



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

***Readequação de Sistemas de Ar Condicionado Visando Maior
Eficiência Energética***

Marcos Roberto Alves

Dissertação de Mestrado PPGEE – 03/2004

Orientador: Prof. Dr. José Celso Borges de Andrade

Março de 2004



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

***Readequação de Sistemas de Ar Condicionado Visando Maior
Eficiência Energética***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. José Celso B. Andrade

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Belo Horizonte, março de 2004

Dedicatória

Aos meus pais, que acreditaram nos meus ideais e me apoiaram incondicionalmente neste caminho em busca da realização dos meus sonhos.

Agradecimentos

A Deus que me concedeu o “Dom da Vida” e tornou possível a realização de mais um sonho.

Aos meus pais, pelo otimismo e incentivo ao meu trabalho acadêmico.

Ao meu orientador e Professor Dr. José Celso Borges de Andrade, pela confiança e incentivo durante todo o trabalho.

Aos meus amigos do curso de mestrado, professores e demais funcionários da secretaria.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela bolsa de mestrado concedida.

Ao apoio técnico do Sr. João Lourenço da PRODABEL – Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte – pela colaboração nas partes práticas do trabalho.

**“Na natureza nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma.”**

(Antoine Laurent de Lavoisier)

Resumo

Frente à crise energética e à questão ambiental, dentro e fora do país, a readequação tecnológica do sistema de condicionamento ambiental, visando a eficiência energética das edificações públicas, comerciais, industriais e residenciais, tornou-se uma opção importante na redução do consumo de energia elétrica.

Este trabalho tem por finalidade apresentar propostas de readequação de sistemas de ar condicionado e avaliar a economia proporcionada pelas novas instalações, visando a necessidade de substituição do sistema de ar condicionado centralizado mais antigo, por um sistema moderno e energeticamente mais eficiente.

Inicialmente, realiza-se um diagnóstico energético da edificação, determinando a participação percentual dos diversos usos finais de energia elétrica. Em seguida, faz-se uma análise sobre o uso final de maior consumo de energia elétrica, para avaliar a necessidade de realização da sua readequação tecnológica e as possibilidades de economia de energia.

Posteriormente à realização do *retrofit*, apresenta-se a avaliação das novas condições do condicionamento ambiental, com o objetivo de verificar a sua melhoria e obter um novo rendimento do sistema. São analisadas as condições *pós-retrofit* para demonstrar a viabilidade econômica das mudanças frente aos investimentos e gastos com manutenção.

ABSTRACT

Facing the world energy crisis and some actual ecological challenges, the technological adequacy of the air conditioning system constitutes an important option to reduce energy consumption for the industrial, commercial, residential and public buildings and activities.

This work presents a proposition for the retrofit of an old installation, replacing a centered type air conditioning system by a simpler and more efficient one improving, at the same time, some aspects of comfort, life quality and productivity for professionals and clients, in big public building.

Initially, an energy diagnosis of the entire building is accomplished, determining the percentage participation of the final uses (air conditioning, lighting, computer equipment, household appliances, etc.) in the total electric energy consumption. In the case at hand the air conditioning system was responsible for about 70 % of the total energy expenditures.

Later, after the accomplishment of the proposed retrofit, the work presents an evaluation of the attained new conditions and final energy efficiency, demonstrating the viability of the changes. Economic aspects due to the new investments are considered.

Sumário

CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1- INTRODUÇÃO.....	1
1.2- ASPECTOS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.....	2
- <i>Expansão do Consumo e da Capacidade Instalada de Energia Elétrica</i>	5
1.3- HISTÓRICO DA CRISE ENERGÉTICA NO BRASIL	7
1.4- SOLUÇÕES PARA O SETOR ELÉTRICO	9
- <i>Soluções de Curto Prazo</i>	10
- <i>Soluções de Médio Prazo</i>	12
- <i>Soluções de Longo Prazo</i>	13
1.5- CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ENERGIA ELÉTRICA.....	14
1.6- READEQUAÇÃO (<i>RETROFIT</i>): O CONCEITO	16
1.7- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	16
1.8- OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	19
- <i>Objetivos Específicos</i>	19
CAPÍTULO 2	21
RACIONAMENTO E RACIONALIZAÇÃO	21
2.1- INTRODUÇÃO.....	21
2.2- ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O RACIONAMENTO.....	22
- <i>Valor Agregado ao PIB e Energia Elétrica Consumida do Setor</i>	23
- <i>Valor Agregado por kWh no Setor Industrial</i>	24
2.3- RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA	25
CAPÍTULO 3	27
CONFORTO AMBIENTAL	27
3.1- INTRODUÇÃO.....	27

3.2- REFLEXOS DO CONFORTO AMBIENTAL NO RACIONAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	29
- <i>Participação do Condicionamento Ambiental no Consumo Total de Eletricidade (%)</i>	30
- <i>Pré-dimensionamento</i>	33
- <i>Instalação</i>	35
- <i>Manutenção</i>	36
3.3- PRINCIPAIS MEDIDAS PARA OBTER-SE UM BOM PLANO DE RACIONAMENTO	37
3.4- O CONFORTO AMBIENTAL APLICADO AO CLIMA DE BELO HORIZONTE	38
- <i>Resumo</i>	38
- <i>Fundamentação Teórica</i>	39
- <i>Clima e Climatologia</i>	39
- <i>Clima e Tempo, uma Revisão Conceitual</i>	39
- <i>A Caracterização Geográfica e Climática de BH</i>	40
- <i>Metodologia</i>	41
- <i>Período Analisado</i>	41
- <i>A Temperatura Média de Belo Horizonte</i>	42
- <i>Média das Temperaturas Máximas</i>	43
- <i>Médias de Temperaturas Mínimas</i>	44
- <i>A Umidade Relativa do Ar</i>	45
- <i>A Variabilidade Climática de Belo Horizonte em Função das Variáveis Oceânicas</i>	46
3.5- REFLEXO DA RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA NOS ASPECTOS DO CONFORTO AMBIENTAL	47
- <i>Aparelhos Respondem por 40 % da Eletricidade</i>	47
CAPÍTULO 4	49
CASO EXEMPLO	49
4.1- HISTÓRICO	49
4.2- IMPACTOS DA CRISE DE ENERGIA EM UMA INSTITUIÇÃO (PRODABEL)	50
4.3- DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO DA PRODABEL	52
4.4- MEDIDAS ADOTADAS PARA ATINGIR A META DE CONSUMO DE ENERGIA	54

4.5- MEDIDAS ADOTADAS PARA RACIONALIZAR O CONSUMO DE ENERGIA SEM COMPROMETER O CONFORTO AMBIENTAL	57
4.6- PROJETO E VIABILIDADE ECONÔMICA DO <i>RETROFIT</i>	60
4.7- PROPOSTA DE <i>RETROFIT</i>	61
4.8- CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL E CONSUMO DE ENERGIA <i>PÓS-RETROFIT</i>	64
4.9- QUALIDADE DO CONDICIONAMENTO AMBIENTAL <i>PÓS-RETROFIT</i>	69
CAPÍTULO 5	71
CONCLUSÕES	71
5.1- INTRODUÇÃO	71
5.2- CONCLUSÕES FINAIS	71
5.3- CONTRIBUIÇÕES	74
5.4- SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	74
ANEXO I	75
<i>MEDIDAS TOMADAS CONTRA A CRISE ENERGÉTICA NO BRASIL MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (2001)</i>	75
ANEXO II	84
<i>PROGRAMA ANUAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA (Resolução ANEEL n.º 394, de 17 de setembro de 2001)</i>	84
ANEXO III	87
<i>NÍVEIS DE RUÍDO PARA CONFORTO ACÚSTICO – NBR 10152 (1987)</i>	87
ANEXO IV	89
<i>MODALIDADES TARIFÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA ELETROBRÁS/CEMIG (2003)</i>	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Risco de déficit pelo sistema de cálculo antigo.....	3
Gráfico 2 - Risco de déficit pelo sistema de cálculo novo.....	3
Gráfico 3 - Previsão de consumo anual x taxa de crescimento do PIB.....	5
Gráfico 4 - Redução dos custos energéticos em prédios da Texas.....	18
Gráfico 5 - Consumo de energia e valor agregado ao PIB nos diversos setores.....	24
Gráfico 6 - Porcentagem do consumo da energia elétrica, com o condicionamento ambiental, em alguns segmentos.....	29
Gráfico 7 - Meta de consumo 2001 x consumo 2000 (kWh).....	50
Gráfico 8 - Índices de consumo por uso final-2000.....	52
Gráfico 9 - Índices de consumo por tipo de ar condicionado.....	53
Gráfico 10 - Percentual de área climatizada antes do retrofit.....	53
Gráfico 11 - Consumo x meta de consumo (Maio/2001).....	54
Gráfico 12 - Consumo x meta de consumo (Junho/2001).....	55
Gráfico 13 - Consumo x meta de consumo (Julho/2001).....	55
Gráfico 14 - Consumo 2000 x consumo 2001 (Maio/Junho/Julho).....	56
Gráfico 15 - Consumo x meta de consumo (Agosto/2001).....	56
Gráfico 16 - Consumo x meta de consumo (Outubro/2001).....	58
Gráfico 17 - Consumo x meta de consumo (Novembro/2001).....	58
Gráfico 18 - Índices de consumo por uso final (Outubro/2001).....	59
Gráfico 19 - Índices de consumo por tipo de ar condicionado (Outubro/2001).....	59
Gráfico 20 - Percentual de área climatizada (Outubro/2001).....	59
Gráfico 21 - índices de consumo por uso final pós retrofit.....	65
Gráfico 22 - Índices de consumo por tipo de ar condicionado.....	65
Gráfico 23 - Percentual de área climatizada pós-retrofit.....	65
Gráfico 24 - Consumo x meta de consumo (Dezembro/2001).....	66
Gráfico 25 - Consumo x meta de consumo (Janeiro/2002).....	66
Gráfico 26 - Consumo 2000/2001/2002 (Maio/Junho/Julho).....	67
Gráfico 27 - Consumo de energia elétrica (maio/2001-novembro/2002).....	67
Gráfico 28 - Demanda contratada (maio/2001-novembro/2002).....	67
Gráfico 29 - Demanda de energia elétrica (2001-2002).....	68
Gráfico 30 - Poluição microbiológica no prédio pós-retrofit.....	69

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 - Crescimento do consumo de energia elétrica x capacidade instalada (1980-2000).....</i>	<i>6</i>
<i>Tabela 2 - Perfil setorial do consumo de energia elétrica no ano 2015.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 3 - Consumo, PIB por setor, 1999.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 4 - Energia elétrica na indústria, valor agregado e intensidade de uso (2000).</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 5 - Carga térmica em Btu/h.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 6 - Carga térmica em Btu/h.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 7 - Capacidade de refrigeração em Btu/h x kW.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 8 - Comparação do consumo de energia por tipo de equipamento de condicionamento ambiental.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 9 - Comportamento médio global das variáveis TMEDBH, TMAXBH, TMINBH - 1960-1989.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 10 - Comportamento médio sazonal das variáveis TMEDBH, TMAXBH, TMINBH - 1960-1989.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 11 - Comportamento médio mensal da variável TMAXBH -1960-1989.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 12 - Comportamento médio mensal da variável TMINBH -1960-1989.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 13 - Comportamento médio mensal da variável URABH - 1960-1989.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 14 - Características do sistema central x sistema split + ACJ.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 15 - Índices de temperatura e umidade relativa do ar.....</i>	<i>64</i>

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1- Introdução

Numa sociedade moderna, a energia elétrica é fundamental para a manutenção da qualidade de vida do cidadão. Esta qualidade não está relacionada somente ao crescimento econômico do país, mas também, à garantia de acesso a bens e serviços de primeira necessidade para todos, através do uso racional dos recursos gerados pelo meio ambiente.

No começo de maio de 2001, o país foi surpreendido por um anúncio dramático feito pelo Poder Executivo Federal: os reservatórios das represas de energia elétrica tinham terminado o período de chuvas em um nível excepcionalmente baixo nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. Como consequência, medidas de contenção do consumo de energia deveriam ser adotadas, para tentar evitar que se caminhasse para o racionamento e, daí, aos desligamentos do fornecimento, programados ou não (“apagões”).

O anúncio e a posterior divulgação de medidas de economia e/ou racionamento de energia geraram um debate generalizado na sociedade sobre as causas do problema. Sobretudo, discutiu-se a efetividade/aplicabilidade das medidas e seus impactos sobre a vida das pessoas em geral, dos trabalhadores em particular e, sobre o desempenho futuro da economia. Foram realçadas, as consequências sobre a produção, a renda e o emprego, aliadas ao quadro de incertezas já presente no país, HOLLANDA, J. B. (2000).

1.2- Aspectos do Setor Elétrico Brasileiro

O Brasil está enfrentando grave crise no setor elétrico. O déficit (excesso de demanda em relação à oferta) de energia não é mais uma ameaça do futuro, é um problema do presente e que necessita, já, de atenção na busca de soluções de curto, médio e longo prazos.

A confiabilidade do sistema elétrico é intimamente ligada à gestão integrada das usinas e à estratégia de expansão da oferta. Até a implantação do modelo de desregulamentação, o critério adotado para a garantia de energia era de um risco de ocorrência de qualquer déficit de, no máximo, 5%. Recentemente, esse critério foi alterado, relaxando-se o conceito de risco de "ocorrência de déficit", ou seja, possibilidade de haver maior demanda que oferta de energia elétrica num determinado período: só seriam considerados déficits aqueles que ultrapassassem 5% do mercado.

Essa mudança por si só constituiu-se em uma quebra considerável do padrão de garantias. Pode-se observar, através dos gráficos 1 e 2, que os riscos adotados pelo critério antigo, convencional, chegariam a atingir índices na casa dos 17%, certamente um recorde para o país. Mesmo considerando o novo critério, o risco de déficit é bastante importante, chegando a quase 12% na região Sudeste/Centro Oeste, para o triênio 2000 a 2003, quando o nível aceitável é de 5%, ELETROBRÁS (2000).

Observa-se que na janela temporal 2000-2003, o risco de déficit era consideravelmente elevado, sob qualquer método de cálculo. Pelo sistema de cálculo novo, os riscos caíram substancialmente, mas se manteriam elevados, se fossem calculados pelo critério antigo, para todas as regiões.

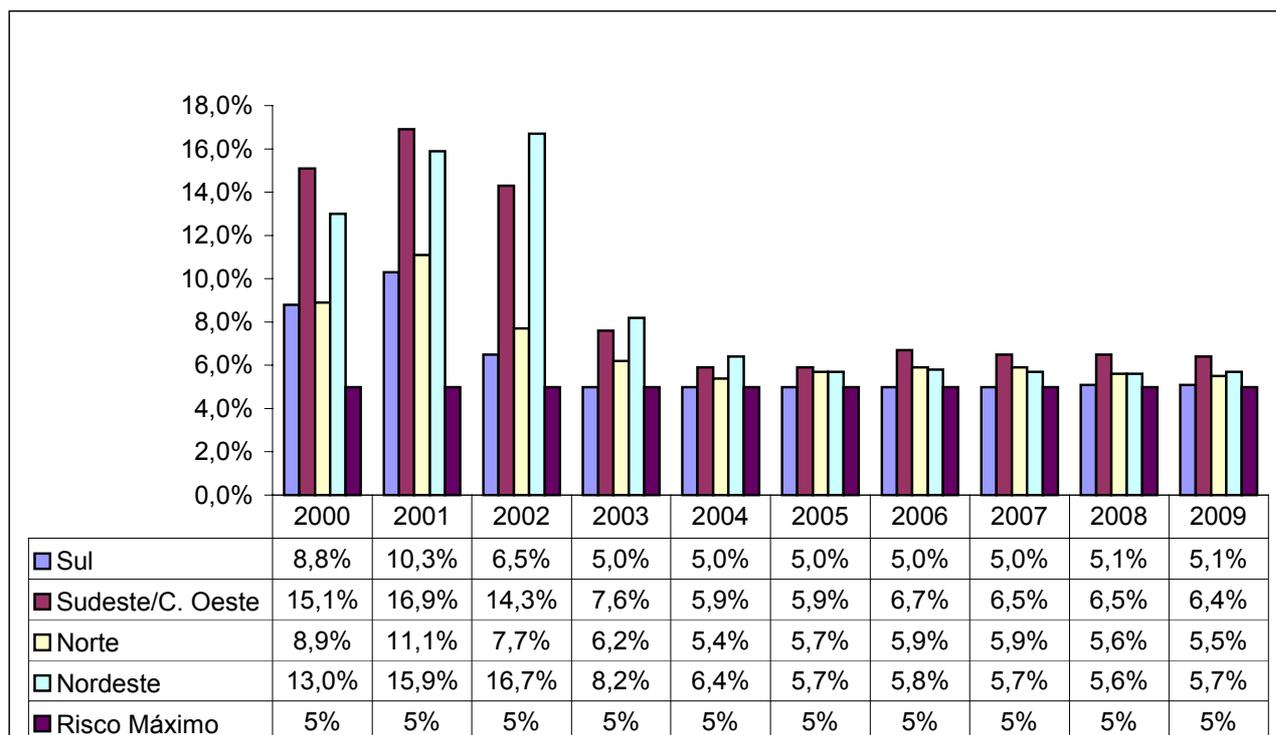


Gráfico 1 - Risco de déficit pelo sistema de cálculo antigo.

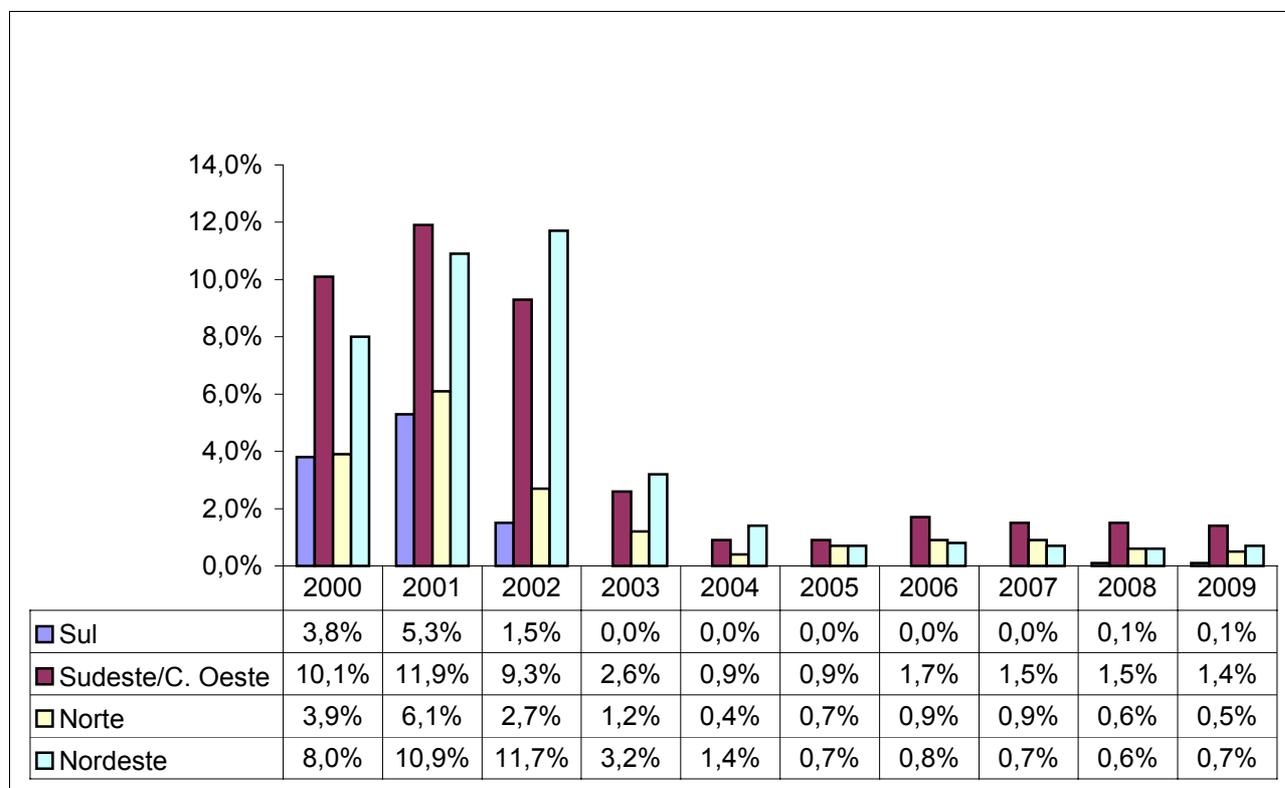


Gráfico 2 - Risco de déficit pelo sistema de cálculo novo.

Fonte: Plano Decenal 2000-2009.

As previsões, tanto de demanda quanto de oferta, no horizonte temporal 2000-2009 do Plano Decenal, podem ser consideradas como muito otimistas. Caso a expansão da oferta não atinja os valores esperados, as taxas de risco aumentam. Algumas premissas, do cenário otimista de oferta, são consideradas no referido Plano:

- a) Importação de 2000 MW da Argentina durante os próximos dez anos. Nesse caso, o "otimismo" poderia ser detectado na perspectiva de que a Argentina sempre teria excedentes para vender ao Brasil, a um preço menor que a energia gerada internamente;
- b) Prosseguimento de diversas obras com concessão ou autorização já outorgadas, mas ainda não iniciadas;
- c) Entrada de 17.469 MW referentes à construção de usinas termoeletricas entre 2001 e 2004. Há sérias dúvidas quanto a essa possibilidade, pois de 2000 a 2003 isto não ocorreu;
- d) Adição de 7000 MW de projetos indicativos que ainda não têm concessão autorizada.

Pelo mesmo Plano Decenal de Expansão, a taxa de crescimento da demanda já não foi tão otimista. O percentual máximo de crescimento admitido foi de 5,5%/ano, com um percentual de crescimento médio girando em torno de 4,7%/ano, aproximadamente. Ora, este valor equivale à taxa média de crescimento verificada na estagnada década de 90. Assim, caso a evolução da economia atinja os valores previstos pelas autoridades econômicas, o crescimento da demanda atingirá, certamente, níveis mais elevados.

O gráfico 3 traz a previsão de demanda de energia elétrica, segundo o Plano Decenal da Eletrobrás 2000/2009 e, as previsões das taxas de crescimento do Produto Interno Bruto -PIB.

