão, já que esses sistemas não têm como controlar as correntes que as diversas cargas solicitam da rede. Assim, de certa forma, os indicadores e padrões de qualidade de energia são definidos com o intuito de manter o fornecimento de tensão dentro de limites adequados, basicamente relacionados, no caso de sistemas em corrente alternada, à freqüência, ao comprimento de onda e à magnitude da tensão senoidal. Esses limites são chamados de limites globais e

correspondem a valores máximos que podem ser atingidos no sistema elétrico em análise com a presença da totalidade das fontes de perturbação. No caso brasileiro, o Operador Nacional do Sistema Elétrico editou os “Procedimentos de Rede”, que definem padrões de desempenho mínimos a serem observados por todas as novas instalações a serem integradas à Rede Básica. Mas em última instância a responsabilidade pela manutenção dos limites globais é do Operador do Sistema, que estabelece as medidas corretivas em conjunto com os demais agentes. Porém, ainda faltam ser estabelecidos limites globais para os demais níveis de atendimento, uma vez que o ONS só o fez para as concessionárias e para os consumidores livres conectados à Rede Básica.

Um dos parâmetros de qualidade de energia que via de regra passa por algum tipo de controle oficial é a continuidade do serviço, que indica o grau de disponibilidade de energia elétrica ao consumidor final, sendo, portanto, considerado o parâmetro de maior relevância. Assim, os indicadores de continuidade possibilitam o controle e acompanhamento do fornecimento aos diversos consumidores, de forma que é possível o estabelecimento de metas de melhoria da continuidade a serem alcançadas a partir dos valores observados ao longo dos intervalos de monitoramento.

No Brasil, o antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE e agora a Agência Nacional de Energia Elétrica já regulamentava alguns parâmetros relacionados à qualidade de energia elétrica, mas somente no que se refere à tensão de fornecimento e a interrupções, ficando ainda de fora as questões relacionadas à conformidade, ou seja, relacionadas à forma de onda de tensão, como por exemplo distorções harmônicas e flutuações de tensão.

Exemplos dessa regulamentação são as Resoluções ANEEL nº 024/2000 e nº 456/2000. A primeira define os padrões e metas de continuidade para grupos de consumidores, que são objeto de negociação entre a agência reguladora e as concessionárias quando das revisões tarifárias. Assim, há o estabelecimento de indicadores de continuidade individuais, coletivos (para conjuntos de unidades consumidoras) e globais (para a concessionária).

Os índices de continuidade definidos pela ANEEL são:

A. Coletivos

- DEC: Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora
- FEC: Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora

B. Individuais

- DIC: Duração de interrupção individual por unidade consumidora
- FIC: Frequência de interrupção individual por unidade consumidora
- DMIC: Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora

O Operador Nacional também estabeleceu os indicadores DIPC, FIPC, e DMIPC, que são medidos nos pontos de controle (fronteira entre a Rede Básica e os agentes de distribuição e os consumidores livres) e que quantificam a perda de tensão e/ou conexão entre o ponto de controle e a Rede Básica.

Já a Resolução ANEEL 456/2000 trata de conceitos sobre a obrigatoriedade das concessionárias de distribuição fornecerem um produto de qualidade aos acessantes do sistema elétrico de distribuição.

O fato é que no Brasil os fenômenos associados à forma de onda de tensão, tais como flutuação de tensão, distorção harmônica e variações momentâneas de tensão, ainda necessitam de estabelecimento de indicadores e padrões.

4.2.1 DEFINIÇÕES

De maneira simplificada pode-se afirmar que as principais definições sobre qualidade de energia mais comumente aceitas são:

- a) Um afundamento, dip de tensão ou sag como é freqüentemente conhecido é um decréscimo no valor RMS da tensão na faixa de 0,1 a 0,9 p.u. para uma duração maior que metade de um ciclo principal e menor que 1 minuto. È geralmente causada por faltas no sistema elétrico, aumento na demanda de carga, energização de grandes blocos

de carga, partida de grandes motores e outros eventos transitórios. Os consumidores industriais são os grandes prejudicados por esse tipo de distúrbio do sistema, principalmente por que dispõem de controladores lógicos programáveis, que são mais sensíveis aos *sags*. Já as cargas essencialmente domésticas apresentam-se pouco sensíveis aos afundamentos de tensão de menor duração e de menor intensidade;

- b) Uma elevação de tensão, *swell* ou sobretensão momentânea é um aumento temporário no valor RMS de tensão na faixa de 1,1 a 1,8 p.u. para uma duração maior que metade de um ciclo principal e menor que 1 minuto. É geralmente causada por faltas no sistema, por de desconexão de grandes cargas e por chaveamento de bancos capacitores. A duração desse fenômeno depende da natureza da falta, da sua localização no sistema, da configuração e ajustes da proteção, do tempo de resposta dos reguladores de tensão e dos transformadores de *tap* variável, etc. Como conseqüência das elevações de curta duração em equipamentos, pode-se citar falhas dos componentes, dependendo da freqüência de ocorrência do distúrbio. Esses fenômenos podem afetar sobremaneira os consumidores industriais que geralmente dispõem de dispositivos eletrônicos mais complexos nos seus processos fabris, tais como variadores ajustáveis de velocidade (ASDs), computadores e controladores eletrônicos, bem como reduzir a vida útil de transformadores, cabos, barramentos, dispositivos de chaveamento, banco de capacitores, TPs, TCs e máquinas rotativas. No caso de consumidores residenciais, as conseqüências são pouco importantes, mesmo para os equipamentos eletrônicos, pois geralmente possuem boa suportabilidade aos *swells* de menor duração. Esses consumidores só são realmente afetados se dispuserem no circuito de entrada de dispositivos de proteção contra surto tipo *clamping*, que podem atuar pela elevação de tensão. O principal efeito no âmbito residencial pode ser observado nos equipamentos de iluminação, que apresentam aumento da luminosidade;
- c) “Flicker” é uma expressão utilizada para descrever o efeito visual decorrente de pequenas variações na tensão de alimentação de equipamentos de iluminação, notadamente as lâmpadas com filamento de tungstênio. Os distúrbios que afetam os equipamentos de iluminação e que são detectáveis pelo olho humano concentram-se na

faixa de frequência de 1 a 25 Hertz. Porém, na verdade o *flicker* é o resultado visual decorrente do fenômeno eletromagnético da flutuação de tensão, que corresponde a variações repetitivas, esporádicas ou aleatórias dos valores eficazes de tensão cujas magnitudes geralmente se encontram na faixa de 0,95 a 1,05 p.u e são decorrentes de cargas industriais que solicitam valores consideráveis de corrente de carga, com variações contínuas e rápidas, como por exemplo fornos a arco, partida de grandes motores e máquinas de solda;

- d) Desequilíbrio de tensão é conceituado como um desvio na magnitude e/ou fase de uma ou mais fases de uma fonte trifásica, com respeito à magnitude das outras fases e o ângulo normal de fase de 120 °. Uma outra definição seria o desvio máximo dos valores médios das tensões ou correntes trifásicas, dividido pela média dos mesmos valores, expresso em percentagem. Os desequilíbrios de tensão geralmente são originados nos próprios sistemas de distribuição, uma vez que são compostos por cargas monofásicas distribuídas indistintamente entre as fases, o que pode gerar no circuito em questão tensões de seqüência negativa. Além disso, o desequilíbrio de tensão também pode ser ocasionado por consumidores trifásicos que não possuem uma boa distribuição interna de carga;
- e) Desvio de frequência é uma variação na frequência nominal ou fundamental de suprimento abaixo ou acima de um valor predeterminado, geralmente +/- 0,1% para sistemas interconectados. Como a frequência do sistema de potência tem relação direta com a velocidade de rotação dos geradores, ela pode sofrer variações com o balanço dinâmico entre cargas, por faltas e de acordo com as características das cargas;
- f) Um transiente é um desvio momentâneo e indesejado da tensão de suprimento ou da corrente de carga. Geralmente são classificados em duas categorias: impulsivo e oscilatório;
- g) Uma interrupção corresponde à total interrupção do fornecimento de energia;

