

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR VLADIMIR FREITAS
PAIXÃO E SILVA E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 03. / 11. / 2008


ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Impactos da Redução do Consumo de Energia Elétrica
em Manaus através de Medidas de Eficiência Energética
em Climatização Residencial

Autor: Vladimir Freitas Paixão e Silva
Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi
Co-orientador: Elizabeth Ferreira Cartaxo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Impactos da Redução do Consumo de Energia Elétrica em Manaus através de Medidas de Eficiência Energética em Climatização Residencial

Autor: **Vladimir Freitas Paixão e Silva**
Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi
Co-orientador: Elizabeth Ferreira Cartaxo

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2008
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Silva, Vladimir Freitas Paixão e
Impactos da redução do consumo de energia elétrica
em Manaus através de medidas de eficiência energética
em climatização residencial: Si38i / Vladimir Freitas
Paixão e Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientadores: Gilberto De Martino Jannuzzi,
Elizabeth Ferreira Cartaxo.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Política energética. 2. Conforto térmico. 3.
Energia elétrica consumo. I. Jannuzzi, Gilberto De
Martino. II. Cartaxo, Elizabeth Ferreira. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. IV. Título.

Título em Inglês: Impacts of electric energy consumption in Manaus by actions
of energy efficiency in home climatization:

Palavras-chave em Inglês: Energy policy, Thermal confort, Electric power
consumption

Área de concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Vanessa Gomes da Silva, José Tomaz Vieira Pereira

Data da defesa: 03/11/2008

Programa de Pós Graduação

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Impactos da Redução do Consumo de Energia Elétrica
em Manaus através de Medidas de Eficiência Energética
em Climatização Residencial**

Autor: **Vladimir Freitas Paixão e Silva**
Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**
Co-orientador: **Elizabeth Ferreira Cartaxo**

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi, Presidente
DE/FEM/UNICAMP



Profa. Dra. Vanessa Gomes da Silva
FEC/UNICAMP



Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira
FEM/UNICAMP

Campinas, 03 de novembro de 2008

Dedicatória

À minha avó Corália (in memorian), que me ensinou desde bem pequeno a crer fervorosamente em Deus, em Nossa Senhora Aparecida e em São José;

Ao meu pai Ely (in memorian), o mais bairrista dos manauaras que conheci, rionegrino e tricolor (Fluzão) “doente”, pelo exemplo, honradez e a maneira simples como soube constituir uma família feliz;

À minha mãe Alayde, exemplo de mulher forte e batalhadora, pelo amor, carinho, educação, presença constante, ensinamentos, incentivo e sentimento de perseverança que em mim incutiu;

Aos meus sogros Yeda e Paulo (in memorian), que me receberam em sua família como a um filho ausente que retornava à casa paterna;

À Lais, minha alma gêmea, mulher e companheira, que a todo o momento me ensina a descomplicar a vida, por seu amor incondicional, sua alegria e sorriso contagiantes, seu exemplo de filha e de mãe extremada, sua ternura, inteligência, bondade, competência (que até hoje me surpreende!), segurança, cumplicidade e compreensão;

Aos meus filhos Paula e Vladimir, minhas preciosas e queridas cobaias na difícil missão de educar, pela aceitação sempre carinhosa da minha maneira de ser;

Aos meus irmãos Ilya, Ione (in memorian), Cláudia, Humberto (in memorian), Antônio e Ely, e, Elsa, Clara Maria, José Eduardo e Paulo, além dos demais familiares, pela torcida e incentivo.

Agradecimentos

Ao prof. Dr. Gilberto Jannuzzi pelo estímulo, objetividade de suas colocações e intervenções sempre pertinentes, pela orientação segura, por ter acreditado no meu trabalho e me dado a oportunidade de melhorar minha qualificação profissional.

À prof. Dra. Elizabeth Cartaxo, co-orientadora da dissertação, colega de docência no Departamento de Eletricidade da Faculdade de Tecnologia da UFAM, com quem já escrevi diversos trabalhos acadêmicos, pelo providencial encorajamento, contribuições e ajuda na escolha do caminho a ser trilhado.

À prof. Dra. Vanessa Gomes e ao prof. Dr. José Tomaz Pereira que com suas intervenções e colocações relevantes no exame de qualificação e na defesa, permitiram que fossem atingidos os objetivos estabelecidos e que eu chegasse com êxito ao final deste trabalho.

Ao Cláudio Duarte, o mineiro mais “tropicalizado” que conheço, meu amigo desde 1963 no curso científico do Colégio de Itajubá, em Itajubá - MG, brilhante engenheiro mecânico, autodidata, especialista da área de climatização em Manaus, pela contribuição inestimável que prestou ao meu trabalho.

Ao Tadeu Alckmin, outro mineiro de Itajubá, mestre e doutorando em planejamento energético, competente engenheiro eletricitista, amigo desde a década de 90, com quem também já escrevi diversos trabalhos acadêmicos e que no início da minha jornada, quando as dificuldades pareciam ser intransponíveis, ajudou-me a prosseguir firmemente na concretização desta tarefa.

Ao Jackson Feijó, cearense de Limoeiro do Norte, engenheiro mecânico, dotado de inteligência privilegiada, amigo com quem há trinta e seis anos desempenho minhas atividades profissionais no setor elétrico brasileiro, pelo apoio na formatação da minha dissertação;

Aos amigos engenheiros eletricitas Willammy Frota e Camilo Cabral, respectivamente ex-presidente e ex-diretor técnico das empresas Manaus Energia -MESA e Companhia Energética do Amazonas - CEAM pelo apoio proporcionado, que foi de fundamental importância para que eu pudesse concluir esta dissertação.

À UNICAMP por ter ensejado que muitos professores da UFAM e profissionais liberais de Manaus, dentre os quais eu me incluo, tivessem tido a oportunidade de melhorar suas qualificações profissionais, contribuindo efetivamente com o progresso do Estado do Amazonas.

À UFAM e aos meus colegas professores do Departamento de Eletricidade da Faculdade de Tecnologia por terem permitido que eu me afastasse de minhas atividades docentes, o que possibilitou a conclusão vitoriosa desta missão.

Resumo

PAIXÃO e SILVA, Vladimir Freitas, Impactos da Redução do Consumo de Energia Elétrica em Manaus através de Medidas de Eficiência Energética em Climatização Residencial. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2008. 149p. Dissertação (Mestrado).

Esta dissertação tem como objetivo avaliar os impactos da redução do consumo de energia elétrica em Manaus através de medidas de eficiência energética em climatização residencial. A escolha da correta orientação geográfica, a pintura das paredes e dos telhados com cores claras, a inclusão de isolamento térmico EPS (Isopor) no forro, a inclusão de isolamento reflexivo por baixo do telhado e a abertura de áticos, foram medidas de eficiência energética aplicadas na residência do estudo de caso para avaliar a redução das cargas térmicas dos seus respectivos recintos internos (quartos). Outra medida de eficiência energética utilizada foi a substituição de condicionadores de ar do tipo janela de baixa eficiência por equipamentos de alta eficiência. As estimativas das cargas térmicas resultantes das aplicações das medidas de eficiência energética foram obtidas por meio da utilização do *software CARRIER E20-II, HAP*, v4.33., cuja licença de uso é encontrada à venda no mercado nacional. Definidas as cargas térmicas dos quartos, foram especificados os condicionadores de ar do tipo janela que seriam usados na climatização desses ambientes. O emprego combinado dessas medidas de eficiência energética permitiu que fossem quantificadas as respectivas economias de consumos e de redução de demanda de energia elétrica e seus efetivos impactos sobre o Sistema Manaus.

Palavras-Chave

Política energética, Conforto térmico, Energia elétrica consumo.

Abstract

PAIXÃO e SILVA, Vladimir Freitas, Impacts of Electric Energy Consumption Reductions in Manaus by Actions of Energy Efficiency in Home Climatization. Campinas: School of Mechanical Engineering, University of Campinas, 2008. 149p. Thesis for a Master of Science Degree.

This thesis aims to assess the impacts of electricity consumption reduction in Manaus through energy efficiency measures applied in home climatization. The choice of correct geographical orientation, walls and roofs painting with clear colors, the inclusion of thermal insulation EPS (Styrofoam) in the lining, the inclusion of reflective insulation under the roof, attic opening and closing, are energy efficiency measures applied in the case study residence to reduce the thermal loads on their respective rooms. Another efficiency measure used was the replacement of low efficiency window air-conditioners for high-efficiency ones. The resulting thermal loads from the application of these measures were obtained through the use of software CARRIER E20-II, HAP, v4.33., whose using license is found for sale on the domestic market. Defined the rooms thermal loads, the cooling capacities of the window air-conditioners were specified to be used in the cooling of these environments. The combined employment of these energy efficiency measures has allowed quantify their electric energy consumption economies and demand reductions and its impacts on the Manaus System.

Key words

Energy policy, Thermal confort, Electric power consumption

Sumário

Dedicatória -----	iv
Agradecimentos-----	v
Resumo-----	vii
Abstract -----	viii
Sumário -----	ix
Lista de Figuras -----	xiii
Lista de Tabelas-----	xiv
Abreviaturas -----	xvi
Capítulo 1: Introdução. -----	1
1.1. Considerações iniciais -----	1
1.2. Justificativa-----	4
1.4. Objetivo-----	6
1.3.1. Objetivos específicos -----	7
1.4. Estruturação do Trabalho-----	7
Capítulo 2: Revisão bibliográfica das normas e padrões de eficiência energética e apresentação das metodologias adotadas. -----	10
2.1. Introdução -----	10

2.2.	A evolução histórica da aplicação dos padrões de eficiência energética no mundo -	10
2.3.	Descrição do INMETRO, PROCEL e Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.	11
2.3.1.	INMETRO-----	11
2.3.2.	PROCEL-----	11
2.3.3.	Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE -----	13
2.4.	Políticas públicas brasileiras de eficiência energética-----	15
2.5.	Padrões de eficiência energética no mundo-----	17
2.6.	Desempenho Térmico de Edificações -----	18
2.7.	Desempenho térmico das edificações no Brasil-----	19
2.8.	Desempenho de eletrodomésticos no mundo-----	23
2.9.	Desempenho de condicionadores de ar no Brasil-----	26
2.10.	Código de Obras e de Edificações de Manaus -----	29
2.11.	Metodologia adotada-----	31
2.11.1.	Introdução -----	31
2.11.2.	Metodologia utilizada nas prospecções considerando a substituição de condicionadores de ar de baixa eficiência por equipamentos de alta eficiência-----	32
2.11.3.	Metodologia utilizada nas prospecções considerando a climatização de um quarto de uma residência com duas características construtivas diferentes. -----	32
Capítulo 3: Sistema elétrico da cidade de Manaus.-----		34
3.1.	Introdução -----	34
3.2.	Sistema de Geração -----	34
3.2.1.	O crescimento da demanda máxima e da expansão da oferta de suprimento---	35

3.2.2.	A entrada dos produtores independentes de energia – PIE-----	37
3.2.3.	Energia emergencial -----	38
3.2.4.	Situação do parque gerador do Sistema Manaus e a energia gerada em 2006--	40
3.2.5.	Índices operacionais da Manaus Energia em 2006 -----	43
3.2.6.	Perspectivas para o suprimento de energia elétrica ao sistema Manaus-----	43
3.3.	Sistema de Distribuição-----	43
3.3.1.	Descrição das principais características da classe residencial do Sistema Elétrico da cidade de Manaus. -----	49
3.4.	Caracterização do parque de condicionadores de ar do setor residencial de Manaus. -- -----	50
Capítulo 4:	Estudo de caso. -----	52
4.1.	Introdução -----	52
4.2.	Caracterização do clima de Manaus. -----	53
4.3.	Carta bioclimática de Manaus. -----	54
4.4.	Estimativas das cargas térmicas do estudo de caso-----	55
4.4.1.	Caracterização da residência do estudo de caso.-----	56
4.4.2.	Caracterização do programa da CARRIER E20-II HAP (Hourly Analysis Program) v4.33.-----	57
4.4.3.	Método de validação de programas de simulação energética de edificações BESTEST. -----	59
4.4.4.	Cálculos dos parâmetros térmicos da residência do estudo de caso, aplicando a Norma NBR15220.-----	61
4.4.5.	Parâmetro adotados nas simulações das cargas térmicas dos quartos da residência. -----	63
4.5.	Considerações sobre as estimativas de cargas térmicas-----	73

4.6. Comparações de transmitâncias térmicas das coberturas, obtidas de vários critérios de cálculo. -----	74
4.7. Considerações sobre as demandas e os consumos de energia elétrica. -----	75
Capítulo 5: Metodologias e Análise prospectiva dos impactos das medidas de eficiência energética no sistema Manaus. -----	76
5.1. Introdução.-----	76
5.2. Previsões das economias -----	76
5.2. Na substituição de condicionadores de ar de baixa eficiência por de alta eficiência.	76
5.3. Para a climatização do quarto Q1 quando da modificação das características da residência de (OEW; PM; FMD; AF; TM)-BE para (OEW; PC; FMDISOL; AF; TC)-AE. -----	80
6. Conclusões e recomendações. -----	85
6.1. Conclusões -----	85
6.2. Recomendações. -----	88
Referências bibliográficas -----	90
ANEXO I: Dados básicos considerados nas simulações. -----	107
ANEXO II: Cálculos dos parâmetros térmicos das paredes e dos telhados. -----	124
ANEXO III: Comparações de transmitâncias térmicas -----	126
ANEXO IV: Previsão Decenal do Sistema Manaus, período 2004 a 2018 -----	129

Lista de Figuras

Figura 2.3.2.	- Selo PROCEL de economia de energia	pg.13
Figura 2.7.	- Etiqueta PROCEL para eficiência energética de edificações	pg.22
Figura 2.9.	- Etiqueta PROCEL para condicionador de ar	pg.29
Figura 3.2.1.	- Ponta de Carga (PC), Potência Efetiva (PE) e Reserva de Geração (RG) do sistema Manaus, no período de 1962 a 2006	pg.36
Figura 3.3.1.	- Consumo por classe e nível de tensão da MESA, em dezembro de 2006	pg.48
Figura 4.3.	- Carta bioclimática de Manaus	pg.55
Figura 5.2.1.1.	- Consumos e economias de energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.	pg.77
Figura 5.2.1.2.	- Demandas e reduções de demanda dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.	pg.78
Figura 5.2.1.3.	- Custo operacional e economias de energia elétrica da Manaus Energia decorrentes da operação dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.	pg.79
Figura 5.2.1.4.	- Custo e economias de energia elétrica dos consumidores decorrentes da utilização dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.	pg.80
Figura 5.3.1.	- Consumos de energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência dos Quartos 1- alternativa 21, orientação geográfica Leste-Oeste, e dos dos condicionadores de alta eficiência para os Quartos 1- alternativa 14, orientação Leste – Oeste, das novas residências do setor residencial de Manaus.	pg.82
Figura 5.3.2.	- Demandas de energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência dos Quartos 1- alternativa 21, orientação geográfica Leste-Oeste, e dos dos condicionadores de alta eficiência para os Quartos 1- alternativa 14, orientação Leste – Oeste, das novas residências do setor residencial de Manaus.	pg.83
Figura 5.3.3.	- Custos e economias da energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência dos Quartos 1- alternativa 21, orientação geográfica Leste-Oeste, e dos dos condicionadores de alta eficiência para os Quartos 1- alternativa 14, orientação Leste – Oeste, das novas residências do setor residencial de Manaus.	pg.84

Lista de Tabelas

Tabela 2.9.1.	- Índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar de janela	pg.28
Tabela 3.2.4.1.	- Expansão do parque gerador 2006	pg.40
Tabela 3.2.4.2.	- Potência nominal instalada e energia gerada	pg.41
Tabela 3.2.4.3.	- Características das unidades geradoras do parque gerador da MESA em 2006	pg.42
Tabela 3.3.1.	- Consumo de energia por classe de consumo em 2006	pg.45
Tabela 3.3.2.	- Quantidade de ligações realizadas por tipo e por ano	pg.45
Tabela 3.3.3.	- Número de consumidores ativos com ligação monofásica	pg.45
Tabela 3.3.4.	- Número de consumidores por classe, nível de tensão e situação cadastral, em dezembro de 2006	pg.46
Tabela 3.3.5.	- Consumo por classe, nível de tensão e situação cadastral, em dezembro de 2006	pg.47
Tabela 3.4.1.	- Caracterização dos condicionadores de ar do setor residencial de Manaus	pg.50
Tabela 4.4.4.1.	- Comparativos dos parâmetros térmicos da NBR15220 com os da residência em estudo	pg.62
Tabela 4.4.4.2.	- Comparativos entre as relações A da residência com as da NBR 15220, para a Zona 8	pg.63
Tabela 4.4.5.1.	- Resumo das simulações de estimativas de cargas térmicas na orientação Leste - Oeste	pg.65
Tabela 4.4.5.2.	- Resumo das simulações de estimativas de cargas térmicas na orientação Norte - Sul	pg.66
Tabela 4.4.5.3.	- Estimativas das cargas térmicas crescentes do Quarto 1 da residência em estudo, na orientação geográfica longitudinal Leste – Oeste, de diferentes características construtivas	pg.67
Tabela 4.4.5.4.	- Estimativas das cargas térmicas crescentes do Quarto 2 da residência em estudo, na orientação geográfica longitudinal Leste – Oeste, de diferentes características construtivas	pg.68
Tabela 4.4.5.5.	- Estimativas das cargas térmicas crescentes do Quarto 3 da residência em estudo, na orientação geográfica longitudinal Leste – Oeste, de diferentes características construtivas	pg.69
Tabela 4.4.5.6.	- Estimativas das cargas térmicas crescentes do Quarto 1 da residência em estudo, na orientação geográfica longitudinal Norte – Sul, de diferentes características construtivas	pg.70