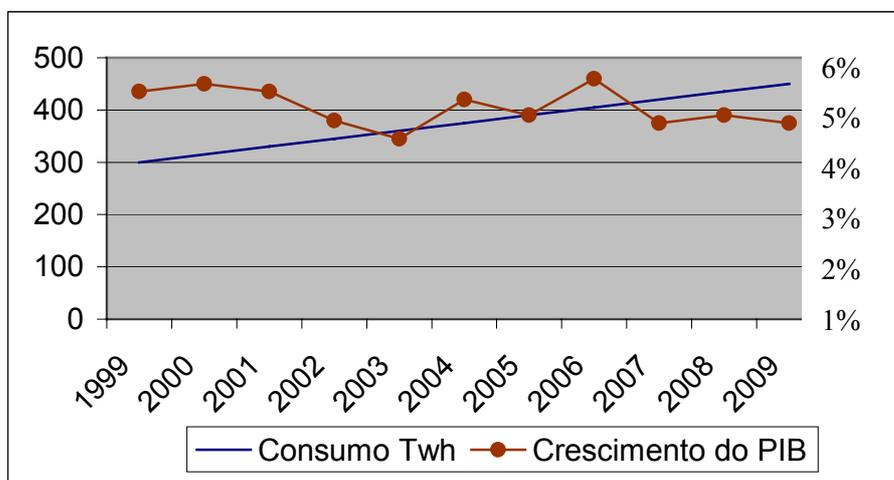


Gráfico 3 - Previsão de consumo anual x taxa de crescimento do PIB

Eletrobrás (2000/2009).

O próprio Plano Decenal indica custos de déficit da ordem de *US\$ 500/MWh*. Um déficit de oferta de *1000 MW*, ao longo de apenas seis meses, ou de cerca de *4000 GWh*, custaria então ao país *US\$ 2 bilhões*, enquanto o investimento requerido para implantar uma usina a gás, da mesma potência (*1000MW*), seria da ordem de *US\$ 800 milhões*, segundo os defensores dessa opção energética.

- Expansão do Consumo e da Capacidade Instalada de Energia Elétrica (Brasil 1980-2000)

As razões para o descompasso entre o aumento do consumo e a capacidade instalada, tabela 1, foram diversas. O enquadramento do Brasil às normas de trato orçamentário previstas nos sucessivos acordos firmados com o Fundo Monetário Internacional –FMI, especialmente desde o final dos anos 80, é uma das explicações fundamentais. Pelas normas do FMI, o dispêndio público é tratado de maneira uniforme, seja ele gasto ou investimento, financiado com recursos do orçamento ou com lucros das empresas. Assim, mesmo quando as empresas públicas têm resultados positivos e podem investir com recursos próprios, são impedidas de fazê-lo, em função das diretrizes acordadas para os

gastos e metas de déficit público. As restrições a que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social -BNDES, principal agência de financiamento ao desenvolvimento do país, financie empresas públicas agravam ainda mais o problema, uma vez que as principais empresas de energia do país são estatais - as empresas do Grupo Eletrobrás (energia elétrica e nuclear) e a Petrobrás (petróleo e gás).

Tabela 1 - Crescimento do consumo de energia elétrica x capacidade instalada (1980-2000).

Ano base: 1980 = 100%

Anos	Consumo (%)	Capacidade Instalada (%)
1980	100,00	100,00
1981	102,65	112,94
1982	108,68	119,23
1983	116,25	120,62
1984	129,17	126,04
1985	142,16	134,38
1986	153,66	136,88
1987	158,17	146,61
1988	166,98	153,68
1989	174,55	162,01
1990	177,87	164,81
1991	185,77	168,19
1992	189,24	171,38
1993	196,77	174,73
1994	204,14	179,28
1995	215,83	183,51
1996	225,35	189,45
1997	239,28	195,96
1998	248,99	203,14
1999	252,86	211,89
2000	265,50	222,61

Fonte: Instituto Ilumina, em <http://www.ilumina.org.br/de95a2000.html>.

Elaboração: DIEESE

A condução do processo de privatização do setor de geração de energia também contribuiu para a insuficiência dos investimentos. Em primeiro lugar, porque o processo privilegiou a compra dos ativos já existentes pelos novos agentes privados que entraram no setor energético nacional. Foram concedidos generosos incentivos públicos (via BNDES ou créditos fiscais), para a compra das unidades de produção de eletricidade instaladas, ao contrário, de se privilegiar a expansão da capacidade, ou seja, os investimentos em novas unidades produtoras de energia. Além disso, o novo marco regulatório que foi sendo

implantado no setor, com o processo de privatização, ajudou a criar um ambiente de incertezas que não incentivavam novos investimentos.

Em todo caso, mesmo solucionado o problema do marco regulatório, a opção pela ampliação do uso da energia termoelétrica embute um componente de aumento das tarifas de energia no médio e longo prazo, já que essa é uma energia mais cara (as estimativas são de um custo de US\$ 40/MWh da energia termoelétrica a gás, contra algo como US\$ 23/MWh pela atual energia hidroelétrica), SAVER, L. I. (2001).

1.3- Histórico da Crise Energética no Brasil

Por muitos anos, o Brasil conviveu com a impressão de que suas fontes energéticas hidrológicas eram inesgotáveis. De fato, teoricamente seria ainda possível dobrar, em alguns anos, o número de hidrelétricas instaladas no país sem provocar danos intoleráveis ao meio ambiente.

A população brasileira mais que triplicou nos últimos 40 anos invertendo, paralelamente, a sua condição predominantemente agrária e rural para urbana e industrial, hoje na proporção de 20% e 80%, respectivamente. A demanda por energia elétrica, cresceu naturalmente, de forma exponencial, sendo atendida por meio de pesados investimentos que resultaram, entre outras, na Hidrelétrica de Itaipu, ainda a maior usina do planeta.

Em meados dos anos 90, contudo, o sistema hidroelétrico instalado começou a dar sinais de esgotamento. Os excedentes de água que davam garantia de abastecimento para os cinco anos seguintes passaram a ser consumidos prematuramente, sem a compensação proporcional que deveria ser assegurada pelos períodos chuvosos. Com o atraso na construção de novas usinas hidrelétricas, a quantidade de água acumulada começou a diminuir pelo uso intensivo dos excedentes existentes.

Em 1995, o Brasil alcançou a estabilização de sua moeda e o fim da galopante inflação que castigou a economia e a população nas mais de duas décadas anteriores. O saldo deixado pelo regime inflacionário, no entanto, foi perverso, resultando na incapacidade física do Estado de realizar os elevadíssimos investimentos necessários a uma atualização do parque energético nacional. Ainda assim, das 23 hidrelétricas cujas obras encontravam-se paralisadas em 1995, 15 foram concluídas até 2000, com acréscimo de cerca de 16.000 MW ao total da capacidade gerada e a instalação de mais de 7.000 km de linhas de transmissão. De 1996 a 2000, houve aumento anual médio da oferta de energia no país de 2.900 MW/ano, em contrapartida ao valor de menos da metade disso, entre 1986 a 1995.

Paralelamente, abriu-se o mercado energético à iniciativa privada, para que investimentos complementares viessem a assegurar o atendimento de uma demanda em constante crescimento - inclusive em função dos milhões de consumidores incorporados ao mercado, a partir do Plano Real. Os desequilíbrios provocados por sucessivas crises internacionais (russa, mexicana, asiática, argentina), no entanto, frustraram esta expectativa, provocando um recuo temporário dos investimentos internacionais.

Finalmente, em 2001, o Brasil foi submetido a um dos piores regimes pluviométricos das últimas décadas, resultando, com a soma de todos os fatores mencionados, no problema generalizado enfrentado por toda a população brasileira, naquele ano.

Previa-se, ao final de dezembro de 2000, que as perspectivas de atendimento para o ano de 2001 eram positivas, uma vez que as influências verificadas ao longo do ano 2000 situaram-se em torno da média histórica nas principais bacias do país. Além do mais, os reservatórios se encontravam mais cheios que no final de 1999.

As chuvas do início de abril de 2001, no entanto, concentraram-se no sul, até São Paulo, com o deslocamento das frentes frias para o oceano. Disso resultaram escassas precipitações em Minas Gerais e Leste de Goiás, áreas onde estão situados os grandes reservatórios do Sudeste e Centro-Oeste e as nascentes dos rios São Francisco e Tocantins, onde se situam as usinas que atendem ao Norte e ao Nordeste.

Nos meses de março e abril houve um agravamento acentuado da situação. O armazenamento verificado no final do período úmido, em relação ao nível mínimo de segurança (que era de 49% nas regiões Sudeste e Centro-Oeste e de 50% na região Nordeste), configurou um quadro crítico para o atendimento à carga no restante do ano.

O governo levou anos até acordar para o risco da crise de energia, mas o Ministério de Minas e Energia –MME, percebeu a gravidade do problema e dois meses depois, anunciava o corte e as sobretaxas sobre a energia do país.

Numa reunião no dia 20 de março 2001, com a diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL, e com a Presidência do Operador Nacional do Sistema Elétrico -ONS, o Ministério soube da crise que se avizinhava e foi informado, assim como a Presidência da República, que se não chovesse haveria um colapso no fornecimento de energia nas regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste. Naquele primeiro momento, ainda em março de 2001, falavam de cortes de 5% a 10%, no máximo, nunca nos 20% finalmente estabelecidos. O dia 30 de abril de 2001 chegou, afirmando as piores previsões. Os níveis das barragens considerados seguros, entre 49% e 50%, estavam no sinal vermelho de 32,18% a 33,13%.

1.4- Soluções Para o Setor Elétrico

Apesar das soluções para o setor elétrico se dividirem no tempo em: curto, médio e longo prazos, a decisão pela implementação dessas soluções deve ser tomada imediatamente.

As soluções de curto e médio prazo, à exceção da conservação de energia, são soluções emergenciais e, como tais, custam mais caro para a sociedade. As soluções de longo prazo dependem dos rumos políticos e econômicos que o Governo dará ao setor.

- Soluções de Curto Prazo

a) Conservação de Energia

A conservação de energia é uma questão permanente. No curto prazo, torna-se premente o reforço do Programa de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, instituído em dezembro de 1985 e implantado em 1986. Ele é um programa do Governo Federal voltado para o combate ao desperdício de energia elétrica. Ele é coordenado pelo MME. Seu principal objetivo é o de combater o desperdício de energia elétrica nos consumidores e nas concessionárias, ajudando na qualidade de produtos e serviços, reduzindo o impacto ambiental e fomentando a criação de empregos.

Há um enorme potencial de redução de desperdícios, tanto no nível de geração e transmissão de energia elétrica, como na esfera do usuário final. Neste último caso, é indispensável a conscientização da população da importância do uso racional da energia.

Várias medidas de conservação de energia foram incentivadas pelo PROCEL junto aos consumidores residenciais, comerciais e industriais, além dos segmentos de consumo, ligados aos poderes municipais, estaduais e federal.

b) Geração Térmica

Com a maior oferta do gás natural, o mercado já vem estudando a possibilidade de sua utilização intensiva na geração de energia elétrica, sendo que as usinas térmicas poderão ser localizadas próximas aos consumidores,

evitando-se, em parte, a construção e ampliação de um oneroso sistema de transmissão.

A grande vantagem dessa alternativa é o prazo de maturação dos projetos (menos de um ano). Alguns problemas, porém, ainda entram o desenvolvimento desses projetos, como a garantia dos preços do gás importado, o custo da estocagem da energia de *backup* (*reserva de segurança*), o descasamento entre os mecanismos de reajustes entre o preço da energia gerada e o preço do gás.

Como possível solução, para o uso intensivo da geração térmica, são indicadas:

- a extensão dos incentivos do programa de termoelétricas para os projetos de cogeração;
- a indexação do preço do gás e da energia gerada a um contrato futuro de gás e energia;
- a verificação dos mecanismos de funcionamento e contratação de energia de *backup* em outros países.

c) A Questão do Racionamento

Com os índices de risco já assumidos pelos condutores da reforma do setor elétrico, é bem possível que se adote alguma forma de racionamento preventivo num futuro não muito distante, depois do início do ano de 2004. Essa medida poderá vir sob os nomes mais pomposos de “Redução Voluntária de Demanda ou Gerenciamento da Demanda”.

É interessante examinar o que ocorre com empresas privadas de serviço público nos Estados Unidos, quando há uma queda na confiabilidade. Recentemente, em palestra na USP, o economista Gregory Palast, ex-funcionário de uma agência reguladora americana, relatou o que ocorreu com a empresa de gás em Chicago: ao investigar as condições de fornecimento na cidade e

constatar perda de pressão decorrente de vazamento em velhas tubulações, a punição foi coerente e exemplar. Abaixou-se a tarifa dos consumidores afetados, até que fossem substituídas as tubulações e se restaurasse a confiabilidade do sistema. Menor confiabilidade, preços menores. Esse é um dos princípios básicos para proteger o consumidor.

Caso o racionamento seja adotado, essa é uma oportunidade para introduzir esse princípio. Não é justo que o consumidor pague o mesmo preço por produtos diferentes. É preciso dar um sinal econômico atrelado à confiabilidade que faça os investidores entenderem que, para recuperar seus lucros e sua margem, é preciso investir. Energia racionada deve custar mais barato!

- Soluções de Médio Prazo

No médio prazo, o Programa Emergencial de Termoelétricas - PET - é necessário. Apesar de se considerar os altos custos decorrentes desse Programa, eles poderiam ter sido evitados, caso as empresas estatais não tivessem sido impedidas de investir no setor. Seria imprudente advogar contra essa alternativa, pagando-se um alto valor, inclusive com o comprometimento do desenvolvimento econômico do país, se houver falta de energia nos próximos anos.

Fora alguns empreendimentos isolados, muito provavelmente esta alternativa só dará os resultados esperados num horizonte de dois a três anos, tempo este necessário para a implementação das usinas.

Estas termoelétricas seriam viabilizadas graças a uma intervenção maciça do Estado, como por exemplo, o "mix" feito do preço do gás nacional e internacional, de forma a baratear o preço do gás para as usinas. Ou, permitindo-se aos empreendedores a escolha da fórmula de reajuste do preço do gás, se anual, com um preço de US\$ 2,475 por milhão de Btu (unidade térmica inglesa equivalente ao trabalho de 1055,6 joules), ou trimestral, com um preço de US\$ 2,26 por milhão de Btu. O Governo também está preparando a mudança da fórmula do valor normativo (custo de referência para cotação entre o preço da

compra e o preço a ser repassado às tarifas de energia elétrica), dando mais liberdade ao empreendedor para a escolha do indexador dos contratos de energia, ANEEL (2000).

Além disso, a Eletrobrás está garantindo a compra de toda a energia gerada (PPA-*"Power Purchasement Agreement"*) das usinas que não encontrarem comprador e o BNDES está fornecendo condições financeiras diferenciadas. Caberá, no entanto, à Petrobrás, o papel de agente empreendedor da maior parte das usinas.

O grande impacto dos custos do PET será sobre o consumidor e/ou contribuinte e, graças à intervenção governamental, a alternativa termoelétrica pode ser viabilizada, dependendo das limitações econômicas do mercado consumidor, quanto à absorção dos custos dos empreendimentos.

- Soluções de Longo Prazo

Além das medidas enumeradas de curto e médio prazo, torna-se fundamental planejar e executar projetos para atender o longo prazo, tais como a construção de hidroelétricas. Para que esses projetos venham a ser executados urge redefinir o papel do planejamento global na expansão do setor.

A adoção de um planejamento apenas indicativo por parte do MME é a causa central da crise. A experiência brasileira da expansão mostra que, em função da interdependência das usinas hidroelétricas, existe uma ordem de mérito para a escolha da "melhor usina" a ser acrescida ao sistema, com reflexos evidentes no preço da energia. O planejamento indicativo abandonou completamente essa vantagem que o sistema brasileiro sempre apresentou em épocas passadas, ANEEL (2000).

1.5- Conservação e Uso Racional da Energia Elétrica

Conservar energia é, do ponto de vista estratégico, uma atitude fundamental para o país. Além de otimizar custos e investimentos, ela contribui para a diminuição de impactos ambientais, evitando-se a construção de sucessivas usinas hidroelétricas, térmicas ou não convencionais. O potencial de conservação de energia varia de acordo com o setor consumidor. O setor industrial possui o maior potencial de conservação, devido aos diferentes usos finais da energia poderem estar mal dimensionados (motores e acionamentos elétricos, aquecimento, iluminação excessiva ou deficiente etc.).

Conforme a ABILUX (1996) – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação - o Brasil teria uma redução de cerca de 12 milhões de quilowatts, na capacidade instalada, o equivalente à potência da Usina de Itaipu, se substituísse todas as lâmpadas incandescentes em uso por fluorescentes compactas e equipasse a rede de iluminação pública com lâmpadas de vapor de sódio.

Segundo PEREIRA, A. C. (1998) – a eletricidade atende mais de 85% das residências brasileiras, representando cerca de 40% do consumo total de energia do país. Esta porcentagem significativa mostra que a energia elétrica deve ser utilizada de forma racional, porque a geração não é o caminho mais rápido para solucionar o problema da demanda. Já que o problema de desperdício de energia elétrica tem suas causas principais na ineficiência de processos, instalações e equipamentos e, no seu uso irracional, faz-se necessária a conscientização do consumidor sobre o desperdício e sobre a existência de tecnologias eficientes.

O emprego de padrões arquitetônicos adequados na especificação de produtos energeticamente eficientes e projetos racionais possibilitariam reduções de até 60% no consumo energético das edificações residenciais, ABILUX (1996).

Admitindo-se que em 2015 todos os 208,5 milhões de brasileiros terão teto, haveria naquele ano 52.788.000 domicílios. Se todos esses domicílios estiverem ligados à rede, o consumo residencial seria de 159.000 GWh, sem a introdução

de tecnologias mais eficientes, ou 101.000 GWh, com a sua introdução. Isto sem afetar a qualidade de vida do consumidor, CARVALHO e JANUZZI (1994).

A tabela 2 apresenta os diversos componentes setoriais do consumo de energia elétrica, no ano 2015. Percebe-se que haveria uma economia de aproximadamente 100.489.364 MWh (cerca de 25%), se fossem executados programas de conservação de energia.

*Tabela 2 - Perfil setorial do consumo de energia elétrica no ano 2015
CARVALHO e JANUZZI (1994).*

Setor	Consumo - GWh	
	Sem/Conservação	Com/Conservação
Residencial	159.000	101.000
Comercial+Terciário	61.300	50.800
Industrial	261.223	244.260
Rural	12.000	8.000
Iluminação Pública	11.878	10.800
Poderes Públicos	8.450	6.760
Serviços Públicos	33.958	28.200
Consumo Próprio	12.600	10.100
Total	560.409	459.920

Os programas de conservação de energia são fundamentais no combate ao seu desperdício e na conscientização do seu uso racional, segundo o PROCEL (2000). Além da economia no consumo, o combate ao desperdício de energia elétrica traz outras vantagens:

- Consciência contra o desperdício;
- Redução de custos para o setor elétrico, para os consumidores e para o país;
- Postergação ou redução dos investimentos na expansão do sistema;
- Aumento da produtividade e da competitividade (industrial e mercadológica);
- Maior garantia e melhores condições de atendimento ao mercado consumidor;
- Redução do impacto ambiental causado pelas instalações de geração, transmissão e distribuição de energia.

1.6- Readequação (*retrofit*): O conceito

Retrofit é uma palavra inglesa que significa readequação ou reajustamento. O termo é utilizado para definir qualquer tipo de reforma, sendo especificamente utilizado por engenheiros, arquitetos e pesquisadores envolvidos com eficiência energética em edificações, para definir alterações ou reformas em sistemas consumidores de energia. O *retrofit* constitui um potencial de economia de energia, devido, principalmente aos avanços tecnológicos dos sistemas de iluminação e ar condicionado e da automação dos equipamentos.

A readequação tecnológica de equipamentos como: luminárias, lâmpadas, reatores e equipamentos de ar condicionado de maior eficiência e, até mesmo, outras modificações, através da incorporação de sistemas de automação predial, se constituem em melhoria do desempenho energético dos edifícios, visando à economia de energia, sem causar o descontentamento dos usuários.

1.7- Eficiência Energética em Edificações

Cerca de 45% do total de energia elétrica consumida no Brasil corresponde às edificações, LAMBERTS, R. (1999). O setor residencial é responsável por quase 50% desse consumo e os setores comercial e público juntos, pela outra metade. Esta porcentagem significativa mostra que existe um grande potencial de conservação de energia em edificações. Melhorar a eficiência em edificações, novas ou existentes, é uma forma de contribuir para a redução da demanda e do consumo.

Além de outros usos finais de energia nos edifícios comerciais e públicos, a iluminação e o ar condicionado estão presentes em todos e, juntos, PRADO (1996), têm uma participação no consumo que ultrapassa facilmente 50% do total, podendo atingir 90%. A redução do consumo, substituindo um sistema com lâmpadas T12 de 40W, luminária de refletor branco sem aletas e reator eletromagnético, por outro utilizando lâmpadas T8 e 32W, luminária com refletor

de alumínio polido sem aletas e reator eletrônico, varia, em torno de 60%, LAMBERTS (1999).

No Brasil, o *retrofit* tem sido aplicado praticamente a sistemas de iluminação. Em sistemas já existentes, os *retrofits* podem ser economicamente vantajosos, pela substituição de equipamentos ineficientes e pelo controle de iluminação artificial, através do uso da iluminação natural ou de sensores de presença. A automação predial, com o objetivo específico de conservação de energia, está se estendendo, também, aos sistemas de ar condicionado, nos quais são requeridos estudos detalhados sobre o período de retorno de investimento. Portanto, antes do projeto de automação, é necessário um diagnóstico energético da edificação e análises de retorno dos investimentos aplicados na implantação de novas tecnologias.

Quando os projetos modernos de iluminação e de condicionamento ambiental são integrados, o potencial para a economia de energia aumenta, reduzindo a demanda energética do edifício e os custos inerentes ao gerenciamento e operação.

O potencial de conservação de energia em edifícios já existentes é inferior ao potencial de energia a ser conservada em edifícios que ainda se encontram nas etapas preliminares de projeto. Um edifício mal projetado pode trazer desperdícios energéticos, mesmo com a implantação de tecnologias eficientes.

Conservar energia consiste basicamente na utilização de equipamentos eficientes e na redução, quando possível, do tempo de utilização da potência instalada. O aproveitamento adequado da iluminação natural reduz o tempo de uso da iluminação artificial e da potência consumida pelo ar condicionado, o controle sendo feito através de dispositivos (sensores de presença, relés temporizados e outros) para otimizar o uso da iluminação.

Nos Estados Unidos, após a aplicação do *retrofit* na edificação, é proposto um acompanhamento dos resultados, AGUIAR *et ali* (1998). Há possibilidades de ganho de 15% em relação à economia prevista com base em diagnósticos energéticos convencionais. A metodologia é conhecida como comissionamento contínuo (*continuous commissioning*) das edificações. O gráfico 4, apresenta os resultados do programa da Texas A & M University, em prédios do seu campus universitário, mostrando que há uma redução do consumo após o comissionamento contínuo na maioria dos casos.