- h) Uma interrupção transiente ou de curta duração é caracterizada como uma redução na tensão de fornecimento ou na corrente de carga para um nível menor que 0,1 p.u. por um tempo não superior a 1 minuto. As interrupções podem ser causadas por faltas no sistema, falhas nos equipamentos do sistema ou mal funcionamento na proteção e controle. No caso de interrupção por falta ocorrida no sistema elétrico de uma concessionária, a duração da interrupção é função do tempo de operação dos dispositivos de proteção empregados no próprio sistema elétrico. São classificadas em interrupções momentâneas, quando a duração é menor que três segundos e em interrupções temporárias, quando a duração fica na faixa de três segundos a um minuto;
- i) Uma falta, “outage” ou interrupção permanente é definida como uma interrupção que tem duração maior que 1 minuto;
- j) Harmônicos são distorções periódicas senoidais da tensão de fornecimento ou da corrente de carga, caracterizadas por componentes de uma onda periódica cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental de fornecimento. Geralmente são causadas por cargas não-lineares. São, porém, fenômenos contínuos e não de curta duração, que persistem apenas por alguns ciclos. As componentes da forma de onda distorcida podem ser descritas em termos de ordem, magnitude e fase de cada componente, através de análise de série de *Fourier*. Para se determinar o conteúdo harmônico de uma forma de onda, podem ser utilizadas as equações de “Distorção Harmônica Total”, tanto para sinais de tensão como para correntes. As equações abaixo apresentam tais definições:

$$\text{- Distorção harmônica total de tensão ou } DHV_T = \sqrt{\frac{\sum_{n \geq 1}^{n_{\text{máx}}} V_n^2}{V_1^2}} \times 100(\%)$$

$$\text{- Distorção harmônica total de corrente ou } DHI_T = \sqrt{\frac{\sum_{n \geq 1}^{n_{\text{máx}}} I_n^2}{I_1^2}} \times 100(\%)$$

Onde:

V_n = valor eficaz da tensão de ordem n ;
 I_n = valor eficaz da corrente de ordem n ;
 V_1 = valor eficaz da tensão fundamental;
 I_1 = valor eficaz da corrente fundamental;
 n = ordem da componente harmônica.

De uma forma geral pode-se afirmar que os harmônicos que causam mais problemas são os componentes de ordem ímpar. Outra constatação prática é que a magnitude da corrente harmônica diminui com o aumento da frequência. Mais uma vez é o setor industrial o maior afetado por altos níveis de harmônicos, pois podem acontecer falhas em motores, em acionamentos, em fontes, perda da vida útil de máquinas rotativas, torques oscilatórios nos motores de corrente alternada, erros nas respostas de equipamentos ou até mesmo a parada completa da produção. Mas os harmônicos podem causar os seguintes problemas para as redes de distribuição das concessionárias e para os demais consumidores, inclusive os residenciais: perda da vida útil de transformadores e de bancos de capacitores, aumento ou diminuição do consumo de energia elétrica, perda em kWh, aquecimento do condutor neutro pela circulação de corrente, falha no fornecimento de energia; interferências no áudio e vídeo, etc.

As cargas elétricas com características não lineares são chamadas de cargas elétricas especiais e ultimamente têm sido acrescentadas em maior quantidade ao sistema elétrico. As mais comuns são: os motores de corrente alternada, os transformadores alimentadores, os fornos a arco e os circuitos com lâmpadas de descarga, que são conectadas diretamente ao sistema; os motores de corrente contínua controlados por retificadores, os motores de indução controlados por inversores com comutação forçada, os fornos de indução de alta frequência, os motores síncronos, controlados por cicloconversores, que são as cargas conectadas através de conversores; os fornos de indução controlados por reatores saturados, as cargas de aquecimento controladas por tiristores, os motores CA que têm suas velocidades controladas por tensão de estator, os reguladores de tensão a núcleo saturado, os computadores e os eletrodomésticos com fontes chaveadas;

k) Formas de onda de corrente ou tensão distorcida contendo distorções periódicas de natureza senoidal que não são múltiplos inteiros da frequência fundamental de suprimento do sistema são chamadas interharmônicos. Podem aparecer como frequências discretas ou como uma larga faixa espectral. As principais fontes de interharmônicos são os conversores de frequência estáticos, os cicloconversores, motores de indução e os equipamentos a arco.

Com relação à associação da qualidade de energia elétrica com eficiência energética em consumidores da classe residencial, uma questão vem logo à tona: os efeitos do uso em grande escala de lâmpadas fluorescentes compactas. No Brasil ainda há uma carência de maiores resultados de pesquisas acerca dos impactos da utilização dessa tecnologia, principalmente no que diz respeito à emissão de correntes harmônicas, suportabilidade e sensibilidade destas às variações de tensão de curta duração [35]. Assim, além de se avaliar o comportamento do consumo de lâmpadas fluorescentes compactas disponíveis no mercado consumidor brasileiro com relação aos níveis de tensão nominais e de outras faixas e compararmos com os valores apresentados nas respectivas embalagens, chanceladas pelo Selo PROCEL, as simulações têm o objetivo de detectar o comportamento desses equipamentos com relação a alguns parâmetros de qualidade de energia, notadamente a emissão de harmônicos.

4.3 SIMULAÇÕES PRÁTICAS

Para as simulações do comportamento de algumas cargas residenciais típicas frente a variações nos níveis de tensão operacional foi utilizado o “Modelo Reduzido para Simulação de Qualidade de Energia e Eficiência Energética de Cargas Residenciais”, cujo diagrama unifilar está ilustrado na Figura 4.1, sendo projetado e montado com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Ciclo 2003/2004 da ELETRONORTE.

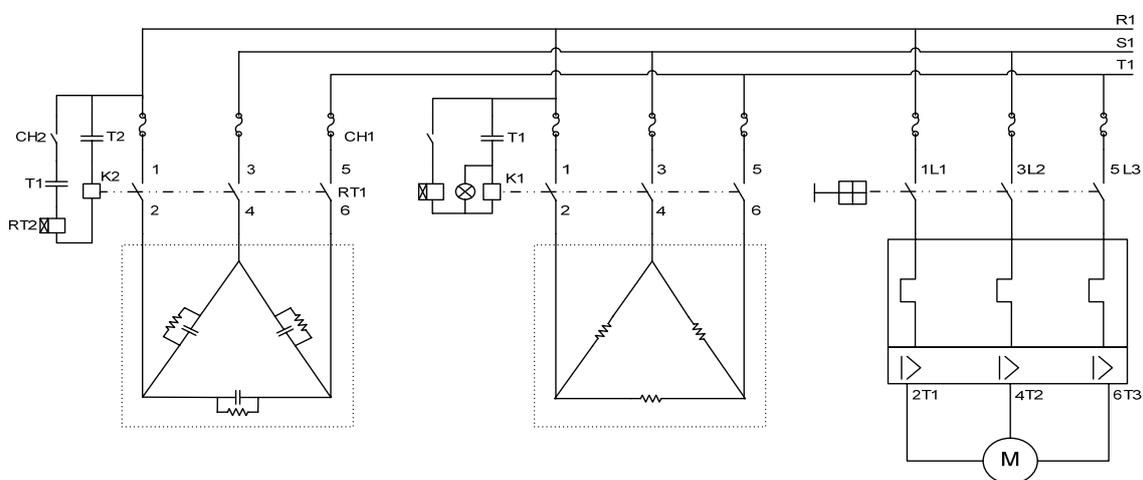


Figura 4.1 – Diagrama Unifilar do Modelo Reduzido para Simulação de Qualidade de Energia e Eficiência Energética de Cargas Residenciais

Para verificação do comportamento das cargas de iluminação residencial, foram utilizadas as lâmpadas abaixo relacionadas, que por motivos éticos serão identificadas por códigos:

- Nove lâmpadas fluorescentes compactas, Classe 1, com as características constantes das embalagens sendo descritas na Tabela 4.1;
- Nove lâmpadas fluorescentes compactas, Classe 2, com os dados técnicos apresentados na Tabela 4.2;

- Nove lâmpadas incandescentes, Classe 3, com vida média de 1.000 h, conforme Tabela 4.3;

- Três lâmpadas fluorescentes compactas, Classe 4, conforme dados listados na Tabela 4.4.