Tabela 4.4.5.7.	- Estimativas das cargas térmicas crescentes do Quarto 2 da residência em estudo, na orientação geográfica longitudinal Norte – Sul, de diferentes características construtivas	pg.71
Tabela 4.4.5.8.	- Estimativas das cargas térmicas crescentes do Quarto 3 da residência em estudo, na orientação geográfica longitudinal Norte – Sul, de diferentes características construtivas	pg.72
Tabela 4.5.1.	- Características específicas do mercado de condicionadores de ar	pg.74

Abreviaturas

ABAGAS	- Associação Brasileira de Aquecimento a Gás
ABILUX	- Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
ABINEE	- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABEER	- Associação Brasileira de Empresas de Energia Renovável
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVA	- Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
AE	- Alta Eficiência
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	- Agência Nacional do Petróleo
ASHRAE	- <i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
BE	- Baixa Eficiência
BEN	- Balanço Energético Nacional
BESTEST	- <i>Building Energy Simulation Test</i>
BTU	- <i>British Thermal Unit</i>
CAEMA	- Projeto de Substituição de Condicionadores de Ar, Energia e Meio Ambiente
CBEE	- Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial
CCC	- Conta de Consumo de Combustíveis.
CCC – Isol	- Conta de Consumo de Combustíveis dos Sistemas Isolados
CELPA	- Centrais Elétricas do Pará
CEM	- Companhia de Eletricidade de Manaus
CGE	- Ceará Comercializadora de Energia
CERON	- Centrais Elétricas de Rondônia
CGIEE	- Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CGIEE	- Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética
CLASP	- <i>Collaborative Labelling and Appliance Standards Program</i>
CONMETRO	- Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CONPET	- Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CT– Energ	- Fundo Setorial de Energia
DEC	- Duração Equivalente de Interrupções por Consumidor
DEMHAB	- Departamento Municipal de Habitação de Porto Alegre
DOE	- <i>USA Department of Energy</i>
ELETOBRÁS	- Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELETRONORTE	- Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
ELETROS	- Associação Nacional dos Fabricantes de Produtos Eletro-Eletrônicos

ENCE	- Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
EPS	- Poliestireno Expandido
EUA	- Estados Unidos da América
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
FEC	- Frequência Equivalente de Interrupções por Consumidor
GG	- Grupo Gerador
GLD	- Gerenciamento pelo Lado da Demanda
GTON	- Grupo Técnico Operacional da Região Norte
GWh	- Gigawatthora
HAP	- <i>Hourly Analysis Program</i>
HIS	- Habitação de Interesse Social
HVAC	- <i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	- Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços
IEE	- Índice de Eficiência Energética
IMEE	- Índice Mínimo de Eficiência Energética
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INPM	- Instituto Nacional de Pesos e Medidas
LabEEE	- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC
LEED	- <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LT	- Linha de Transmissão
MAE	- Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MCT	- Ministério da Ciência e Tecnologia
MDIC	- Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MCE	- Medida de Conservação de Energia
MESA	- Manaus Energia S.A.
MEPS	- <i>Minimum Energy Performance Standards</i>
MME	- Ministério de Minas e Energia
MW	- Megawatt
MWh	- Megawatthora
NBR	- Norma Brasileira
N Isol	- Sistema Norte Isolado
NREL	- <i>National Renewable Energy Laboratory</i>
OCDE	- Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECD	- <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
PETROBRÁS	- Petróleo Brasileiro S.A.
PBE	- Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIE	- Produtor Independente de Energia Elétrica
PIR	- Planejamento Integrado de Recursos
PNE	- Plano Nacional de Energia
PROCEL	- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SE	- Subestação
SEB	- Sistema Elétrico Brasileiro
SEE	- Secretaria de Energia do MME

SIN	- Sistema Interligado Nacional
SINMETRO	- Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
SPE	- Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético
TBS	- Temperatura de Bulbo Seco
TBU	- Temperatura de Bulbo Úmido
TMA	- Tempo Médio de Atendimento
TR	- Tonelada de Refrigeração
TRY	- <i>Try Reference Year</i>
UC	- Unidade Consumidora
UFAM	- Universidade Federal do Amazonas
UR	- Umidade Relativa
USFC	- Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	- Usina Hidrelétrica
UNEP	- <i>United Nations Enviromental Programe</i>
UNICAMP	- Universidade Estadual de Campinas
USGBC	- <i>US Green Building Council</i> (ONG)
UTE	- Usina Termelétrica
UTM-1	- Usina Termelétrica I
UTM-2	- Usina Termelétrica II
WWF-Brasil	- ONG Ambiental Brasileira
ZFM:	- Zona Franca de Manaus

Capítulo 1: Introdução.

Com a intenção de sugerir um cenário propício tanto à eficiência energética como à economia de energia no âmbito do planejamento - cenário esse que se enquadra adequadamente no escopo desta tese -, o presente capítulo propõe a utilização da ferramenta denominada Planejamento Integrado de Recursos a ser utilizada na elaboração do planejamento energético do sistema isolado¹ brasileiro, onde Manaus está incluída. Com a aplicação desta ferramenta é dada ênfase aos usos finais, à eficiência energética, à questão ambiental e à decisão participativa de todos os atores afetados (REIS et al., 2005). São relatadas a seguir considerações feitas por especialistas em planejamento energético quanto a relevância da avaliação integrada das ações do aumento da eficiência energética e da conservação da energia, e que, para atingir este objetivo, é de fundamental importância o uso do Planejamento Integrado de Recursos – PIR em conjunto com programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda – GLD. Em seguida destacam-se as justificativas que motivaram a realização deste trabalho e seus principais objetivos. Finaliza-se com a descrição da estruturação adotada, bem como do desenvolvimento dos capítulos.

1.1. Considerações iniciais

O planejamento do setor energético nacional de acordo com a Lei nº10.847 (BRASIL, 2004a), regulamentada pelo Decreto nº5.184 (BRASIL, 2004b), é de responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Já o Decreto nº5.267 (BRASIL, 2004c), no Artigo 9º do seu Anexo I, “ESTRUTURA REGIMENTAL DO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA”, definiu que à Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE do MME compete

¹ Sistema isolado é o conjunto de instalações responsável pelo suprimento de energia elétrica à uma determinada área de influência, isolada eletricamente de outras. (Notas de aulas da cadeira “Centrais Elétricas”, ministrada pelo autor desta dissertação, docente do Departamento de Eletricidade da Faculdade de Tecnologia da UFAM).

assegurar a integração intersetorial no âmbito do Ministério e coordenar os estudos de planejamento energético setorial.

O planejamento da expansão da oferta de energia elétrica de Manaus, na opinião do autor desta tese, não tem levado em consideração qualquer iniciativa que considere a aplicação de medidas de atuação pelo lado da demanda, de maneira a melhor utilizar esta oferta. O autor faz esta afirmação baseado na sua experiência de mais de 36 anos como técnico do setor elétrico, período no qual vivenciou os processos que foram aplicados no planejamento do atendimento ao suprimento da demanda do mercado desta cidade.

Camargo (1996) explica que a questão energética precisa trilhar novos caminhos para que possa incorporar ao planejamento do setor elétrico a nova realidade social, econômica e política do país, principalmente no que tange à busca do uso mais eficiente da energia. Desta forma o emprego de programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), integra efetivamente o consumidor ao processo de utilização mais eficiente dos recursos disponíveis.

Jannuzzi e Swisher (1997) comentam que “O dramático aumento do preço do petróleo dos anos 70, combinado com os aumentos das taxas internacionais de juros, repentinamente terminaram com a era de energia barata, levando a um questionamento do modelo de desenvolvimento adotado até então.” Esses fatos começaram a exigir que o atendimento das necessidades de energia elétrica das populações dos países fosse feito de maneira mais barata e com menor impacto ambiental.

Jannuzzi e Swisher (1997) também definem Planejamento Integrado de Recursos como sendo um processo de planejamento que “Combina opções de tecnologia de oferta de eletricidade e de melhorias de eficiência energética, incluindo opções de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), para prover serviços de energia a menores custos (incluindo custos sociais e ambientais)”.

Pompermayer (2000) sugere que de acordo com a nova ótica de planejamento (Planejamento Integrado de Recursos – PIR), na qual são otimizadas as opções de suprimento, há também a racionalização do uso final, na qual é de fundamental importância uma análise detalhada da demanda, para permitir uma avaliação das possibilidades de melhorias da eficiência energética.

Campos (2004) enquadraria a utilização de condicionadores de ar de alta eficiência considerada nesta tese, no programa de GLD denominado de “Melhora de performance de equipamentos com a possibilidade da utilização de equipamentos de alta eficiência energética”, que poderia reduzir o valor das contas de energia elétrica dos consumidores e disponibilizar mais energia para outros serviços.

Campos (2004) ressalta ainda que as crises do petróleo dos anos 70 ocasionaram um aumento drástico no custo da energia aliado à imprevisibilidade da oferta e ao alto custo do capital, o que alterou dramaticamente a economia das empresas. Isto fez com que, nos países industrializados, a indústria de eletricidade começasse a procurar outros caminhos alternativos à tradicional visão de provimento pela oferta, tendo sido vislumbrado então um profícuo campo de trabalho no lado da demanda. Este mesmo autor afirma ainda que o Gerenciamento pelo Lado da Demanda - GLD, mais do que um campo separado de estudo, tem que ser considerado num contexto de Planejamento Integrado de Recursos, o que já acontece nos países industrializados.

Frota (2004) comenta que a atual sistemática de planejamento adotada no setor elétrico para os sistemas isolados, notadamente na Amazônia, não consegue responder às reais necessidades energéticas regionais, em função de falhas estruturais no planejamento, pois o mesmo não prevê uma integração com os planejamentos em âmbito nacional, estadual e municipal. Ao justificar esta afirmação Frota (2004) observa que historicamente todos os planos estruturais e conjunturais do setor elétrico sempre foram elaborados pelo próprio setor, com pouca integração com o planejamento nacional, o que tem contribuído fortemente para a atual e grave situação dos sistemas isolados. Justifica ainda que o conceito de Planejamento Integrado de Recursos – PIR, contemplando um processo que permite a interação dos diversos agentes envolvidos, a busca da otimização permanente dos recursos disponíveis, a difusão de fontes renováveis e a conservação de energia, seria bem vindo nos sistemas isolados.

Lovelock (2006) afirma que “... Sou um verde, e seria classificado entre eles, mas acima de tudo sou um cientista. Por isso, rogo aos meus amigos verdes que repensem sua crença ingênua no desenvolvimento sustentável e na energia renovável. E que poupar energia é tudo que precisa ser feito”.

Lamentavelmente, como comenta Goldenberg (2008), o Plano Nacional de Energia - 2030 (PNE-2030) recentemente lançado pela EPE, faz hipóteses sobre o crescimento econômico e tenta derivar daí as quantidades de energia que serão necessárias para sustentar este crescimento, desconsiderando que é possível haver crescimento econômico utilizando menos energia. O mesmo autor julga inadequado o fato de que este procedimento ignora dois fatores que outros países consideram de importância fundamental: que o bem estar da população não se mede apenas pelo crescimento econômico, e, que a utilização mais eficiente da energia pode conduzir aos mesmos efeitos que se desejam, com menos consumo.

Santos et al. (2008) comentam que as estimativas do PNE-2030 (década de 2007 a 2016) subestimam o potencial de conservação e eficiência energética e a participação de fontes renováveis na matriz energética nacional. Estes autores citam também o fato de que, por um cenário criado pelo *Greenpeace* e que foi friamente ignorado pela EPE, a eficiência energética poderia reduzir o consumo de energia no país em até 29% no ano de 2050. Ressaltam ainda que a EPE ignorou os bons exemplos do próprio governo federal tal como o PROCEL, que com um investimento de R\$850milhões, ou 12% dos R\$7bilhões estimados para construir Angra III, economizou 5.124MW, o equivalente a quatro vezes a potência de Angra III - que é de 1.300MW.

Seria de fundamental importância a implementação de ações energéticas e contínuas das concessionárias dos sistemas isolados da Região Norte no sentido de reduzir os elevados índices de perdas globais que ocorrem nestes sistemas (que poderiam ser enquadradas como medidas de efficientização energética), pois permitiria a disponibilização de mais energia elétrica para o atendimento dos respectivos mercados, postergando-se, como consequência, a construção de novas usinas, subestações e linhas de transmissão.

1.2. Justificativa

A cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, tinha uma população de 1.609.833 (um milhão, seiscentos e nove mil, oitocentos e trinta e três) habitantes em 2006 – conforme dados divulgados pela Área de Mercado da Manaus Energia (MESA) –, atendida por um sistema

hidrotérmico isolado² gerenciado por aquela empresa, cujo consumo de energia elétrica foi de 3.421GWh.

O Sistema Manaus demandou, no ano de 2006, 44% de toda a energia elétrica consumida pelo sistema isolado brasileiro. Deste percentual, há predominância da geração em base térmica, que corresponde a 77% de toda a energia elétrica gerada. Este tipo de geração de energia utilizou fontes não renováveis à base de combustíveis derivados de petróleo, acarretando o consumo contínuo desses insumos bem como a convivência com impactos ambientais consideráveis, decorrentes das emissões associadas de gases de efeito estufa.

De acordo com EPE (2006) o Sistema Isolado Brasileiro, do qual Manaus faz parte, foi responsável ao longo de 2006 pelo consumo de 7.413GWh, correspondendo a 2% de toda energia elétrica consumida no Sistema Elétrico Brasileiro - SEB; Manaus foi responsável por aproximadamente 1% de todo o consumo do SEB.

Os sistemas isolados da região norte, têm sua energia elétrica suprida principalmente por meio de usinas termelétricas que queimam combustíveis fósseis, representando um pesado ônus para todos os consumidores brasileiros que pagam nas suas contas de energia elétrica o subsídio denominado Conta Consumo de Combustíveis - CCC³. O valor da CCC (considerando somente combustível e ICMS), para os sistemas isolados, estava previsto atingir no ano de 2006 a quantia de R\$4.244.191.744,12 (quatro bilhões, duzentos e quarenta e quatro milhões, cento e noventa e um mil, setecentos e quarenta e quatro reais e doze centavos). Deste total, o subsídio ao Sistema Manaus seria no valor de R\$1.808.083.585,64 (um bilhão, oitocentos e oito milhões, oitenta e três mil, quinhentos e oitenta e cinco reais e sessenta centavos). Portanto o combustível consumido pelas plantas da Manaus Energia e dos Produtores Independentes de Energia – PIE de Manaus, corresponde à 43% da cota da CCC de 2006, conforme ELETROBRÁS (2004a).

² Sistema hidrotérmico isolado é um sistema isolado no qual a geração de energia elétrica provém tanto de usinas hidrelétricas como de usinas termelétricas (Notas de aula da cadeira “Centrais Elétricas”, ministrada pelo autor deste trabalho);

³ A Conta Consumo de Combustível - CCC é destinada a equalizar os custos da geração termelétrica dos sistemas isolados com os custos do sistema interligado, por meio do subsídio do consumo de combustível adicional. Os sistemas isolados são indicados pelo Grupo Técnico Operacional da Região Norte – GTON, e tem como contribuintes todas as concessionárias do país que atendem a consumidores finais.

Vale ressaltar que as taxas de crescimento do mercado do Sistema Manaus sempre foram superiores às taxas de crescimento do mercado brasileiro como um todo. A taxa de crescimento do Sistema Manaus foi de 4% em 2006 relativamente ao ano de 2005, sendo que, no mesmo período, o mercado do BRASIL cresceu 3,8%, conforme EPE (2007).

Como dado ilustrativo Spalding (2005) concluiu que o valor despendido com a CCC em 2004 onerou cada MWh consumido no país em R\$10,80.

Em Manaus, de acordo com levantamentos realizados por Jannuzzi et al. (1999) no ano de 1997, a climatização (condicionamento de ar e ventilação artificial) representava 40,3% (sendo o condicionamento de ar responsável por 29,5% e a ventilação artificial por 10,8%) do consumo de energia elétrica do setor residencial da cidade. Se acrescentarmos ao consumo de climatização o que é consumido com refrigeração (geladeira e freezer), apenas estes dois usos finais foram responsáveis por 2/3 do consumo total do setor residencial.