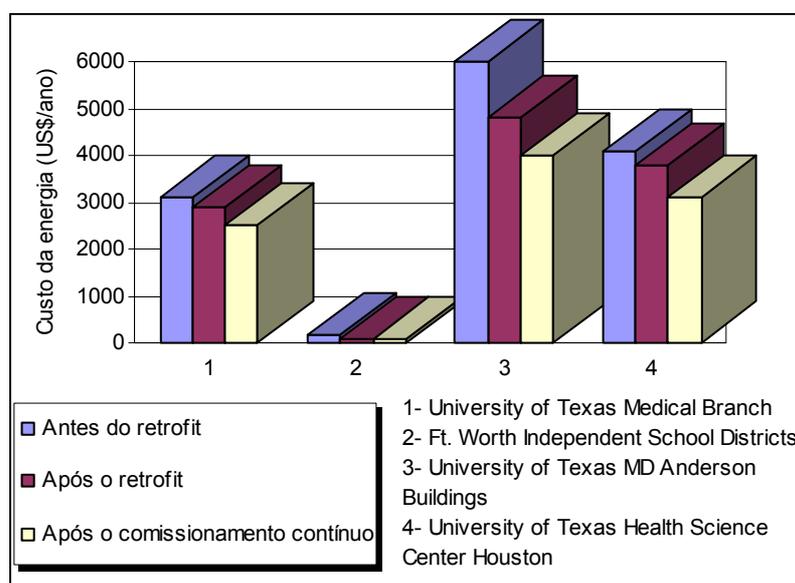


Gráfico 4 - Redução dos custos energéticos em prédios da Texas A & M University AGUIAR *et ali* (1998).

No Brasil, os empreendimentos bem sucedidos normalmente fazem uso de gerenciadores para redução do consumo de energia. As informações geradas pelos sistemas de supervisão são acompanhadas pelos responsáveis pela manutenção do prédio ou pela gerência energética, quando houver. O comissionamento contínuo é diretamente relacionado aos dados históricos gerados pelo sistema de supervisão, muito úteis na simulação de edificações atuais e futuras.

1.8- Objetivos Gerais e Específicos

O cenário energético do Brasil (1980-2000) mostrou recentemente (tabela 1) que a capacidade de fornecimento de energia elétrica cresceu menos que a demanda. Isto é válido, também, para os próximos anos. Enquanto o aumento da oferta requer grandes investimentos, como a expansão das usinas hidrelétricas que afetam diretamente o meio ambiente, devido à implantação de barragens (inundação de grandes áreas), o crescimento do consumo não é controlado por nenhum mecanismo legal.

As possibilidades de conservação de energia, para algumas edificações comerciais, de serviços, ou de instituições públicas são elevadas, porque estes estabelecimentos chegam a ter 35% a 40% de seu consumo total de energia elétrica destinado ao condicionamento ambiental.

O principal objetivo deste trabalho é abordar as possibilidades de readequação, *retrofit*, do sistema de ar condicionado em ambientes comerciais e instalações públicas. É procurada maior eficiência energética e adequação às normas de condicionamento ambiental, para obter-se os melhores desempenhos de conforto, com economia de energia.

- Objetivos Específicos

Todo o processo de conservação e uso racional da energia elétrica começa desde o projeto civil e arquitetônico, onde devem ser avaliadas as condições de aproveitamento da iluminação natural, sem aumentar significativamente a carga térmica do ambiente, a aplicação de novas tecnologias e o uso de sistemas de controle e gerenciamento.

Para atingir os objetivos simultâneos de conforto ambiental e eficiência energética para o uso final - condicionamento ambiental - pretende-se:

- Desenvolver e consolidar uma metodologia de avaliação do potencial de conservação de energia elétrica, do uso final, condicionamento ambiental, em edificações;
 - Apresentar novas tecnologias aplicáveis ao setor;
 - Propor, de acordo com as Normas e Recomendações relacionadas com o conforto ambiental, rotinas de avaliação de situações presentes (medições de temperatura, umidade, pureza do ar) e alternativas de readequação (*retrofit*).
-

CAPÍTULO 2

RACIONAMENTO E RACIONALIZAÇÃO

2.1- Introdução

O conceito e os princípios da conservação de energia elétrica são bem conhecidos. Até mesmo programas de incentivo à conservação, tais como o Procel, foram implantados nas escolas públicas para que as crianças aprendessem sobre as formas eficientes de utilização da energia elétrica. No entanto, esses mesmos conceitos e princípios de conservação de energia elétrica nunca foram aceitos como uma alternativa real e como instrumento de planejamento a ser levado a sério. Se o fossem, certamente medidas mais contundentes teriam começado em 1998, quando já estavam patentes os riscos de desabastecimento.

Apenas o exame dos gráficos, sobre a evolução dos níveis médios dos reservatórios da região Sudeste nos últimos dez anos, comprova que uma estratégia para evitar o risco de "apagões" seria a implantação de programas para racionalização do consumo já em 1995 ou 1996, quando claramente os reservatórios começaram a perder sua função de "reserva de água para as incertezas".

A imposição do racionamento no consumo acabou sendo improvisada e feita em condições de emergência. Os consumidores não teriam sentido tanto o racionamento e, o Governo teria evitado seu desgaste político se ele tivesse optado por um trabalho sistemático para a redução dos riscos de falta energia.

A crise de energia elétrica do ano 2001 serviu para mostrar que existiria um espaço importante para os consumidores reduzirem o consumo sem abrir mão do conforto a que estão acostumados. Afinal, provou-se que os consumidores, de

certa forma, esbanjavam energia elétrica. O racionamento levou os consumidores, compulsoriamente, a diminuírem o consumo, muitas vezes de maneira drástica e sem critérios.

Uma vez normalizada a situação, o mercado brasileiro teria sofrido uma redução do consumo entre 5 e 10%, durante a crise. Isto significa que aproximadamente dois anos de aumento da demanda poderiam acabar sendo atendidos pelo "não consumo". As distribuidoras de energia, por sua vez, reclamaram da queda das receitas e exigiram a reposição das perdas geradas pelo racionamento surpresa. Normalizado o mercado, poderiam até incentivar o consumo para recuperar parte do faturamento.

A dúvida está no comportamento das autoridades do setor elétrico de agora em diante. É sabido que o Governo Federal apenas determinou o uso racionado da energia por absoluta falta de opção, em julho de 2001, quando foi obrigado a admitir a crise energética no país. No entanto, a semente da racionalização e a busca da eficiência energética foram plantadas e serão agora fertilizadas pelos preços crescentes das tarifas de energia provocados pelo fim dos subsídios, CHRISTO, E. (2001).

2.2- Algumas Considerações Sobre o Racionamento

A distribuição do consumo de eletricidade não é uniforme por habitante nem por valor agregado em cada setor. Uma política racional de restrição no uso de energia elétrica deve atingir o mínimo de pessoas e causar o menor impacto na produção, nas contas do Governo e na balança comercial.

O racionamento e uma campanha de racionalização do uso da eletricidade devem ser orientados para os setores onde a redução do consumo ofereça menor impacto social e econômico. Os cortes lineares ou, pior ainda, a interrupção do abastecimento significam a renúncia a qualquer critério e a falência da coordenação na área.

O racionamento seletivo na indústria e em outros setores da economia foi a maneira de minimizar os efeitos negativos sobre o PIB, a arrecadação e o desemprego. Quando essa restrição se fez às exportações, assegurou-se que não existiria o efeito interno em cascata, causado pela interdependência dos setores. Isto foi válido, sobretudo, para produtos primários e semimanufaturados, onde a cadeia anterior ao produto final é curta. A importação de materiais eletrointensivos, em substituição aos produzidos para consumo interno, também seria uma maneira inteligente de importar energia elétrica, ANEEL (2000).

- Valor Agregado ao PIB e Energia Elétrica Consumida do Setor

A tabela 3, a seguir, mostra o valor agregado ao PIB por Setor Econômico, comparado ao consumo de Energia Elétrica no Setor, ANEEL (2000).

Tabela 3 - Consumo, PIB por setor, 1999.

Setor	Bilhões de kWh/ano	kWh/US\$
RESIDENCIAL	81,3	-----
SERVIÇOS	72,5	0,21
COMERCIO E OUTROS	71,3	0,22
TRANSPORTE	1,2	0,06
INDÚSTRIA	138,5	0,73
AGROPECUÁRIA	12,4	0,27
ENERGÉTICOS	10,0	0,69

Obs: Os energéticos compreendem os setores petrolífero, álcool, gás natural, etc.

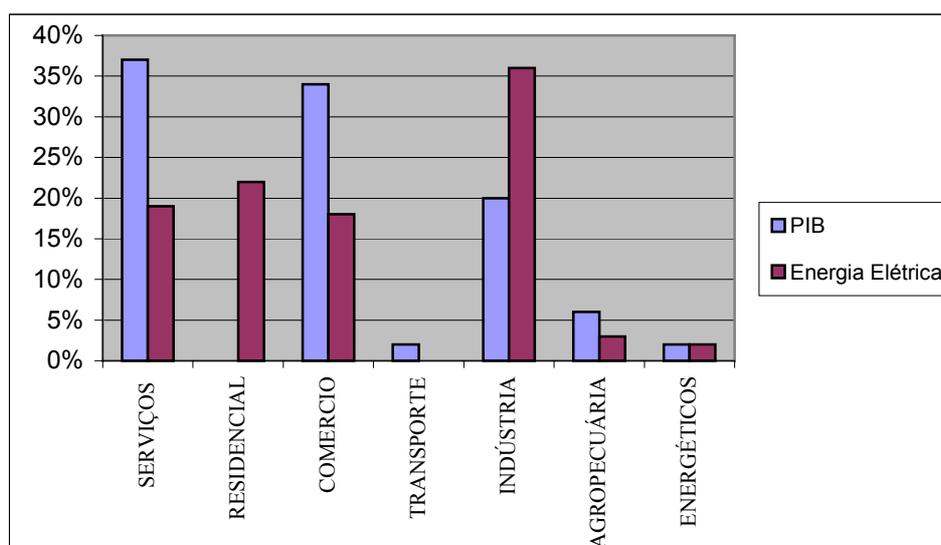


Gráfico 5 - Consumo de energia e valor agregado ao PIB nos diversos setores.

De um modo geral, gasta-se 0,52 kWh, valor médio, para se gerar um dólar na economia brasileira. Para gerar um dólar no setor industrial ou “energéticos” gasta-se mais de três vezes energia que no setor serviços e, quase três vezes mais que no agropecuário.

- Valor Agregado por kWh no Setor Industrial

No setor industrial, a distribuição não é uniforme já que existem setores mais intensivos no uso da energia elétrica. A tabela 4 mostra, para 1998, a distribuição dos valores agregados por ramo industrial e a razão kWh de energia elétrica por valor agregado, PROCOBRE (2000).

Tabela 4 - Energia elétrica na indústria, valor agregado e intensidade de uso (2000).

Setores industriais	Consumo de Energia Elétrica	Intensidade do Consumo da Eletricidade
	Bilhões de kWh/ano	kWh/US\$
EXTRATIVA MINERAL	7,2	3,15
NAO-METÁLICOS	7,2	0,88
METALURGIA	47,0	2,47
FERRO GUSA E AÇO	13,9	2,33
FERROLIGAS	5,3	10,25
NÃO FERROSOS/ OUTROS	27,7	2,22
QUÍMICA	15,9	0,89
ALIMENTOS E BEBIDAS	15,1	0,68
TÊXTIL	6,1	0,60
PAPEL E PAPELÃO	10,9	1,64
ENERGÉTICOS	9,6	0,67
TOTAL DO SETOR INDUSTRIAL	165,9	0,74

Os primeiros cortes programados no Setor Produtivo atingiram diretamente alguns serviços. Suprimir uma festa junina no Nordeste parece uma medida óbvia do ponto de vista de que é uma atividade supérflua. No entanto, o impacto na região pode não ser a melhor opção econômica e social para economizar energia elétrica.

2.3- Racionalização do Consumo de Energia

A necessidade de se implementar programas de conservação de energia e uso racional de energia elétrica é de vital importância, visto que o insumo eletricidade vem apresentando taxas anuais de crescimento significativas no consumo, bem como um aumento considerável nas despesas das diversas classes de consumidores.

Considerando os elevados investimentos que o setor elétrico necessita para atender a demanda, toda e qualquer ação que resulte na diminuição de investimentos no setor elétrico, sem comprometimento da sua confiabilidade e, na redução dos custos para os consumidores, deve ser incentivada.

Os programas de conservação de energia elétrica apresentam grande atratividade, já que o investimento necessário para a economia de cada kW, atingido pelo programa, situa-se no máximo em 30% do capital necessário para se implementar o mesmo kW através de sistemas de geração, transmissão e distribuição, com custo estimado em US\$ 2.500/kW. Portanto, a racionalização no uso da energia elétrica, evitando-se o desperdício, pode criar perspectivas de se compensar as taxas de crescimento da demanda de energia elétrica, a curto, médio e longos prazos, postergando a necessidade de investimento nas atividades de geração, transmissão e distribuição e, conseqüente redução na alocação de recursos externos, A ENERGIA (2001).

A conservação de energia elétrica vem recebendo outros incentivos muito significativos:

- O problema da escassez da energia no país.
- A operação do sistema elétrico ocorre próximo ao seu limite e acredita-se na possibilidade de faltar energia no país nos próximos anos.

Com base nos aspectos citados anteriormente, compreende-se que economizar energia elétrica, evitando-se o seu desperdício e racionalizando o seu uso, tornou-se uma necessidade imperiosa, atualmente e nos próximos anos.

CAPÍTULO 3

CONFORTO AMBIENTAL

3.1- Introdução

O homem é um animal homeotérmico. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Esta temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos – entre 36,1°C e 37,2°C - sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para a sobrevivência.

O organismo dos homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica. A energia produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, introduzida no organismo sob a forma de alimentos, com o oxigênio, extraído do ar pela respiração.

Esse processo de produção de energia interna, a partir de elementos combustíveis orgânicos, é denominado metabolismo.

O organismo, através do metabolismo, adquire energia. Cerca de 20% dessa energia pode ser transformada em trabalho. Então, termodinamicamente falando, a máquina humana tem um rendimento muito baixo. A parcela restante, quase cerca de 80%, se transforma em calor, a ser dissipado para que o organismo seja mantido em equilíbrio.

A manutenção da temperatura interna do organismo do ser humano, em um nível relativamente constante, em ambientes cujas condições termohigrométricas são as mais variadas e variáveis, se faz por intermédio de seu aparelho termo regulador, que comanda a redução dos ganhos ou aumento das perdas de calor, através de alguns mecanismos de controle.

A termo-regulação, apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de potencialidade para o trabalho.

O organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade.

As condições de conforto térmico são função, portanto, de uma série de variáveis. Para avaliar tais condições, o indivíduo deve estar apropriadamente vestido e sem problemas de saúde e de aclimatação. As condições ambientais, capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido, não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado ou frio.

Os primeiros estudos acerca da influência das condições termo-higrométricas sobre o rendimento no trabalho foram desenvolvidas pela Comissão Americana de Ventilação. Em 1916, essa comissão efetuou estudos e pesquisas com o objetivo de determinar a influência das condições termo-higrométricas no rendimento do trabalho, visando, principalmente o trabalho físico do operário, os interesses de produção surgidos com a revolução industrial e as situações especiais de guerra, quando as tropas eram deslocadas para regiões de diferentes tipos de clima.

- para o trabalho físico, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C diminui o rendimento em 15%;
 - a 30°C de temperatura ambiente, com umidade relativa de 80%, o rendimento cai cerca de 28%. Longas observações, acerca do rendimento do trabalho em minas, na Inglaterra, mostraram o seguinte: o mineiro rende 41% menos quando a temperatura efetiva (índice de avaliação de conforto térmico sobre o corpo humano, considerando o efeito combinado da temperatura, umidade e
-

movimentação do ar, sobre a fisiologia humana) é de 27°C, em relação à temperatura efetiva de 19°C.

Foram também observadas variações de produção em indústrias, segundo a mudança das estações do ano, havendo, ainda, estudos que correlacionam ambientes termicamente desconfortáveis com índices elevados de acidentes no trabalho, ROMERO, M. A. (2000).

3.2- Reflexos do Conforto Ambiental no Racionamento de Energia Elétrica

Os sistemas de condicionamento ambiental representam um importante item nos custos de implantação e operacionais, principalmente em estabelecimentos comerciais e de serviços. Estes custos se devem, principalmente, à necessidade da realização de investimentos iniciais consideráveis, consumo de energia e manutenção requerida pelas instalações.

Observando-se somente o consumo de energia elétrica, o condicionamento ambiental participa no consumo total, no setor comercial, da seguinte forma:

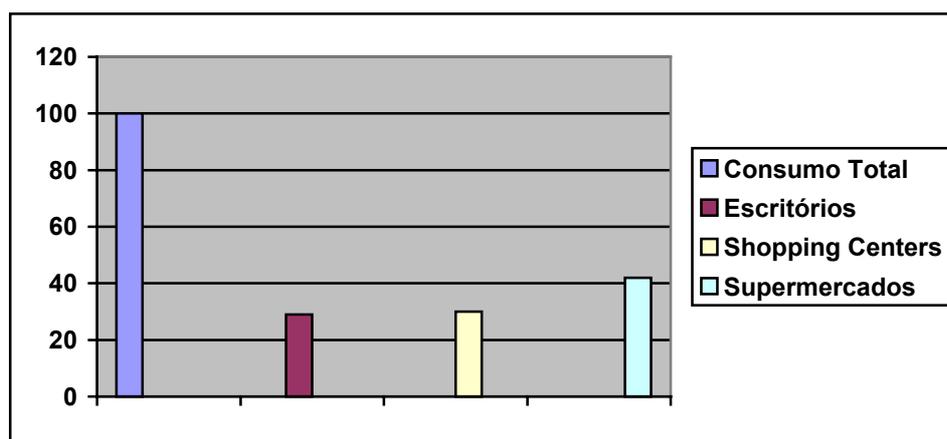


Gráfico 6 - Porcentagem do consumo da energia elétrica, com o condicionamento ambiental, em alguns segmentos.

OBS: Os supermercados incluem frio alimentar.

- Participação do Condicionamento Ambiental no Consumo Total de Eletricidade (%)

O condicionamento ambiental consiste no controle simultâneo de temperatura, umidade, movimentação e pureza do ar em recintos fechados, visando proporcionar sensação de conforto e bem estar às pessoas, ou na climatização de ambientes cujas atividades requerem controle rígido de uma ou mais características do ar (determinados ramos de indústrias, hospitais, centros de computação, etc), AKUTSU, M. (1994).

A utilização de sistemas com ventilação forçada ou de climatização natural dependem de vários fatores, definidos pela localização do estabelecimento, clima local e padrão arquitetônico da edificação. Não sendo possível eliminar a climatização artificial do ambiente, é necessário se proceder a uma adequada seleção e dimensionamento do sistema, a fim de propiciar uma utilização racional dos recursos colocados à disposição.

Dentre os tipos de sistemas disponíveis, destacam-se:

- Aparelhos de Janela - Os aparelhos de janela são unidades utilizadas em ambientes de pequenas dimensões funcionando, normalmente, para a refrigeração do ambiente no verão.

Na maioria dos empreendimentos, os aparelhos condicionam o ar pelo sistema de expansão direta, ou seja, a troca de calor é feita pelo condensador. Existem diversos modelos, sendo que o mais tradicional é o ACJ (ar condicionado de janela), um termo que surgiu na indústria do setor quando, nos prédios, não existiam caixilhos de concreto. O vidro e a esquadria eram recortados e se fazia uma adaptação.

O ar condicionado não cria o frio. Tendo como exemplo o ACJ, observa-se que o evaporador (parte exposta no ambiente interno) absorve o calor que passa pelo compressor esfriando o ambiente. O calor é dissipado pelo condensador

(parte exposta no exterior). No circuito, há um gás canalizado (fluido refrigerante) que transporta esse calor. Nos aparelhos antigos esses gases são à base de cloro. Ocorrendo um vazamento, podem prejudicar a camada de ozônio da atmosfera (efeito estufa). Num eventual *retrofit* podem ser substituídos por outros gases que não causam esse problema e que têm melhor rendimento de refrigeração. A maioria dos aparelhos modernos usa gases refrigerantes ecologicamente corretos, ANEEL (2000).

Com o tempo, a indústria observou que o compressor do ACJ fazia muito barulho e isso ocasionou o aprimoramento do aparelho. Surgiu o tipo *split*, com duas unidades distintas: o evaporador, no ambiente interno e o condensador, instalado na área externa, ventilada. O condensador pode ficar a vários metros de distância do evaporador. O circuito é ligado por dois tubos e, no local do encaixe da tubulação, existe uma válvula de conexão. Portanto, na parede são feitos somente dois pequenos furos. Outro avanço tecnológico ocorreu quando a indústria passou a fornecer mais de um evaporador ligado a um mesmo condensador, reduzindo os custos e o espaço destinado aos aparelhos. Geralmente, esses modelos são identificados, no mercado, como *multisplit*.

Há modelos de *split* que podem ser instalados somente nas paredes (*high wall*) e, outros, no piso e/ou teto. Nesse último caso, existem modelos que são colocados diretamente nos tetos ou embutidos (cassetes), indicados para tetos rebaixados. Além disso, existem aparelhos portáteis e verticais (torres) com dois metros de altura, aproximadamente. Esses são comuns em ambientes maiores, como em *lobbies* de hotéis ou em restaurantes, ANEEL (2000).

- **Sistemas Semi-Centralizados** - são sistemas que funcionam com condensação a ar ou a água (sistemas tipo *self-contained*) e possuem capacidades variando de 3 a 20 T.R. (tonelada de refrigeração, ou seja, quantidade de calor correspondente a 12.000 Btu necessária para derreter uma tonelada de gelo em 24 horas), e podem ser suficientes para atender áreas entre 60 e 400 m². Normalmente, são utilizadas várias unidades para os diversos compartimentos de

uma grande edificação, com diferentes características térmicas, apresentando unidades distintas de arrefecimento, ou seja, troca de calor do ambiente climatizado com o ambiente externo, de um grande sistema de condicionamento ambiental, podendo aquecer o ar no inverno pela reversão do ciclo de refrigeração, através de resistências elétricas, ou com a utilização de água quente ou vapor.

Basicamente, são dois os sistemas de condicionamento semi-centralizados: o ar pode ser resfriado pela água fria, produzida pelo *chiller* (unidade resfriadora de líquidos), ou por gás (sistema de expansão direta). No primeiro caso, é preciso dispor de uma casa de máquinas, onde fica instalado o *chiller*. Geralmente, esse sistema é utilizado em imóveis de médio e grande porte, ABRAVA (2003).