Tabela 4.1 – Dados de embalagem das lâmpadas – Classe 1

Modelo	Day Branca		Potência	15 W
Fator de potência	0,5		Incandescente equivalente	75 W
Etiqueta PROCEL	A		Selo PROCEL	Sim
Luminância	917 lm		Eficiência luminosa	61 lm/W
Vida média	8.000 h		Temperatura de cor	6.400 K
IRC Total	80%		Fabricação	China
Tensão de Operação	220 Volts		Frequência da rede	60 Hz
Garantia	1 ano		Preço no mercado local	R\$ 9,50

Tabela 4.2 – Dados de embalagem das lâmpadas – Classe 2

Modelo	SOL Day Light		Potência	22 W
Fator de potência	-		Incandescente equivalente	110 W
Etiqueta PROCEL	-		Selo PROCEL	-
Luminância	-		Eficiência luminosa	-
Vida média	6.000 h		Temperatura de cor	-
IRC Total	-		Fabricação	China
Tensão de Operação	220/240 Volts		Frequência da rede	50 Hz
Garantia	-		Preço no mercado local	R\$ 3,00

Tabela 4.3 – Dados de embalagem das lâmpadas incandescentes – Classe 3

Modelo	Clas A CL 40		Potência	40 W
Etiqueta PROCEL	E		Fabricação	Brasil
Luminância	415 lm		Eficiência luminosa	10,4 lm/W
Expectativa de vida média	1.000 h		Tensão de Operação	220 Volts
Garantia	90 dias		Preço no mercado local	R\$ 1,85

Tabela 4.4 – Dados de embalagem das lâmpadas – Classe 4

Modelo	<i>Essential</i>		Potência	15 W
Fator de potência	0,6		Incandescente equivalente	75 W
Etiqueta PROCEL	A		Selo PROCEL	Sim
Luminância	810 lm		Eficiência luminosa	58 lm/W
Vida média	8.000 h		Temperatura de cor	6.500 K
IRC Total	-		Fabricação	China
Tensão de Operação	220-240 Volts		Frequência da rede	50-60 Hz
Garantia	1 ano		Preço no mercado local	R\$ 12,45

Vale ressaltar que as lâmpadas Classe 2 encontradas no mercado local e no comércio informal a um preço cerca de 68% menor que as da Classe 1, são largamente utilizadas pelos consumidores das classes residenciais de baixa renda, principalmente por causa do baixo preço inicial. Segundo o importador, são fabricadas para operar em frequência de 50 Hz, mas estão sendo comercializadas livremente aqui no Brasil, onde a frequência da rede elétrica é de 60 Hz.

Além do modelo reduzido de simulação de qualidade de energia, foram utilizados para as simulações um autotransformador trifásico (Figura 4.2), com saídas de tensão na faixa de 0 a 240 V, e um multímetro padrão, bem como um equipamento analisador de qualidade de energia elétrica (Figura 4.3) e um luxímetro, conforme detalhado a seguir:

- Luxímetro MINIPA MLM 1333: instrumento digital portátil, com LCD de 3 ½ dígitos, precisão básica de 4% da leitura, mudança de faixa manual, resposta espectral fotóptica CIE (padrão internacional para a resposta à cor da média dos olhos humanos), sensor tipo foto-diodo de silício. Realiza medidas de iluminação ambiente em lux nas faixas de 2.000 e 20.000 lux (escala utilizada de 20 klux);

- Analisador de qualidade de energia elétrica, fabricação Dranetz-BMI, *modelo Power Platform PP 4300*: 4 canais diferentes de tensão e corrente (oito no total), mede, analisa e grava dados de qualidade de energia e harmônicos simultaneamente (análises de harmônicos até a 50ª harmônica), possui 4 modos de operação: *scope*, medição, gravador de eventos e *time plot*, ponta de prova (TC) utilizada para até 10 Ampères.

Especificações:

- a) Medidas de tensão: 100 a 600 Vrms, com precisão de $\pm 1\%$;
- b) Transitórios de tensão: 50 a 1.000 Vpk, com duração mínima de 1 microsegundo e precisão de $\pm 10\%$;
- c) Medições de corrente: 10 a 200% da corrente total da ponta de prova. Precisão de $\pm 1\%$;
- d) Freqüência: faixa de 35 a 60 Hz, com precisão de $\pm 0.2\%$;
- e) Transitórios de corrente: 10 a 300% da escala do TC, com duração mínima de 1 microsegundo e precisão de $\pm 10\%$.

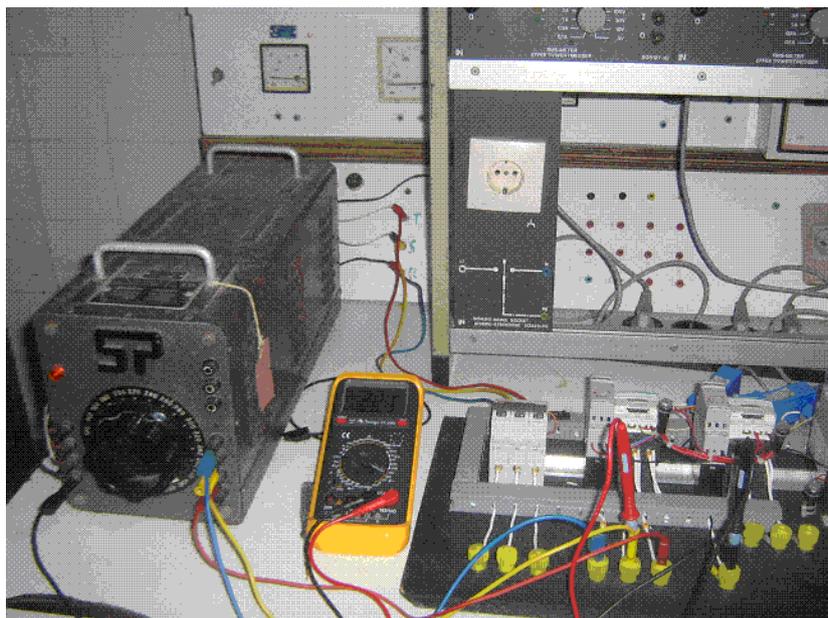


Figura 4.2 – Autotransformador e multímetro utilizados em bancada

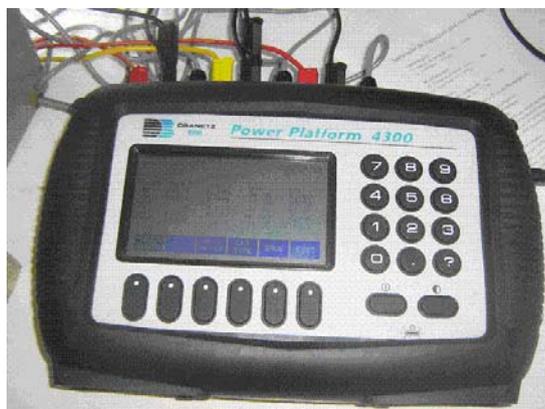


Figura 4.3 – Analisador de qualidade de energia *Dranetz-BMI PP 4300*

O objetivo das simulações em laboratório era verificar o comportamento das cargas residenciais de iluminação adquiridas e comparar com informações das embalagens das lâmpadas, algumas delas aferidas pelo PROCEL/INMETRO para a tensão nominal. Vale ressaltar que os potenciais de conservação de energia nesse uso final são geralmente calculados levando-se em conta apenas as especificações técnicas fornecidas por

fabricantes e as informações constantes das etiquetas ENCE, todas elas baseadas na tensão nominal de operação.

A partir das medições realizadas com as diversas lâmpadas (Figura 4.4) pelo equipamento analisador de qualidade de energia e pelo luxímetro, foram feitas as análises de comportamento dos parâmetros de interesse, especialmente tensão, corrente, potência ativa (W), fator de potência, potência reativa (Var), harmônicos e iluminância (lux).

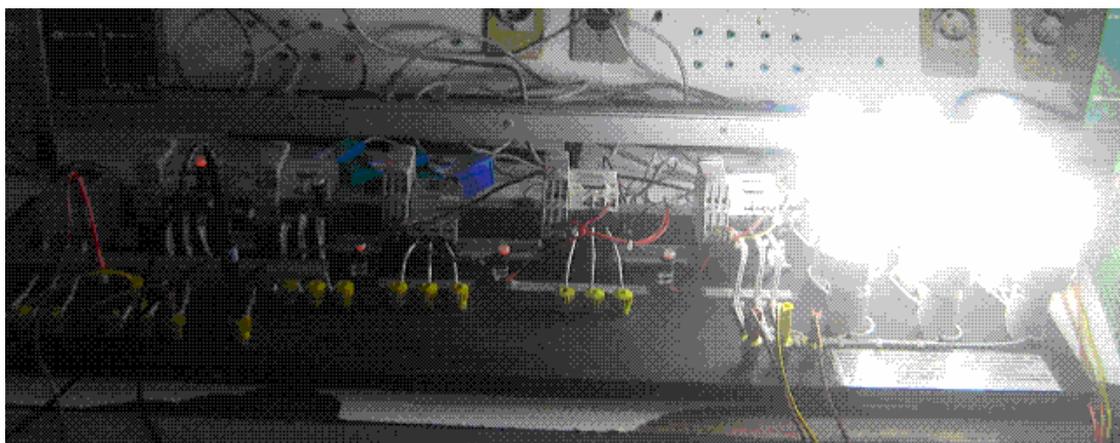


Figura 4.4 – Simulações com lâmpadas fluorescentes compactas

O modelo reduzido para simulação de qualidade de energia foi suprido a partir de duas fontes de energia elétrica, sendo uma o autotransformador regulado, ora para fornecer 220 V, ora 198 V (simulando uma queda de tensão de 10%), e outra a partir da própria rede de distribuição interna (214-215 V), tendo sido ajustado para comutar automaticamente de uma fonte para outra. Em todos os testes foram usadas nove lâmpadas, exceto o das lâmpadas fluorescentes Classe 4, onde usaram-se três lâmpadas.