Os dados acima ressaltam que a climatização (condicionamento de ar) representa uma parcela considerável do consumo de energia elétrica do setor residencial de Manaus (aproximadamente 30%). Logo, obter-se-ia economia de energia elétrica na climatização dessas residências se fossem adotadas medidas para a redução das cargas térmicas dos ambientes internos e utilizados condicionadores de ar de alta eficiência nas residências.

Todas as medidas de conservação de energia que pudessem ser adotadas trariam como consequência a redução do consumo de combustíveis fósseis do Sistema Manaus, mitigando os impactos ambientais resultantes da operação das usinas termelétricas, além de contribuir com a diminuição do subsídio da conta CCC ao Sistema Manaus, atenuando este ônus das contas de energia elétrica dos consumidores brasileiros.

1.4. Objetivo

Esta dissertação tem como objetivo principal indicar os impactos da redução do consumo de energia elétrica consequente da aplicação de medidas de eficiência energética em climatização residencial no Sistema Manaus, pelo emprego de medidas de conservação de energia elétrica, tais como: utilização de condicionadores de ar do tipo janela de alta eficiência e a redução da carga

térmica dos recintos internos das edificações. Para a redução da carga térmica dos ambientes internos das residências foram adotadas as seguintes medidas de conservação de energia: a escolha da correta orientação geográfica longitudinal das residências, a pintura das paredes com cores claras, a colocação de isolamento térmico no forro, a inclusão de isolamento reflexivo por baixo do telhado e a abertura de áticos.

1.3.1. Objetivos específicos

1. Foram simulados vários arranjos de uma residência em estudo com diferentes orientações geográficas e diversas características construtivas, com o intuito de selecionar as configurações que apresentassem as menores cargas térmicas de seus ambientes internos (seus quartos). Na climatização desses ambientes empregaram-se condicionadores de ar do tipo janela de alta eficiência, o que permitiu a obtenção do menor consumo de energia elétrica ao longo de toda a vida útil da edificação.

Para o cálculo das estimativas das cargas térmicas dos ambientes da residência em estudo utilizou-se um programa de simulações da *CARRIER* denominado de *E20-II HAP (Hourly Analysis Program)* v4.33. Este programa foi empregado para realizar as simulações desta dissertação por estar disponível em Manaus e já ter sido utilizado no cálculo de cargas térmicas em vários projetos de condicionamento de ar de empreendimentos na cidade.

2. O presente trabalho também tenciona motivar o poder público municipal de Manaus a revisar o atual código de obras, para enquadrá-lo às normas da ABNT vigentes, e, considerar a aplicação das medidas de conservação de energia aqui estudadas e sugeridas, na melhoria do conforto térmico ambiental e na conservação de energia elétrica em climatização destas edificações. Com esse propósito serão realizadas projeções de energia/demanda residencial para avaliar os impactos das medidas propostas.

1.4. Estruturação do Trabalho

Para melhor ilustrar o escopo, conteúdo e a estruturação deste trabalho serão abordados a seguir as questões discutidas em cada um dos capítulos e quatro anexos, conforme descrito a seguir:

1. Capítulo 1 – Neste capítulo são feitas algumas considerações sobre o planejamento energético dos sistemas isolados brasileiros - em particular do Sistema Manaus -, e descrevem-se a justificativa, o objetivo e a estrutura da dissertação.

2. Capítulo 2 – É elaborada uma revisão bibliográfica da evolução dos programas de eficiência energética tanto para eletrodomésticos como para edificações, suas implantações no mundo e no Brasil. Descrevem-se a seguir o PROCEL, o INMETRO e o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE. Apresenta-se também a legislação brasileira específica. Avalia-se ainda o código de obras do município de Manaus com relação às normas vigentes relativas ao desempenho térmico de edificações. Apresentam-se também a metodologia empregada para a realização das prospecções;

3. Capítulo 3 – É feito um breve histórico do Sistema Elétrico de Manaus, contemplando o período desde a criação da Companhia de Eletricidade de Manaus – CEM até o ano de 2006, com a participação dos produtores independentes PIE na geração de energia elétrica da cidade. Faz-se uma análise do crescimento da demanda e dos respectivos custos associados à geração de energia elétrica. É exposta de forma sucinta uma descrição do sistema de distribuição de energia elétrica existente na cidade de Manaus. Discrimina-se a participação de cada setor no consumo na demanda total do sistema elétrico em referência, tendo como cenário específico o ano de 2006, dando-se enfoque e destaque especial às características intrínsecas do setor residencial. Calculam-se os consumos de combustível e as demandas de energia elétrica baseadas nos dados do Mercado Ciclo 2008;

4. Capítulo 4 - Neste capítulo é elaborada uma caracterização do clima de Manaus, apresentando-se sua carta bioclimática. Evidencia-se ainda a residência a ser analisada no estudo de caso e o programa de cálculo de cargas térmicas da *CARRIER* denominado de *E20-II HAP (Hourly Analysis Program)* v4.33. Apresentam-se os resultados das simulações dos ambientes selecionados da residência considerada no estudo de caso realizadas pelo programa, considerando-se as variações da orientação geográfica e das características construtivas; procura-se, com o intuito de atingir o menor consumo de energia elétrica, compatibilizar a menor carga térmica com a opção da utilização de condicionador de ar de janela eficiente, para climatizar estes ambientes. Comparam-se também os parâmetros térmicos da residência em estudo com os parâmetros estabelecidos pela NBR15220;

5. Capítulo 5 –São feitas as prospecções das reduções do consumo de energia elétrica para os casos das substituições dos condicionadores tipo janela de baixa eficiência de 7.000, 7.500 e 10.000 Btu/h por equipamentos similares de alta eficiência, bem como da aplicação de outras medidas de conservação de energia que poderiam ser adotadas para as novas residências e na reabilitação das antigas. São calculados também o impactos da aplicação dessas medidas no Sistema Manaus;
6. Conclusões e recomendações;
7. ANEXO I – Tabelas apresentando todos os dados básicos considerados nas simulações;
8. ANEXO II – Tabela discriminando os cálculos dos parâmetros térmicos da residência em estudo;
9. ANEXO III – Tabela comparando transmitâncias térmicas;
10. ANEXO IV – Dados da Previsão Decenal do Sistema Manaus, ciclo 2008.

Capítulo 2: Revisão bibliográfica das normas e padrões de eficiência energética e apresentação das metodologias adotadas.

2.1. Introdução

Neste capítulo foi elaborada uma revisão bibliográfica visando ressaltar a importância da implantação de políticas públicas, normas e padrões de eficiência energética, principalmente aqueles relacionados à eficiência energética dos eletrodomésticos e das edificações, para a redução do consumo de energia elétrica na climatização dos recintos internos das edificações. Descrevem-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem, do INMETRO, do PROCEL e normas brasileiras de eficiência energética. Faz-se uma avaliação do código de obras do município de Manaus com relação às normas vigentes e são expostas as metodologias utilizadas no presente trabalho.

2.2. A evolução histórica da aplicação dos padrões de eficiência energética no mundo

De acordo com CLASP (2004a), acredita-se que os primeiros padrões mínimos obrigatórios de eficiência energética foram instituídos pela Polônia em 1962, para equipamentos industriais. O governo francês adotou padrões para refrigeradores em 1966 e para freezers em 1978. Outros governos europeus e a Rússia introduziram, nas décadas de 60 e 70, legislação obrigatória sobre eficiência energética, com programas de desempenho e de etiquetas informativas. A maior parte dessa legislação era deficiente e foi implementada com falhas, o que concorreu para que essas medidas tivessem ocasionado impactos desprezáveis no consumo de energia elétrica dos eletrodomésticos, tendo sido revogadas entre o final de 1970 e começo de 1980, para permitir a harmonização das regras do mercado comum europeu; foram os padrões de eficiência energética introduzidos em 1976 pelo estado da Califórnia - USA, os primeiros que realmente afetaram os fabricantes e reduziram de forma significativa o consumo de energia. Esses padrões iniciaram sua vigência em 1977, tendo sido seguidos pela implantação de padrões

nacionais que começaram a vigorar a partir de 1988; no começo do ano 2000, 43 governos de países do mundo (incluindo 15 países membros da União Européia) adotaram pelo menos um padrão obrigatório de eficiência energética. Em 2004 este número aumentou para 55 países.

2.3. Descrição do INMETRO, PROCEL e Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.

O INMETRO, o PROCEL e o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, são alguns dos órgãos e programa responsáveis pela condução das políticas públicas de eficiência energética no Brasil e são descritos resumidamente a seguir:

2.3.1. INMETRO

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO foi criado pela Lei 5.966, de 11 de dezembro de 1973 (BRASIL, 1973). Coube-lhe a missão de substituir o então Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), ampliando significativamente o seu raio de atuação a serviço da sociedade brasileira, fortalecendo as empresas nacionais, aumentando a sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços. O INMETRO é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior, que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO), colegiado interministerial que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO).

2.3.2. PROCEL

O principal objetivo do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - é a conservação de energia elétrica tanto do lado da oferta como do lado da demanda, concorrendo para a melhoria da qualidade de produtos e serviços, eliminando os desperdícios e reduzindo os custos e investimentos setoriais, mitigando os impactos ambientais e fomentando a criação de novos empregos. O PROCEL foi criado em dezembro de 1985 pelos Ministério de Minas e Energia e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, e é gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à ELETROBRÁS. Em 18 de julho de 1991, o PROCEL foi transformado em programa de governo, tendo sido aumentadas suas abrangência e responsabilidade.

Em seus 20 anos de existência o PROCEL já economizou 22 bilhões de quilowatt-hora (kWh), o que corresponde ao consumo do estado da Bahia durante um ano, ou o consumo equivalente de 13 milhões de residências nesse mesmo período. O investimento realizado nas duas décadas (1986 a 2006) corresponde a aproximadamente R\$855 milhões, o que proporcionou investimentos postergados no sistema elétrica brasileiro da ordem de R\$15 bilhões, de acordo com a ELETROBRÁS⁴. Conforme esta mesma fonte o PROCEL, aplicando investimentos no montante de aproximadamente R\$971 milhões, economizou, em 20 anos, 24,6GWh de energia, tendo reduzido a ponta de carga do Sistema Elétrico Brasileiro de 5.900MW, além de ter evitado a construção de usina com potência equivalente a 6.600MW, e postergado investimentos no montante de R\$17 bilhões.

O “Selo PROCEL” ou “Selo PROCEL de Eficiência Energética” tem como objetivos: orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos com melhores níveis de eficiência energética dentro de suas categorias; e, estimular a comercialização dos produtos mais eficientes, contribuindo, desta maneira, para o desenvolvimento tecnológico e com a redução dos impactos ambientais. Foi instituído através do decreto presidencial de 08 de dezembro de 1993, sendo um produto desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia - PROCEL concedido anualmente aos equipamentos que apresentam os melhores índices de eficiência energética, normalmente caracterizados pela faixa “A” da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE. A ENCE tem a missão de informar a eficiência energética de alguns produtos segundo padrões brasileiros e/ou internacionais específicos, e verificar se a medição dessa eficiência está sendo feita pelo fabricante de forma contínua e segundo parâmetros e valores de ensaios de aferição e controle pré-estabelecidos; para ser contemplado com o Selo PROCEL, o equipamento é submetido a testes de desempenho em ensaios específicos realizados em laboratórios idôneos indicados pelo PROCEL. A adesão dos fabricantes ao Selo PROCEL é voluntária; o PROCEL ainda estabelece metas de conservação de energia que são levadas em conta no planejamento do setor elétrico. Dentre essas metas, destacam-se: a redução de perdas técnicas das concessionárias, a racionalização do uso da energia elétrica e o aumento da eficiência energética em aparelhos

⁴ Disponível no site: <http://www.eletronbras.com.br/elb/portal/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm> ; acesso em 20/06/2008;

elétricos.

Segue abaixo Figura 2.3.2. com o modelo do selo PROCEL de eficiência energética.



Figura 2.3.2. Selo PROCEL de economia de energia

Fonte: PROCEL

2.3.3. Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE

O Programa Brasileiro de Etiquetagem e Selos para equipamentos energeticamente eficientes é de caráter voluntário, e tem obtido relativo sucesso na área de eficiência energética, contando sempre com a parceria do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL e do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO.

A etiquetagem no Brasil foi iniciada na década de 1980, logo depois do segundo choque do petróleo, com a criação do primeiro programa de etiquetagem, para a medição da eficiência energética dos veículos movidos à gasolina e a álcool, pelo INMETRO - CONPET⁵;

O Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, que promove a eficiência de equipamentos por meio de etiquetagem é decorrente do protocolo de cooperação firmado em 1984 pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, com a interveniência do Ministério das Minas e Energia – MME. É um programa desenvolvido com a adesão voluntária dos fabricantes que atua através de etiquetas informativas, contando com a parceria da ELETROBRÁS através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, e da PETROBRÁS, através do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET. Além do mais, o PBE incentiva a melhoria contínua do desempenho dos equipamentos e estimula a competitividade do mercado.

No caso específico dos condicionadores de ar, o PBE é conduzido pelo PROCEL, ficando o INMETRO com a responsabilidade de verificar os dados dos fabricantes. Em recente levantamento, o PROCEL (critérios 2008) concluiu são fabricados no país 149 modelos de condicionadores de ar do tipo janela, sendo que 77 (43%) desses modelos possuem classificação A, e, 37 (25%) classificação B.

Participam do Programa Brasileiro de Etiquetagem:

1. Órgãos públicos: MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, MME - Ministério de Minas e Energia, INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, CONPET - Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural, PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A, ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A., ANP – Agência Nacional do Petróleo e ANEEL –

⁵ Disponível em: http://www.conpet.gov.br/noticias/noticia.php?segmento=&id_noticia=848# , acessado em 15/06/2006;

Agência Nacional de Energia Elétrica;

2. Entidades empresariais privadas: ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Eletro e Eletrônica, ELETROS - Associação Nacional dos Fabricantes de Produtos Eletro-Eletrônicos, ABILUX - Associação Brasileira da Indústria de Iluminação, ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento, ABEER - Associação Brasileira de Empresas de Energia Renovável e Eficiência Energética e ABAGAS - Associação Brasileira de Aquecimento a Gás.

2.4. Políticas públicas brasileiras de eficiência energética

Em 1984 foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), que fornece informações sobre o consumo de energia de aparelhos eletrodomésticos e aparelhos eletrodomésticos a gás, classificando-os em níveis de acordo ao seu consumo que vão da letra “A” (menor consumo, maior eficiência) até a letra “E” (maior consumo, menor eficiência) através de etiquetas informativas, sendo que cada linha de eletrodoméstico possui a sua própria etiqueta, de acordo com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações⁶ (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Em 24 de julho de 2000, foi promulgada a Lei nº 9.991 (BRASIL, 2000) que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Esta lei estabeleceu a aplicação de, pelo menos, 0,25% da Receita Operacional Líquida das concessionárias de distribuição de energia elétrica em programas de eficiência energética; conforme Zimmermann (2006) foram investidos em programas de eficiência energética, com recursos advindos das receitas de 64 distribuidoras no BRASIL, no período de 1998 a 2005, um total de R\$ 1.362.000.000,00, tendo proporcionado uma economia de energia de 4.635GWh, e, a retirada de uma demanda de 1.395MW da ponta de carga do

⁶ Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/pos-graduacao/ecv_4247/aula%2011%20%20politicas_Publicas.pdf, acessado em 06 de novembro de 2008.

sistema brasileiro.

Em 17 de outubro de 2001 foi publicada a Lei 10.295 (BRASIL, 2001a) sobre eficiência energética, determinando o estabelecimento de níveis máximos de consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética para os equipamentos fabricados ou comercializados no país, com base em indicadores técnicos; essa lei também prevê que sejam desenvolvidos mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações; em 19 de dezembro de 2001 foi publicado o Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b) que regulamenta a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001a), e no seu Artigo 3º estabelece a competência do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE para instituir os indicadores e os níveis de eficiência energética, sob a coordenação do Ministério das Minas e Energia – MME. É decretado também no seu Art.1º que:

“Os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como das edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste Decreto, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia.”.

O Art.15 do Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b) estabelece que compete também ao Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações do país propor ao CGIEE:

- I – a adoção de procedimentos para a avaliação da eficiência energética das edificações;
- II – indicadores técnicos referenciais do consumo de energia das edificações para certificação de sua conformidade em relação à eficiência energética; e,
- III – requisitos técnicos para que os projetos de edificações a serem construídas no país, atendam os indicadores mencionados no item anterior.

O Ministério das Minas e Energia - MME, aprovou a “Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” metodologia que será aplicada na certificação dessas edificações , como fruto do esforço de todos os agentes signatários, com o relevante suporte técnico proporcionado ao MME pelo PROCEL EDIFICA e pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC. Esta regulamentação faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem, conduzido pelo INMETRO,

será implantada de forma gradual à partir do primeiro semestre de 2009 em caráter voluntário, passando a caráter obrigatório, após cinco a sete anos de vigência, tanto para edificações novas como aquelas submetidas a retrofit⁷ (PROCEL Eletrobrás, 2008).