- **Sistemas Centrais** – São as grandes instalações de condicionamento ambiental, que localizam seus equipamentos de arrefecimento, de forma centralizada, sistemas do tipo *self-contained* com condensação a ar ou a água ou mesmo sistemas de condensação que utilizam a água fria como o *chiller*, e são utilizados para servir vários ambientes, simultaneamente, através de trocadores de calor tipo "*fancoil*" – *elementos que ficam fora do fluxo de ar tratado, despejando o calor fora deste fluxo.*

Normalmente neste sistema, o insuflamento de ar condicionado é feito por distintas unidades de evaporação, sendo distribuídas através dos dutos de aeração de ar até os ambientes climatizados, e o sistema de arrefecimento do ar é realizado em um trocador de calor central para ambas as unidades de evaporação.

Os grandes sistemas de condicionamento ambiental, principalmente os semi-centralizados e os centrais, consomem grandes quantidades de energia devido às próprias características dos processos físicos envolvidos, longos períodos de tempo em funcionamento e má utilização dos sistemas. O desenvolvimento de um plano de ação, visando a utilização adequada dos

recursos, deve conter parâmetros dirigidos à aquisição dos equipamentos (através de um adequado pré-dimensionamento do sistema), instalação, manutenção e utilização racional – SCHIFFER, S. R. (1999).

- Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento de um sistema de condicionamento ambiental pode seguir os seguintes passos (dados práticos de projeto):

- Determinação da área em m² do ambiente a ser condicionado;
- Verificação do número médio de pessoas com permanência no ambiente. Caso o número de pessoas no ambiente seja superior a 2 (dois), a carga térmica necessária deverá ser acrescida de 600 Btu/h – 1Watt=1Joule/s=3,413Btu/h - para cada pessoa a mais. Equipamentos que emitem radiação térmica considerável devem ser levados em consideração;
- Determinação da orientação solar e do tipo do ambiente;
- Utilização da tabela 5, como referência, e determinação da carga térmica.

Tabela 5 - Carga térmica em Btu/h

ORIENTAÇÃO SOLAR COM SOMBRA O DIA TODO			
Área m ²	Ambiente sob outro pavimento	Ambiente sob telhado com forro	Ambiente sob laje descoberta
15	6.000	7.000	8.000
20	6.000	8.000	11.000
30	6.000	10.000	14.000
40	7.000	12.000	16.000
60	10.000	16.000	22.000
70	10.000	18.000	23.000
90	12.000	22.000	30.000

Tabela 6 - Carga térmica em Btu/h

ORIENTAÇÃO SOLAR COM O SOL DE MANHÃ			
Área em m ²	Ambiente sob outro pavimento	Ambiente sob telhado com forro	Ambiente sob laje descoberta
15	8.000	10.000	11.000
20	8.000	12.000	14.000
30	8.000	14.000	18.000
40	10.000	14.000	18.000
60	14.000	20.000	30.000
70	14.000	22.000	30.000
90	16.000	30.000	35.000
ORIENTAÇÃO SOLAR COM O SOL À TARDE OU O DIA TODO – CARGA TÉRMICA EM Btu/h			
Área em m ²	Ambiente sob outro pavimento	Ambiente sob telhado com forro	Ambiente sob laje descoberta
15	10.000	12.000	14.000
20	11.000	14.000	14.000
30	12.000	16.000	17.000
40	13.000	17.000	22.000
60	17.000	23.000	30.000
70	18.000	30.000	30.000
90	20.000	30.000	40.000

Após a determinação da carga térmica necessária ao atendimento das necessidades da instalação, verifica-se a potência elétrica média solicitada do sistema elétrico, através da seguinte tabela de referência:

Tabela 7 - Capacidade de refrigeração em Btu/h x kW

Capacidade de Refrigeração Btu/h	Potência Elétrica Média kW
6.000	0,80
7.000	1,00
10.000	1,30
11.000	1,45
12.000	1,57
14.000	1,70
16.000	1,80
18.000	1,90
20.000	2,00
22.000	2,30
23.000	2,45
30.000	3,80
35.000	4,40
40.000	5,00

A seleção do sistema de condicionamento ambiental deve levar em conta a proteção do meio ambiente e dos usuários, quanto ao uso do gás clorofluorcarbonato - CFC, gás utilizado nos sistemas de refrigeração e nocivo à camada de ozônio, cuja forma de utilização foi definida pelo Protocolo de Montreal, vigorando a partir de 22 de setembro de 1988.

Apresenta-se, a seguir, por tipo de equipamento, uma tabela que relaciona o consumo de energia, por tonelada de refrigeração (TR):

Tabela 8 - Comparação do consumo de energia por tipo de equipamento de condicionamento ambiental.

• Janela	: 2.0 kWh / TR
• Split	: 1.8 kWh / TR
• Self-Contained a ar	: 1.8 kWh / TR
• Self-Contained a água	: 1.4 kWh / TR
• Água gelada	: 1.2 kWh / TR

- Instalação

A implantação dos equipamentos de condicionamento ambiental requer o atendimento de algumas condições, para permitir a utilização racional dos recursos e a segurança das instalações e usuários. O primeiro passo a considerar na instalação de um sistema de condicionamento ambiental é a utilização de circuitos elétricos independentes, condutores bem dimensionados e dispositivos de proteção adequados.

Ao se analisar a localização dos equipamentos, observa-se a incidência direta de raios solares, a proximidade com outras fontes de calor, as singularidades das linhas de distribuição e o local da tomada de ar externo. Este último item é fundamental na determinação da qualidade do ar que circula no ambiente e deve prever a utilização de filtros e a instalação da tomada de ar externo em locais exclusivos para a casa de máquinas, não voltados para ambientes fechados como garagens, forros, etc.

O projeto de instalações centrais requer uma atenção especial no desenho do sistema de distribuição do fluido refrigerante, visando a menor perda possível de carga e a diminuição da turbulência. O isolamento térmico das tubulações, reservatórios e válvulas é fundamental para a obtenção de um sistema eficiente.

Sempre que possível, instala-se a saída do condicionador a uma altura adequada (nunca no nível do solo) e de frente para a maior dimensão do ambiente, para melhorar as condições de refrigeração. Não se deve obstruir a saída ou a entrada de ar do aparelho ou as grelhas de ventilação ou admissão com cortinas ou outros objetos, dificultando a livre circulação do ar.

Os equipamentos que possibilitam o controle de velocidade dos motores das bombas dos sistemas que usam água gelada e dos grandes sistemas de ventilação visam a adaptação da vazão às necessidades momentâneas do sistema, reduzindo, assim, o consumo de energia.

- Manutenção

A implantação de um plano de manutenção, operação e controle adequado ao sistema e às condições da unidade consumidora permite um acompanhamento das condições de funcionamento, a utilização racional dos recursos energéticos/financeiros e o aumento da vida útil das instalações.

Cuidados simples, porém fundamentais, como lubrificação adequada (visando minimizar atritos, ruídos e perdas), limpeza periódica dos filtros (e troca quando necessário), verificação das características da água utilizada nos sistemas, verificação dos acoplamentos e eliminação de vazamentos são outras preocupações das unidades de manutenção. Esses cuidados permitem a melhoria da qualidade do ar, minimizando a quantidade de partículas e fungos, visando a saúde, bem estar, conforto, produtividade e redução do absenteísmo, GONÇALVES, F. A. (1999).

3.3- Principais Medidas para Obter-se um Bom Plano de Racionamento

Dentre as ações a serem implementadas, visando a utilização racional dos recursos em sistemas de condicionamento ambiental, destacam-se, CNI (2001):

- Controle de fontes externas de calor ou frio (como insolação e ventilação), com a finalidade de se tirar proveito das mesmas, conforme a época do ano, para uma climatização natural;
 - Controle das fontes internas de calor ou frio, otimizando o funcionamento de equipamentos e instalações como motores elétricos, fornos, iluminação e outros;
 - Instalação e manutenção do isolamento térmico de tubulações, válvulas, flanges e reservatórios;
 - Manutenção das portas e janelas fechadas em ambientes climatizados;
 - Regulação do sistema para que ele opere em torno da zona de conforto térmico indicada pelo projetista;
 - Desligamento do sistema sempre que o ambiente estiver desocupado;
 - Estudo da possibilidade de desligamento do ar condicionado uma hora antes do encerramento do expediente;
 - Substituição, quando possível, do ar ambiente, pelo ar mais frio da madrugada para diminuir a carga térmica da edificação;
 - Operação das torres de refrigeração, bombas e outros equipamentos essenciais ao sistema, o mais próximo possível de sua capacidade nominal;
 - Utilização, sempre que possível, da aeração natural, desligando o sistema de condicionamento ambiental;
-

- Estudo da utilização de sistema de termoacumulação, com água gelada ou com gelo, para diminuir o consumo e a demanda de energia nos horários de ponta;
- Manutenção da regulação das grelhas do sistema de condicionamento ambiental inalterada;
- Desenvolvimento da conscientização dos usuários;

- Manutenção da temperatura adequada para a atividade desenvolvida.

3.4- O Conforto Ambiental Aplicado ao Clima de Belo Horizonte

- Resumo

Belo Horizonte, por sua localização geográfica, sofre a influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais. A cidade possui duas estações bem definidas, uma seca (inverno), na qual atuam a Frente Polar Atlântica (FPA) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e uma outra, chuvosa (verão), na qual predominam os sistemas convectivos associados ao aquecimento continental e à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Além desta alternância sazonal, ela sofre a influência de outros fenômenos geradores de variabilidade interanual, como o ENOS (El Niño-Southern Oscillation).

No estudo de detecção da influência de El Niño sobre BH destacaram-se dois resultados obtidos. O primeiro constituiu-se no desenvolvimento de uma metodologia própria que permitiu atingir os objetivos de maneira considerada satisfatória. O segundo, na detecção da influência do fenômeno, mais nítida sobre o comportamento térmico, indicando elevações das temperaturas. Percebeu-se uma discreta diminuição percentual da umidade relativa do ar durante a ocorrência de El Niño. Os totais pluviométricos mensais tendem a variar negativamente, mas dentro dos limites de controle.

Os resultados indicam ainda a necessidade de aprofundamento da avaliação do comportamento pluviométrico, partindo para uma escala sinótica diária, especialmente no que concerne à distribuição das precipitações. O número de dias de chuva constituiu-se em uma variável mais importante do que o valor mensal das precipitações. Tais resultados reforçaram a hipótese da importância da atuação da ZCAS na distribuição pluviométrica da região sudeste, MOREIRA, A .A .M (1999).

- Fundamentação Teórica

A palavra clima deriva do vocábulo grego “κλίμα” que se refere mais apropriadamente à inclinação ou curvatura terrestre. Por volta do início do século XIX, o naturalista alemão Von Humboldt observou a variação do clima com a altitude, e ainda, introduziu a terminologia quente, temperada e fria que ainda hoje é utilizada para determinar os patamares andinos.

- Clima e Climatologia

A climatologia é definida como “*a análise física das relações e das ações do sistema – resposta terra-atmosfera, tendo em vista o homem. Cabe ressaltar que a climatologia tem por objetivo o conhecimento da projeção e ação dos atributos atmosféricos sobre a superfície terrestre*”, TERJUNG, J. (1976).

- Clima e Tempo, uma Revisão Conceitual

Conforme Ferreira (1996), a definição clássica de clima foi proposta em 1908 por Hann:

“*O clima é o estado médio da atmosfera em um período relativamente longo num determinado lugar*”.

- A Caracterização Geográfica e Climática de BH

MOREIRA, A. A .M. (1999).

Belo Horizonte encontra-se localizada a 19° 35´ S e a 43° 56´ W, ocupando a porção centro sul da Zona Metalúrgica do Estado de Minas Gerais. Seu sítio urbano possui uma altitude média de 930m, ocupando dois grandes domínios geomorfológicos.

Do ponto de vista dinâmico, pode-se afirmar que os principais componentes da circulação atmosférica, capazes de exercer significativa influência sobre as condições climáticas da região Sudeste do Brasil, podem afetar o clima local, guardadas as devidas alterações que possam sofrer em suas trajetórias.

A circulação de larga escala é representada pela forte influência exercida pelo ASAS, principalmente no inverno. É durante o verão que se configura a ZCAS. Trata-se de um amplo eixo de intensa atividade convectiva de orientação NW-SE, que funciona como uma espécie de calha, conduzindo a umidade amazônica para as regiões Centro Oeste e Sudeste. Aí, a abundante umidade tanto da Amazônia quanto do Atlântico contribuem para que sejam precipitadas grandes quantidades de chuva, que podem vir a durar vários dias, antes de se dissipar.

A penetração dos sistemas frontais é de vital importância para o clima de Belo Horizonte. No verão, traz instabilidade e forte nebulosidade associada, contribuindo para a regulação das temperaturas. Quando encontra condições adequadas de ancoragem, configura a ZCAS, feição sinótica extremamente importante para a eficiência hídrica local. Durante o inverno, provoca a redução das temperaturas. Se uma situação de bloqueio se estabelece no Sul do Brasil, as condições de predominância do ASAS e suas correspondentes características meteorológicas se acentuam. Acredita-se que este mecanismo inibe a penetração frontal e dificulta a configuração da ZCAS, GIOVANNINI, J. (1999).

- Metodologia

A estatística exploratória, ou método analítico, permitiu o estabelecimento da climatologia das diversas variáveis selecionadas. “Estabelecer a climatologia” significa determinar um valor que bem represente o conjunto de dados que está sob análise. A partir deste tratamento, pôde-se definir sua variabilidade, inerente aos processos climáticos, sempre procurando estabelecer as relações possíveis entre os resultados obtidos e as variáveis geográficas e meteorológicas relacionadas à sua origem. Optou-se pela utilização de técnicas e ferramentas de controle de qualidade para enriquecimento deste tipo de análise. Neste caso, percebeu-se a utilidade da analogia da variabilidade de outros processos. Naturalmente, o clima não está sob controle do experimentador, mas estas ferramentas estatísticas se revelaram bastante adequadas. Sua utilização visou descrever os conjuntos de dados, bem como sua estimação, predição e controle.

O segundo método aplicado foi o da decomposição de séries temporais. “Uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo.” Sua análise consiste em uma descrição (geralmente matemática) dos movimentos componentes que se apresentam e que poderiam ser classificados em tendências sazonais e ciclos irregulares. O principal objetivo deste tipo de abordagem é a predição, além de permitir a análise detalhada de sua evolução ao longo do tempo.

- Período Analisado

Todas as séries temporais analisadas, MOREIRA, A. A .M. (1999), corresponderam ao período de janeiro de 1960 até dezembro de 1989 (30 anos).

Para a série de precipitações e umidade relativa do ar, foram feitas três análises distintas, considerando os comportamentos anuais, sazonal e a existência de dois períodos comportamentalmente distintos, um seco, correspondendo ao semestre abril-setembro e outro, chuvoso, outubro - março.

- A Temperatura Média de Belo Horizonte

A temperatura média de Belo Horizonte apresentou globalmente desvio padrão de 1,86°C, média de 22,5°C e mediana de 22,7°C. Os valores de flutuação de temperatura média de Belo Horizonte são baixos, indicando pequena amplitude térmica. Este comportamento reflete a tropicalidade do clima local, embora possa ser verificada uma variação sazonal. A primavera de 1963 destacou-se como a estação mais quente durante os trinta anos analisados, enquanto o inverno de 1968 apresentou as menores médias térmicas por estação, de toda a série. Durante os anos 70 e 80, a maioria das médias térmicas por estação variou dentro da faixa de controle, ocorrendo invernos com temperaturas médias mais baixas, por vezes inferiores ao limite mínimo. Somente durante o verão de 1984 as médias térmicas ultrapassaram o limite superior, desde o verão de 1973.

Tabela 9 - Comportamento médio global das variáveis TMEDBH, TMAXBH, TMINBH - 1960-1989

	TMEDBH	TMAXBH	TMINBH
Média (°C)	22,5	27,2	16,4
Registro Máximo	27,3	32,0	20,2
Registro Mínimo	17,9	22,1	10,0
Desvio Padrão (°C)	1,8	1,7	2,3
Coef. Var.(%)	8,0	6,2	14,0

Tabela 10 - Comportamento médio sazonal das variáveis TMEDBH, TMAXBH, TMINBH - 1960-1989

	TMEDBH (°C)				TMAXBH (°C)				TMINBH (°C)			
	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P
Média (°C)	23,9	22,8	20,4	23,0	28,1	27,4	25,5	27,6	18,5	16,8	13,3	17,1
Registro Máximo	27,3	26,6	23,0	27,2	31,5	30,6	29,2	32,0	20,2	19,9	15,7	19,8
Registro Mínimo	21,6	18,8	17,9	21,0	24,8	24,4	22,1	25,0	17,1	11,4	10,0	13,4
Desvio Padrão (°C)	1,2	1,6	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,4	0,7	1,9	1,3	1,2
Coef. Var.(%)	5,0	6,8	5,8	5,6	5,0	5,3	5,6	5,2	3,7	11,5	9,8	7,1

Legenda:

V = verão

O = outono

I = inverno

P = primavera

TMEDBH = temperatura média de Belo Horizonte

TMAXBH = temperatura máxima de Belo Horizonte

TMINBH = temperatura mínima de Belo Horizonte

- Média das Temperaturas Máximas

A temperatura máxima de Belo Horizonte apresentou, globalmente, a média aritmética de 27,14°C, mediana de 27,16°C e desvio padrão de 1,76°C. Embora as TMAXBH possam ser consideradas baixas, ainda assim torna-se perceptível uma ligeira oscilação sazonal, com uma tendência à redução nos meses de inverno. Destaca-se o comportamento atípico das temperaturas máximas durante o ano de 1961, registro mais elevado de toda a série. Seguindo um período de decréscimo das médias das temperaturas máximas durante os anos de 1964 e 1965 e, a partir deste período, passou a oscilar em um novo patamar, mais elevado. Os menores valores médios anuais de temperaturas máximas de Belo Horizonte foram registrados durante os anos 60, apresentando tendências a se situarem em patamares mais elevados, principalmente a partir dos anos 80. Os maiores valores médios anuais de temperaturas máximas de Belo Horizonte foram registrados em 1963 e 1983 e os menores em 1964.

Tabela 11 - Comportamento médio mensal da variável TMAXBH -1960-1989

	Média (°C)	Registro Máximo(°C)	Registro Mínimo(°C)	Desvio Padrão (°C)	Coefficiente de Variação (%)
Janeiro	28,2	30,7	25,7	1,47	5,2
Fevereiro	28,8	31,5	26,0	1,17	4,1
Março	28,5	30,6	25,1	1,21	4,2
Abril	27,5	30,1	25,0	1,07	3,9
Maiο	26,1	29,1	24,4	1,07	4,1
Junho	25,1	27,6	22,8	1,23	4,9
Julho	24,8	26,8	22,1	1,13	4,6
Agosto	26,7	29,2	24,0	1,13	4,2
Setembro	27,5	32,0	25,5	1,54	5,6
Outubro	27,8	30,7	25,0	1,46	5,2
Novembro	27,6	31,2	25,1	1,31	4,7
Dezembro	27,3	30,0	24,8	1,22	4,5

- Médias de Temperaturas Mínimas

Globalmente, a temperatura mínima de Belo Horizonte registrou média de 16,4°C mediana de 17,2°C e desvio padrão de 2,36°C. Os menores valores mínimos mensais situaram-se na faixa de 10°C, conforme registros de junho de 1968 e junho de 1985, e as médias mais elevadas referem-se a janeiro de 1988, 20,2°C.

A partir de 1974, houve uma tendência da temperatura mínima de Belo Horizonte se situar em patamares cada vez mais elevados, interrompidos por períodos de ligeiro declínio. Nota-se ainda que os anos de 1972, 1983 e 1987 apresentaram as temperaturas mínimas mais elevadas. Nestes três anos foram registradas ocorrências do El Niño.

Tabela 12 - Comportamento médio mensal da variável TMINBH -1960-1989

	Média (°C)	Registro Máximo(°C)	Registro Mínimo(°C)	Desvio Padrão (°C)	Coefficiente de Variação (%)
Janeiro	18,7	20,2	17,6	0,67	3,6
Fevereiro	18,6	20,1	17,2	0,76	4,1
Março	18,6	19,9	17,3	0,73	3,9
Abril	16,9	19,5	14,9	1,08	6,4
Mai	14,7	17,0	11,4	1,42	9,6
Junho	12,9	15,5	10,0	1,45	11,2
Julho	12,8	14,9	10,6	0,98	7,7
Agosto	14,0	15,7	10,7	1,04	7,4
Setembro	15,9	17,8	13,4	0,98	6,1
Outubro	17,5	19,3	15,7	0,78	4,4
Novembro	18,0	19,8	16,2	0,77	4,3
Dezembro	18,2	19,1	17,1	0,58	3,2

- A Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar de Belo Horizonte, comparada com o comportamento pluviométrico anual, apresenta baixa variabilidade. Globalmente, a umidade relativa do ar de Belo Horizonte apresentou média de 71,3%, mediana de 71,3% e desvio padrão de 9%. Entre 1960 e 1989, os maiores valores médios mensais observados foram de 94,6% e os mais baixos na faixa de 46,1%.

A análise do comportamento da umidade relativa do ar de Belo Horizonte revela que, entre os anos analisados, ocorreram dois picos máximos de umidade relativa do ar. O primeiro pico ocorreu entre 1964 e 1965, logo após a ocorrência do extremo inferior de umidade, 1963. O segundo pico, no período iniciado em 1979 e terminado em 1983. Estes picos são separados por um período entre o final dos anos 60 e boa parte da década de 70, onde os índices de umidade se comportaram de maneira mais homogênea, embora em patamares menos elevados.

Nos períodos úmidos e secos, ocorridos entre 1960 e 1989, existiram dois períodos especialmente úmidos. A primavera e o verão de 1964 e 1965 e o período iniciado em 1979, prolongando-se até o ano de 1983. A estação seca de 1963 foi pronunciadamente a menos úmida de toda a série analisada, ponto mais baixo de um declínio aparente registrado no início dos anos 60.

Excetuando-se períodos esporádicos onde os valores de umidade relativa do ar podem atingir valores bastante baixos, como agosto e setembro, principalmente, pode-se concluir que a umidade é um elemento de pequena variabilidade em Belo Horizonte.