Lâmpadas fluorescentes compactas – Classe 1 (15 W)

Foram realizadas as simulações com nove lâmpadas fluorescentes compactas de 15 W, sendo três por cada fase, cujos resultados estão ilustrados na Tabela 4.5. Para a tensão nominal (220 V), observa-se que a demanda média é de 12,66 W, em vez dos 15 W informados pelo fabricante.

Para tensão de 198 V (10% menor que a nominal), a demanda diminui 11,7%, ficando em 11,34 W. O fator de potência pouco sofreu alterações, permanecendo sempre em torno de 0,63.

Para a tensão nominal (220 V), foi observado que a demanda média da lâmpada dessa marca foi de 12,8 W, em vez dos 15 W informados pelo fabricante, o que trouxe, inicialmente, algumas dúvidas sobre se o modelo utilizado estava de acordo com o desejado.

Tabela 4.5 – Dados das leituras – lâmpadas Classe 1

Tensão (Volts)	Demanda (W) por lâmpada	Fator de potência	Leitura luxímetro para nove lâmpadas (klux)
220	12,66	0,63	13,72
198	11,34	0,643	11,96
236	13,66	0,61	14,52

Os valores obtidos para tensão nominal divergem dos informados nas respectivas embalagens das lâmpadas e dos constantes do catálogo do Selo PROCEL, onde consta que o fator de potência é de 0,5 e a potência da lâmpada é de 15 W (Tabela 4.2).

O fluxo luminoso foi reduzido em 13% (Tabela 4.5) quando ocorreu uma queda de tensão de apenas 10% (198 V). Por outro lado, se a tensão subir 7,2% (236 V), há uma elevação de 6% no nível de iluminação.

Lâmpadas fluorescentes compactas - Classe 2 (22W)

Os resultados obtidos com essas lâmpadas, ilustrados na Tabela 4.6, são ainda mais preocupantes e surpreendentes. Para a tensão de 220 V, a demanda média é da ordem de 7,44 W, ou seja, 33,8% da potência informada pelo importador. Para uma tensão de operação de 198 V (10% menor que a nominal), a demanda cai para 6,34 W, inferior 14,8% que a verificada em tensão nominal. Como está informado na embalagem (Tabela 4.3) que a tensão de operação está na faixa de 220-240V, aumentou-se em 7,2% a tensão do

autotransformador, para 236 V, mas a demanda não ultrapassou os 7,9 W, ou seja, aumentou apenas 6,1%, não atingindo 36% da potência nominal informada nas respectivas embalagens. O fator de potência pouco varia, ficando em 0,61 para a tensão de 236 V e em 0,63 para 198 Volts e para a tensão nominal. Ressalte-se que o fator de potência não consta das informações técnicas presentes nas embalagens.

Tabela 4.6 – Dados das leituras – lâmpadas Classe 2

Tensão (Volts)	Demanda (W) por lâmpada	Fator de potência	Leitura luxímetro para nove lâmpadas (klux)
220	7,44	0,63	3,9
198	6,34	0,63	3,5
236	7,9	0,61	4,38

Observa-se que o nível de iluminação é muitíssimo baixo (cerca da metade do verificado com as lâmpadas incandescentes de 40 W) e não condiz, em hipótese nenhuma, com os dados constantes das respectivas embalagens. Assim, na tensão nominal de fornecimento foi medido pelo luxímetro o valor de 3,9 klux, valor esse que cai 10% para uma queda de tensão de também 10%, enquanto que o consumo diminui apenas 8,1%. Para a tensão de 236 V, houve um incremento de 12% no nível de iluminação.

Lâmpadas Incandescentes (40 W) – Classe 3

Os resultados aqui obtidos estão ilustrados na Tabela 4.7. Para uma tensão de 220 V, a demanda unitária média é de 41,2 W para fator de potência unitário. Para 198 V (10% menor que a nominal), a demanda média de uma lâmpada é de 35,76 W, ou seja, houve uma diminuição no consumo de 13,2%. Quando as lâmpadas foram supridas com 236 V (107,2% da nominal), a demanda média unitária registrada foi de 46,32 W por unidade, representando um incremento de 12,4%.

Tabela 4.7 – Dados das leituras – lâmpadas incandescentes - Classe 3

Tensão (Volts)	Demanda (W) por lâmpada	Fator de potência	Leitura Luxímetro para nove lâmpadas (klux)
220	41,2	1,0	7,58
198	35,76	1,0	5,47
236	46,32	1,0	8,47

Com relação ao nível de iluminamento das lâmpadas utilizadas nas simulações e medido pelo luxímetro, pôde ser observado que as incandescentes de 40 W têm seu fluxo luminoso reduzido em 28% (Tabela 4.7) quando submetido a uma queda de tensão de apenas 10% (198 V), mas o consumo cai apenas 13%. Por outro lado, se a tensão for aumentada em 7,2% (236 V), há uma elevação de 12% no nível de iluminamento e no consumo.

Como os resultados obtidos com as lâmpadas incandescentes estão bastante compatíveis com os dados obtidos nas etiquetas ENCE e nas embalagens, o problema parece estar relacionado com a qualidade das lâmpadas fluorescentes compactas analisadas.

Assim, foram adquiridas três lâmpadas com Selo PROCEL de uma determinada marca (Tabela 4.4), com um custo unitário 31% superior que as da Classe 1, com o intuito de se verificar se as diferenças encontradas nas medições eram resultado de erros no processo de medição ou de baixa qualidade dos produtos comercializados. Os resultados estão ilustrados na Tabela 4.8, na próxima seção de testes.

Lâmpadas fluorescentes compactas - Classe 4 (15W)

As três lâmpadas Classe 4 de 15 W cada foram instaladas no modelo reduzido de simulações e, para a tensão nominal de fornecimento da concessionária (220 V), a demanda foi de 14,71 W e o fator de potência de 0,64. Na tensão de 198 V (90% da nominal de fornecimento), a demanda média cai 14,6%, chegando a 12,56 W. Vale ressaltar que na embalagem a tensão de operação da lâmpada está na faixa de 220 a 240 V e o fator de

potência informado é de 0,6 (Tabela 4.4). Por isso, foram refeitas as medições utilizando a tensão de 236 V, tendo sido obtida a leitura de 15,2 W, o que confirmou que o processo de simulação estava correto e que as demais lâmpadas fluorescentes compactas apresentam mesmo baixa qualidade de fabricação.

Tabela 4.8 – Dados das leituras – lâmpadas – Classe 4 (15 W)

Tensão (Volts)	Demanda (W) por lâmpada	Fator de potência	Leitura Luxímetro (klux) 3 lâmpadas
220	14,71	0,64	4,0
198	12,56	0,65	3,75
236	15,2	0,63	4,4

O fluxo luminoso foi reduzido em apenas 6% (Tabela 4.8) quando a tensão de alimentação foi reduzida em 10% (198 V). Além disso, quando a tensão subiu para 236 V (107,2% da nominal), houve uma elevação de 10% no nível de iluminação.

Com relação a essas medições, ressalte-se que apenas três lâmpadas desta classe conseguem iluminar mais que as nove lâmpadas da Classe 2, o que acaba sendo uma constatação surpreendente.

4.4 OBSERVAÇÕES PRELIMINARES

A partir dos resultados obtidos em laboratório pôde ser observado que a qualidade das lâmpadas fluorescentes compactas analisadas está aquém do esperado no que diz respeito ao consumo, demanda, nível de iluminação e conseqüentemente eficiência energética, como demonstrado no próximo item. Com relação à presença de harmônicos a partir do uso de lâmpadas fluorescentes compactas, os dados analisados nas simulações corroboram o fato de que esses tipos de lâmpadas são realmente fontes importantes de harmônicos, uma vez que os níveis de harmônicos no circuito elétrico cresceram após a introdução desses equipamentos, notadamente a distorção harmônica total de corrente (DHI_t) que atingiu valores superiores a 100%, valores que podem ser considerados como

esperados, uma vez que não havia outros tipos de cargas no circuito de teste. Por outro lado a distorção harmônica total de tensão (DhVt) esteve sempre na casa de 3,5%, o que pode ser entendido, numa análise mais simplista, como se o suprimento de energia elétrica não tivesse severamente afetado pela passagem dos harmônicos de corrente gerados pelas cargas em questão. Esses valores encontrados para a DhVt estão dentro da faixa considerada como razoável pelos padrões internacionais (< 5%). Em todo caso, entende-se que os resultados não são absolutamente conclusivos, o que implicaria na necessidade de realização de simulações mais complexas e que levassem em consideração a utilização concomitante de outros tipos de cargas.