No rol destas políticas cabe ainda ressaltar a criação do programa PROCEL, com o objetivo de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e investimentos setoriais, e, do Selo PROCEL, que é outorgado aos eletrodomésticos com melhor eficiência energética: classificação “A” no Programa Brasileiro de Etiquetagem; e no âmbito da ABNT, as publicações das Normas NBR15220 e 15575, referentes ao desempenho energético de edificações.

2.5. Padrões de eficiência energética no mundo

Wiel (2005) cita que a implantação de programas de padronização e de etiquetagem de eficiência energética pode ajudar os países a cumprir com os objetivos dos protocolos de mudanças climáticas, por diminuir as emissões de carbono, ao ser reduzido o consumo de energia elétrica. Por exemplo, pela aplicação da padronização de eletrodomésticos atualmente vigendo nos Estados Unidos, estima-se diminuir as emissões do setor residencial de 9% entre 1999 e 2020; do mesmo modo, ao se reduzir o consumo de energia nas edificações, reduz-se também a taxa de emissões de carbono, de dióxido de enxofre, de óxidos de nitrogênio, de material particulado, de outros gases tóxicos e de aerossóis provenientes das usinas termelétricas.

De acordo com Moisan (2006), as motivações atuais para concretizar os programas de eficiência energética são: a instabilidade do mercado mundial do petróleo, o aquecimento global e as questões pós Quioto, e, a escassez de recursos para a expansão do suprimento de energia em países em desenvolvimento. Este pesquisador relata ainda que a etiquetagem dos eletrodomésticos e a imposição de obrigações de eficiência energética para os fornecedores de energia, são exemplos das melhores práticas adotadas mundialmente com relação a medidas e políticas de eficiência energética.

⁷ Retrofit significa requalificar uma edificação existente, sob o ponto de vista de modernizá-la;

Meiriño (2006) cita que a França entre 1973 e 1989 obteve uma economia de 42% de energia elétrica no setor de edificações, ao implantar uma legislação que visava o uso racional deste insumo neste setor. O modelo francês foi prontamente adotado em toda a Europa; no início de 1990 o EUA tornou obrigatória a legislação para economia e uso racional de energia em edificações.

Koepfel e Ürge-Vorsatz (2007)⁸ afirmam que os prédios comerciais e residenciais respondem por um terço de todo o CO₂ emitido mundialmente pela geração de energia elétrica, emissões essas que continuarão crescendo no futuro. A implantação de instrumentos de política regulatória e de instrumentos de política de controle, tais como os códigos de obras e padrões de eletrodomésticos, estão entre as políticas de eficiência energética mais efetivas e viáveis que foram empregadas com muito sucesso em mais de cinquenta e dois países do mundo. A aplicação destes instrumentos conduz à melhoria da eficiência energética em prédios e eletrodomésticos, com a conseqüente redução das taxas de emissão de CO₂ oriundas do setor da construção civil.

2.6. Desempenho Térmico de Edificações

No relatório de Levine e Ürge-Vorsatz (2007) é afirmado que existe uma grande quantidade de conhecimento e de tecnologias acessíveis e viáveis que ainda não são amplamente empregadas, que podem melhorar a eficiência energética dos prédios e por conseguinte reduzir substancialmente as emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor da construção civil. Esses incluem o projeto solar passivo, eletrodomésticos e iluminação de elevada eficiência, sistemas de ventilação e de refrigeração de alta eficiência, aquecedores solares de água, técnicas e materiais de isolamento, materiais de construção de alta refletância e áreas envidraçadas com camadas múltiplas. As maiores economias em termos de utilização de energia (75% ou mais) ocorrem nos prédios novos, ao serem projetados e operados como sistemas integrados. A obtenção dessas economias requer um processo de projetar conjunto envolvendo arquitetos, engenheiros, contratantes e clientes, com ampla noção das oportunidades de redução passiva das demandas de energia.

⁸ Este relatório foi patrocinado pela UNEP (United Nations Environmental Programme) e contém estudos de vários países do mundo, tendo sido o do Brasil conduzido pela Dra. Vanessa Gomes da Silva, professora da FEC-UNICAMP;

O relatório supra comenta também que uma variedade de políticas de governo, objetivando a redução do consumo de energia dos edifícios relacionada às emissões de CO₂, foram aplicadas com êxito em muitos países. Entre estas políticas estão a contínua atualização dos padrões de eletrodomésticos, de etiquetagem e dos códigos de energia na construção civil, de medidas financeiras e de estimativas de preços de energia, de programas de gerenciamento pelo lado da demanda da concessionária, de programas conduzidos pelo setor público de energia incluindo programas de políticas de compra, de educação e de iniciativas de treinamento e de promoção das companhias especializadas em eficiência energética. O maior desafio é o desenvolvimento de estratégias efetivas aplicáveis aos edifícios existentes devido ao lento retorno do investimento. Como o entendimento sobre mudanças climáticas, o conhecimento da tecnologia, as escolhas culturais e de comportamento são pré-condições importantes para a plena operacionalidade das políticas, a aplicação desta abordagem precisa vir acompanhada de programas que aumentem o acesso do consumidor à informação e ao entendimento e ao conhecimento por meio da educação.

2.7. Desempenho térmico das edificações no Brasil

De acordo com o PROCEL-EDIFICA (2006) a participação das edificações residenciais, comerciais e públicas no consumo total de energia elétrica no Brasil é bastante significativa. A tendência de crescimento verificada e estimada é ainda maior, sobretudo devido à estabilidade da economia, aliada à uma política de melhor distribuição de renda, permitindo o acesso de uma fatia cada vez maior da população aos confortos proporcionados pelas novas tecnologias. Acrescente-se ao que foi mencionado a elevada taxa de urbanização, o setor de serviços em expansão e calcula-se que 42% da energia elétrica produzida no país seja consumida na operação e manutenção das edificações e na promoção de conforto dos seus usuários. O expressivo potencial de conservação deste setor, avaliado em 30% para edificações já existentes, através de retrofit (reforma) podendo chegar a 50% nas edificações novas que utilizem tecnologia energeticamente eficiente, desde a concepção inicial do projeto, balizou a reavaliação dos principais focos de atuação do PROCEL. O resultado foi a criação de um núcleo especialmente voltado à Eficiência Energética das Edificações – EEE, o PROCEL-EDIFICA.

De acordo com o PROCEL (2007) os projetos da indústria da construção civil que

aproveitarem adequadamente os recursos naturais serão distinguidos, em breve, com um Selo Procel para Edificações. A exemplo do que acontece na certificação voluntária dos equipamentos no Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, os projetos serão diferenciados em relação aos requisitos mínimos de eficiência energética e conforto ambiental estabelecidos pelo INMETRO e PROCEL. Esta iniciativa de sinalização ao mercado imobiliário, é uma das propostas mais avançadas em estudo no Grupo de Trabalho de Edificações, criado no âmbito do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, instituído pelo Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b), que visa regulamentar também a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001a), conhecida como Lei da Eficiência Energética, para beneficiar casas e edifícios residenciais que se adequem à esta certificação. Ainda conforme o coordenador do PROCEL e secretário técnico do GT-Edificações, Frederico Souto Maior, o Selo Procel para Edificações terá reflexos diretos sobre a conta de energia. Segundo ele, os projetos de edificações alcançarão qualificação adicional (A, B, C, D ou E, sendo a letra A mais eficiente), quando submetidos a simulações da energia elétrica utilizada para atender a parâmetros de conforto ambiental, tais como temperatura, umidade e iluminação.

Baseada na Lei 10.295 (BRASIL, 2001a), foi idealizada uma regulamentação para etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos para o BRASIL. É um projeto que foi desenvolvido pelo LabEEE da UFSC, através de um convênio com a Eletrobrás, como parte do programa PROCEL EDIFICA⁹ (LabEEE, 2004); a regulamentação foi aprovada em setembro de 2006 pelo CGIEE e MME e é de caráter voluntário. O processo de certificação voluntário será iniciado no primeiro semestre de 2009 e após um período de cinco a sete anos terá caráter obrigatório. É voltada para edifícios com área mínima de 500m² ou com tensão de suprimento superior a 2,3kV; a etiquetagem avalia as edificações a partir do desempenho de três requisitos, aos quais são atribuídos diferentes pesos: eficiência e potência de iluminação (peso 30%), eficiência do sistema de condicionamento de ar (peso 40%) e desempenho da envoltória (peso 30%); há outras iniciativas que podem aumentar em até um ponto a classificação geral da edificação, sendo que a classificação geral do edifício varia do

⁹ O programa PROCEL EDIFICA objetiva apresentar os requisitos técnicos necessários para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, visando a etiquetagem voluntária, com foco na eficiência energética para tais edificações;

nível A (mais eficiente) até o nível E (menos eficiente) (LabEEE, 2008b).

Ainda de acordo com LabEEE (2008b) e dentro do programa PROCEL Edifica, está prevista a elaboração de uma regulamentação para etiquetagem de eficiência energética para o setor residencial. Esta regulamentação está sendo desenvolvida na mesma linha da regulamentação de etiquetagem de edifícios comerciais, e se encontra também de acordo com o desenvolvimento do subprojeto energia do projeto FINEP “Tecnologias para a construção habitacional mais sustentável”¹⁰; a etiquetagem leva em consideração a envoltória da edificação, iluminação natural e artificial, condicionamento de ar e aquecimento de água. Havia uma previsão de aprovação desta regulamentação até o final de 2007.

Segue abaixo na Figura 2.6. o modelo de etiqueta do PROCEL para envoltória de edificações, que está sendo desenvolvida no MME pelo Grupo Técnico criado pelo CGIEE com o objetivo de implementar procedimentos de avaliação da eficiência energética das edificações e criar indicadores técnicos referenciais do consumo de energia destas edificações (LAMBERTS, 2006), na qual são ressaltadas: o nome do projeto, a tensão de suprimento, a classe de eficiência energética, o consumo de energia elétrica e o método de avaliação adotado.

¹⁰ O projeto FINEP “Tecnologias para a construção habitacional mais sustentável” tem como objetivo desenvolver soluções adequadas à realidade brasileira, para tornar a construção habitacional mais sustentável, com foco em empreendimentos para baixa e média renda e para a construção auto-gerida.



Figura 2.7. Etiqueta do PROCEL para eficiência energética de edificações.

Fonte: PROCEL-EDIFICA

A seguir são descritas de forma resumida os principais objetivos das normas da ABNT referentes ao desempenho de edificações:

- 1- A Norma NBR15220 (ABNT, 2005) sobre o desempenho térmico para edificações, dá definições, métodos de cálculo e estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, fornecendo diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social¹¹ nas diversas regiões brasileiras;
- 2- A Norma NBR15575 (ABNT, 2008) sobre o desempenho mínimo para edificações habitacionais de até 5 pavimentos, estabelece o desempenho em uso esperado das edificações, independente da tecnologia com a qual sejam construídas. Esta norma considera as exigências

¹¹ Habitação de Interesse Social (HIS) é aquela destinada à população que vive em condições de habitabilidade precárias e/ou com renda igual ou inferior a cinco salários mínimos (DEMHAB, 2004).

dos usuários em tópicos tais como: segurança, estanqueidade, higiene, conforto e durabilidade; a NBR15575 define também um desempenho térmico mínimo esperado.

A Norma NBR15220, entre outros parâmetros, divide o território brasileiro em oito zonas climáticas relativamente homogêneas, e para cada uma destas zonas formula um conjunto de recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo que otimizam o desempenho térmico das edificações; Manaus está inserida na Zona 8 do zoneamento climático instituído pela citada norma.

A NBR15575 estabelece três níveis de classificação de desempenho: nível “M” (Mínimo), nível “I” (Intermediário) e nível “S” (Superior) No caso do desempenho térmico, são consideradas as características bioclimáticas definidas pela norma NBR15220 e certos critérios de desempenho térmico para condições de verão.

2.8. Desempenho de eletrodomésticos no mundo

Existem dois tipos de programas de etiquetagem utilizados no mundo: a etiquetagem de comparação (comparative ou comparison labels) e a etiquetagem de verificação (endorsement labels). A etiquetagem de comparação, que normalmente é de caráter obrigatório e requer regulação, permite que os consumidores comparem a eficiência energética de todos os equipamentos vendidos no mercado (por exemplo a “Etiqueta de Energia” na Europa ou a “Energy Guide” nos Estados Unidos); já a etiquetagem de verificação, que normalmente tem caráter voluntário, identifica os equipamentos que são os mais eficientes de um determinado mercado (por exemplo a “Energy Star” nos Estados Unidos).

As etiquetas comparativas na União Européia fornecem para cada equipamento uma graduação compreendida entre A e G (sendo “A” a mais eficiente), com uma cor de fácil identificação (vermelha para “G”, verde para “A”) e um consumo específico médio de energia elétrica em kWh/ano.

Já os padrões de desempenho para os equipamentos elétricos, mais conhecidos como padrões de desempenho mínimo de eficiência energética (IMEE ou MEPS), impõem uma classificação de eficiência energética mínima ou um consumo máximo para todos os produtos do

mercado.

Boussebouef et al. (2001) relatam que basicamente a etiquetagem estimula a inovação tecnológica, além da introdução no mercado de produtos novos e mais eficientes, enquanto que os padrões complementam esse desenvolvimento, ao forçar a remoção gradual do mercado dos equipamentos menos eficientes.

De acordo com CLASP (2004b) os programas de etiquetagem e de padronização têm o objetivo de reduzir o consumo de energia dos equipamentos, sem diminuir a qualidade do uso final prestado ao consumidor. Neste mesmo documento é relatado que melhorar a eficiência energética é uma estratégia adotada mundialmente, antes de proceder com o aumento da oferta de energia pelo lado do suprimento.

Harrington e Damnic (2004) relatam que a etiquetagem de verificação indica que os produtos pertencem a uma classe de produtos “energeticamente mais eficientes”, possuindo um logotipo ou uma marca que os identifica, informando que eles atendem a um padrão ou classe de produto, e, etiquetas que geralmente contêm pouca ou nenhuma informação comparativa de eficiência energética.

Uma etiqueta de verificação pode ser específica para eficiência energética ou, ainda, como uma etiqueta ecológica ou etiqueta “Eco”. Os programas de etiquetagem ecológica aprovam produtos que possuem baixo impacto sobre uma ampla faixa de fatores ambientais, sendo o nível de consumo de energia frequentemente um critério de alta prioridade (mas nem sempre).

Segundo Vendrusculo (2005), é importante esclarecer a diferença entre os programas de preservação ambiental e os programas de eficiência energética. Os programas de preservação ambiental são amplos e consideram o impacto ambiental causado por um equipamento durante toda sua vida útil. Este impacto leva em conta não somente o consumo de energia elétrica do equipamento, mas também a poluição ambiental inerente ao processo de fabricação de todos os seus itens constituintes e o respectivo descarte ao término de sua vida útil. Os programas de eficiência energética são englobados pelos programas de preservação ambiental. Os primeiros analisam o consumo de energia elétrica e o impacto das inovações tecnológicas que possam vir a reduzir o referido consumo.

Harrington e Damnic (2004) relatam também que as etiquetas de comparação permitem que o consumidor faça um julgamento sobre a eficiência energética (ou do consumo de energia) e a elaboração de uma classificação relativa de todos os produtos que possuem a etiqueta. Os programas de etiquetagem de comparação nos países da OECD¹² são primordialmente de caráter obrigatório, podendo ter caráter voluntário em outros países.

Os programas de comparação e de verificação podem coexistir e isso ocorre em muitos países. As etiquetas de comparação mais utilizadas usam uma escala com as eficiências definidas. Este tipo de etiqueta permite que o consumidor avalie facilmente a eficiência do produto em relação a uma escala absoluta, por meio de um sistema numérico simples ou de classificação. O conceito de que é mais fácil para o consumidor lembrar e comparar uma escala simples de classificação (tal como 1,2,3 ou 1 estrela, 2 estrelas, 3 estrelas ou A, B, C) do que valores de consumo de energia (HARRINGTON e DAMNICS, 2004).

Ainda de acordo com Harrington e Damnic (2004), os MEPS (Minimum Energy Performance Standard) ou IMEE (Índice Mínimo de Eficiência Energética), que em alguns países são denominados de “Padrões” ou “Padrões de eficiência”, são os níveis mínimos de eficiência energética especificados que alguns produtos devem atender antes de serem vendidos legalmente no mercado de consumo. Esses padrões obrigatórios são ajustados em níveis que balanceiam a viabilidade técnica, a viabilidade econômica e as forças competitivas dentro de um determinado mercado particular. Alguns países preferem encorajar os fabricantes a aumentar a eficiência energética do produto de forma voluntária, sem que seja necessário recorrer à regulação.