Tabela 13 - Comportamento médio mensal da variável URABH - 1960-1989

	Média (%)	Registro Máximo(%)	Registro Mínimo(%)	Desvio Padrão (%)	Coefficiente de Variação (%)
Janeiro	76,7	89,7	61,3	8,11	10,6
Fevereiro	73,8	94,6	63,0	6,96	9,4
Março	72,9	90,0	54,6	7,18	9,8
Abril	73,1	88,7	56,6	7,91	10,8
Mai	71,2	87,8	52,7	7,96	11,2
Junho	70,3	89,0	55,7	9,00	12,8
Julho	68,3	86,1	51,7	8,17	11,9
Agosto	62,9	84,3	46,9	8,94	14,2
Setembro	65,9	84,0	46,1	9,21	14,0
Outubro	69,9	93,0	50,5	10,12	14,5
Novembro	73,7	92,0	62,3	7,39	10,0
Dezembro	76,9	89,1	51,1	7,31	9,5

Legenda:

URABH = Umidade relativa do ar de Belo Horizonte

- A Variabilidade Climática de Belo Horizonte em Função das Variáveis Oceânicas

Uma vez estabelecida e mensurada a variabilidade climática de Belo Horizonte, através de técnicas de estatística exploratória, optou-se por adotar técnicas de correlação e regressão para modelar o relacionamento entre as variáveis selecionadas. Os objetivos do uso da regressão são basicamente a descrição e predição. Regressões lineares foram utilizadas de duas formas. A primeira, através das séries temporais utilizando-se método clássico de decomposição das séries em suas componentes, tendências e sazonalidade. A segunda, através do ajuste de modelos regressivos para as variáveis atmosféricas de Belo Horizonte, tendo como preditoras as variáveis oceânicas. Modelos multivariados foram introduzidos em decorrência da necessidade de melhoria das equações obtidas, sendo especialmente importantes para a compreensão do comportamento pluviométrico e da umidade relativa do ar, MOREIRA, A .A . M (1999).

3.5- Reflexo da Racionalização de Energia nos Aspectos do Conforto Ambiental

Com a evolução da engenharia, a indústria de ar condicionado se modernizou. Entre outros aspectos, os aparelhos apresentaram três recursos que denotam os avanços tecnológicos: consomem menos energia elétrica, os *designs* são diferenciados e estão informatizados, alguns equipamentos têm filtros que eliminam as impurezas e os odores dos ambientes.

Muitos fabricantes estão ingressando no mercado brasileiro, aumentando a concorrência, fato que colabora com o barateamento dos custos dos aparelhos e incentiva o consumo. Em 2002, o setor de ar condicionado faturou cerca de R\$ 5,00 bilhões, de acordo com a ABRAVA (2003).

Tendo maior acesso aos equipamentos, os consumidores tornaram-se mais exigentes quanto ao conforto térmico dos ambientes. Assim, o ar condicionado deixou de ser supérfluo. Não se pode imaginar que um hotel ou restaurante não o tenha. Hoje, o aparelho de ar-condicionado vende a UH – unidade habitacional - dos hotéis e os serviços dos restaurantes e hotéis, ABRAVA (2003).

- Aparelhos Respondem por 40 % da Eletricidade

No Brasil, o processo de popularização do ar condicionado coincide com as medidas oficiais para a economia de energia elétrica. De acordo com a ABRAVA, esses aparelhos respondem por 40%, em média, da eletricidade consumida em um edifício comercial. Segundo a CEMIG (2001), nos hotéis, eles correspondem a 23% do custo total da energia. Para amenizar isso, a indústria tem investido no aperfeiçoamento desses condicionadores, colocando no mercado equipamentos que reduzem, sensivelmente, esses gastos.

Os estabelecimentos comerciais têm aproximado os fabricantes e os proprietários de hotéis e restaurantes que possuem aparelhos antigos. Eles verificam quanto custa, mensalmente, manter os aparelhos antigos, ou equacionam sua substituição por equipamentos mais eficientes. É fácil constatar a validade de investir-se no *retrofit*, seja pelas alterações para a melhoria operacional, seja por meio de reforma, ou substituição parcial ou total dos equipamentos, CEMIG (2001).

Segundo dados da ABRAVA (2003), "todos os sistemas de ar condicionado instalados antes de 1994 são candidatos ao *retrofit*, com relação custo-benefício favorável quanto à economia de energia e investimento direto". Em termos comparativos, os aparelhos atuais chegam a ser 60% mais eficientes. Além disso houve uma grande evolução na automação predial, coincidindo com a maior eficiência dos equipamentos oferecidos no mercado.

Para cada um dos modelos citados existem dezenas de variações, com diversas capacidades em BTU/h. Além disso, os aparelhos estão cada vez menores e mais informatizados. Eles dispõem, das funções: turbo (refrigera ou aquece mais rapidamente), operação silenciosa, durante 24 horas (liga/desliga automaticamente), *air swing* (movimento vertical contínuo do fluxo de ar ou fixo no ângulo desejado), *sleep* (regulagem automática da temperatura ambiente durante o sono) e *dry* (reduz a umidade excessiva do ambiente), ABRAVA (2003).

Cabe ao especialista especificar qual é a melhor solução, observando-se o projeto arquitetônico, as dimensões do ambiente e o número médio de usuários do ambiente a ser climatizado com suas respectivas condições climáticas naturais.

CAPÍTULO 4

CASO EXEMPLO

4.1- Histórico

A PRODABEL é uma sociedade anônima, constituída pela Lei 2273 de 10 de Janeiro de 1974. PRODABEL - Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte - Sede situada na Avenida Presidente Carlos Luz nº 1275 Belo Horizonte MG. Com sede e foro em Belo Horizonte MG, tem personalidade jurídica própria, com autonomia administrativa e financeira.

Ela foi organizada para a prestação de serviços de informática e de informação, junto à administração municipal e ao cidadão. Os serviços de informática correspondem:

- à reprodução dos sistemas existentes e à sua ampliação, nas unidades setoriais de informática e demais órgãos e empresas da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte -PBH;
- à locação de equipamentos e máquinas de informática nos órgãos da Administração Pública de Belo Horizonte;
- ao acompanhamento do processo de implantação e aperfeiçoamento da Rede Municipal de Informática e no apoio ao estabelecimento de convênios, contratos e cooperativas com outras instituições de pesquisa, desenvolvimento ou financiamento.

Os órgãos da Administração Municipal Direta ou Indireta da PBH obrigam-se a fornecer à Empresa os dados ou informações de que dependem as execuções dos seus objetivos. A empresa poderá celebrar convênios com órgãos ou entidades da Administração Pública Federal, Estadual, Municipal ou mesmo

com entidades privadas, visando à obtenção de dados ou informações relacionadas com os seus objetivos, de modo especial à atualização dos cadastros municipais.

4.2- Impactos da Crise de Energia em uma Instituição (PRODABEL)

Devido ao plano de racionamento de energia elétrica, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (2001), anexo I, a PRODABEL teve que se adequar para atingir a meta de consumo de energia para consumidores de média tensão, industriais e comerciais. Naquela época, a instituição era atendida pela CEMIG em 13,8kV e o consumo médio de energia referente aos meses de maio, junho e julho de 2000 foi de 53783kWh, sendo a tarifação do tipo convencional, anexo IV, onde a demanda contratada era de 154 kW. A meta de consumo reduzido a ser atendida seria de 43.026kWh, isto é, 80% da média do consumo dos meses de maio, junho e julho de 2000.

Os valores de consumo, para cada um desses meses, tinham sido de:

Maio/2000	55300 kWh
Junho/2000	53900 kWh
Julho/2000	52150 kWh

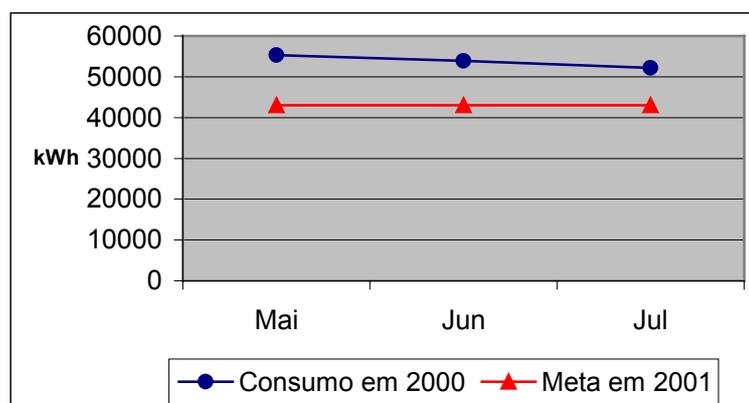


Gráfico 7 - Meta de consumo 2001 x consumo 2000 (kWh)

Foi então criada, na empresa, uma comissão técnica destinada a decidir sobre as providências para que a instituição não corresse o risco de ser punida pela ultrapassagem da meta de consumo, durante a vigência do plano de racionamento, junho/2001 a fevereiro/2002.

As características de demanda de energia elétrica da PRODABEL foram levantadas durante a análise das cargas elétricas do prédio e seus índices de utilização mensal, distribuindo estas cargas em categorias específicas de consumo, como ar condicionado, iluminação, equipamentos eletrodomésticos e equipamentos de informática, sendo que se pôde chegar aos índices percentuais de consumo para cada uma destas categorias, gráfico 8, para o ano 2000.

- Ar condicionado: ar condicionado central e todos os aparelhos de ar condicionado de janela;
 - Iluminação: iluminação interna e externa do prédio e sistema de segurança;
 - Equipamentos eletrodomésticos: equipamentos eletro-eletrônicos e acessórios dos refeitórios, banheiros, copa, recepção, escritórios, auditórios e corredores que não se classificavam como equipamentos de informática;
 - Equipamentos de informática: microcomputadores existentes no prédio e seus acessórios, tais como, *nobreaks*, impressoras, caixas acústicas, *scanners* e *fax modem*.
-

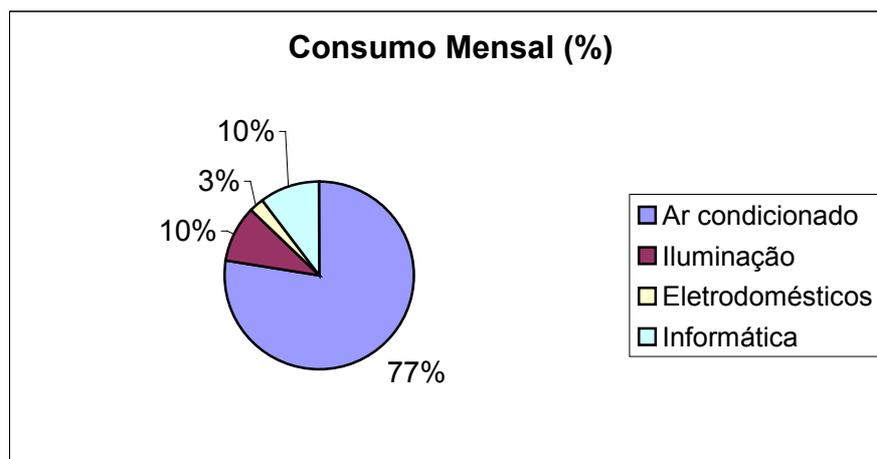


Gráfico 8 - Índices de consumo por uso final-2000

Como pode-se observar, o maior consumo médio mensal do prédio estava concentrado na parte do condicionamento ambiental, ou seja, nos aparelhos de ar condicionado, que representavam 77% do consumo de energia elétrica do prédio.

4.3- Descrição do Sistema de Ar Condicionado da PRODABEL

A PRODABEL possui uma área construída de aproximadamente 5.000 m², compreendendo quatro pavimentos, térreo, primeiro, segundo e terceiro pavimentos, que abrigam todos os setores e a parte de infraestrutura. O sistema de ar condicionado centralizado é do tipo *Self*, via dutos de aeração, utilizando um sistema central de arrefecimento de ar, por água em cascata, a qual é armazenada em um único reservatório e utilizada num período de treze dias em todo o sistema, com uma capacidade instalada de 114 TR, distribuída entre os diversos compartimentos climatizados do prédio, juntamente com alguns aparelhos de janela.

Quanto ao índice de conforto ambiental, relacionado às faixas de temperaturas e umidade relativa do ar, pôde-se considerar que devido ao sistema existente ser obsoleto e, às alterações climáticas sazonais observadas no clima de Belo Horizonte nos últimos anos, os diversos ambientes do prédio, representando um montante de aproximadamente 5.000m² de área, estavam adequados às condições climáticas e arquitetônicas da época de sua fundação.

Havia, em 2001, ano do racionamento, para as condições climáticas da cidade e de topologia do prédio uma necessidade de atualização do sistema de condicionamento ambiental para garantir o índice mínimo de conforto ambiental aos funcionários e usuários da PRODABEL.

No ano de 2001, a distribuição no consumo de energia elétrica, por tipo de condicionamento de ar, dividia-se em todo o prédio da seguinte forma:

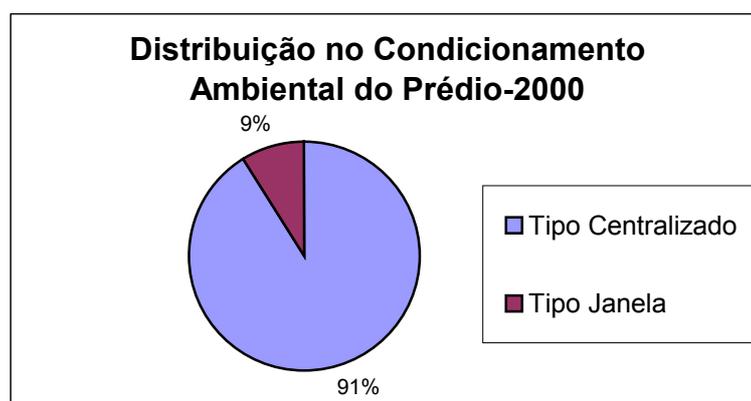


Gráfico 9 - Índices de consumo por tipo de ar condicionado

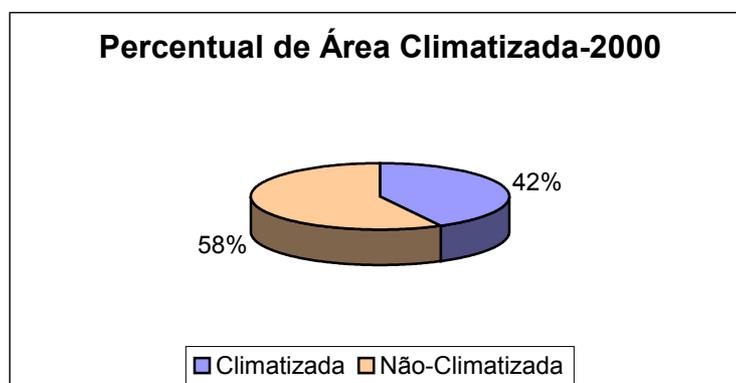


Gráfico 10 - Percentual de área climatizada antes do retrofit

Considerando-se as porcentagens de consumo por uso final, gráfico 8, qualquer medida de economia mais eficiente teria que ser realizada na parte de condicionamento ambiental para obter resultados relevantes na conservação de energia.

Fazendo-se avaliações no consumo de energia elétrica do prédio, para o mês de maio/2001, nas condições diversas de utilização de seus equipamentos e objetivando atingir a meta de consumo de energia elétrica, chegou-se a algumas medidas de emergência.

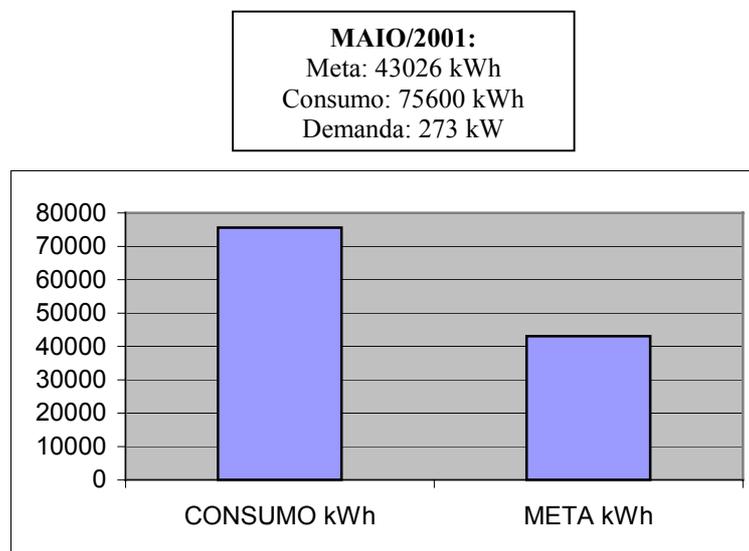


Gráfico 11 - Consumo x meta de consumo (Maio/2001)

Pode-se observar que o consumo mensal em 2001 já era significativamente mais elevado que no ano 2000 e a meta de consumo de 43026 kWh era bem menor que o consumo de 75600 kWh do mês de maio de 2001. Havia, então, a necessidade de redução do consumo de 75600 kWh para 43026 kWh, para atingir a meta de consumo de energia elétrica.

4.4- Medidas Adotadas para Atingir a Meta de Consumo de Energia

Para atingir a meta do plano de racionamento decidiu-se, em uma primeira etapa do projeto, realizar cortes de consumo de energia de equipamentos classificados de baixa prioridade para a Instituição, sem manter, anteriormente, o caráter do conforto e bem estar dos funcionários e usuários da PRODABEL.

- Desativar 50 % do quantitativo de lâmpadas;
- Reduzir o consumo de água no prédio;

- Desativar os aparelhos de ar condicionado de janela, como também o condicionamento central, que não prejudicassem o funcionamento de outros equipamentos;
- Proceder à limpeza das luminárias, análise do relatório de consumo dos equipamentos, substituição do balcão térmico elétrico por um a gás;
- Diminuir a utilização dos chuveiros elétricos;
- Desligar o sistema de ar condicionado na sala das máquinas de processamento de dados internos, durante o período noturno.

JUNHO/2001:
Meta: 43026 kWh
Consumo: 61600 kWh
Demanda: 168 kW

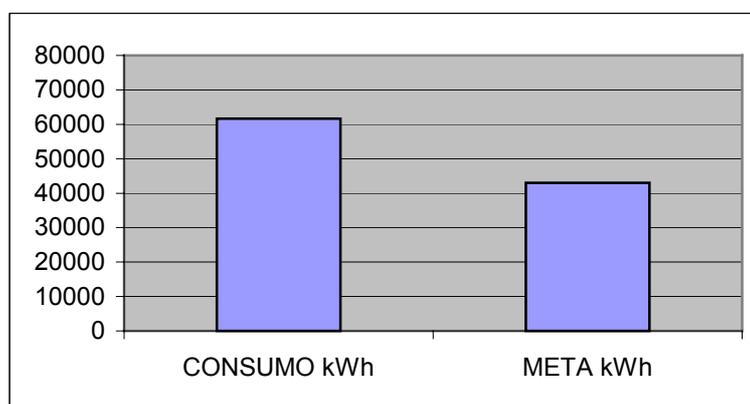


Gráfico 12 - Consumo x meta de consumo (Junho/2001)

JULHO/2001:
Meta: 43026 kWh
Consumo: 47250 kWh
Demanda: 158 kW

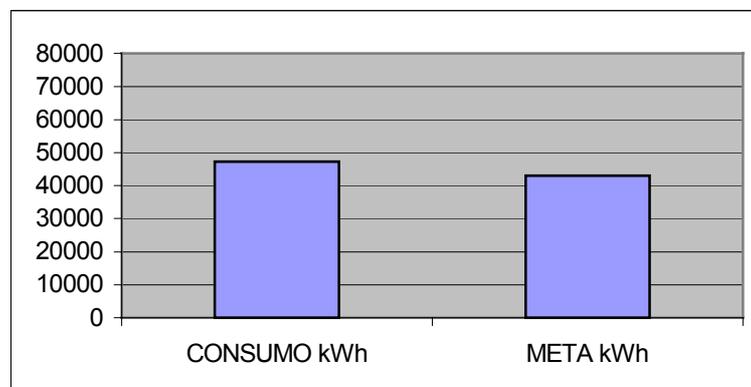


Gráfico 13 - Consumo x meta de consumo (Julho/2001)

Com as medidas adotadas o consumo de energia elétrica teve uma redução significativa. O principal fator de contribuição para se chegar aos valores apresentados foi o desligamento dos aparelhos de ar condicionado, havendo uma redução de 19,6% em julho/2001, com relação ao consumo de julho/2000 e uma economia de 161 m³ de água devido à desativação do ar condicionado central.

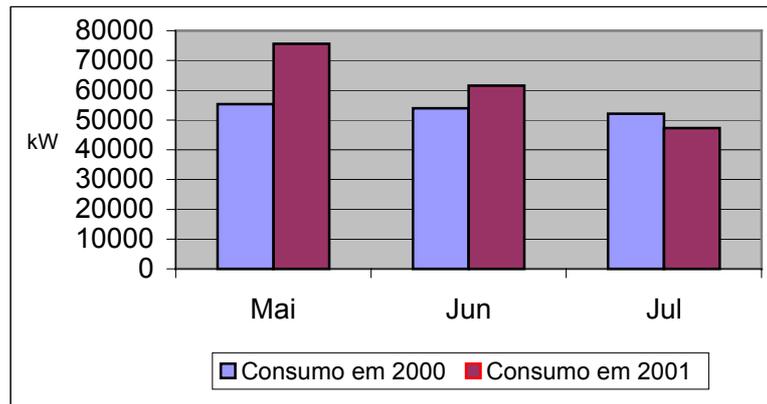


Gráfico 14 - Consumo 2000 x consumo 2001 (Maio/Junho/Julho)

AGOSTO:
 Meta: 43026 kWh
 Consumo: 47950 kWh
 Demanda: 154 kW

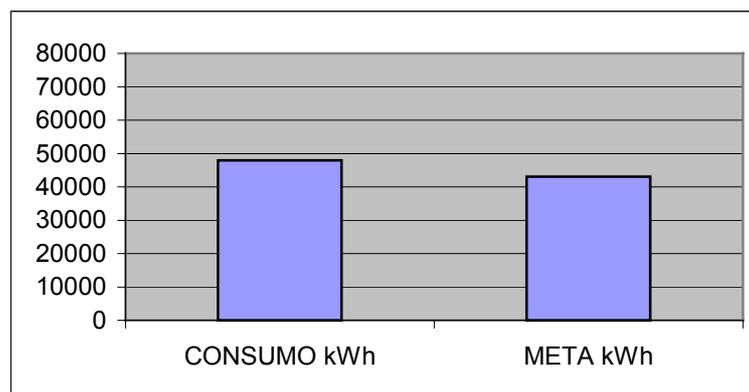


Gráfico 15 - Consumo x meta de consumo (Agosto/2001)

Com as medidas de corte de consumo de energia elétrica, objetivou-se somente diminuir o consumo de energia elétrica para atingir a meta de redução de consumo, imposta pelo racionamento de energia elétrica.

Mantendo-se a mesma estratégia de racionamento, com a utilização parcial dos aparelhos e sistemas de condicionamento ambiental e maior conscientização dos funcionários e usuários, frente à necessidade de economizar e racionalizar, houve uma maior economia do consumo nos meses de julho e agosto de 2001, gráficos 14 e 15.