4.5 COMENTÁRIOS GERAIS

Os resultados obtidos nas simulações corroboram o fato de as lâmpadas fluorescentes compactas Classe 1 apresentarem baixa qualidade de fabricação. Assim, é provável que tenham sido submetidas aos testes dos laboratórios capacitados pelo INMETRO/PROCEL lâmpadas de um lote especial a fim de serem contempladas com o Selo PROCEL ou que as adquiridas para as simulações do presente trabalho sejam de um lote sem testes de qualidade de fabricação.

Já as lâmpadas fluorescentes compactas Classe 2, segundo consta da embalagem, provavelmente são importadas de forma desconhecida (talvez até ilegalmente), pois não há referência nem mesmo ao importador brasileiro e não há sítios na *internet* com os dados do fabricante nem do importador. Além disso, essas lâmpadas não passaram por avaliação de nenhum órgão técnico brasileiro, muito menos do INMETRO, razão pela qual supõe-se que tenham na verdade características técnicas completamente diferentes das apresentadas nas embalagens. O fato preocupante é que estão sendo livremente comercializadas no mercado brasileiro, principalmente em lojas que atendem consumidores de um poder aquisitivo menor, de forma que esses consumidores, na esperança de obterem algum benefício, levam para casa um dispositivo de baixíssima qualidade, o que, na verdade, trata-se de uma afronta ao Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990).

A baixa qualidade dos materiais utilizados para fabricação das lâmpadas fluorescentes compactas e a ausência de normas e padrões mais rígidos no Brasil sobre

qualidade de energia elétrica haviam sido apontados em 2003 como causas determinantes para a baixa qualidade desse tipo de lâmpada comercializado no país [38].

Assim, os dados obtidos com as simulações mostram que nem sempre os cálculos dos potenciais de conservação de energia no uso final iluminação podem ser considerados precisos se forem levadas em conta apenas as informações técnicas de catálogos de fabricantes e etiquetas ENCE. É fundamental que sejam realmente conhecidas pelo profissional encarregado do diagnóstico energético as principais características técnicas de lâmpadas, reatores e luminárias a fim de que sejam realmente obtidas todas as vantagens relacionadas à conservação de energia elétrica nesse uso final.

Um outro ponto muito importante e que não pode ser esquecido são os níveis de tensão encontrados no local de operação do sistema de iluminação, pois, como observado, o seu desempenho está intimamente associado à qualidade da tensão de fornecimento da concessionária, especialmente em residências.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante as várias etapas deste trabalho foi possível confirmar a importância das ações para a conservação de energia elétrica e verificar que a implementação de algumas dessas medidas pode se tornar um grande “negócio”, ou seja, desde que haja oportunidades de eficiência energética e que o projeto seja bem executado, o investimento realizado pode ser retornado em um prazo bem razoável, sem contar os outros benefícios para o meio-ambiente e para a sociedade.

De maneira geral medidas básicas implementadas em determinados usos finais se traduzem em grande potencial de conservação de energia elétrica. Assim, foram abordamos mais detalhadamente os processos de eficiência energética em sistemas de condicionamento de ar e iluminação, por corresponderem à grande parcela do consumo residencial.

Através de medições adequadas, pode ser realizado um diagnóstico preliminar das instalações elétricas, o qual permite detectar desperdícios e identificar as possíveis maneiras de eliminá-los e ainda avaliar o grau de urgência de ações para sanear os problemas encontrados.

Para operacionalizar a conservação de energia é preciso identificar (quem ou o que está consumindo energia), quantificar (quanta energia está sendo consumida), modificar e acompanhar o consumo de energia (com qual eficiência).

Finalmente, a conservação de energia elétrica tem a ver com sensibilização, mudança de hábitos, capacitação técnica, novas tecnologias e efficientização dos processos, ou seja, tem íntima relação com as vertentes humana e tecnológica da conservação de energia.

Uma constatação importante, obtida a partir das simulações práticas realizadas, é que é preciso uma boa dose de cautela e muita experiência profissional quando da realização do levantamento dos potenciais de conservação de energia elétrica, pois nem sempre as informações técnicas encontradas em catálogos de fabricantes, etiquetas ENCE e

até mesmo na concessão do Selo PROCEL são compatíveis com os produtos encontrados no mercado.

Espera-se que este trabalho possa contribuir com o desenvolvimento de outros estudos na área de conservação de energia, bem como auxiliar na criação e disseminação de Comissões Internas de Conservação de Energia - CICEs.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Ao longo da elaboração deste trabalho, várias questões foram sendo levantadas e algumas delas ficaram sem uma resposta adequada. Ficam então como sugestões gerais para futuros trabalhos:

1. Investigar o comportamento de eletrodomésticos frente a distúrbios de tensão;
2. Estender as análises de eficiência energética e qualidade de energia aos níveis comerciais e industriais;
3. Identificar cargas residenciais geradoras de harmônicos ou de outros tipos de problemas.

APÊNDICE A – Dados das Simulações - Lâmpada Incandescente - Pot. 40 W
Classe 3 - Fase A - 3 lâmpadas/fase

Hora	Tensão rms (Volts)	Demanda por fase kW	Demanda de uma lâmpada (W)	kVA	kVAR	FP	Energia (kWh)
58:07,0	216,38	0,120687	40,229	0,12086	0,006477	0,9985	0,006374
58:13,0	216,21	0,120494	40,16467	0,120667	0,006457	0,9985	0,006517
58:17,0	216,37	0,120664	40,22133	0,120837	0,006442	0,9985	0,006659
58:22,0	216,34	0,120625	40,20833	0,120806	0,006486	0,9985	0,006838
58:27,0	216,25	0,120548	40,18267	0,120721	0,006454	0,9985	0,007016
58:33,0	216,19	0,120463	40,15433	0,120636	0,006424	0,9985	0,007195
58:37,0	216,14	0,120463	40,15433	0,120636	0,006448	0,9985	0,007338
58:42,0	216,83	0,121042	40,34733	0,121208	0,00643	0,9985	0,007515
58:48,0	216,89	0,120988	40,32933	0,121162	0,006439	0,9985	0,007695
58:52,0	216,94	0,121019	40,33967	0,121192	0,006483	0,9985	0,007838
58:57,0	223,17	0,126355	42,11833	0,126529	0,006622	0,9985	0,008024
59:03,0	220,85	0,124366	41,45533	0,124536	0,006554	0,9985	0,00821
59:06,0	219,71	0,123386	41,12867	0,123556	0,006554	0,9985	0,008356
59:12,0	219,49	0,123209	41,06967	0,123386	0,006522	0,9985	0,008539
59:17,0	219,61	0,123278	41,09267	0,123447	0,006533	0,9985	0,008722
59:23,0	219,54	0,123286	41,09533	0,123455	0,006501	0,9985	0,008904
59:28,0	219,64	0,123348	41,116	0,123517	0,006536	0,9985	0,00905
59:32,0	219,61	0,123325	41,10833	0,123494	0,006528	0,9985	0,009233
59:38,0	219,65	0,123348	41,116	0,123525	0,006542	0,9985	0,009416
59:48,0	216,38	0,120926	40,30867	0,1211	0,006436	0,9985	0,009738
59:51,0	216,33	0,120864	40,288	0,121038	0,006407	0,9985	0,009881
59:57,0	216,33	0,120818	40,27267	0,120992	0,006436	0,9985	0,01006
00:02,0	216,49	0,121019	40,33967	0,121192	0,006401	0,9985	0,010239
00:08,0	216,4	0,120941	40,31367	0,121115	0,006448	0,9985	0,010418
00:13,0	216,37	0,120826	40,27533	0,120999	0,006442	0,9985	0,010597
00:17,0	216,34	0,120872	40,29067	0,121038	0,006398	0,9985	0,01074
00:23,0	216,3	0,120872	40,29067	0,121038	0,006398	0,9985	0,01092
00:27,0	216,38	0,120926	40,30867	0,1211	0,006457	0,9985	0,011062
00:32,0	216,3	0,120872	40,29067	0,121038	0,006401	0,9985	0,011241
00:37,0	216,31	0,120849	40,283	0,121023	0,006469	0,9985	0,01142
00:47,0	197,33	0,104908	34,96933	0,105075	0,005828	0,9984	0,011704
00:52,0	197,25	0,104893	34,96433	0,105052	0,00584	0,9984	0,011861
00:58,0	198,23	0,105602	35,20067	0,105762	0,005872	0,9984	0,012017
01:02,0	198,25	0,105687	35,229	0,105847	0,005869	0,9984	0,012142
01:08,0	198,19	0,105656	35,21867	0,105817	0,005851	0,9984	0,012299