Para se ter uma idéia do alcance dessas políticas e dos programas conseqüentes, CLASP (2004b) cita que o consumo de energia elétrica por ano de um refrigerador vendido hoje nos Estados Unidos, corresponde a um quarto (¼) do consumo do refrigerador equivalente vendido

¹² *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) ou Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), é uma organização que tem por missão reforçar a economia dos países membros, melhorar sua eficácia, promover a economia de mercado, desenvolver um sistema de trocas livres e contribuir para o desenvolvimento e industrialização dos países. Atualmente esta organização é composta por trinta países.

há trinta anos atrás.

Wiel (2005) reconhece que se os produtos que consomem energia elétrica e que operam na hora da ponta de carga do sistema elétrico tivessem sua eficiência energética melhorada, obter-se-ia, como consequência, uma redução na demanda por novas usinas elétricas. O investimento que seria necessário para a construção dessas novas usinas é muito maior do que aquele que poderia ser destinado ao projeto e à fabricação de componentes energeticamente mais eficientes, para equipamentos consumidores de energia que seriam atendidos por essas mesmas novas usinas. Ou seja, os programas de padronização e de etiquetagem são formas extremamente eficazes para a redução de investimentos futuros na implantação das novas e caras usinas, liberando assim esse capital para investimentos economicamente mais vantajosos, como por exemplo: na montagem de instalações para fabricação de lâmpadas fluorescentes compactas, ou, na aplicação desses recursos em atendimentos básicos nas áreas de educação e de saúde das populações.

Moisan (2006) ressalta também que a etiquetagem dos eletrodomésticos objetiva informar aos consumidores da eficiência desses produtos vendidos, induzir os fabricantes a revitalizar os equipamentos oferecidos ao mercado e a promover inovações, conduzindo o mercado na direção da oferta de equipamentos mais eficientes, permitindo o estabelecimento de padrões mínimos de eficiência energética.

2.9. Desempenho de condicionadores de ar no Brasil

Em 08 de junho de 2004 o Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética - CGIEE criou o Comitê Técnico de Condicionadores de Ar, que, em conjunto com o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE, elaborou uma proposta inicial para estabelecer parâmetros de eficiência para os condicionadores de ar, de acordo com a viabilidade técnica e econômica das propostas apresentadas. Este texto contempla o estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética para os condicionadores de ar do tipo monobloco de janela ou parede, de corpo único e do tipo *split system hi-wall* de parede, a serem fabricados no país e a serem importados; em 24 de dezembro de 2007 foi publicada a Portaria Interministerial N° 364 (BRASIL, 2007), aprovando a regulamentação específica de condicionadores de ar, na qual ficaram estabelecidos os índices mínimos de eficiência energética – IMEE, representada pela

relação Watts térmicos por Watts elétricos (W_T por W_E) que devem ser atendidos pelos condicionadores de ar do tipo janela (com capacidade de refrigeração de até 20.000Btu/h) e *split* (com capacidade de refrigeração de até 36.000Btu/h) de fabricação nacional ou importados, para comercialização no país. O Artigo 13 desta portaria estabelece que “A data limite para fabricação no país ou importação dos equipamentos objeto desta regulamentação que não atendam ao ora regulamentado é de 90 dias após a data de sua entrada em vigor”, e, o Artigo 14 estabelece que “A data limite de comercialização dos mencionados condicionadores de ar, fabricados no país ou importados, que não atendam a esta Regulamentação é de 270 dias após a data de sua entrada em vigor”; com esta publicação é esperado um incremento da eficiência energética dos condicionadores de ar abrangidos por esta regulamentação, sendo assegurado aos consumidores que os condicionadores de ar disponibilizados ao mercado atendam a requisitos mínimos de desempenho.

A Tabela 2.8.1. abaixo apresenta os índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar do tipo janela, com capacidade de refrigeração até 20.000Btu/h (ou, 5.860W). Desta tabela observa-se que os equipamentos que deverão atender a um maior Índice de Eficiência Energética, de 2,24, se situam na faixa compreendida entre 14.000 a 20.000Btu/h.

Tabela 2.9.1. Índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar de janela.

Capacidade de Refrigeração - CR		Índice Mínimo de Eficiência Energética
BTU/h	W	W_T/W_E
$CR \leq 9.000$	$CR \leq 2.637$	2,08
$9.000 < CR < 14.000$	$2.637 < CR < 4.102$	2,16
$14.000 \leq CR < 20.000$	$4.102 \leq CR < 5.860$	2,24
$20.000 \leq CR$	$5.860 \leq CR$	2,11

Fonte: Brasil (2007)

A Figura 2.8. mostra o modelo da etiqueta do PROCEL para condicionador de ar do tipo janela, na qual são discriminados: o nome do fabricante, a marca, o tipo do equipamento, a versão do ciclo, o modelo e a tensão, a classe de eficiência energética, a eficiência energética, a potência elétrica consumida e a capacidade total de refrigeração.

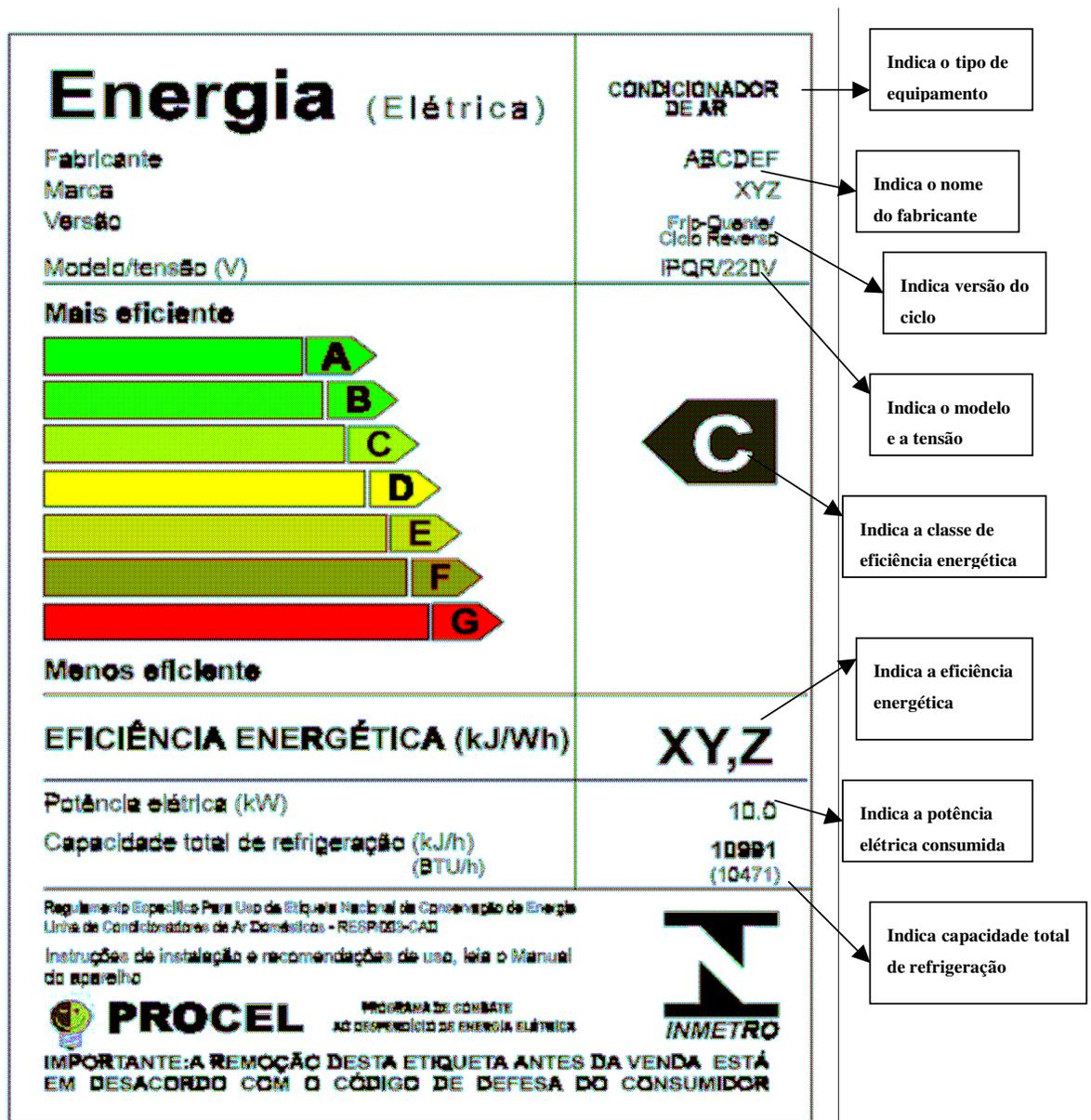


Figura 2.9. Etiqueta do PROCEL para condicionador de ar

Fonte: PROCEL

2.10. Código de Obras e de Edificações de Manaus

É de fundamental importância que o Código de Obras e Edificações de Manaus (MANAUS, 2002) vigendo desde 20 de novembro de 2002, amparado pela Lei Municipal nº673,

seja revisto para que possa atender às normas vigentes, já que o referido código é vago no que tange ao conforto ambiental das edificações. Para um melhor entendimento desta sugestão, transcreve-se a seguir o **Capítulo I / Das Condições de Conforto, Habitabilidade e Segurança Geral nas Edificações / Seção I – Dos Compartimentos** que trata das condições de conforto, habitabilidade e segurança geral nas edificações de Manaus:

“**Art. 51** – Os compartimentos e ambientes deverão ser posicionados na edificação e dimensionados de forma a proporcionar conforto ambiental, térmico e acústico, e proteção contra a umidade, obtida pelo adequado dimensionamento e emprego de materiais das paredes, cobertura, pavimento e aberturas, bem como das instalações e equipamentos.”; e,

“**Art. 55** – Os compartimentos de permanência prolongada deverão ter pé-direito mínimo de 2,80 m (dois metros e oitenta centímetros) e os de permanência transitória, pé-direito de 2,40 m (dois metros e quarenta centímetros)”.

O autor desta dissertação conclui que, de acordo com o que apresenta o código acima em termos de regulamentação, a questão da eficiência energética das edificações fica a critério de quem constrói residências e demais edificações em Manaus, ou seja, dos empresários da construção civil e/ou dos autoconstrutores da cidade.

Este trabalho alerta as autoridades municipais da cidade para o descumprimento das normas da ABNT pelo atual código de obras da cidade, tanto com relação aos procedimentos estabelecidos pela NBR15220 (ABNT, 2005) e NBR15575 (ABNT, 2008).

Loureiro (2003) comenta que a arquitetura atual da cidade, com o uso inadequado de vidros, pés-direitos reduzidos, paredes simples e esquadrias menores, diferentemente da arquitetura do final do século XVIII e início do século XIX, que se utilizava de pés-direitos altos, grandes e largas esquadrias, piso elevado e aberturas das paredes e forros, em muito prejudica o conforto ambiental dessas edificações. Essas práticas inadequadas obrigam a quem se utilizar desses espaços a se valer de sistemas mecânicos de ventilação e de resfriamento, aumentando desnecessariamente, o consumo de energia elétrica.

Na mesma linha de raciocínio da autora acima, Krause et al. (2005) comentam que a

arquitetura do século XX se caracterizará (ao menos do ponto de vista histórico) por ter dado exagerada importância à tecnologia, à exclusão de qualquer outro valor. De lá esta dependência atual em relação ao controle do ambiente interior, em detrimento da exploração dos fenômenos climáticos naturais para satisfação de nossas exigências de conforto.

2.11. Metodologia adotada

2.11.1. Introdução

Nesta seção são apresentadas as metodologias adotadas para avaliar as estimativas dos consumos, demandas e economias de energia elétrica alcançadas tanto pela substituição de equipamentos de baixa eficiência por equipamentos de alta eficiência, como das decorrentes das aplicações de medidas de eficiência energética nas residências do setor residencial da cidade de Manaus.

Projetaram-se primeiro os consumos e as demandas de energia elétrica dos condicionadores de ar de 7.000, 7.500 e 10.000Btu/h do tipo janela -equipamentos que representam 96% do parque de condicionadores de ar, de acordo com Cartaxo (2004e) -, de baixa e de alta eficiência do setor residencial da cidade de Manaus, bem como as respectivas economias ao ser comparada a operação de um tipo com a do outro. Os quantitativos destes equipamentos foram baseados nos números de consumidores ativos¹³ da Manaus Energia, no período de 2006 a 2018 e o índice de posse considerado em Cartaxo (2004d), que é de 0,45 . O número de consumidores está de acordo com os dados disponíveis na Área de Mercado da concessionária, conforme pode ser verificado no ANEXO IV.

Em seguida adotou-se o mesmo procedimento prospectivo mencionado acima para calcular os consumos, demandas e economias de energia elétrica, no mesmo período de 2006 a 2018, para climatizar um quarto em residências nas quais foram simuladas a implementação de

¹³ Consumidores ativos são aqueles que estão legalmente cadastrados e ligados ao sistema da Manaus Energia.

medidas de eficiência energética, tais como: substituição de condicionadores de ar de baixa eficiência por equipamentos de alta eficiência, pintura das paredes e coberturas com cor clara e colocação de isolamento térmico no forro.

2.11.2. Metodologia utilizada nas prospecções considerando a substituição de condicionadores de ar de baixa eficiência por equipamentos de alta eficiência

Foi feita suposição hipotética de que todos os condicionadores de ar do tipo janela com capacidade de refrigeração de 7.000, 7.500 e 10.000Btu/h existentes no setor residencial do sistema Manaus era composto por equipamentos de baixa eficiência. Estes equipamentos foram então substituídos por equipamentos de alta eficiência, e, obtidos os consumos, as demandas e as economias resultantes dessas substituições ao longo do período compreendido entre 2006 e 2018. Supôs-se ainda que parâmetros tais como o índice de posse dos equipamentos de condicionamento de ar e a penetração no mercado desses condicionadores na população existente no parque do setor residencial de Manaus (de 96%), permaneceriam inalterados no mencionado horizonte.

2.11.3. Metodologia utilizada nas prospecções considerando a climatização de um quarto de uma residência com duas características construtivas diferentes.

Escolheu-se uma residência de Manaus para realizar um estudo de caso que permitisse, por simulação, a determinação das estimativas de carga térmica de um de seus recintos internos – no caso o Quarto 1 -, ao serem variadas as características construtivas da condição 21 (OEW; PM; FMD; AF; TM) – Orientação Leste –Oeste; Parede cor média; Forro de madeira; Atico fechado; Telhado cor média - para a condição 14 (OEW; PC; FMDISOL; AF; TC) - Orientação Leste –Oeste; Parede cor clara; Forro de madeira isolado com EPS; Atico fechado; Telhado cor clara.

Foi feita a suposição de que o número de residências que seria acrescentado ao setor residencial da cidade corresponderia ao crescimento do número de consumidores da Manaus Energia. Este valor multiplicado por 0,45 (Cartaxo, 2004d), que é o índice de posse dos condicionadores de ar para a climatização apenas o Quarto 1, forneceria o quantitativo de condicionadores de ar na presente simulação. Determinado o total de condicionadores de ar

poderam ser obtidos os consumos de energia e as demandas para cada residência com determinada característica específica, ao longo do período de 2006 a 2018.

As estimativas das cargas térmicas do Quarto 1 da residência adotada para o estudo de caso foram obtidas a partir do emprego de um programa de simulação utilizado na cidade de Manaus por projetistas de sistemas de climatização, no caso o *Carrier HAP E20-II, v4.33*. De posse das referidas estimativas, foi possível especificar os condicionadores de ar do tipo janela de baixa e de alta eficiência, que seriam utilizados na climatização do citado ambiente e portanto determinar as demandas e os consumos de energia elétrica despendidos na climatização do Quarto 1 das diversas características construtivas simuladas.

A área sob cada curva de carga térmica do Quarto 1 ($\text{kW}_T \times \text{horas}$) resultante da aplicação do programa da Carrier foi calculada pelo método de Simpson¹⁴, no período de operação do condicionador de ar considerado de 8h (das 22h às 6h) conforme Cartaxo (2004b). Este método integrou a área sob essa curva para a obtenção das estimativas de energia elétrica consumida pelos condicionadores de ar, considerando o emprego de equipamentos de alta e de baixa eficiência e os coeficientes de eficiência energética constantes do PBE critérios 2006.

¹⁴ O método de Simpson realizou o cálculo da integral da curva “Carga Térmica x Hora”, determinando uma média aproximada do consumo de energia elétrica de um determinado tipo de condicionador de ar em uma planilha do *software Ms Office Excel 2007*®.

Capítulo 3: Sistema elétrico da cidade de Manaus.

3.1. Introdução

Considerando-se um cenário no qual seja dada ênfase à eficiência energética e à economia de energia, a apresentação de uma exposição tanto do Sistema de Geração como do Sistema de Distribuição da cidade é justificada para demonstrar suas peculiaridades e complexidades, antes de qualquer aprofundamento na questão da climatização de residências no setor residencial de Manaus.