4.5- Medidas Adotadas para Racionalizar o Consumo de Energia sem Comprometer o Conforto Ambiental

No sentido de aumentar o bem estar dos usuários e funcionários do prédio, prejudicado pelo racionamento, foram alteradas algumas normas internas de redução do consumo de energia, anteriormente adotadas para atingir-se a meta:

- Utilização de circuladores de ar nos escritórios;
 - Utilização dos refrigeradores nos dias úteis, no horário diurno;
 - Reestruturação das luminárias nos ambientes muito afetados em termos de bem estar e segurança do ambiente;
 - Agrupamento e distribuição dos processos operativos que utilizassem equipamentos eletrodomésticos, como por exemplo: televisores, aquecedores de alimentos, micro-ondas, equipamentos de limpeza e acessórios.
 - Utilização de ar condicionado de janela nos principais escritórios e salas do prédio;
 - Utilização parcial, em meio período, do ar condicionado central, visando reestabelecer o clima nos corredores e auditórios nos períodos de temperaturas mais elevadas;
 - Utilização dos exaustores e equipamentos de arrefecimento do sistema de condicionamento ambiental.
-

Com a restauração do funcionamento parcial do condicionamento ambiental em outubro e novembro de 2001, houve um acréscimo no consumo de energia elétrica em relação aos meses precedentes. A demanda, em kW, permaneceu relativamente estável.

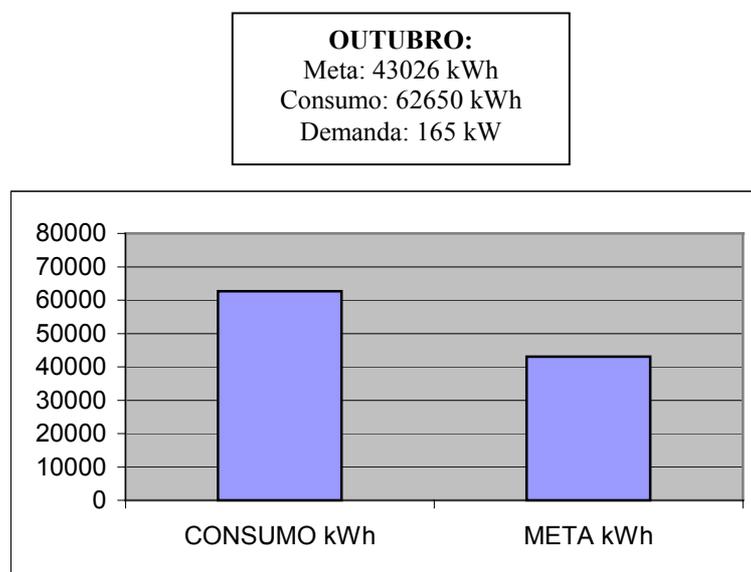


Gráfico 16 - Consumo x meta de consumo (Outubro/2001)

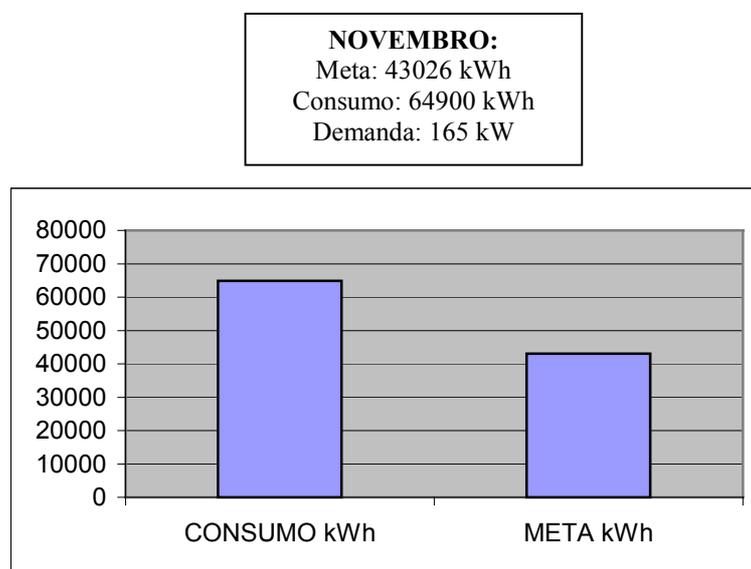


Gráfico 17 - Consumo x meta de consumo (Novembro/2001)

Tornava-se, por outro lado, urgente realizar um plano de *retrofit* no sistema de condicionamento ambiental do prédio, pois ele continuava a representar o maior consumo de energia de todas as categorias de uso final, gráfico 18, e era um sistema antigo, não atendendo as necessidades de condicionamento ambiental do prédio, nem a eficiência energética esperada.

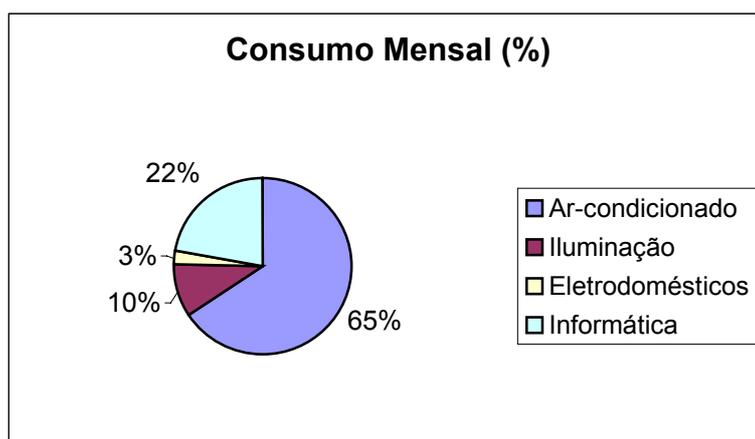


Gráfico 18 - Índices de consumo por uso final (Outubro/2001)

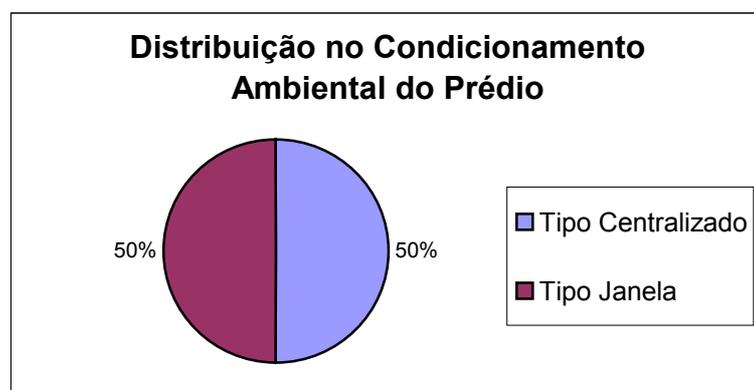


Gráfico 19 - Índices de consumo por tipo de ar condicionado (Outubro/2001)

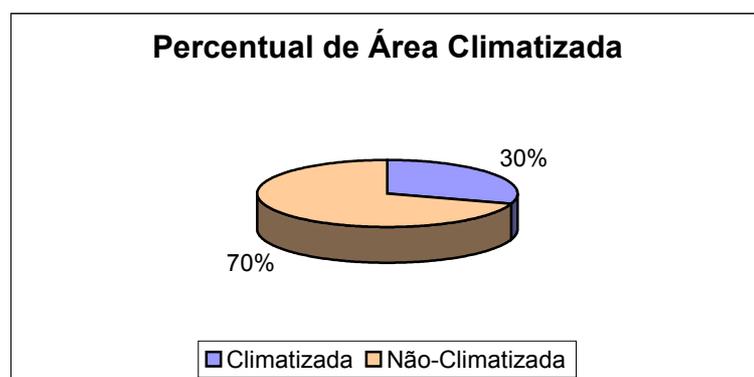


Gráfico 20 - Percentual de área climatizada (Outubro/2001)

Com as medidas adotadas para melhorar o condicionamento ambiental, após o racionamento, quando o condicionamento ambiental foi reduzido a um valor quase nulo, o percentual de área climatizada ficou somente em 30% do prédio. Nesta situação, fez-se o uso parcial do sistema de ar condicionado centralizado, em consórcio com os aparelhos de janela.

4.6- Projeto e Viabilidade Econômica do *Retrofit*

Realizado um estudo de viabilidade econômica, com o cálculo do período de retorno de investimento, constatou-se o interesse de se fazer o *retrofit* no sistema de ar condicionado do prédio, substituindo-se os aparelhos de ar condicionado de todas as galerias, corredores, auditórios, e escritórios, até este momento atendidos pelo sistema de ar condicionado central. O sistema centralizado foi substituído pelo sistema de ar condicionado tipo *split*, juntamente com aparelhos de ar condicionado de janela, nos locais de difícil acesso, como, sala de arquivo, cofre, tesouraria e algumas salas de diretorias.

Atingiu-se um menor consumo de água, com a substituição do sistema antigo e menores custos de manutenção dos equipamentos, estabelecendo-se condições favoráveis de conforto ambiental para uma área de quase 100% da área total do prédio.

Havia uma previsão de gastos da ordem de R\$40.000,00 para a reforma do sistema de ar condicionado central, através de:

- Limpeza e reparo dos dutos e galerias de aeração;
 - Substituição de filtros e grelhas;
 - Reparo dos motores e bombas hidráulicas;
 - Reconstituição dos isolamentos térmicos dos dutos;
 - Substituição das conexões de arrefecimento e instalações elétricas danificadas.
-

Devido à desativação do sistema de ar condicionado central, pôde-se economizar em média 161 m³/mês de água, no trocador de calor, sistema que utiliza 70 m³ de água a cada 13 dias para a aeração do sistema, com um custo mensal de R\$930,00.

No sistema central, mais os aparelhos de ar-condicionado de janela existentes, havia um custo médio mensal, de aproximadamente R\$2.000,00 com a manutenção. O valor da manutenção *pós-retrofit* seria aproximadamente de R\$900,00 para todos os aparelhos de janela, mais os aparelhos do sistema *split*. A diferença para manutenção seria de R\$1.100,00/mês, com o novo sistema.

4.7- Proposta de *Retrofit*

Para estabelecer um índice mínimo de conforto ambiental para todas as repartições do prédio, utilizando os 34 aparelhos de janela já existentes e, desativando o sistema de ar condicionado central, seria necessária a compra de mais 58 aparelhos de janela de 18.000 Btu, com um custo inicial de R\$104.400,00 e de 12 aparelhos tipo *Split* de 30.000 Btu, com custo inicial de R\$45.600,00, totalizando 92 aparelhos de ar condicionado de janela de potência média de 18.000 Btu e 12 aparelhos de ar condicionado tipo *Split* de potência média de 30.000 Btu. O custo total do *retrofit* seria de R\$150.000,00, economizando-se na manutenção do sistema e no consumo geral de água, aumentando-se a eficiência energética e melhorando as condições de conforto ambiental, extendendo os benefícios a praticamente 100% da área total do prédio.

Tabela 14 - Características do sistema central x sistema *split* + ACJ

-	Sistema Central	Sistema <i>Split</i> +ACJ
Manutenção	R\$2000,00/mês	R\$900,00/mês
Água	R\$930,00/mês	-
Reforma/Aquisição	R\$40.000,00	R\$150.000,00
Área Total Climatizada	42%	99%
Potência Instalada	578kW	574kW
Potência Instalada/m ³	92 W/m ³	39 W/m ³

OBS: Na análise de caso estão sendo considerados todos os aparelhos de ar condicionado instalados no prédio, inclusive os de janela.

Resulta que na utilização do sistema de ar condicionado tipo *split*, consorciado com os aparelhos de janela, haveria uma demanda de energia praticamente igual ao sistema de ar condicionado centralizado, porém com uma eficiência térmica muito superior ao sistema centralizado.

Realizando-se um estudo do *pay-back-period-PBP*, ou tempo de retorno do investimento, onde são somados todos os custos adicionais para o projeto de *retrofit* e, como abatimento destes custos, são consideradas as economias geradas pelo mesmo, acrescidas das diferenças de manutenção e gastos extras:

V_o = Custos de manutenção do sistema existente/mês

V_i = Custos de manutenção do sistema novo/mês

R_o = Investimento para reestruturar o sistema existente

R_i = Investimento inicial no sistema novo

PBP = Pay-back-period

$V_o = (R\$2000,00 + R\$930,00)/\text{mês}$

$V_i = R\$900,00/\text{mês}$

$R_o = R\$40.000,00$

$R_i = R\$150.000,00$

$$PBP = \frac{(R_i - R_o)}{(V_o - V_i)}$$

$$PBP = \frac{(R\$150.000 - R\$40.000)}{(R\$2.930 - R\$900)}$$

$$PBP = 54 \text{ meses.}$$

$PBP = 54$ meses, ou aproximadamente 4,5 anos (quatro anos e meio), com um aumento da área, com condicionamento ambiental *pós-retrofit*, da ordem de 115% em relação à área climatizada anteriormente, isto é, com a mudança de 42% para 99% de área total climatizada no prédio.

Caso o *retrofit* fosse extendido somente à área já condicionada do prédio, 42% da área total, o período do retorno do investimento seria consideravelmente menor.

V_o = Custos de manutenção do sistema existente/mês

V_i = Custos de manutenção do sistema novo/mês

R_o = Reestruturação do sistema existente

R_i = Estruturação do sistema novo

PBP = Pay-back-period

$V_o = (R\$2000,00 + R\$930,00)/\text{mês}$

$V_i = R\$600,00/\text{mês}$

$R_o = R\$40.000,00$

$R_i = R\$75.000,00$

$$PBP = \frac{(R_i - R_o)}{(V_o - V_i)}$$

$$PBP = \frac{(R\$75.000 - R\$40.000)}{(R\$2.930 - R\$600)}$$

$$PBP = 15 \text{ meses.}$$

$PBP = 15$ meses ou um ano e três meses, com condicionamento ambiental *pós-retrofit*, da ordem de 42% da área total do prédio.

Além disso, a economia do consumo de energia elétrica em kWh total do prédio seria em torno de 20% do seu consumo mensal, o que levaria o PBP para valores ainda menores, em torno de 11 meses.

4.8- Condições de Conforto Ambiental e Consumo de Energia Pós-Retrofit

Os resultados positivos foram imediatamente percebidos, sendo que em todos os locais do prédio, onde foi realizado o *retrofit*, a condição de conforto ambiental melhorou sensivelmente em relação à condição anterior. Frente ao período do racionamento, foram percebidos maiores níveis de aceitabilidade dos funcionários e usuários com o novo sistema, em relação, também, ao sistema de condicionamento ambiental centralizado.

Cada ambiente do prédio foi adequado ao conforto ambiental, dentro dos níveis climáticos da cidade de Belo Horizonte e, de acordo com os índices de temperatura, umidade relativa do ar e ruído para cada ambiente específico.

Tabela 15 - Índices de temperatura e umidade relativa do ar

Finalidade	Local	Recomendável		Máxima	
		T.B.S.(°C)	U.R. (%)	T.B.S.(°C)	U.R. (%)
Conforto	Escritórios Salas de aula Salas de informática	23 a 25	40 a 60	26,5	65
Ambientes com grandes cargas de calor	Auditórios Lanchonetes Refeitórios Biblioteca	24 a 26	40 a 65	27	65
Locais de reuniões com movimento	Salões Salas de reuniões	24 a 26	40 a 65	27	65
Ambientes de Acesso	Halls de elevadores Corredores	-	-	28	70

(A) TBS = temperatura de bulbo seco (°C)

(B) UR = umidade relativa (%)

Obteve-se um significativo incremento no desempenho do condicionamento ambiental do prédio e um consumo de energia elétrica semelhante ao consumo anterior ao período de racionamento. Devido ao aumento do consumo de energia, concentrado nos períodos de maiores demandas de

processamento de arquivos da PRODABEL, a demanda contratada de 154 kW, foi alterada para 220 kW, em abril de 2002.

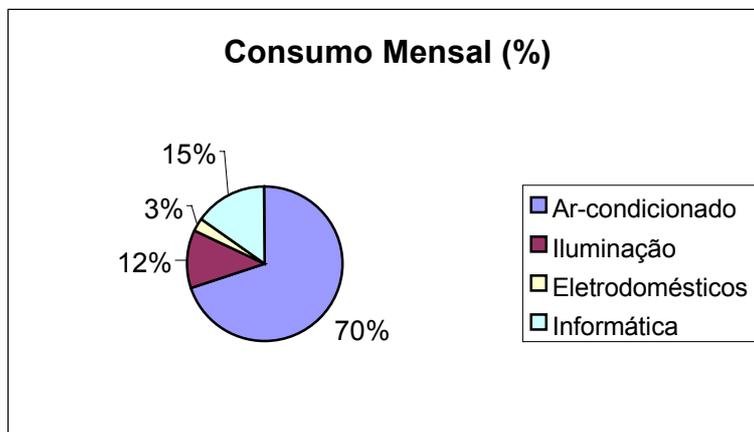


Gráfico 21 - Índices de consumo por uso final pós retrofit

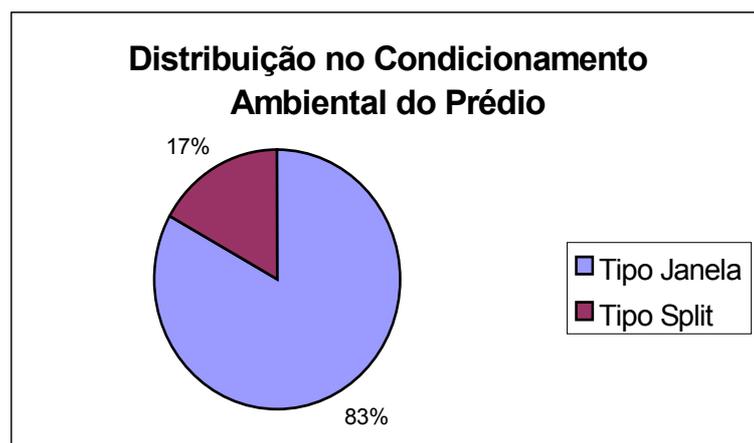


Gráfico 22 - Índices de consumo por tipo de ar condicionado

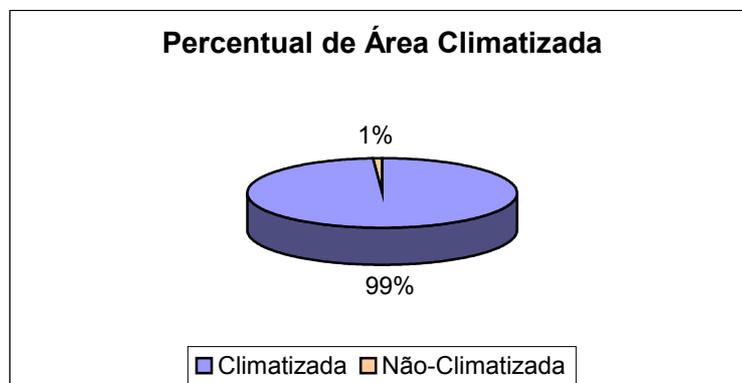


Gráfico 23 - Percentual de área climatizada pós-retrofit

Em dezembro de 2001, a meta de consumo passou para 65.496 kWh, e o consumo passou para 47.950 kWh, meta plenamente atingida pelo consumo registrado naquele mês.

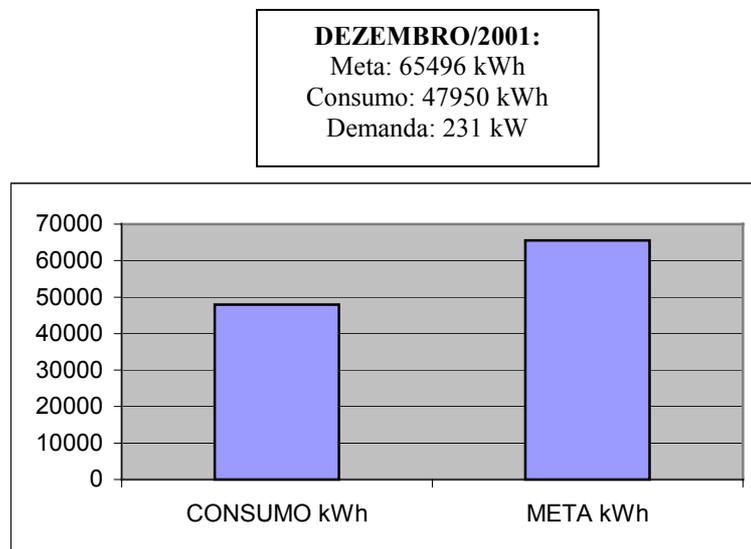


Gráfico 24 - Consumo x meta de consumo (Dezembro/2001)

Em janeiro de 2002, a meta de consumo já era de 70.320 kWh e o consumo atingiu 53.900 kWh.