APÊNDICE A – Dados das Simulações (cont.) - Lâmpada Incandescente 40 W
Classe 3 - Fase A - 3 lâmpadas/fase

Hora	Tensão rms (Volts)	Demanda por fase kW	Demanda de uma lâmpada (W)	kVA	kVAR	FP	Energia (kWh)
01:12,0	198,05	0,105525	35,175	0,105685	0,005854	0,9984	0,012455
01:17,0	198,07	0,105579	35,193	0,105739	0,005825	0,9984	0,01258
01:22,0	198,16	0,10561	35,20333	0,105778	0,005905	0,9984	0,012736
01:27,0	198,05	0,105517	35,17233	0,105678	0,00584	0,9984	0,012892
01:32,0	198,22	0,105687	35,229	0,105847	0,005863	0,9984	0,013018
01:37,0	198,08	0,105533	35,17767	0,105693	0,005846	0,9984	0,013174
01:48,0	216,18	0,120841	40,28033	0,121007	0,006407	0,9985	0,013526
01:53,0	216,11	0,120795	40,265	0,120961	0,00643	0,9985	0,013633
01:57,0	216,19	0,12088	40,29333	0,121046	0,006433	0,9985	0,013812
02:02,0	216,12	0,12088	40,29333	0,121046	0,006457	0,9985	0,01392
02:07,0	216,05	0,120756	40,252	0,12093	0,006451	0,9985	0,014099
02:12,0	216,12	0,120818	40,27267	0,120992	0,006448	0,9985	0,014242
02:18,0	215,92	0,120656	40,21867	0,12083	0,006412	0,9985	0,014421
02:22,0	216,25	0,120965	40,32167	0,121138	0,006404	0,9985	0,014564
02:28,0	216,34	0,120988	40,32933	0,121154	0,006418	0,9985	0,014743
02:33,0	216,41	0,121065	40,355	0,121231	0,006404	0,9985	0,014922

**APÊNDICE B – Dados das Medições - Lâmpada
fluorescente Potência 15 W - Classe 1 - Fase A - 3
lâmpadas/fase**

Hora	Tensã o rms (Volts)	Demand a por fase kW	Demand a de uma lâmpad a (W)	kVA	kVAR	FP	Vthd (%)	lthd (%)	Energia (kWh)
11:54,0	214,45	0,037435	12,47833	0,059388	0,046097	-0,6304	3,653	105,148	0,000177
11:58,0	214,63	0,037828	12,60933	0,059666	0,046142	-0,6339	3,653	105,148	0,000221
12:04,0	214,84	0,037843	12,61433	0,059967	0,046517	-0,6311	3,653	105,148	0,000278
12:09,0	214,8	0,038005	12,66833	0,05992	0,046322	-0,6343	3,626	102,779	0,000334
12:14,0	214,77	0,037897	12,63233	0,059944	0,046449	-0,6321	3,626	102,779	0,000379
12:19,0	220,3	0,038823	12,941	0,061419	0,047594	-0,6321	3,626	102,779	0,000436
12:25,0	220,45	0,038931	12,977	0,061581	0,047715	-0,6322	3,535	102,895	0,000493
12:30,0	220,22	0,038761	12,92033	0,060253	-0,04613	-0,6433	3,535	102,895	0,000551
12:34,0	220,11	0,038607	12,869	0,061017	0,047255	-0,6327	3,535	102,895	0,000597
12:39,0	220,33	0,038584	12,86133	0,061372	0,047727	-0,6287	3,574	104,431	0,000654
12:43,0	220,31	0,038483	12,82767	0,060639	0,046862	-0,6346	3,574	104,431	0,000699
12:49,0	220,17	0,038584	12,86133	0,061156	0,047453	-0,6309	3,574	104,431	0,000757
12:54,0	220,05	0,038391	12,797	0,060816	0,047166	-0,6312	3,56	102,827	0,000813
13:00,0	220,12	0,038337	12,779	0,060569	0,046895	-0,6328	3,56	102,827	0,00087
13:04,0	220,13	0,038491	12,83033	0,060646	0,046868	-0,6346	3,555	104,138	0,000915
13:09,0	220,16	0,038221	12,74033	0,060291	0,046632	-0,6339	3,555	104,138	0,000973
13:15,0	220,19	0,038615	12,87167	0,061009	0,047237	-0,6329	3,555	104,138	0,001029
13:24,0	214,71	0,037465	12,48833	0,059195	0,045838	-0,6328	3,538	103,482	0,001129
13:29,0	214,56	0,036733	12,24433	0,057789	0,044612	-0,6356	3,538	103,482	0,001185
13:34,0	214,67	0,037103	12,36767	0,058816	0,045637	-0,6307	3,582	98,301	0,001229
13:39,0	214,82	0,036833	12,27767	0,058693	0,045696	-0,6276	3,582	98,301	0,001283
13:44,0	214,84	0,037427	12,47567	0,059218	-	-0,6318	3,612	104,759	0,001339

					0,045897				
13:50,0	214,84	0,037149	12,383	0,058723	0,045483	-0,6326	3,612	104,759	0,001393
13:54,0	214,82	0,037388	12,46267	0,059025	0,045678	-0,6333	3,612	104,759	0,001437
14:00,0	214,84	0,036941	12,31367	0,058739	0,045666	-0,6289	3,645	104,206	0,001492
14:05,0	214,78	0,037234	12,41133	0,058893	0,045631	-0,6321	3,645	104,206	0,001547
14:09,0	214,63	0,037049	12,34967	0,058924	0,045823	-0,6287	3,645	104,206	0,001591
14:14,0	214,66	0,037018	12,33933	0,058345	0,045097	-0,6344	3,587	103,981	0,001645
14:19,0	220,33	0,037697	12,56567	0,059681	0,046272	-0,6316	3,601	102,916	0,001701
14:24,0	220,28	0,038136	12,712	0,060484	0,046945	-0,6305	3,601	102,916	0,001746
15:01,0	219,9	0,038005	12,66833	0,060183	0,046658	-0,6315	3,582	105,244	0,000034
15:05,0	220,09	0,037944	12,648	0,06009	0,046599	-0,6313	3,582	105,244	0,000079
15:11,0	220,15	0,038113	12,70433	0,060368	0,046818	-0,6313	3,587	105,503	0,000134

APÊNDICE B – (cont.) - Lâmpada fluorescente Potência 15 W

Classe 1 - Fase A - 3 lâmpadas/fase

Hora	Tensão rms (Volts)	Demand a por fase kW	Demand a de uma lâmpada (W)	kVA	kVAR	FP	Vthd (%)	Ithd (%)	Energia (kWh)
15:16,0	220,26	0,038244	12,748	0,060592	0,046995	-0,6311	3,579	105,325	0,000191
15:21,0	214,66	0,036895	12,29833	0,058747	0,045717	-0,6281	3,579	105,325	0,000245
15:25,0	214,86	0,036995	12,33167	0,058893	0,045823	-0,6282	3,59	104,67	0,000289
15:31,0	214,47	0,037142	12,38067	0,059032	0,045885	-0,6292	3,59	104,67	0,000344
15:36,0	214,71	0,037111	12,37033	0,059148	0,046062	-0,6273	3,579	105,066	0,000399
15:41,0	214,55	0,03701	12,33667	0,058654	0,045504	-0,631	3,596	104,643	0,000443
15:56,0	214,77	0,037118	12,37267	0,058492	0,045203	-0,6346	3,609	104,322	0,000597
16:01,0	214,3	0,036895	12,29833	0,058052	0,044819	-0,6355	3,609	104,322	0,000652
16:06,0	214,8	0,036833	12,27767	0,058615	0,045596	-0,6284	3,565	103,476	0,000707
16:11,0	214,84	0,037049	12,34967	0,058901	0,045787	-0,629	3,565	103,476	0,000761
16:16,0	214,9	0,03701	12,33667	0,058747	0,045619	-0,63	3,565	103,476	0,000805
16:21,0	220,38	0,038183	12,72767	0,06033	0,046712	-0,6328	3,637	104,035	0,000861
16:26,0	220,52	0,038214	12,738	0,0607	0,047157	-0,6295	3,637	104,035	0,000917
16:31,0	220,61	0,038229	12,743	0,060654	0,047086	-0,6302	3,637	104,035	0,000963
16:36,0	220,57	0,038322	12,774	0,060477	0,046782	-0,6337	3,822	101,81	0,00102
53:30,0	198,49	0,03408	11,36	0,053264	0,040934	-0,6399	3,669	103,687	0,005021
53:35,0	197,82	0,033926	11,30867	0,053009	0,040727	-0,64	3,669	103,687	0,005071
53:39,0	197,79	0,033818	11,27267	0,053179	0,041046	-0,6359	3,669	103,687	0,005112
53:44,0	197,74	0,033872	11,29067	0,053155	0,040966	-0,6372	3,697	102,568	0,005161
53:50,0	197,78	0,033918	11,306	0,052908	0,040612	-0,641	3,697	102,568	0,005212
54:25,0	216,12	0,037535	12,51167	0,059658	0,046372	-0,6292	3,716	100,718	0,005559