3.2. Sistema de Geração

Até o fim dos anos 40, o serviço público de energia elétrica da cidade de Manaus era de responsabilidade da iniciativa privada através de concessões do governo do estado. Decorre, entretanto, que em 16 de agosto de 1946, a concessionária do serviço de eletricidade e viação urbana, sofreu intervenção do governo, pois os bons serviços prestados começaram a declinar em sua continuidade e eficiência, Alkmin (1997). Tal intervenção resultou em um acordo entre os governos federal, estadual e municipal, para a criação de uma companhia de eletricidade de economia mista, que foi denominada de Companhia de Eletricidade de Manaus – CEM.

A Lei 1.654 de 28 de julho de 1952 (BRASIL, 1952), define os termos do acordo e a constituição legal da empresa de eletricidade ora criada. A companhia, no início de suas operações, foi obrigada a retirar todo o sistema elétrico de distribuição obsoleto existente, e substituí-lo por um novo. A empresa levou anos para conseguir uma razoável densidade de cargas, aumento do consumo por consumidor e a melhoria do fator de carga, Alkmin (1997).

A Usina Termelétrica 1 da Companhia de Eletricidade de Manaus – CEM, começou sua operação em 1962. Deve-se ressaltar que não foram obtidos registros oficiais do Sistema Manaus, referentes à demanda e à potência instalada, no período compreendido entre 1962 e 1970.

Esclarece-se, portanto, que os dados relativos ao período de 1962 a 1979, foram obtidos através de depoimentos de alguns operadores que participaram do comissionamento e da operação das unidades geradoras da Usina Termelétrica 1. A Manaus Energia S.A. - MESA dispõe desses dados somente a partir de 1980.

A CEM passou a ser uma subsidiária da ELETROBRÁS em 1962, quando foi inaugurada a Usina Termelétrica nº1, no dia 5 de setembro, com a entrada em operação de um grupo gerador acionado por turbina a vapor, com potência unitária de 7,5MW. A UTM-1, como foi denominada a Usina Termelétrica nº1, era constituída por mais dois grupos geradores acionados por turbina a vapor de mesma potência, totalizando 22,5MW, e estava localizada no bairro de Aparecida, próximo ao centro de Manaus. A UTM-1 ainda dispunha de um grupo gerador de partida de 0,5MW acionado por motor diesel, que elevava a potência da usina para 23,0MW; este grupo gerador de emergência, em diversas ocasiões críticas, foi sincronizado ao sistema elétrico da cidade para auxiliar no fornecimento de energia elétrica no horário da ponta de carga.

Antes da entrada em operação da UTM-1, ainda na década de 50, Manaus foi atendida por duas usinas termelétricas acionadas por grupos geradores a diesel. Uma dessas usinas foi instalada no Bairro da Praça 14, com dois grupos geradores a diesel estacionários de 1,2MW, totalizando 2,4MW, enquanto que a outra, flutuante, foi instalada no Igarapé do Bairro de Educandos, com três grupos geradores a Diesel de 1,2MW, totalizando 3,6MW; ressalta-se que, nessa época, havia um racionamento crônico de energia elétrica em Manaus, além de elevada demanda reprimida. A maioria das indústrias, dos estabelecimentos comerciais e de algumas residências, dispunha de grupos geradores de energia elétrica próprios.

3.2.1. O crescimento da demanda máxima e da expansão da oferta de suprimento

A Figura 3.2.1. apresenta o perfil do crescimento da demanda máxima e da potência efetiva instalada na cidade de Manaus, no período de 1962 a 2006, ou seja, período em que foram concessionárias dos serviços de eletricidade da cidade: a Companhia de Eletricidade de Manaus – CEM, de 1962 a 1980; a ELETRONORTE, de 1980 a 1977; e a Manaus Energia S/A – MESA, de 1997 até a data de hoje.

Ponta de Carga (PC), Potência Efetiva (PE), e Reserva de Geração (RG)

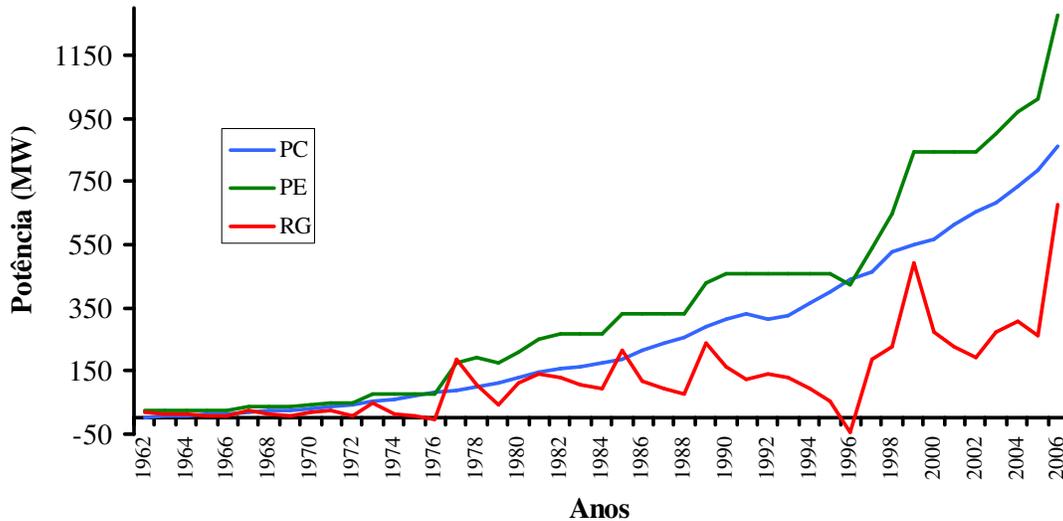


Figura 3.2.1. Ponta de Carga (PC), Potência Efetiva (PE) e Reserva de Geração (RG) do Sistema MANAUS, período 1962 a 2006..

Fonte: Elaboração própria.

A figura acima fornece uma indicação qualitativa dos anos nos quais as concessionárias não tiveram condições de atender de forma satisfatória o Sistema Manaus, ou seja: em 1972, 1976 e em 1996/1997; fica fácil observar que durante os anos de 1962 a 1976, a Companhia de Eletricidade de Manaus atendeu o Sistema Manaus com pequena reserva de geração. A partir de 1977, com a entrada em operação dos Grupos Geradores 3 e 4 da Usina Termelétrica nº 2, o Sistema Manaus passou a contar com uma reserva de geração mais segura, até 1996.

Da Figura 3.1.2. observa-se que após a crise no fornecimento de energia elétrica de 1997 - quando ocorreu um grave racionamento de energia -, o Sistema Manaus começou a ter reserva de geração confiável.

A ponta de carga do sistema Manaus em 2006 foi de 861MW, e, de acordo com a Figura 3.1.2. acima haja uma reserva de geração de 679,1MW, essa realidade não se confirmou na prática, tendo em vista que:

1. Os grupos geradores n^{os}5 e 6 da UTE Aparecida, totalizando 72MW, o grupo gerador n^o3 da UTE Mauá, de 50MW, e o grupo gerador n^o3 da UTE Electron, de 17MW, encontravam-se em manutenção, reduzindo a potência efetiva do sistema em 139MW; a UHE de Balbina fornece 250MW ao Sistema Manaus, somente na hora da ponta de carga do sistema. Ao longo das demais horas do dia esta usina fornece algo em torno de 100MW;
2. Existem estrangulamentos no sistema de transformação de 13,8kV, que impedem o despacho da demanda requisitada de energia elétrica para algumas regiões de Manaus.

3.2.2. A entrada dos produtores independentes de energia – PIE

O Ciclo de Planejamento de 1996 a 2004, elaborado pelo Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos – GCPS, coordenado pela ELETROBRÁS, e que tinha a missão de planejar a expansão do Sistema Elétrico Brasileiro, previu para outubro de 1996 a necessidade de instalar 100MW em Manaus. Além dessa adição de potência, o GCPS recomendava, ainda, a recuperação da UTE Electron, com potência de 120MW, bem como a implantação da potência de 50MW na Usina Termelétrica n^o2 (UTM-2), provenientes de dois turbo geradores a vapor de 25MW cada um. Essas unidades estavam armazenadas na Usina Termelétrica n^o2, enquanto aguardavam suas instalações em Balbina, para utilizar biomassa como combustível; previu-se que os 100MW poderiam ser implantados tanto por arrendamento mercantil quanto por contratação de produtores independentes ou ainda por aquisição de novas unidades.

O agravamento da situação do suprimento energético à cidade de Manaus, obrigou a ELETRONORTE a tomar as seguintes providências:

1. Adquirir em 1997, dois turbo geradores com turbinas a gás de 35MW cada;
2. Contratar 195,5MW efetivos do PIE El Paso Amazonas;
3. Contratar 133,88MW do PIE El Paso Rio Negro;
4. Contratar simultaneamente o PIE CMI Power International, que trouxe para Manaus uma UTE flutuante, constituída por um grupo gerador acionado por uma turbina a vapor de

50MW, a qual não entrou em operação em consequência de problemas técnicos insolúveis que foram surgindo no desenrolar do comissionamento.

Hoje os parques térmicos dos PIE El Paso Amazonas e Rio Negro apresentam uma potência efetiva de geração de 329,38MW.

Considerando que estes contratos foram pactuados antes de ter sido criado o Mercado Atacadista de Energia – MAE, a ANEEL, à época, determinou que o combustível fosse adquirido pela MESA e repassado aos Produtores Independentes. Dessa forma, a MESA pôde contar com a subvenção da Conta Consumo de Combustível - CCC dos Sistemas Isolados da Região Norte. Cumpre observar que a partir do advento do Mercado Atacadista de Energia – MAE no Sistema Interligado Nacional - SIN, a ANEEL deliberou que o combustível passasse a ser adquirido pelo próprio PIE, que incorporaria o gasto com combustível no custo da tarifa de venda de energia elétrica.

3.2.3. Energia emergencial

Tendo em vista a necessidade de superar situação de emergência que poderia ser vivenciada pelo Sistema Manaus em 2003, o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, através da Resolução de nº 2 de 22 de maio de 2003, determinou que fossem transferidas usinas térmicas emergenciais instaladas no Nordeste, tendo em vista que:

- 1- Havia uma situação de hidraulicidade muito favorável nas Usinas Hidrelétricas do Sistema Interligado Nacional - SIN;
- 2- Não haveria risco de racionamento no Nordeste;
- 3- Havia ociosidade dessas usinas.

A Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial – CBEE celebrou, então, com o PIE Ceará Geradora de Energia – CGE, contrato que permitiu a transferência para Manaus, de usinas com potência de 56MW, sendo que 16MW foram instalados no bairro Cidade Nova, e 40MW no bairro São José, em 2003.

No ano de 2004, o Grupo Técnico Operacional da Região Norte – GTON solicitou ao

Ministério das Minas e Energia – MME que fossem tomadas providências para a instalação em Manaus, de potência de geração emergencial de 82MW. Atendida essa solicitação, o Sistema Manaus poderia enfrentar o déficit de 82MW, que ocorreria naquele ano, ocasionado pelo baixo nível que o lago da UHE de Balbina apresentaria no segundo semestre de 2004. Para atender à solicitação do GTON, que visava à implantação de usinas para fazer frente a esse déficit de geração, a Secretaria de Energia – SEE do MME promoveu consulta a diversos Produtores Independentes de Energia, dentre os quais foi selecionado o PIE Ceará Geradora de Energia – CGE, que transferiu mais 71MW para Manaus, a partir de 10 de janeiro de 2005; o valor do MWh vendido à MESA pelo PIE CGE foi de R\$ 37,68 (trinta e sete reais e sessenta e oito centavos), sem o ICMS.

Seguindo as orientações contidas nos estudos realizados em 2005 por técnicos do GTON¹⁵, da ELETRONORTE e da MESA, tendo em vista ao atraso na entrada em operação do PIE Breitener, para o atendimento do 4º trimestre de 2005 do Sistema Manaus, foi também contratado com dispensa de licitação o PIE Aggreko Brasil Energia Ltda. Este contrato previa o fornecimento de uma potência de 40MW, por 180 dias, com o objetivo de aliviar o carregamento dos transformadores 1 e 2 da Subestação Mauá II.

A decisão acima foi tomada considerando também as indisponibilidades e restrições de geração que, no ano de 2005, apresentavam os grupos geradores do parque próprio da MESA, tais como: GG nº4 de 50MW da Usina Termelétrica nº2 – UTM-2 em manutenção; GG nº3 da UTM-2 de 50MW, operando somente com 25MW; GG nº5 de 20 MW da Usina Termelétrica nº1 (Aparecida) em manutenção; Grupos Geradores da UHE de Balbina operando com potência unitária variando entre 20 e 25MW, devido à diminuição da queda líquida da usina; a UTE Electron operando com potência total de, somente, 15 MW. Portanto, sem a contratação do PIE Aggreko, a previsão da disponibilidade de geração do Sistema de Manaus, considerando a perda da maior máquina, em outubro de 2005, teria sido de 763MW, para uma ponta de 801MW, que

¹⁵ GTON (Grupo Técnico Operacional da Região Norte) é composto por todas as concessionárias da Região Norte, sendo coordenado pela Diretoria de Engenharia da ELETROBRÁS, que tem como uma de suas principais atividades o acompanhamento e controle dos parques térmicos dos Sistemas Isolados.

teria tido uma reserva de geração de apenas 38MW, muito crítica para operar um sistema isolado.

3.2.4. Situação do parque gerador do Sistema Manaus e a energia gerada em 2006

Considerando que os contratos com os Produtores Independentes de Energia, que anteriormente estavam atendendo ao mercado de Manaus, se expirariam num período compreendido entre janeiro de 2005 a janeiro de 2006, o que privaria a cidade de MANAUS de uma potência efetiva de aproximadamente 514MW, a Diretoria da empresa, com as devidas autorizações da ELETRONORTE e ELETROBRÁS, providenciou além da contratação de novos produtores independentes via licitação para fornecerem até 525MW, a contratação direta da El Paso Amazonas Energia Ltda (com 230MW) e da El Paso Rio Negro Energia Ltda (com 157,5MW); foi retirada do Sistema MANAUS, a usina de 40MW do PIE Aggreko; foram então ainda contratados, para iniciar operação em 2006, os seguintes Produtores Independentes, conforme discriminados na Tabela 3.2.4.1.:

Tabela 3.2.4.1. Expansão do parque gerador 2006.

Produtor Independente	Usina	Potência Efetiva (MW)
Breitner Energética S.A.	UTE Tambaqui	60
Breitner Energética S.A.	UTE Jaraqui	60
Companhia Energética Manauara	UTE Manauara	60
Rio Amazonas Energia S.A.	UTE C. Rocha	65
Geradora de Energia do Amazonas S.A.	UTE P. Negra	60

Fonte: Relatório de Gestão 2006 - MESA.

A potência nominal instalada do Sistema Manaus, conforme “Relatório de Gestão 2006 - MESA” era de 1.599,6MW sendo que 250MW, ou 15,63 % provenientes de Usina Hidrelétrica Própria; 400,06MW provenientes de Usinas Termelétricas Próprias, ou 25,01%; e, 949,54MW, ou 59,36%, de Usinas Termelétricas de Produtores Independentes.

A energia elétrica produzida pelo Sistema Manaus em 2006 foi de 5.489.730MWh e a energia consumida foi de 3.421.000MWh, em 2006, conforme o “Relatório de Gestão 2006 - MESA”, onde a participação da Geração Hidrelétrica Própria foi de 23%, a da Geração Termelétrica Própria foi de 8,7 % e a da Geração Termelétrica dos Produtores Independentes -

PIEs foi de 68,3%. Esta energia consumida pelo Sistema Manaus corresponde a aproximadamente 1% da energia consumida pelo Sistema Elétrico Brasileiro.

A Tabela 3.2.4.2. seguinte ilustra informações relativas à potência nominal e energia gerada no ano de 2006, obtidas do “Relatório de Gestão 2006 - MESA”.

Tabela 3.2.4.2. Potência nominal instalada e energia gerada.

Potência Nominal Instalada e Energia Gerada em 2006				
Discriminação	Potência Instalada		Energia gerada	
	MW	% Participação	GWh	% Participação
Hidráulica própria	250,00	15,63	1.262,15	22,99
Térmica própria	400,06	25,01	531,42	9,68
Total própria	650,06	40,64	1.793,57	32,67
Total PIEs	949,54	59,36	3.696,16	67,33
Total	1.599,60	100	5.489,73	100

Fonte: Relatório de Gestão 2006 – MESA.

A Tabela 3.2.4.3. a seguir discrimina as principais características das unidades geradoras do parque gerador da MESA em 2006. Posteriormente apresenta-se também uma legenda para melhor compreensão dos termos utilizados na referida tabela:

Tabela 3.2.4.3. Características das unidades geradoras do parque gerador da MESA em 2006.