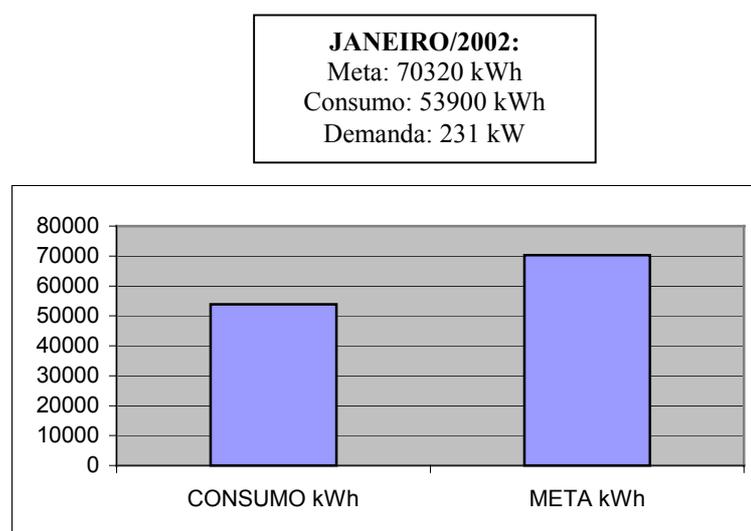


Gráfico 25 - Consumo x meta de consumo (Janeiro/2002)

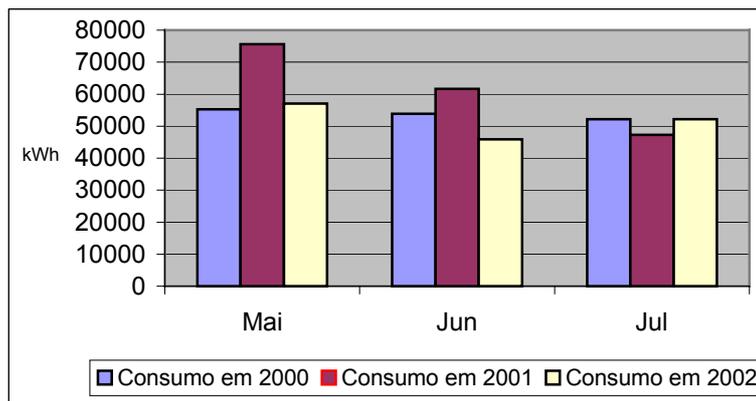


Gráfico 26 - Consumo 2000/2001/2002 (Maio/Junho/Julho)

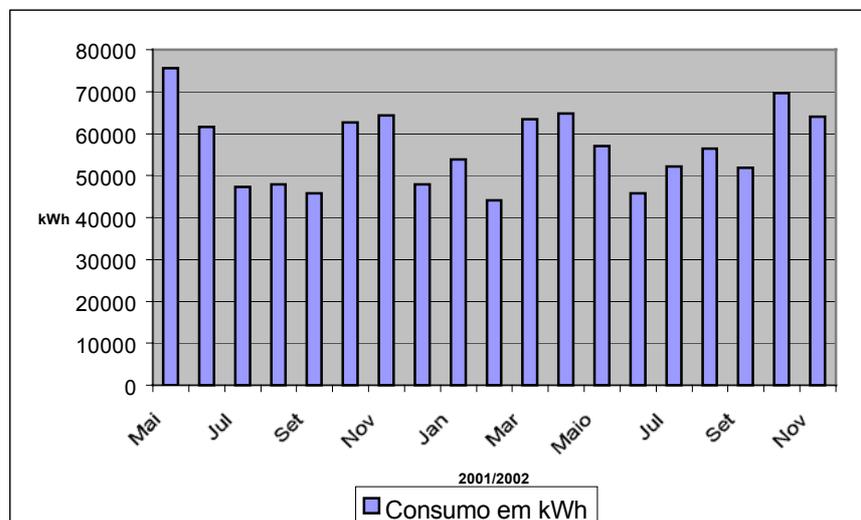


Gráfico 27 - Consumo de energia elétrica (maio/2001-novembro/2002)

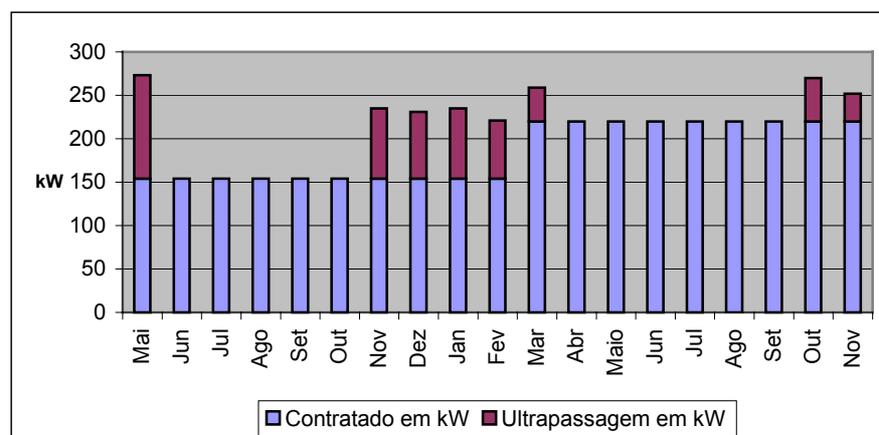


Gráfico 28 - Demanda contratada (maio/2001-novembro/2002)

Devido às características tropicais do clima de Belo Horizonte, onde no período de verão a temperatura média é sensivelmente maior que no inverno e na primavera, logicamente necessita-se de maior desempenho dos equipamentos de condicionamento de ar, no verão, para atingir-se os índices de temperatura que satisfazem as faixas de conforto ambiental para cada setor do prédio. Este fator está diretamente ligado aos maiores consumos de energia elétrica nos meses de temperaturas médias mais elevadas.

Obtendo-se uma redução e estabilização do consumo de energia elétrica e uma maior confiabilidade do sistema *pós-retrofit*, possibilita-se o planejamento de uma estrutura de funcionamento do sistema energético do prédio onde, de acordo com as estações climáticas do ano e as fases de utilização, pode-se estabelecer critérios de racionamento de energia sem privação do bem estar dos funcionários e usuários.

As demandas anteriores ao racionamento (início de 2001) e *pós-retrofit* (após outubro de 2002), têm valores semelhantes.

Demanda de energia elétrica na PRODABEL

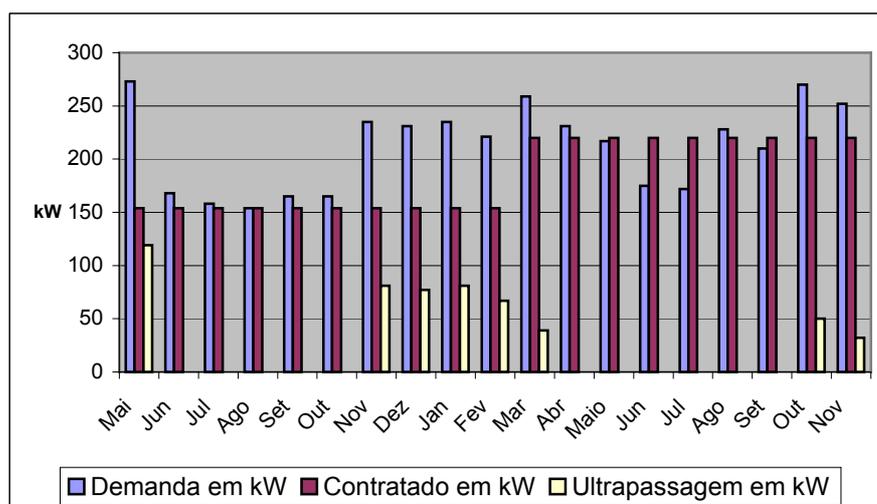


Gráfico 29 - Demanda de energia elétrica (2001-2002)

4.9- Qualidade do Condicionamento Ambiental Pós-retrofit

Considera-se que na qualidade do ar, em termos de contaminação microbiológica, é inaceitável a presença de fungos patogênicos, com a capacidade de produzir doenças, em ambientes com sistemas de climatização artificial.

Dentre os inúmeros poluentes encontrados no interior das edificações pode-se mencionar as matérias particuladas, que constituem a forma mais visível de poluição, sendo alguns inaláveis, isto é, pequenas o bastante para que, ao respirar-se, passem pelas vias aéreas e alcançam os pulmões, provocando o agravamento de problemas respiratórios.

A inalação de material biológico, como fungos, por exemplo, mesmo em pequenas proporções, resulta em uma reação do organismo humano. Com a exposição contínua a um ambiente contaminado com material biológico, essa reação tende a ser cada vez mais violenta, resultando em reações alérgicas, como irritação dos olhos, do nariz (corisa) e da garganta (tosse freqüente), entre outros sintomas.

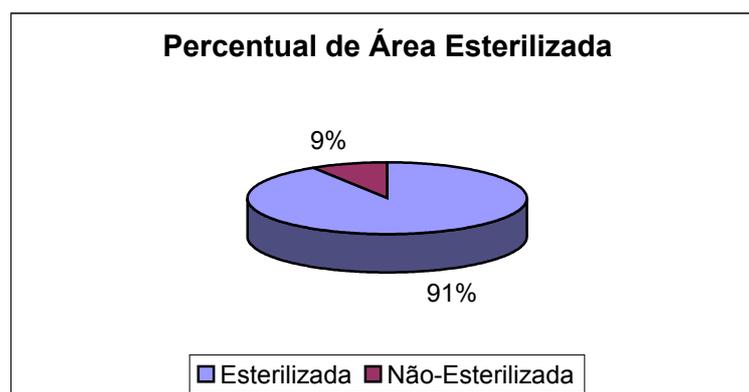


Gráfico 30 - Poluição microbiológica no prédio pós-retrofit

Devido à utilização atual de equipamentos novos no sistema de condicionamento do ar, com utilização de tecnologias mais avançadas e maior eficiência, todas as salas e ambientes, onde foram realizadas as substituições dos aparelhos de ar-condicionado central e de janela, pelo sistema de ar-condicionado *split*, ficaram abaixo do nível de poluição sonora e microbiológica permissíveis.

Pode-se considerar 100% dos ambientes utilizados por funcionários e visitantes com índices de temperatura e umidade relativa do ar do prédio dentro da faixa de conforto térmico admitido para cada ambiente.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

5.1- Introdução

O principal objetivo deste trabalho foi abordar as possibilidades de readequação (*retrofit*) do sistema de ar condicionado em ambientes comerciais e instalações públicas, avaliando técnica e economicamente as oportunidades de eficiência energética, obtendo-se os melhores desempenhos de conforto ambiental.

5.2- Conclusões Finais

O trabalho apresentou o potencial de conservação de energia elétrica através do *retrofit* de um sistema de condicionamento ambiental, onde, realizadas análises preliminares dos diversos usos finais do consumo de eletricidade do estudo de caso, constatou-se a necessidade da adequação de um sistema de condicionamento ambiental ineficaz e de baixo rendimento, por um sistema que almejasse o conforto ambiental necessário para as condições climáticas regionais, visando a comodidade e o bem estar das pessoas, sem comprometer as condições de redução ou manutenção do consumo de energia elétrica.

Através do racionamento do consumo de eletricidade, principalmente nos usos finais de maior demanda e consumo de energia elétrica, proporcionou-se condições de conscientização do pessoal envolvido (funcionários) para avaliações periódicas da economia da eletricidade. A redução emergencial no consumo foi obtida pelas reestruturações geográficas e funcionais dos equipamentos, de maneira a cumprir as metas de consumo e demanda de eletricidade estabelecidas no período do racionamento, isto é, com prejuízo no conforto ambiental.

Nas etapas preliminares de adequação às diversas condições de uso do sistema, almejou-se somente a redução do consumo de eletricidade. Em seguida, pensou-se na viabilidade de um *retrofit* no sistema de condicionamento ambiental, proporcionando maiores índices de utilização do sistema para uma mesma demanda de energia elétrica, satisfazendo as condições mínimas de conforto ambiental para todas as repartições do prédio, sem aumentar o consumo total de eletricidade ou a demanda do mesmo.

No pós-*retrofit* verificou-se a significativa alteração na qualidade do ar nos níveis de impurezas e contaminação microbológica e nas faixas admissíveis de temperaturas e umidade relativa do ar, podendo-se considerar 100% dos ambientes do prédio dentro da faixa de conforto térmico admitido para cada respectivo local, proporcionando maior desempenho das atividades funcionais e melhor sensação de bem estar às pessoas.

Não houve um decréscimo significativo no percentual de energia elétrica do condicionamento ambiental em relação aos outros usos finais, porém em termos de rendimento do sistema, ou seja, consumo de eletricidade do sistema de ar condicionado por área total climatizada, houve um ganho de aproximadamente 130% em relação ao sistema antigo.

Foram observados os seguintes ganhos indiretos:

- ✓ Maior conscientização dos benefícios do *retrofit*;
 - ✓ Exemplo de conservação de energia elétrica e modernização no setor público;
 - ✓ Redução das enfermidades alérgicas dos funcionários;
 - ✓ Redução do impacto ambiental, devido à economia de energia elétrica e ao menor consumo de água no prédio;
 - ✓ Economia de recursos financeiros do setor público, os quais poderão ser utilizados para outras áreas;
 - ✓ Contribuição para maior oferta de energia elétrica pela concessionária local.
-

Foram observados os seguintes ganhos diretos:

- ✓ Menores custos de manutenção;
- ✓ Menor consumo energético no prédio;
- ✓ Maior confiabilidade do sistema em termos de funcionamento;
- ✓ Maior estabilidade e equilíbrio térmico dos ambientes climatizados;
- ✓ Flexibilidade de acesso às instalações para correções e manutenções;
- ✓ Maiores opções de acesso aos fornecedores e assistência técnica;
- ✓ Redução do número de homens-hora no setor de manutenção;
- ✓ Menor espaço físico ocupado pelas instalações;
- ✓ Flexibilidade da topologia estrutural do sistema;
- ✓ Consumo hidráulico praticamente nulo;
- ✓ Ganhos significativos na qualidade do ar.

A sociedade moderna, em toda a sua complexidade e múltiplas alternativas de articulações financeiras, cada dia mais ágil, está em busca de investimentos econômicos mais seguros. Contudo, para satisfazer estas exigências é preciso que os componentes do projeto sejam confiáveis e seguros de forma tal que não venham a permitir incompatibilidade em seus resultados. Para tanto, vários caminhos e alternativas têm sido buscados na ânsia de recuperação do capital investido, viabilizando ou não um projeto de *retrofit*.

São essenciais os estudos de viabilidade econômica de um projeto de *retrofit*, onde são analisados os recursos financeiros necessários para a execução do projeto e o período de retorno do investimento, considerando os custos e benefícios econômicos e, outros, do projeto. Assim, procedeu-se à análise de retorno de investimento *pós-retrofit* do estudo de caso, onde foi considerado um projeto economicamente viável e que teve um bom desempenho em termos de custos e retorno do investimento, além de benefícios de conforto ambiental de difícil avaliação econômico financeira.

5.3- Contribuições

- ✓ Desenvolvimento de metodologia de avaliação do potencial de conservação de energia elétrica em edificações;
- ✓ Utilização de novas tecnologias em sistemas de condicionamento ambiental;
- ✓ Proposta de rotinas de avaliação de situações presentes relacionadas com o conforto ambiental e ao consumo de energia elétrica;
- ✓ Apresentação de tabela de índices de temperatura e umidade relativa do ar, para locais diversos, dentro dos níveis climáticos de Belo horizonte;
- ✓ Avaliação das diversas situações propostas de *retrofit* ;
- ✓ Estudo de viabilidade econômica em projetos de *retrofit* visando uma maior eficiência energética de um sistema de condicionamento ambiental.

5.4- Sugestões de Trabalhos Futuros

- ✓ Desenvolvimento de ferramentas computacionais completas para realizar simulações que busquem a eficiência energética da edificação;
 - ✓ Automação das instalações *pós-retrofit* visando maior economia de energia elétrica;
 - ✓ Acompanhamento e avaliação periódica dos resultados *pós-retrofit* da edificação;
 - ✓ Realização de medições para avaliar o nível de distorções harmônicas geradas na rede da edificação;
 - ✓ Acompanhamento e avaliação das alterações climáticas regionais atuais;
 - ✓ Avaliação das novas topologias arquitetônicas prediais, visando à eficiência energética.
-

ANEXO I

MEDIDAS TOMADAS CONTRA A CRISE ENERGÉTICA NO BRASIL MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (2001).

As medidas tomadas, no período de junho/2001 a fevereiro/2002, com relação ao racionamento, couberam ao Governo Federal, que tem o poder e responsabilidade de decidir quando, de que forma e por quanto tempo estariam em vigor todas as medidas relativas à crise.

O plano de racionamento adotado pelo Governo Federal constou das principais medidas: CEMIG (2001).

- Consumidor Residencial
 - Consumos menores ou iguais a 100 kWh/mês estariam isentos da redução obrigatória de 20%;
 - Quem estivesse consumindo acima de 100 kWh/mês, teria uma meta correspondente a 80% do consumo médio dos meses de maio, junho e julho de 2000, com um mínimo de 100 kWh/mês;
 - O Governo Federal determinou que a distribuidora de energia de cada região informasse a meta de consumo dos consumidores residenciais.

Caso o consumidor não atingisse a meta estaria sujeito a corte de fornecimento por 3 dias, no primeiro descumprimento, e por 6 dias, caso o descumprimento se repetisse.

- Consumidores de Baixa Tensão Industriais e Comerciais.
 - Os consumidores teriam uma meta de 80% do consumo médio dos meses de maio, junho e julho de 2000;
 - O consumo abaixo da meta poderia ser vendido à distribuidora, também pelo preço do Mercado Atacadista de Energia (MAE) ou acumulado para uso futuro.
-

Se o consumo for acima da meta, e não for compensado por uma economia anterior, será cobrado com base no preço do Mercado Atacadista de Energia Elétrica -MAE, e o consumidor ficará sujeito a cortes.

- Consumidor de Alta Tensão Industriais e Comerciais
- Os consumidores teriam uma meta calculada com base no consumo médio de maio, junho e julho de 2000;
- Esta meta seria, em função do nível de tensão e do setor da empresa, na faixa de 75 a 80%;
- O consumo abaixo da meta poderia ser vendido pelo consumidor em leilões, no MAE, ou acumulado para uso futuro;
- O consumidor poderia igualmente adquirir energia no MAE, aumentando a sua meta de consumo naquele mês.

Se o consumo fosse acima da meta, e não fosse compensado por uma economia anterior, seria cobrado com base no preço MAE, e o consumidor ficaria sujeito a corte de fornecimento.

- Consumidores Rurais
- Os consumidores rurais teriam uma meta correspondente a 90% do consumo médio dos meses de maio, junho e julho de 2000.

O consumo acima da meta, se não fosse compensado por uma economia anterior, sujeitaria o consumidor ao corte de fornecimento.

Uma Avaliação das Medidas Apontadas

As medidas divulgadas até o momento para enfrentar a escassez de energia vão basicamente no sentido da restrição ao consumo, quer pelo estabelecimento de limites ao consumo de energia, quer pelo aumento real dos preços, através de tarifas punitivas diferenciadas por faixas de consumo. Além

disso, o governo está apressando o Programa Prioritário de Termoeletricas (PPT), principal medida até o momento de expansão da capacidade de produção.

No caso das restrições ao consumo, as medidas são: - ANEEL (2000).

a) Consumo residencial

⇒ Meta de redução de 20% para as residências com consumo mensal entre 100 kWh e 200 kWh;

⇒ Meta de redução de 20% para os consumidores entre 200 kWh e 500 kWh, com acréscimo de 50% no valor do kWh que superar 200 kWh;

⇒ Meta de redução de 20% para os consumidores acima de 500 kWh, com acréscimo de 50% no valor do kWh acima de 200 kWh e de 200% no valor do kWh que ultrapassar 500 kWh;

As residências que não cumprirem as metas terão corte de 3 dias no fornecimento de energia e de 6 dias, em caso de reincidência;

As residências com consumo abaixo de 100 kWh mensal não terão meta, e terão direitos a um bônus de até R\$ 2,00 para cada R\$ 1,00 economizado;

Os consumidores entre 100 e 200 kWh terão direito a um bônus que pode chegar a R\$ 1,00 para cada R\$ 1,00 economizado além da meta estipulada pelo governo, ou seja, só haverá bônus caso a economia vá além da meta de redução estipulada pelo governo.

b) Consumo industrial/comercial

Estabelecimentos que utilizam energia de baixa tensão (ligação direta do poste) deverão reduzir o consumo em 20%. Caso esta meta não seja atingida, o excedente consumido será faturado com base no preço do kWh praticado no MAE. No momento em que se começou a falar das medidas emergenciais, o

preço da energia no MAE era superior a cinco vezes o valor das tarifas das distribuidoras.

Estabelecimentos que utilizam energia de alta tensão (fornecimento negociado diretamente com a concessionária) também terão que cumprir meta que varia entre 15% e 25%, dependendo do setor de atividade.

Em ambos os casos, as metas foram calculadas com base na média do consumo dos meses de maio, junho e julho de 2000.

Considerando as regiões atingidas pelo racionamento, 29,7% das residências no Sul/Centro Oeste e de 63,1% no Nordeste não serão atingidos imediata e diretamente pelo racionamento, uma vez que seu padrão de consumo mensal é inferior a 100 kWh. O racionamento atingiria os demais consumidores, enquanto o aumento no preço do kWh atingiria 35% e 12,1% dos consumidores nas respectivas regiões, que apresentam consumo acima de 200 kWh.

Distribuição de Consumidores de Energia Elétrica, segundo Faixas de Consumo, por Grandes Regiões (Brasil – 2001)

Faixa consumo residencial	Consumidores Sul/Centro Oeste	Consumidores Nordeste
Até 100 kWh	29,7%	63,1%
Entre 100 e 200 kWh	35,3%	24,8%
Entre 200 e 500 kWh	30,8%	10,0%
Acima de 500 kWh	4,2%	2,1%

Fonte: Ministério das Minas e Energia. Apud: Folha de São Paulo, 19/05/2001

O padrão de consumo de energia elétrica residencial no Brasil é inferior ao de outros países. O Brasil ocupa a 80ª posição entre os países consumidores de energia residencial (segundo o Instituto Ilumina), uma colocação incompatível com a posição econômica ocupado pelo país, que se encontra entre a nona e décima colocação. No ano 2000, o consumo médio mensal foi de 172 kWh, inferior aos 176 kWh de 1999. O baixo consumo no Brasil é decorrente da elevada concentração de renda e desigualdade social que negam para grande

parcela da população o acesso às condições de consumo próprias do capitalismo, que têm na energia elétrica um dos principais componentes.

A possibilidade de se obter desconto (bônus) é bastante improvável, pois parte da população que consome abaixo de 100 kWh já está num padrão que dificilmente permitiria novas reduções e o consumidor da faixa até 200 kWh deve primeiro cumprir a meta estipulada pelo governo, ou seja, teria que reduzir mais que os 20% exigidos pelo programa de racionamento.

Para cumprir as metas de consumo comercial e industrial as empresas terão que racionalizar parte de suas atividades, verificando possibilidades em cada uma de suas unidades. Os setores que hoje já racionalizaram seus custos são justamente os que terão maior dificuldade, pois não terão onde reduzir mais, exceto com redução da operação e, conseqüentemente, da produção. Há a possibilidade de manter o consumo pagando pela energia o preço praticado no mercado atacadista, o que teria efeitos diretos sobre os custos de produção.

No curto prazo, esta situação trará dificuldades às empresas das regiões com racionamento em manter ou ampliar mercado em relação às empresas das outras regiões, pois terão que optar, basicamente, entre interromper a produção ou agregar um custo mais elevado no insumo energia.

No setor elétrico, o efeito mais visível será a redução no faturamento das empresas, decorrente da redução no consumo. Como a penalização incide com mais peso entre os maiores consumidores, que atualmente pagam tarifas mais elevadas (as tarifas são diferenciadas por faixa de consumo, excluídas tarifas especiais), estes consumidores são os que tendem a reduzir mais seus gastos, comprometendo ainda mais o faturamento das concessionárias.

Além dos reflexos no faturamento, as medidas exigirão custos adicionais para a administração das metas determinadas pelo governo, aumentando a pressão das concessionárias por aumento nas tarifas, com mais efeito inflacionário. Mesmo que este aumento não seja autorizado imediatamente, a

agência nacional reguladora de energia elétrica (ANEEL) terá que autorizá-lo no aniversário dos contratos de concessão de cada empresa.

Principais Medidas para obter um bom Plano de Racionamento

Medidas gerais de racionamento

1. Criação de mecanismo de consulta para participação do setor privado nas decisões da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica. Mecanismo semelhante deve ser adotado também em nível estadual, agrupando empresas concessionárias e representantes do setor produtivo.

2. Para reduzir as incertezas e permitir um melhor planejamento empresarial, é fundamental que seja informado à sociedade, de forma transparente, o horizonte do racionamento e o cronograma de implementação das medidas de correção do quadro atual.

3. A empresa deve ter o direito de poder combinar a utilização da energia entre suas unidades produtivas, inclusive entre áreas de concessão diferentes.

4. Deve-se autorizar que conjuntos de empresas situadas no mesmo subsistema interligado formem consórcios com o objetivo de cumprir, como grupo, o somatório das cotas estabelecidas para cada um dos membros consorciados. Caso seja necessária a implantação gradativa dessa medida, prioritariamente, a autorização deve ser dada para as indústrias que integrem uma mesma cadeia produtiva.