54:29,0	216,16	0,037651	12,55033	0,059372	0,045908	-	-0,6342	3,716	100,718	0,005604
54:35,0	216,1	0,037735	12,57833	0,059542	0,046062	-	-0,6337	3,718	103,216	0,005659
54:39,0	216,19	0,037604	12,53467	0,05965	0,046301	-	-0,6304	3,718	103,216	0,005704
54:45,0	216,21	0,037666	12,55533	0,059403	0,045935	-	-0,634	3,718	103,216	0,00576
54:50,0	215,85	0,037489	12,49633	0,059488	0,046192	-	-0,6301	3,732	104,65	0,005816

**APÊNDICE C – Dados das Simulações - Lâmpada
fluorescente Potência 22 W – Classe 2 - Fase A - 3
lâmpadas/fase**

Hora	Tensã o rms (Volts)	Demand a por fase kW	Demand a de uma lâmpad a (W)	kVA	kVAR	FP	Vthd (%)	lthd (%)	Energia (kWh)
36:06,0	224,06	0,023036	7,678667	0,03761	-0,02973	-0,6124	3,697	109,762	0,007537
36:11,0	224,08	0,02299	7,663333	0,037386	0,029479	-0,615	3,697	109,762	0,007572
36:16,0	224,09	0,023005	7,668333	0,037509	0,029626	-0,6133	3,705	110,39	0,007605
36:20,0	224,23	0,02299	7,663333	0,037478	0,029597	-0,6135	3,677	110,677	0,007633
36:26,0	222,72	0,022936	7,645333	0,037254	0,029361	-0,6156	3,677	110,677	0,007667
36:31,0	216,1	0,022103	7,367667	0,035764	0,028115	-0,618	3,661	110,581	0,007701
36:36,0	215,95	0,022064	7,354667	0,035764	0,028147	-0,6169	3,661	110,581	0,007727
36:41,0	215,93	0,021848	7,282667	0,03537	0,027817	-0,6177	3,645	110,506	0,007759
36:47,0	215,77	0,022195	7,398333	0,035694	0,027955	-0,6218	3,645	110,506	0,007792
36:51,0	215,44	0,022234	7,411333	0,035903	0,028195	-0,6191	3,615	108,698	0,007818
36:56,0	215,67	0,022057	7,352333	0,035548	0,027876	-0,6205	3,615	108,698	0,007845
37:02,0	215,77	0,022211	7,403667	0,03581	0,028094	-0,6202	3,634	108,807	0,007877
37:06,0	215,79	0,022034	7,344667	0,035161	0,027406	-0,6266	3,634	108,807	0,007903
37:10,0	215,95	0,02191	7,303333	0,03544	0,027855	-0,6182	3,615	108,083	0,007929
37:16,0	215,75	0,022118	7,372667	0,035756	0,028097	-0,6184	3,615	108,083	0,007962
37:20,0	215,77	0,022219	7,406333	0,035779	0,028053	-0,6208	3,634	108,076	0,007988
37:26,0	215,73	0,022057	7,352333	0,035687	-0,02805	-0,6182	3,637	107,51	0,008021
38:55,0	215,9	0,022034	7,344667	0,035509	0,027846	-0,6205			
39:01,0	215,95	0,02191	7,303333	0,035463	0,027885	-0,6178	3,713	109,489	0,000052
39:06,0	216,21	0,021756	7,252	0,035038	0,027471	-0,6208	3,71	108,936	0,000078
39:17,0	216,15	0,021771	7,257	0,03527	0,027746	-0,6173	3,702	108,807	0,000142
39:22,0	216,05	0,021848	7,282667	0,035331	0,027764	-0,6184	3,729	107,646	0,000174

39:27,0	215,77	0,021995	7,331667	0,035409	0,027746	-0,6212	3,683	108,814	0,0002
39:32,0	224,16	0,022805	7,601667	0,03703	0,029184	-0,6157	3,683	108,814	0,000233
39:37,0	224,21	0,02299	7,663333	0,0372	0,029243	-0,618	3,691	107,824	0,000267
39:41,0	224,09	0,022635	7,545	0,036891	0,029139	-0,6134	3,691	107,824	0,000294
39:46,0	224,23	0,022843	7,614333	0,037239	0,029411	-0,6134	3,716	110,268	0,000328

APÊNDICE C – (Cont.) - Lâmpada fluorescente Potência 22

W

Classe 2 - Fase A - 3 lâmpadas/fase

Hora	Tensão rms (Volts)	Demanda por fase kW	Demanda de uma lâmpada (W)	kVA	kVAR	FP	Vthd (%)	lthd (%)	Energia (kWh)
39:51,0	224,24	0,022859	7,619667	0,037123	0,029252	-0,6157	3,727	110,418	0,000355
40:02,0	223,64	0,022782	7,594	0,037139	0,029328	-0,6134	3,718	109,442	0,000422
40:07,0	223,6	0,022974	7,658	0,037494	0,029624	-0,6129	3,642	110,418	0,000457
40:12,0	224,01	0,022774	7,591333	0,036806	0,028918	-0,6187	3,642	110,418	0,00049
40:17,0	223,79	0,022959	7,653	0,037486	0,029632	-0,6124	3,669	110,793	0,000517
40:22,0	223,84	0,022758	7,586	0,037216	-0,02944	-0,6116	3,669	110,793	0,000551
40:26,0	223,95	0,022728	7,576	0,037092	0,029316	-0,6127	3,669	110,793	0,000577
40:37,0	215,51	0,021848	7,282667	0,0351	0,027465	-0,6226	3,661	110,575	0,000644
40:41,0	215,62	0,021941	7,313667	0,035756	0,028233	-0,6135	3,661	110,575	0,000669
40:47,0	215,73	0,021818	7,272667	0,035355	0,027823	-0,6171	3,593	108,841	0,000702
40:52,0	215,74	0,021756	7,252	0,035192	0,027666	-0,618	3,593	108,841	0,000734
40:57,0	215,62	0,021771	7,257	0,035154	0,027598	-0,6193	3,593	108,841	0,000759
41:02,0	215,12	0,021702	7,234	0,035185	0,027696	-0,6168	3,623	109,039	0,000785
41:07,0	215,66	0,021617	7,205667	0,034853	0,027335	-0,6202	3,623	109,039	0,000818
41:12,0	215,7	0,021995	7,331667	0,035563	0,027944	-0,6185	3,615	108,151	0,000844
41:16,0	215,71	0,021717	7,239	0,035262	0,027781	-0,6158	3,615	108,151	0,00087
41:22,0	215,51	0,021956	7,318667	0,035617	0,028041	-0,6165	3,642	108,855	0,000895
41:27,0	215,63	0,022018	7,339333	0,03571	0,028112	-0,6166	3,642	108,855	0,000928
41:31,0	198,89	0,01999	6,663333	0,03215	0,025177	-0,6217	3,628	109,052	0,000953
41:37,0	199,01	0,020229	6,743	0,03252	0,025467	-0,6219	3,628	109,052	0,000983
41:42,0	198,9	0,020052	6,684	0,032204	-	-0,6227	3,65	106,28	0,001012

					0,025195			8	
41:47,0	198,9	0,020206	6,735333	0,032381	-	-0,624	3,65	106,28 8	0,001042
41:51,0	198,93	0,020052	6,684	0,032034	-	-0,626	3,677	105,82 4	0,001066
41:57,0	199	0,020098	6,699333	0,032374	-	-0,6207	3,658	106,43 8	0,001089
42:01,0	198,75	0,019967	6,655667	0,03208	-	-0,6224	3,658	106,43 8	0,001113
42:06,0	198,82	0,020159	6,719667	0,032296	-0,02523	-0,6241	3,686	106,55 4	0,001137
42:12,0	198,73	0,020082	6,694	0,032366	-	-0,6206	3,686	106,55 4	0,001166

APÊNDICE C – (Cont.) - Lâmpada fluorescente Potência
22 W
Classe 2 - Fase A - 3 lâmpadas/fase