Composição do Parque Hidro Termelétrico da MANAUS ENERGIA em 2006						
Usina	Unidades geradoras				Potência (MW)	
	Tipo	Qtd.	Ano	Entrada operação	Nominal	Efetiva
UTE APARECIDA	TG GE LM 6000	2	1997	1997	99,60	72,00
	TG UTI FT4C3F	2	1976	1984	30,94	40
UTE ELECTRON	TG GE MS 5001P	6	1971	1981	120,00	102,00
UTE MAUÁ	TV GE+ Cald. CE 18VP	2	1971	1973	40,72	36,00
	TV GE+ Cald. CE VU60	2	1975	1977	108,80	100,00
UHE BALBINA	TH KAPLAN	5	1985 (1)	1989 (4)	250,00	250,00
			1986 (4)	1990 (1)		
Total MANAUS ENERGIA		19			650,06	600,00
UTE A	TG TWIN PACK PRATT WHITNEY	2	1972	1998	44,00	40,00
UTE B	TG GE FRAME 7	2	1975	1998	120,00	110,00
UTE D	TG GE LM 6000	2	1999	1999	88,00	80,00
				2000		
Total PIE EL PASO AMAZONAS ENERGIA		6			252,00	230,00
UTE W	MOTOR WARTSILA	1 a 8	1998	1999	133,12	126,00
	MOTOR WARTSILA	9 a 10	1999	1999	33,28	31,50
Total PIE EL PASO RIO NEGRO ENERGIA		10			166,40	157,50
UTE CGE - CO	MOTOR CUMMINS	9	2003	2003	16,5	13,00
UTE CGE - SJ	MOTOR CUMMINS	23	2003	2003	40,5	32,00
UTE CGE - FL	MOTOR CUMMINS/GE	32	2003	2003	55,5	45,00
Total PIE CEARÁ GERADORA de ENERGIA		64			112,5	90,00
UTE TAMBAQUI	MOTOR MANN	5	2006	2003	81,25	60,00
UTE JARAQUI	MOTOR MANN	5	2006	2003	81,25	60,00
Total PIE BREITENER ENERGÉTICA		10			162,50	120,00
UTE MANAUARA	MOTOR WARTSILA	5	2006	2006	85,38	60,00
UTE C. ROCHA	MOTOR WARTSILA	5	2006	2006	85,38	65,00
UTE P. NEGRA	MOTOR WARTSILA	5	2006	2006	85,38	60,00
Total PIEs MANAUARA, C.ROCHA e CGE		15			256,14	185,00
TOTAL GERAL MANAUS 2006					1.599,60	1.382,50

Fonte: “Relatório de Gestão 2006 - MESA”

Legenda:

PIE : Produtor Independente de Energia;

TG : Turbina a Gás;

TV : Turbina a Vapor;

TH : Turbina Hidráulica;

UTE : Usina Termelétrica;

UHE : Usina Hidrelétrica.

3.2.5. Índices operacionais da Manaus Energia em 2006

O custo operacional médio (sem considerar o custo do investimento) da MESA no ano de 2006, que é representado pelo quociente entre a despesa operacional bruta, em reais, e o fornecimento da energia elétrica em MWh, foi de R\$333,98 (trezentos e trinta e três reais e noventa e oito centavos) por MWh; o valor do MWh adquirido dos PIEs pela MESA, no ano de 2006, foi em média de R\$207,00 com ICMS.

3.2.6. Perspectivas para o suprimento de energia elétrica ao sistema Manaus

Até o final de 2009 as turbinas a gás do parque gerador da Manaus Energia e os grupos geradores dos produtores independentes estarão queimando gás natural na geração de energia elétrica ao Sistema Manaus.

Está previsto para 2011 a interligação do sistema Manaus ao sistema elétrico brasileiro, através de uma linha de transmissão de 500kV vinda da UHE de Tucuruí, com capacidade para transportar 1.600MW.

3.3. Sistema de Distribuição

Tão importante quanto o sistema de geração, descrito no item 3.1 anterior, é o sistema de distribuição de energia elétrica da cidade de Manaus no ano de 2006, sendo que aqui são ressaltadas suas principais características, dando-se enfoque especial para o setor residencial..

O sistema de distribuição de energia elétrica existente na cidade de Manaus em dezembro de 2006, atendeu a 462.640 consumidores cadastrados, dos quais 411.227 eram consumidores

ativos. Esse sistema era constituído por 133 alimentadores primários na tensão de 13,8kV, supridos através de 12 subestações, que rebaixaram a tensão de 69kV para 13,8kV. Ao longo do percurso desses alimentadores que têm uma extensão de 4.629,03km na área urbana e 421,66km na área rural, estavam interligados 12.742 transformadores de distribuição, que rebaixaram a tensão de 13,8 kV para 0,220/0,127 kV, interligando 370.533 consumidores residenciais ativos.

Com relação aos consumidores, o consumo de 84,8% da energia elétrica foi realizado pelas Classes Comercial, Industrial e Residencial, e de 15,2% realizado pelas demais Classes (Rural, Poder Público, Iluminação Pública, Serviços Públicos e Consumo Próprio), distribuídos conforme discriminado a seguir: Industrial de 43,6%, Residencial de 22,9%, Comercial de 18,3% e Outros de 15,2%; a Classe Iluminação Pública era constituída por 95.685 pontos de iluminação, que correspondiam a uma potência instalada de 15.652kW.

Vale salientar que o nível de perdas totais atualizadas pelo Sistema MANAUS foi de 35,5% e que a tarifa média residencial foi de R\$0,365 por kWh, em 2006; para efeito de comparação apresentamos a seguir os índices de perdas totais de algumas concessionárias brasileiras no ano de 2006: a ELETROPAULO com 12%; a CELPA com 26%; e a CERON com 34,6%.

As perdas acima discriminadas, de acordo com as avaliações das próprias concessionárias, são provenientes das fraudes de energia, das ligações clandestinas e dos consumidores sem medição.

A Tabela 3.3.1. a seguir apresenta o consumo de energia por classe de consumo do sistema Manaus, no ano de 2006:

Tabela 3.3.1. Consumo de energia por classe de consumo em 2006.

Classes de Consumo	Energia Consumida (GWh)
Residencial	783,72
Industrial	1.492,95
Tradicional	785,85
Atendidos em 69kV	707,10
Comercial	624,67
Outras	512,80
Total	3.421,12

Fonte: “Relatório de Gestão 2006 - MESA”.

A Tabela 3.3.2. abaixo apresenta a quantidade de ligações por tipo efetivadas no Sistema Manaus ao longo dos anos de 2002 a 2006.

Tabela 3.3.2. Quantidade de ligações realizadas por tipo e por ano.

Tipo de Ligação	Ano				
	2002	2003	2004	2005	2006
Monofásica	11.359	23.554	13.886	14.649	14.465
Bifásica	2.520	3.066	2.147	2.245	2.595
Trifásica	1.948	2.248	1.985	1.909	2.012
Alta Tensão	209	158	116	81	68
Total	16.036	29.026	18.134	18.884	19.140

Fonte: Departamento Comercial da MESA.

A Tabela 3.3.3 a seguir indica o número de consumidores monofásicos ativos nos anos de 2004 a 2006.

Tabela 3.2.3. Número de consumidores ativos em ligação monofásica.

Número de consumidores ativos			
Tipo de ligação	Anos		
	2004	2005	2006
Monofásica	276.278	284.521	288.524

Fonte: Departamento Comercial da MESA.

A Tabela 3.3.4. abaixo apresenta o número de consumidores por classe, nível de tensão e situação cadastral, em dezembro de 2006.

Tabela 3.3.4. Número de consumidores por classe, nível de tensão e situação cadastral, em dezembro de 2006.

Número de consumidores por classe, nível de tensão e situação cadastral - dezembro 2006									
Classes	AT (69kV)		MT (13,8kV)		BT (0,127/0,22kV)		Total		Total geral
	Ligado	Inativo	Ligado	Inativo	Ligado	Inativo	Ligado	Inativo	
Residencial	0	0	22	2	370.511	41.943	370.533	41.945	412.478
Industrial	21	0	450	285	1.848	644	2.319	929	3.248
Comercial	0	0	748	196	34.927	7.429	35.675	7.625	43.300
Rural	0	0	10	3	601	33	611	36	647
Poder Público	1	0	524	58	1.362	656	1.887	714	2.601
Iluminação Pública	0	0	0	0	15	3	15	3	18
Suprimento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serviços Públicos	1	0	130	28	45	49	176	77	253
Consumo Interno	0	0	4	0	31	0	35	0	35
Consumo Próprio	0	0	7	3	19	31	26	34	60
Total	23	0	1.895	575	409.359	50.788	411.277	51.363	462.640

Fonte: Departamento Comercial da MESA.

Da tabela acima pode ser obtido que o número de consumidores da era de 462.640 consumidores, sendo 411.277 ativos e 51.363 inativos; o número de consumidores residenciais era de 412.478, dos quais 370.533 eram ativos e 41.945 eram inativos; ainda da classe residencial pode ser obtido que existiam 22 consumidores residenciais ativos em média tensão e 370.511 ativos em baixa tensão.

Tabela 3.3.5. Consumo por classe, nível de tensão e situação cadastral, em dezembro de 2006.

Consumo por Classe e Nível de Tensão (kWh) - dezembro 2006					
Classes	Distribuição			Subtransmissão	Total geral
	MT	BT	Total	69kV	
Residencial	232.047	65.119.325	65.351.372	0	65.351.372
Industrial	67.007.152	1.445.139	68.452.291	53.904.525	122.356.816
Comercial	33.055.434	19.474.676	52.530.110	0	52.530.110
Rural	272.536	283.269	555.805	0	555.805
Poder Público	18.383.674	3.599.754	21.983.428	880.679	22.864.107
Iluminação Pública	0	5.560.479	5.560.479	0	5.560.479
Serviços Públicos	4.460.789	76.268	4.537.057	7.182.839	11.719.896
Consumo Interno¹⁶	2.334.715	2.337.162	4.671.877	0	4.671.877
Consumo Próprio¹⁷	262.237	627.282	889.519	0	889.519
Suprimento	0	0	0	0	0
Total	126.008.584	98.523.354	224.531.938	61.968.043	286.499.981

Fonte: Departamento Comercial da MESA.

Da Figura 3.3.1. abaixo, obtêm-se que o consumo da classe industrial representou 43% do fornecimento de energia da MESA, a classe residencial 23%, a classe comercial 18%, a classe Poder Público 8%, a classe serviços Públicos 4% e as Outras, também, 4%.

¹⁶ Consumo interno das usinas da MESA;

¹⁷ Consumo interno dos escritórios da MESA.

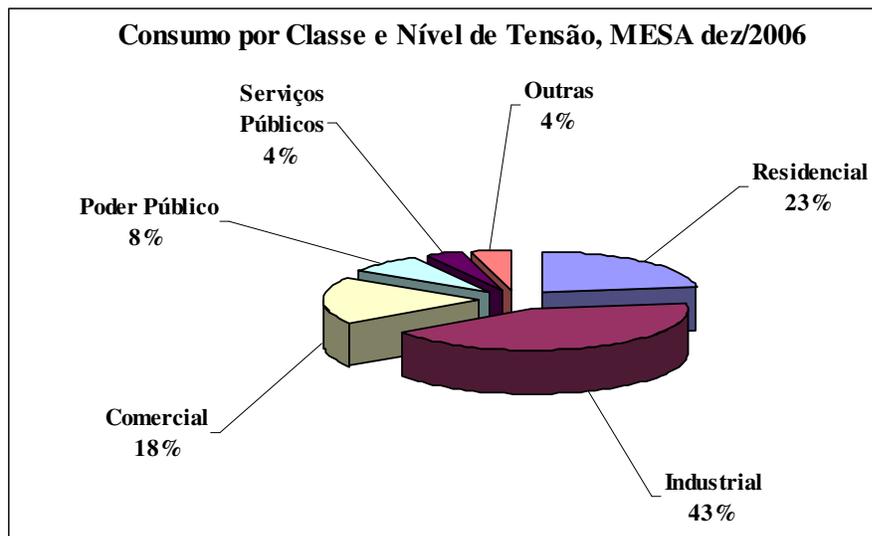


Figura 3.3.1. Consumo por classe e nível de tensão da MESA, em dezembro de 2006.
 Fonte: Departamento Comercial da MESA.

O Sistema de Distribuição da MESA, conforme “Relatório Estatístico, Diretoria de Distribuição - Dezembro de 2006”, apresentou um “Tempo Médio de Atendimento” – TMA¹⁸ de 112,12 minutos, acima, 27 minutos, da meta que havia sido estabelecida pela administração (85 minutos) para 2006; uma “Duração Equivalente de Interrupções por Consumidor” – DEC¹⁹ de 25,80h, quando a meta era de 18,71h; uma “Frequência Equivalente de Interrupções por Consumidor” – FEC²⁰ de 19,84%, quando a meta era de 11,90.

É importante salientar que o sistema de distribuição de energia elétrica da MESA, tem apresentado elevado carregamento dos transformadores de distribuição, desbalanceamento dos circuitos secundários, baixo fator de potência, conexões elétricas defeituosas, pela falta de manutenções periódicas. Tais situações são decorrentes das condições de contingenciamento de recursos financeiros disponíveis para a execução da manutenção e da operação, bem como pelo atraso da implantação das obras de expansão do sistema. Acrescente-se a esse quadro a falta de

¹⁸ Tempo Médio de Atendimento – TMA é a razão entre o tempo total despendido para o atendimento, em segundos, e o total de chamadas atendidas;

¹⁹ Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor – DEC exprime o espaço de tempo em que, em média, cada consumidor de um conjunto considerado ficou privado de fornecimento de energia elétrica.

²⁰ Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor – FEC exprime o número de interrupções que, em média, cada consumidor do conjunto considerado sofreu no período considerado.

combate às fraudes e aos desvios de energia praticados por alguns consumidores da MESA, além do elevado número de consumidores sem medição de energia. Todos esses fatores resultam nas elevadas perdas técnicas e comerciais que hoje ocorrem no sistema.

As classes industriais e residenciais vêm apresentando significativos crescimentos de consumo de energia elétrica com o decorrer dos anos. Tais fatos estão relacionados ao crescimento do nível de emprego da população, aliada ao crescimento industrial proporcionado pelo sucesso e bons resultados obtidos com o Pólo Industrial de Manaus.

Com o advento da Zona Franca de Manaus – ZFM, a cidade de Manaus sofreu um fluxo migratório significativo, tanto de populações ribeirinhas, como de populações de outras cidades brasileiras e de imigração estrangeira. Tal fluxo migratório é responsável pelos graves problemas sociais que surgiram, tais como o crescimento do número de favelas na cidade, a poluição dos cursos d'água, entre outros, que se transformaram em subprodutos do projeto industrial da ZFM, gerando conflitos, marginalização e outras situações negativas próprias deste tipo de urbanização.

3.3.1. Descrição das principais características da classe residencial do Sistema Elétrico da cidade de Manaus.

O número de consumidores ativos da classe residencial da cidade de Manaus, ligados ao sistema elétrico, é de 370.533, conforme posição de dezembro de 2006, sem considerar o número de consumidores temporariamente desligados, seja por motivos técnicos ou por inadimplência de pagamentos.

O consumo médio de energia elétrica por consumidor da classe residencial no ano de 2006 foi de 176kWh/mês, inferior ao consumo médio por consumidor residencial/mês de 2001, que foi de 216kWh/mês. A concessionária atribui esse comportamento às mudanças de hábitos de consumo e ao crescimento do número de fraudes; como dado comparativo, resalte-se que o consumo médio do consumidor brasileiro dos Sistemas Isolados foi de 159,6kWh/mês, e o do consumidor do Sistema Brasileiro foi de 142kWh/mês, conforme dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que é inferior em 20% ao consumo médio registrado no ano de 2000. Portanto, o consumo do consumidor manauara foi de aproximadamente 26% superior ao consumo médio de energia elétrica do consumidor brasileiro.

3.4. Caracterização do parque de condicionadores de ar do setor residencial de Manaus.

Na pesquisa de campo elaborada pela UFAM no âmbito do Projeto CAEMA, visando caracterizar a presença de condicionadores de ar no setor residencial de Manaus, Cartaxo et al. (2004e) observaram um índice de posse de 0,45 aparelhos por domicílio, valor que comprova o nível de significância atribuído a esse eletrodoméstico pela população da cidade. A pesquisa investigou, também, as características dos aparelhos, de acordo com sua capacidade frigorífica em Btu/h.

A Tabela 3.4.1 abaixo apresenta a participação dos condicionadores de ar por faixa de consumo e por capacidade de refrigeração:

Tabela 3.4.1 Caracterização dos condicionadores de ar do setor residencial de Manaus.

Faixas de Consumo de Energia Elétrica (kWh)	Capacidade refrigeração (Btu/h)				Total	
	7.000	7.500	10.000	Outros		
	%	%	%	%	%	
F1	0 a 100	4,21	11,88	3,71	0	19,8
F2	101 a 200	2,72	6,19	3,22	0,74	12,87
F3	201 a 200	5,94	9,41	6,93	0	22,28
F4	500 a 1000	7,92	8,91	9,9	1,73	28,46
F5	Acima de 1000	5,45	1,24	8,66	1,24	16,59
Total		26,24	37,63	32,42	3,71	100

Fonte: Cartaxo et al (2004e).