5. Criação de bancos de energia, em que as empresas que possuam excedentes contratados ou necessitem abrir mão de um consumo futuro planejado possam comercializá-los diretamente com empresas demandantes ou comercializá-los no MAE (Mercado Atacadista de Energia).

-
6. As características sazonais de determinados segmentos produtivos e os ganhos de eficiência energética alcançada na indústria, nos últimos anos, devem ser importantes parâmetros nas decisões de flexibilização da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica.
 7. O atendimento a novas cargas industriais e a ampliação de cargas resultante de investimentos deve ser objeto de tratamento diferenciado pela Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica.
 8. Garantia de demanda mínima para preservação das condições operacionais e segurança dos equipamentos nas empresas que não podem paralisar em 100% o processo de produção.
 9. No período de racionamento, deve ser dada a opção às empresas usuárias para que as demandas registradas abaixo dos valores contratados sejam faturadas conforme os dados de registro.
 10. Redução a valor zero das alíquotas de tributos federais e estaduais (IPI e ICMS) e criação de linhas de crédito especiais, com carência compatível com a extensão da crise, destinada ao financiamento e à implantação de projetos de eficiência energética.
 11. Estimular o desenvolvimento de projetos para uso direto do gás natural, independentemente de cadeias de conversão via eletrotérmica.
 12. Destinar os recursos resultantes dos aumentos de tarifa incidentes sobre patamares mais altos do consumo, excedentes ao pagamento do bônus previsto no regime especial de tarifação, à implementação de medidas de racionalização do uso da energia e à redução da demanda por energia elétrica nas indústrias, como autogeração, cogeração e recuperação térmica.
-

13. Deve-se evitar no Programa de Racionamento a imposição de feriados generalizados.

14. Desativação de toda iluminação decorativa.

15. Aumentar a eficiência da iluminação pública, com erradicação de lâmpadas de baixa eficiência.

16. Pronto esclarecimento das medidas operacionais do racionamento, para não comprometer o planejamento da produção.

Medidas para aumento da oferta

17. Eliminar as incertezas regulatórias para alavancar um “choque de obras” no setor de energia, sob a liderança da iniciativa privada.

18. Estimular a formação de novas parcerias entre os setores público e privado para a realização de empreendimentos de geração e transmissão de energia.

19. Simplificar e agilizar a tramitação dos processos de licenciamento ambiental para os projetos de geração e transmissão de energia elétrica, e aumentar a coordenação da atuação dos órgãos de meio ambiente.

20. Agilização da implantação das usinas do Programa Prioritário de Termelétricidade.

21. Eliminar as barreiras que inibem o avanço da cogeração no setor industrial:

- preço elevado do gás natural e critério de reajuste;
 - falta de linhas de financiamento nacionais;
 - tributação em cascata na cadeia do gás natural para fins energéticos;
 - alto custo de internação dos equipamentos importados sem similar nacional.
-

22. Agilizar a solução do impasse relativo ao preço do gás natural destinado à geração de eletricidade.

23. Regulamentar efetivamente o livre acesso do consumidor industrial às redes primárias de transporte do gás natural e do óleo combustível.

24. Desoneração fiscal do gás natural para suprimento às usinas termelétricas de qualquer potência e as de cogeração e autogeração.

25. Desoneração do IPI para equipamentos destinados à geração de energia elétrica.

26. Reforçar a implantação dos projetos de pequenas centrais hidrelétricas, dada à relevância da sua contribuição à oferta total de energia.

27. Operar geradores particulares em sincronismo pleno com as redes das distribuidoras, sob comando de despachos de carga regionais.

28. Incentivar, através de linhas de crédito públicas especiais, a geração distribuída de energia elétrica.

29. Estimular a modernização e a eficiência em caldeiras, visando à otimização do aproveitamento do bagaço de cana na indústria em processos de cogeração ou produção independente de energia, através de linhas de crédito especiais.

30. Incentivo à produção nacional de equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia, bem como à melhoria da eficiência energética.

ANEXO II

PROGRAMA ANUAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA (Resolução ANEEL n.º 394, de 17 de setembro de 2001)

O Programa deverá ser estruturado conforme descrito a seguir e, sempre que possível, estar em consonância com outros Programas Federais, Estaduais e Municipais voltados para a eficiência energética. Deverá conter uma descrição sumária das atuais condições do sistema com respeito à conservação de energia, redução e/ou deslocamento de demanda de ponta, característica e previsão de carga e outros aspectos correlatos julgados necessários para caracterizar a opção pelos projetos propostos.

Apresentar um retrospecto das realizações na área de combate ao desperdício de energia elétrica, com as seguintes informações:

- a) No caso de ser a primeira apresentação da empresa, o Retrospecto deve identificar os projetos, resultados alcançados e investimentos realizados.
- b) As empresas que apresentaram PROGRAMA no ciclo anterior deverão identificar as situações que envolvam a transferência de projetos (ou suas partes) do PROGRAMA anterior para o PROGRAMA atual, à continuidade de projetos, e outros aspectos correlacionados, de forma a permitir a melhor visualização do PROGRAMA proposto.

A aprovação do PROGRAMA pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) formalizará o atendimento pela concessionária/permissionária quanto ao planejamento de suas ações de conservação de energia elétrica e à previsão de implementação.

A implementação do PROGRAMA será acompanhada pela ANEEL, diretamente ou através dos Órgãos Estaduais conveniados, ou ainda por delegação de tarefas técnicas ao PROCEL.

Define-se “Acompanhamento” como a verificação do andamento dos projetos com enfoque nos resultados de energia economizada e demanda retirada da ponta previstos, quando aplicável, ou em outros indicadores de resultados (número de alunos treinados, diagnósticos, seminários, etc.). Não está aqui incluída a comprovação de gastos.

A finalidade do Acompanhamento é avaliar o resultado dos projetos do ponto de vista da eficiência energética e identificar possíveis ajustes para garantir que os objetivos finais sejam alcançados. O Acompanhamento tem também o objetivo de subsidiar a atividade de fiscalização.

Como subsídio para o Acompanhamento, a concessionária/permissionária deverá encaminhar a ANEEL, os relatórios de progresso (modelo Anexo) no sexto e nono meses de execução e, caso haja prorrogação do período de execução do Programa, a cada três (03) meses.

A ANEEL poderá considerar necessária a verificação local das condições de execução dos projetos, diretamente ou através de delegação. Neste caso, a empresa deverá permitir amplo acesso aos locais de interesse ao pessoal designado pela ANEEL.

Paralelamente ao processo de acompanhamento, poderá ocorrer a “Fiscalização” do PROGRAMA. A Fiscalização corresponde à comprovação física e financeira da realização dos projetos.

À medida que os projetos forem sendo executados e concluídos, os resultados obtidos deverão ser verificados, sempre que possível, mediante medições físicas, conforme processos previamente aprovados.

O Acompanhamento poderá ser realizado pela ANEEL, PROCEL ou por Órgãos Estaduais Conveniados, enquanto que a Fiscalização será realizada exclusivamente através da ANEEL e de Órgãos Estaduais Conveniados.

Nos Estados em que já existam órgãos conveniados com a *ANEEL*, estes poderão realizar o acompanhamento e a fiscalização simultaneamente, definindo os modelos e prazos de emissão dos relatórios de progresso.

Em projetos vinculados ao Uso Final, poderá ser aceita a compensação no ano subsequente, dos valores não gerenciáveis aplicados a maior, sem correção de qualquer natureza, desde que sejam solicitados e justificados antecipadamente.

Para análise destes pleitos, de compensação de valores não gerenciáveis, formulados pela concessionária/permissionária e devidamente justificados, serão observadas as seguintes condições:

- a) o valor unitário do item que sofreu variação deverá ter sido especificado no projeto aprovado pela *ANEEL*;
 - b) a variação do valor do item deverá ser de pelo menos 20% (vinte por cento);
 - c) a variação do valor total do projeto deverá ser de pelo menos 10% (dez por cento);
 - d) a solicitação de apropriação da diferença para o próximo ano, deverá ser apresentada formalmente a *ANEEL* para apreciação, assim que for constatada a variação;
 - e) a *ANEEL* analisará o pedido e poderá deliberar pela sua recusa, pela redução da meta física de forma a manter a meta financeira, ou ainda pela manutenção da meta física e apropriação da diferença para o próximo exercício.
-

ANEXO III

NÍVEIS DE RUÍDO PARA CONFORTO ACÚSTICO – NBR 10152 (1987)

1 Objetivo

Esta Norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

Notas:

- a) As questões relativas a risco e danos à saúde por decorrência do ruído serão estudadas em normas específicas.
- b) A aplicação desta Norma não exclui as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto.

2 Normas complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 10151 – Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento.

IEC 225 – Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sound and vibrations.

IEC 651 – Sound Level meters.

3 Definições

Para efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.4.

3.1 Pressão sonora ponderada A em pascals (P_A)

Valor eficaz (RMS) da pressão sonora determinada pelo uso do circuito ponderado A, conforme IEC 651.

3.2 Nível pressão sonora em decibéis (L_p)

O nível de pressão sonora é dado pela expressão:

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 [dB]$$

Onde: P = valor eficaz da pressão, em pascal.

P_0 = pressão sonora de referência ($20\mu\text{Pa}$)

3.3 Curva de avaliação de ruído (NC)

Método de avaliação de um ruído num ambiente determinado.

4 Condições Gerais

4.1 Medição de ruído

São seguidas as disposições da NBR 10151 e as normas brasileiras correspondentes .

4.2 Valores dB (A) e NC

Estes valores são dados na tabela A.

NBR 10152/1987
TABELA A –Valores dB (A) e NC

LOCAIS	dB (A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos	35 – 45	30 – 40
Laboratórios, áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
Escolas		
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
Hotéis		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, salas de estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, recepção, circulação	45 – 55	40 – 50
Residências		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Auditórios		
Salas de concertos, teatros	30 – 40	25 – 30
Salas de conferências, cinemas, salas de uso múltiplo	35 – 45	30 – 35
Restaurantes	40 – 50	35 – 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Salas de gerência, salas de projetos e de administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55
Igrejas e templos (cultos meditativos)		
Locais para esporte	40 – 50	35 – 45
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 – 55

NOTAS: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar em risco de dano à saúde.

ANEXO IV

MODALIDADES TARIFÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA ELETROBRÁS/CEMIG (2003).

CONCEITOS

Potência: simplificadaamente pode-se dizer que é a capacidade de consumo de um aparelho elétrico. A potência vem escrita nos manuais dos aparelhos, sendo expressa em watts (W) ou quilowatts (kW), que corresponde a 1000 watts. Um condicionador de ar, por exemplo, pode ter 1100 W ou 1,1 kW.

Energia: simplificadaamente é a quantidade de energia utilizada por um aparelho elétrico ao ficar ligado por um certo tempo. Tem como unidades mais usuais o quilowatt-hora (kWh) e o megawatt-hora (MWh). Um condicionador de ar de 1,1kW se ficar ligado por um período de 2 horas irá consumir 2,2 kWh.

Na conta de energia elétrica dos pequenos consumidores, como por exemplo às residências, cobra-se apenas a energia utilizada “consumo”. Médios e grandes consumidores pagam tanto pela energia quanto pela potência. A potência aparece nas contas desses consumidores com o nome de **Demanda**, que, na verdade, corresponde à potência média verificada nos intervalos de 15 minutos.

O **horário de ponta:** é o período de três horas consecutivas exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pelas concessionárias em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados.

O **horário fora de ponta:** correspondem às demais vinte e uma horas do dia.

Para efeitos de tarifação o ano é dividido em dois períodos:

O **período seco** que compreende os meses de maio a novembro (sete meses).

O **período úmido** que compreende os meses de dezembro a abril (cinco meses). Em algumas modalidades tarifárias, no período seco o consumidor tem preços mais elevados.

CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES

Modelo utilizado para fornecimento de energia elétrica a consumidores classificados como Residencial, Industrial, Comercial, Rural ou Poder Público, ligados em Tensão Primária de Distribuição, com carga instalada superior a 75 kW e demanda contratada ou estimada, igual ou inferior a 2.500 kW, CEMIG S/A.

Subgrupo de fornecimento de consumidores de tensão primária.

Subgrupos	Tensão de Fornecimento
A1	≥230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30kV a 44kV
A4	2,3 kV a 25kV
AS	Subterrâneo

CEMIG S/A

Consumidor de Baixa Tensão ou Secundário

Modelo utilizado para fornecimento de energia elétrica a consumidores classificados como Residencial, Industrial, Comercial, Rural ou Público, ligados em Tensão Secundária de Distribuição (127/220V), com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, CEMIG S/A.

MODALIDADES TARIFÁRIAS

São duas as modalidades tarifárias:

Os consumidores de baixa tensão têm tarifa monômnia, isto é, são cobrados apenas pela energia que consomem.

Os consumidores de média tensão têm tarifa binômia, isto é, são cobrados tanto pela demanda quanto pela energia que consomem. Estes consumidores podem enquadrar-se em uma das três alternativas tarifárias:

- Tarifação Convencional;
- Tarifação horo-sazonal Verde;
- Tarifação horo-sazonal Azul (compulsória para aqueles atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV).

A Tarifação Convencional

O enquadramento na tarifa convencional exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor “demanda contratada”, independentemente da hora do dia “ponta ou fora de ponta” ou período do ano “seco ou úmido”.

Os consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS, podem ser enquadrados na tarifa convencional, quando a demanda contratada for inferior a 300kW, desde que não tenham ocorrido, nos 11 meses anteriores, três registros consecutivos ou seis registros alternados de demanda superior a 300kW. Consumidores dos subgrupos B :

B1 – Residencial

B1 – Residencial com gerenciamento de corrente

B1 – Residencial Baixa Renda

B1 – Residencial Baixa Renda com gerenciamento de corrente

B2 – Rural

B2 – Rural com gerenciamento de corrente

B3 – Diversas classes

B3 – Diversas classes com gerenciamento de corrente

B4 – Iluminação pública

A conta de energia elétrica destes consumidores é composta de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem.

A parcela consumo é calculada multiplicando-se o consumo médio pela Tarifa de Consumo:

$$P_{\text{consumo}} = \text{Tarifa de Consumo} \times \text{Consumo Médio}$$

A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse 10% a Demanda Contratada:

$$P_{\text{demanda}} = \text{Tarifa de Demanda} \times \text{Demanda Contratada}$$

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. Ela é calculada multiplicando-se a Tarifa de Ultrapassagem pelo novo valor de demanda medida que supera a Demanda Contratada:

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem} \times (\text{Dem. Medida} - \text{Dem. Contratada})$$

Na tarifação convencional, a Tarifa de Ultrapassagem corresponde a três vezes a Tarifa de Demanda.

A Tarifação horo-sazonal Verde

O enguadramento na tarifa verde dos consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS, é opcional.

Essa modalidade tarifária exige um contrato especial com a concessionária no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor “Demanda Contratada”, independentemente da hora ou do dia “ponta ou fora de ponta”. Embora não seja

explícita, a Resolução 456 permite que sejam contratados dois valores diferentes de demanda, um para o período seco e outro para o período úmido.

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo “na ponta e fora dela”, demanda e ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada através da expressão abaixo, observando-se, nas tarifas, o período do ano:

$$P_{\text{consumo}} = \text{Tarifa de Consumo na Ponta} \times \text{Consumo Medido na Ponta} + \text{Tarifa de Consumo fora de Ponta} \times \text{Consumo Medido Fora de Ponta}$$

No período seco “maio a novembro” as tarifas de consumo na ponta e fora de ponta são mais caras que no período úmido.

A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela Demanda Medida, a maior delas, caso esta não ultrapasse em mais de 10% a Demanda Contratada:

$$P_{\text{demanda}} = \text{Tarifa de Demanda} \times \text{Demanda Contratada}$$

A tarifa de demanda é única, independente da hora do dia ou período do ano.

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. Ela é calculada multiplicando-se a Tarifa de Ultrapassagem pelo Valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada.

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem} \times (\text{Dem. Medida} - \text{Dem. Contratada})$$

A Tarifação horo-sazonal Azul

O enquadramento dos consumidores dos subgrupos A1, A2 e A3 é obrigatório na tarifação horo-sazonal azul.

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua tanto o valor da demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta “Demanda Contratada na Ponta” quanto os valores pretendidos nas horas fora de ponta “Demanda Contratada Fora de Ponta”. Embora não seja explícita, a Resolução 456 permite que sejam contratados valores diferentes para o período seco e para o período úmido.

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horas de ponta e horas fora de ponta.

A parcela de consumo é calculada através da expressão abaixo, observando-se nas tarifas, o período do ano.

$$P_{\text{consumo}} = \text{Tarifa de Consumo na Ponta} \times \text{Consumo Medido na Ponta} + \text{Tarifa de Consumo Fora de Ponta} \times \text{Consumo Medido Fora de Ponta}$$

As tarifas de consumo na ponta e fora de ponta são diferenciadas por período do ano, sendo mais caras no período seco, de maio a novembro.

A parcela de demanda é calculada somando-se o produto da Tarifa de Demanda na ponta pela Demanda Contratada na Ponta “ou pela demanda medida na ponta, de acordo com as tolerâncias de ultrapassagem” ao produto da Tarifa de Demanda fora da ponta pela Demanda Contratada fora da ponta “ou pela demanda medida fora de ponta, de acordo com as tolerâncias de ultrapassagem”:

$$P_{\text{demanda}} = \text{Tarifa de Demanda na ponta} \times \text{Demanda Contratada na Ponta} + \\ \text{Tarifa de Demanda Fora de Ponta} \times \text{Demanda Contratada Fora de Ponta}$$

As tarifas de demanda não são diferenciadas para o período do ano.

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa a Demanda Contratada acima dos limites de tolerância. Esses limites são de 5% para os subgrupos A1, A2 e A3 e de 10% para os demais subgrupos.

É calculada multiplicando-se a Tarifa de ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada:

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem na Ponta} \times (\text{Demanda Medida na Ponta} - \text{Demanda Contratada na Ponta}) \\ + \text{Tarifa de ultrapassagem Fora de Ponta} \times \\ (\text{Demanda Medida Fora de Ponta} - \text{Demanda Contratada Fora de Ponta})$$

As tarifas de ultrapassagem são diferenciadas por horário, sendo mais caras nas horas de ponta, ELETROBRÁS/CEMIG (2003).

MODALIDADES TARIFÁRIAS – CEMIG

SUB-GRUPO	B	A1	A2	A3	A3a	A4	AS
Convencional	X				X	X	X
Horo-sazonal Azul		X	X	X	X	X	X
Horo-sazonal Verde					X	X	X

[http://www.cemig.com.br/consultar tarifas de energia](http://www.cemig.com.br/consultar_tarifas_de_energia)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABILUX (1996), *Projetos Arquitetônicos adequados reduzem consumo de energia até 60%*. Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. Jornal ABILUX, ano VI, nº 62, p.4.

ANEEL (2000), *Manual para Elaboração Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília julho/2000, 82-140p.

ANEEL (2001), *Resolução nº 394*, de 17 de setembro/2001.

ABRAVA (2003), *Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e aquecimento*, agosto/2003.

A ENERGIA (2001), *Assessoria em Sistemas de Energia Ltda*. Ano IV, nº16, p.4-6.

AGUIAR, J. C. R.; RODRIGUES, P.T.; MAIA, A.C.B (1998), *Automação e Uso de Energia em Edifícios: Novas Relações e Possibilidades*. Revista Eletricidade Moderna, nº 292, julho/1998, p.178-184.

AKUTSU, M, *Desempenho Térmico em Edificações Habitacionais e Escolares*. Comitê de Automação Predial, 2º Edição, 1994, p.26.

CARVALHO, J. F.; JANNUZZI, G. M. (1994), *Aspectos éticos do modelo de planejamento do setor elétrico*. Revista Brasileira de Energia , Vol.3. nº 2, Ano 1994.

CHRISTO, E. (2001), *O Uso Eficiente da Energia*. Revista ABRAMAN, Novembro/2001.

CNI (2001), *Confederação Nacional da Indústria*. Julho/2001.

CEMIG (2001), *Companhia Energética de Minas Gerais*. Maio/2001.

ELETROBRÁS (2000), *Plano Decenal de Expansão*. 1999/2009.

ELETROBRÁS/CEMIG (2003), *Manual de Conservação de Energia Elétrica*, 1ª EDIÇÃO, 7-12 p.

ECONOMIA & ENERGIA (2001), *Sinopse do Balanço Energético Nacional*. Destaques Energéticos 2001. Ministério de Minas e Energia.

GONÇALVES, F. A., *II Encontro de Professores de Conforto Ambiental-NE*. Julho/1999, 1ª Edição, 45-66p.

GIOVANNINI, J. (1999), *O Clima de Belo Horizonte*. p.58.

HOLLANDA, J. B., *INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética e Geração Distribuída*. Novembro/2000.

LAMBERTS, R. (1999), *Simulação de Retrofit para o Aumento da Eficiência Energética em Edificações*. UFSC. Revista Eletricidade Moderna, nº 305, Agosto/1999, p. 208-221.

MOREIRA, A. A .M. (1999), *Dissertação de Mestrado em Geografia*. Instituto de Ciências da UFMG. Março/1999.

NBR 10152 (1987), *Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Dezembro/1987.

PEREIRA, A . C. (1998), *Proposta de Conservação de Energia Elétrica Aplicada ao Campus de São Carlos*. USP. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. USP. São Carlos, 140p.

PRADO, R. T. A (1996), *Energia, Readequação Tecnológica de Edifícios e Automação Predial*. Anais do V Encontro Nacional de Instalações Elétricas, São Paulo, 1996.

PROCOBRE (2000), *Conservação de Energia*. Instituto Brasileiro do Cobre. Novembro/2000, 6p.

ROMERO, M. A . (2000), *Conservação de Energia e Arquitetura: Dois Conceitos Inseparáveis*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Agosto/2000.

SAVER, L. I. (2001), *A crônica de uma crise anunciada*. Folha de São Paulo, p. B4, 29/05/2001.

SCHIFFER, S. R. (1999), *Manual de Conforto Térmico*. 2ª Edição, nº 3, 13-16p.

TERJUNG, J. (1976), *Climatologic for Geographers*. Nº 64, ano 1976, 3-15p.

VIANELLO, R. L. (1994), *Metodologia Básica e Aplicações*, nº4, 32p.

ENDEREÇOS ELETRÔNICOS:

www.abraman.org.br/teste/ver_80_conservenergia.htm

[www.cemig.com.br/Tarifas de Energia](http://www.cemig.com.br/Tarifas%20de%20Energia)

www.edificiointeligente.com.br

www.procobrebrasil.org

[www.ilhacomprida.net-br.com/Curso de Termodinâmica.](http://www.ilhacomprida.net-br.com/Curso%20de%20Termodin%C3%A2mica)