Hora	Tensão rms (Volts)	Demanda por fase kW	Demanda de uma lâmpada (W)	kVA	kVAR	FP	Vthd (%)	Ithd (%)	Energia (kWh)
42:17,0	198,88	0,020244	6,748	0,032489	0,025408	-0,6232	3,675	105,264	0,00119
42:22,0	198,99	0,019967	6,655667	0,032235	-0,02531	-0,6193	3,664	106,213	0,001214
42:26,0	198,93	0,020098	6,699333	0,032374	0,025378	-0,6208	3,664	106,213	0,001244
42:36,0	215,53	0,022134	7,378	0,036104	0,028522	-0,613	3,683	107,455	0,001302
42:41,0	215,68	0,022026	7,342	0,035903	0,028351	-0,6135	3,656	110,063	0,001335
42:47,0	215,41	0,022072	7,357333	0,036065	0,028528	-0,6118	3,656	110,063	0,001367
42:51,0	215,44	0,022003	7,334333	0,035779	0,028215	-0,6149	3,647	109,824	0,001393

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HADDAD, J.; SILVA, V.F.; SANTOS, A.H.M. - Conservação de Energia Elétrica: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos - Editora da EFEI.
- [2] SILVA JÚNIOR, JANIZARO PEREIRA – Combate ao Desperdício de Energia - Dissertação de Mestrado UFJF – Minas Gerais – 2005
- [3] SILVA JÚNIOR, JANIZARO P.; PINTO, DANILO P. – Diagnóstico Energético - I Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, Associação Brasileira de Eficiência Energética – ABEE - Belo Horizonte- Setembro de 2005.
- [4] MARTINS, M. P. S. – Inovação Tecnológica e Eficiência Energética – Monografia de Pós Graduação MBA em Energia Elétrica, UFRJ – Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- [5] SOUZA MARTINS, MARIA PAULA DE - Inovação Tecnológica e Eficiência Energética - Instituto de Economia/Universidade Federal do Rio De Janeiro - Outubro de 1999
- [6] David, Ricardo da Silva – Como analisar a viabilidade e a sustentabilidade econômica da Eficiência Energética - ABESCO - Novembro 2004
- [7] LAMBERTS, R. ; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. – Eficiência Energética na Arquitetura – PW Editores - São Paulo, SP, 1997.
- [8] PROCEL/ELETRORÁS - Programa PROCEL nas Escolas – Panorama Energético Nacional, 2005.
- [9] LOPES, J. C. - Manual de Tarifação da Energia Elétrica – PROCEL/ELETRORÁS - 2002.
- [10] Resolução Normativa Nº 456 ANEEL – 29/11/2000
- [11] Balanço Energético Nacional 2006 – Relatório final - Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética – 2006
- [12] Resenha Energética Brasileira - Exercício de 2006 (Preliminar) - Ministério De Minas e Energia
- [13] Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano base 2005 – Classe Residencial - ELETRORÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S. A. / PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Julho 2007
- [14] GELLER, H. - O uso eficiente da Eletricidade, INEE, 1994.

- [15] ALMEIDA, M. T. – Manutenção Preditiva : Confiabilidade e Qualidade - <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>
- [16] Programa de Eficiência Energética para o Brasil – PEE -ELETROBRÁS/PROCEL – www.eletrobras.gov.br/procel
- [17] Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 – Lei de Eficiência Energética
- [18] Manual de Instruções PROCEL Sanear – ELETROBRÁS/PROCEL – Agosto 2007
- [19] Seminário PROCEL - RELUZ - Rio de Janeiro, 24/05/2006
- [20] CLASP - Collaborative Labeling and Appliance Standards Program – Pesquisa realizada no saite <http://www.clasponline.org> – Julho de 2007
- [21] ALVAREZ, A. L. M.; SAIDEL, M.A. – Uso Racional de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares. - Dissertação de Mestrado EPUSP - São Paulo, SP, 1998.
- [22] STROKER, JOHN J. – What’s the Real Cost of Higher Efficiency? – IEEE Industry Applications Magazine – Maio/Junho/2003
- [23] Silva Júnior, Janizaro Pereira da; Pinto, Danilo Pereira – Diagnóstico Energético - I Congresso Brasileiro de Eficiência Energética/ Associação Brasileira de Eficiência Energética – ABEE - Setembro de 2005.
- [24] Manual para Especificações Técnicas de Sistemas de Ar Condicionado e Iluminação – CEPTEL; ELETROBRÁS/PROCEL – 2005
- [25] Rodrigues, Pierre – Manual de Iluminação Eficiente – PROCEL – Julho 2002
- [26] NBR 5413 - Iluminância de interiores – ABNT – 1992
- [27] PEREIRA, DIOGO – Luminárias: Rendimento, Conforto Visual e Manutenção – Eletricidade Moderna – 1987
- [28] Ross, J.P.; Meier, A. - Whole-House Measurements of Standby Power Consumption - University of California, Berkeley, USA
- [29] Relatório de Administração 2006 – CEMAR - Outras informações disponíveis em www.cemar-ma.com.br
- [30] Contagem da População 2007 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Outubro/2007
- [31] Sítios das Concessionárias: ELETROACRE, ELETRONORTE, RGE, COELBA

- [32] LEENER – Laboratório de Eficiência Energética - UFJF
- [33] Guimarães, Luiz Carlos - Distribuição de Energia Elétrica - IX Encontro Nacional dos Conselhos de Consumidores de Energia Elétrica - ABRADDEE – Novembro/2006
- [34] Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty H.W. Electrical Power System Quality, 2nd Edition. McGraw-Hill. (2002)
- [35] Teixeira, Mateus D.; Paulillo, Gilson - Avaliação do Impacto de Lâmpadas Fluorescentes Compactas na Rede de Distribuição da Copel – II SPEE – setembro/2004
- [36] Hoskyn, K.G.; Saroff, L. - Alternative Greenhouse Gas Mitigation Technologies – 1994 - IEZ Greenhouse Gas R&D Program.
- [37] Boletins Mensais - Estatística e Análise do Mercado de Energia Elétrica - www.epe.gov.br.
- [38] Penna, C.; Rezende, J.W. - Avaliação das Características Elétricas, de Iluminamento e de Suportabilidade a Chaveamento de Lâmpadas Fluorescentes Compactas - II CITENEL - outubro/2003

APÊNDICE D - RELAÇÃO DE MODELOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS DISPONÍVEIS NO MERCADO LOCAL EM FEVEREIRO/2007 - DADOS TÉCNICOS CONSTANTES DAS EMBALAGENS

Fabricante	Potência (W)	Corresponde a incandescente de: (W)	Classificação na Etiqueta PROCEL	Selo PROCEL	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	FP	Vida mediana (h)	Garantia (ano)	Procedência	Preço (R\$)
TASCHIBRA	7	30	A	Não	300	-	0,5	5.000	-	China	8,79
TASCHIBRA	15	60	A	Não	700	-	0,5	8.000	-	China	7,87
TASCHIBRA	21	80	B	Não	1.160	55	0,65	8.000	1	China	8,89
EMPALUX	7	30	-	-	363	51	>0,5	8.000	1	China	8,60
EMPALUX	9	40	-	-	476	53	>0,5	6.000	1	-	8,81
EMPALUX	9	40	A	Sim	480	56	>0,5	8.000	1	China	8,81
EMPALUX	15	70	A	Não	870	62	>0,5	8.000	1	China	10,97
EMPALUX	20	80	A	Não	1.100	63	>0,5	8.000	1	China	12,48
Luz Leste	11	55	-	-	-	-	-	-	-	China	7,87
Luz Leste	15	75	-	-	-	-	-	-	-	China	12,72
Philips	9	40	-	Não	400	50	-	3.000	-	China	13,63
Philips	15	75	A	Não	825	55	-	6.000	1	China	11,24
Philips	15	75	A	Sim	810	58	0,6	8.000	1	China	12,45
Philips	20	100	A	Não	1.100	61	0,6	6.000	1	China	14,98
Philips	20	100	A	Não	1.250	63	-	6.000	1	China	15,99
FLC	11	50	A	Não	618	56	0,5	8.000	1	China	7,80
FLC	15	75	A	Sim	917	61	0,5	8.000	1	China	9,50
FLC	15	80	A	Não	978	65	0,5	8.000	1	China	9,31
Avant	9	50	B	Não	500	56	0,55	8.000	-	China	7,40
Avant	20	80	A	Não	1.124	62	0,55	8.000	-	China	10,81
Xelux	15	75	B	Não	-	-	-	8.000	0,5	R.P.China	
Xelux	25	130	B	Não	-	-	-	8.000	0,5	R.P.China	
OSRAM	11	60	A	Não	600	-	-	6.000	1	China	10,90
OSRAM	15	75	A	Não	800	-	-	6.000	1	China	10,78
OSRAM	20	100	B	Não	1.100	-	-	6.000	1	China	10,95
LivStar	22	-	-	-	-	-	-	6.000	-	China	