Observa-se da tabela acima que os condicionadores de ar com capacidade de refrigeração de 7.000, 7.500 e de 10.000Btu/h representam conjuntamente aproximadamente 96% do parque de condicionadores de ar de Manaus. É possível observar que 50% dos aparelhos se concentram em consumidores das faixas de consumo F3 e F4 (Consumo médio alto). Para as faixas F1 e F3 predominam os condicionadores de ar de 7.500Btu/h. Na faixa F4 se concentram os aparelhos de 7.000Btu/h. Já os aparelhos de 10.000Btu/h têm maior concentração nas faixas F4 e F5.

De acordo com Cartaxo et al. (2004d) em Manaus, onde o consumo de energia do setor

residencial à época representava 27%, o condicionador de ar era encontrado em 45% das residências. Nas faixas de consumo médio, de 200 a 500kWh e de 501 a 1.000kWh, o índice de posse se situava em 0,23, ou seja 51% do total; a média horária de utilização girou por volta de 8,22h.

Os condicionadores de ar mais empregados em Manaus são os de 7.500Btu/h e os de 10.000Btu/h, representando respectivamente 37% e 32% dos aparelhos existentes.

Como o número de consumidores ativos foi de 370.533 em dezembro de 2006, e considerando o índice de posse de 0,45, obtém-se que o parque de condicionadores de ar de Manaus era composto por 166.739 aparelhos. Desses, aproximadamente 43.352 (26%) eram equipamentos de 7.000Btu/h, 62.527 (37,5%) de 7.500Btu/h e 53.356 (32%) de 10.000Btu/h. A população desses equipamentos corresponde a aproximadamente 96% do parque de condicionadores de ar, totalizando 159.236 aparelhos.

Capítulo 4: Estudo de caso.

4.1. Introdução

Neste capítulo foram caracterizados o clima de Manaus, apresentou-se sua carta bioclimática²¹ - tendo sido expostas as estratégias de condicionamento ambiental mais adequadas para as condições ambientais da cidade -, e calcularam-se as estimativas das cargas térmicas dos recintos internos de uma residência considerada no estudo de caso. A aplicação de um programa de simulação permitiu elaborar estas estimativas para diversas alternativas da residência em estudo, que com a aplicação conjunta de condicionadores de ar do tipo janela de alta eficiência e de baixa eficiência, possibilitou a obtenção e a comparação das demandas e consumos de energia elétrica na climatização dos referidos recintos internos (quartos). Compararam-se os parâmetros térmicos da residência do estudo de caso com os parâmetros estabelecidos pela NBR15220. Comentaram-se também as características do Método BESTEST para validação de programas de simulação energética de edificações.

²¹ A Carta bioclimática, segundo Loureiro (2003), é elaborada utilizando o diagrama psicrométrico, que ao referenciar as relações entre a umidade e a temperatura do ar, permite que ela seja dividida em 12 zonas de estratégias bioclimáticas (zona de conforto térmico, zona de ventilação, zona de resfriamento evaporativo, zona de ar condicionado, zona de ventilação/ massa térmica, entre outras), associando informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento bioclimático do local e as estratégias de projeto indicadas.

4.2. Caracterização do clima de Manaus.

A cidade de Manaus está situada na região Norte do Brasil, a 60° de longitude oeste e 3°08” de latitude sul, ficando aproximadamente a 1.700 km em linha reta do litoral. Apresenta características de clima equatorial úmido, com temperaturas médias sempre acima de 22°C, chuvas abundantes – precipitações de 2.500 mm/ano -, intensa radiação, elevada umidade do ar e baixas velocidades dos ventos (LOUREIRO, 2003).

Nesta região destacam-se duas estações: no período de maior precipitação pluvial tem-se o “inverno amazônico”, e, no período mais seco, tem-se o “verão amazônico”. Nos meses de agosto, setembro e outubro ocorrem os menores índices pluviométricos, cujas precipitações não ultrapassam 4% do total anual (LOUREIRO, 2003).

A cidade possui clima quente durante quase todo o ano, porém no inverno ocorre uma sensível diminuição da temperatura durante poucos dias, quando são frequentes as penetrações de frentes frias de origem polar. Este fenômeno é denominado de “friagem”, sendo um período de forte umidade específica e relativa, acompanhado de chuvas frontais, sucedido de tempo bom e por grande queda de temperatura, que ocorre de junho a agosto (LOUREIRO, 2003).

Para a realização das simulações foram utilizados os dados climáticos externos existentes no INMET em Manaus no período de 60 anos, de 1931 a 1990. Para os dados internos foram adotados os valores de conforto de residências recomendados pela NBR6401 (BRASIL, 1980): Temperatura de Bulbo Seco – TBS compreendida entre 23 e 25°C, e, Umidade Relativa – UR compreendida entre 40 a 60%. Como os condicionadores de ar são dotados de termostatos cujo diferencial de operação é de aproximadamente 1°C, fixou-se a temperatura interna de projeto como sendo de 22°C (esta fixação da temperatura, além de ser um critério de projeto, leva em conta a experiência dos projetistas da cidade com a temperatura que agrada aos usuários); devido as altas temperaturas que ocorrem ao longo do ano, as simulações das cargas térmicas para resfriamento foram realizadas ao longo de todos os meses do ano.

4.3. Carta bioclimática de Manaus.

Foi elaborada pelos pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE - da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC uma avaliação bioclimática para Manaus, a ser aplicada na arquitetura, com o objetivo de buscar por meio de seus próprios elementos as condições favoráveis do clima, de modo a satisfazer às exigências de conforto térmico do homem. Desenvolveram então uma carta bioclimática baseada na proposta de Givoni²², que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima utilizando uma metodologia de cálculo de energia adotada pela ASHRAE (1993) para caracterizar o *Try Reference Year* – TRY (Ano Climático de Referência), que foi desenvolvido pelo *National Climate Center* (LOUREIRO, 2003).

A carta bioclimática de Manaus foi elaborada utilizando o programa *Analysis Bio*, desenvolvido pelo LabEEE/UFSC. Nesta são plotados os dados de temperatura e de umidade das 8.760 horas do *Try Reference Year* - TRY sobre a carta psicrométrica. Isto permite visualizar o comportamento climático da cidade ao longo do ano referência. Esta carta bioclimática possibilita o cálculo da porcentagem de horas do ano em que o conforto térmico ocorre, e, quais seriam as estratégias arquitetônicas mais apropriadas para proporcionar tal conforto de maneira natural ou artificial. O diagrama psicrométrico é então dividido em 12 zonas de estratégias bioclimáticas, associando informações sobre o conforto térmico, o comportamento climático da cidade e as estratégias de projeto indicadas para serem consideradas, as quais são: (1) zona de conforto, (2) zona de ventilação, (3) zona de resfriamento evaporativo, (4) zona de massa térmica para resfriamento, (5) zona de condicionador de ar, (6) zona de umidificação, (7) zona de aquecimento solar passivo (massa térmica), (8) zona de aquecimento solar passivo, (9) zona de aquecimento artificial, (10) zona de ventilação/massa térmica, (11) zona de ventilação/massa/resfriamento evaporativo e (12) zona de massa térmica/resfriamento evaporativo. Para a cidade de Manaus situada na Zona Bioclimática 8, de acordo com a NBR15220 (BRASIL, 2005), na estação verão,

²² Givoni adequou para as condições brasileiras um diagrama elaborado pelos irmãos OLGAYAY, que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima.

são sugeridas as seguintes estratégias de Condicionamento Térmico: F – Desumidificação (renovação de ar), J – Ventilação, e K – Resfriamento Artificial.

Das diretrizes bioclimáticas apresentadas por Takeda (2005) para novas residências e que também poderiam ser adotadas para as residências já existentes, destacam-se: a diminuição da condução do calor através da envoltória (parede, piso e cobertura); a otimização da ventilação e o controle da radiação solar incidente por meio do sombreamento de janelas, a aplicação de beirais largos e quebras sol/quebras chuva.

Segue abaixo a carta bioclimática de Manaus, elaborada pelo LabEEE – UFSC:

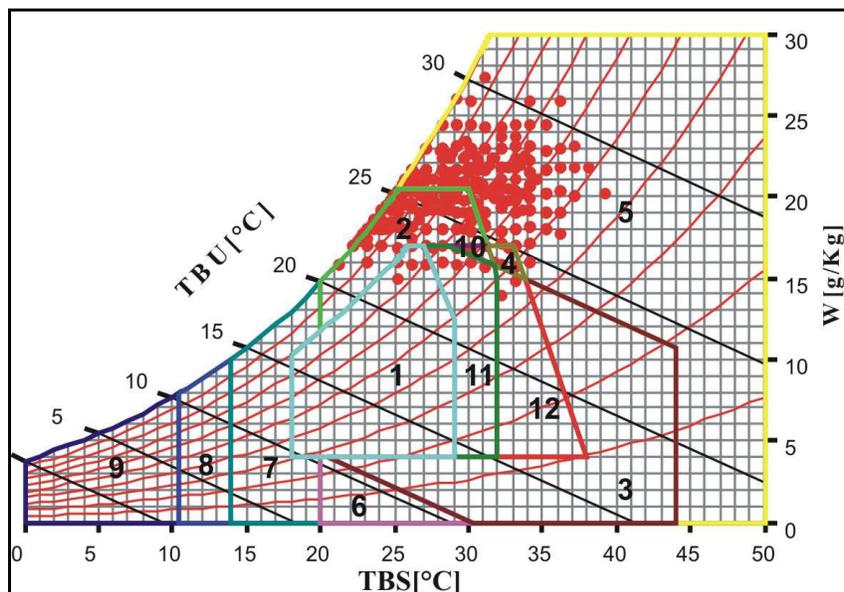


Figura 4.3. Carta bioclimática de Manaus.

Fonte: Loureiro (2003)

4.4. Estimativas das cargas térmicas do estudo de caso

Nesta seção serão apresentadas as estimativas das cargas térmicas dos quartos da residência a ser considerada no estudo de caso, levando-se em conta: a variação da orientação

geográfica de Leste-Oeste para Norte-Sul, a variação da cor da pintura das paredes, a variação da cor da pintura dos telhados, a colocação ou não de isolamento térmico no forro e no telhado e a abertura ou fechamento de áticos.

Foram utilizadas as temperaturas de projeto de bulbo úmido e de bulbo seco, de acordo com a NBR6401 (ABNT, 1980) para a cidade de Manaus, ou seja, de 29°C e 35°C, respectivamente.

Para elaborar as citadas simulações foi utilizado o programa *E20-II HAP (Hourly Analysis Program)* v4.33 da *CARRIER*, que fornece as estimativas das cargas térmicas dos ambientes internos, conforme as caracterizações da residência do estudo de caso e do programa HAP abaixo discriminados:

4.4.1. Caracterização da residência do estudo de caso.

Foi escolhida para o estudo de caso uma residência construída na década de 70, para que pudesse ser constatado se os processos construtivos utilizados naquela época pela área de construção civil da cidade poderiam ser ainda hoje adotados, considerando-se o cenário atual da construção civil que procura dar relevância ao conforto térmico e à eficiência energética.

A residência foi edificada em alvenaria composta por blocos vazados de concreto (de 29,0cm x 19,0cm x 14,0 cm), com aproximadamente 80m² de área construída, pé direito de 2,80m e piso erguido em cima do terreno; as paredes externas e as divisórias internas foram edificadas usando o mesmo tipo de alvenaria; o forro é de tabique de madeira com espessura de 10mm e o telhado é de telhas de fibrocimento de 5mm, apoiado nas paredes (ático fechado); existe ainda um beiral de 60cm ao redor de toda a casa. As esquadrias da janela são de madeira, com as dimensões de 200x150cm, com vidro simples incolor de 3,0mm.

A residência do estudo de caso está localizada no Conjunto Manauense, região centro sul de Manaus, conforme plantas baixas e cortes apresentados no ANEXO I. Compõem a residência uma sala de jantar/estar, dois quartos (Q2 e Q3), uma suíte (Q1), um banheiro e uma cozinha; para efeito das simulações de cargas térmicas poderão ser climatizados quaisquer dos quartos Q1

(suíte de 18,5m²), Q2 (9,4m²) e Q3 (de 9,9m²).

Foram estimadas as cargas térmicas dos quartos Q1, Q2 e Q3, com o objetivo de determinar quais os quartos que apresentariam menores cargas térmicas, e, de forma a possibilitar os dimensionamentos das capacidades térmicas dos condicionadores de ar que seriam utilizados na climatização desses ambientes. Calculam-se em seguida os respectivos consumos de energia elétrica para cada opção avaliada

4.4.2. Caracterização do programa da CARRIER E20-II HAP (Hourly Analysis Program) v4.33.

Com a intenção de utilizar uma ferramenta de simulação que fosse adotada por profissionais da área de condicionamento de ar em Manaus, foi empregado o programa HAP para os cálculos das estimativas das cargas térmicas dos recintos da residência do estudo de caso desta tese. Este programa foi disponibilizado por consultor especializado em projetos de sistemas de condicionamento de ar para os cálculos das estimativas das cargas térmicas dos recintos, dispondo, para esta utilização, da devida autorização da CARRIER.

De acordo com “*DESIGN LOAD USER’S MANUAL for the HOURLY ANALYSIS PROGRAM – HAP and the SYSTEM DESIGN LOAD*” da CARRIER, o HAP dimensiona sistemas de ar condicionado, de aquecimento e de ventilação, e, ainda, simula o desempenho energético de uma edificação para o cálculo do consumo de energia e seu respectivo custo, ao longo de 8.760h (hora a hora) ano. No presente trabalho será empregada somente a ferramenta de cálculo das cargas térmicas das zonas (recintos).

O HAP dá especial atenção ao projeto de interface gráfica do usuário e apresenta relatórios de suas características. Os relatórios tabulados e gráficos providos pelo programa englobam sumários e informações detalhadas sobre a edificação, sistema e desempenho de equipamento.

O HAP e o Programa de Carga de Projeto do Sistema organizam as informações sobre a edificação e o sistema de HVAC (aquecimento, ventilação e condicionamento de ar) em seis

categorias dispostas em uma hierarquia que permite uma montagem da edificação e do seu sistema de HVAC de forma flexível. Abaixo são descritas essas categorias:

- **Elemento** é uma característica da estrutura da edificação ou a utilização associada com a perda ou ganho de calor. O Elemento inclui componentes tais como paredes, telhados, iluminação, pessoas e eletrodomésticos. Um elemento é descrito pelas suas características que afetam a transferência de calor. Uma parede, por exemplo, é descrita por sua área, orientação e pelos materiais dos quais ela foi construída;
- **Espaço** é uma região da edificação compreendida entre um ou mais elementos e atendida por um ou mais bocais de insuflamento. Em muitas situações o espaço é usado para representar um único recinto. Para outras aplicações um espaço pode representar um grupo de recintos ou mesmo uma edificação inteira;
- **Zona** é um grupo de um ou mais espaços possuindo um único termostato de controle. Em alguns sistemas, cada recinto contém um termostato. Assim cada zona teria um espaço representando um único recinto. Em outras situações, um termostato é destinado a um grupo de recintos. Neste caso a zona teria vários espaços;
- **O Sistema de Ar** é um equipamento e controles utilizados para fornecer aquecimento ou refrigeração para uma região de uma edificação. Um sistema de ar atende a uma ou mais zonas. A presença de um termostato em cada zona permite o controle específico da temperatura do ar em cada zona. Um exemplo comum de um sistema de ar seriam os ventiladores, serpentinas, dutos, bocais e controles conectada a uma central de ar compacta com gabinete metálico ou de alvenaria. O termo “sistema de ar” pode ser usado para se referir a itens tais como ventiladores e serpentinas;
- **Equipamento** se refere às máquinas ou dispositivos usados para fornecer aquecimento ou resfriamento às serpentinas do sistema de ar. Os exemplos incluem as unidades de expansão direta compactas, chillers, caldeiras e as serpentinas de aquecimento com resistência elétrica;

- **Edificação** é a estrutura que contém o sistema HVAC em consideração.

Durante as análises das cargas do projeto, o programa administra explicitamente os quatro itens na ordem hierárquica a seguir: Edificação, Equipamentos, Sistemas de Ar e Zonas.

O HAP está há vinte e dois anos fornecendo soluções de projeto e de simulação para os engenheiros que trabalham na área de HVAC. O programa está em conformidade com os requisitos delineados na ASHRAE²³ Standard 90.1- 2001 (*Energy Standard for Buildings Except Low - Rise Residential Buildings*) section 11.2 e *Federal Register* 10 CFR 434 section 434.521.

Para a devida aplicação do programa da *CARRIER* arbitrou-se que, para efeito do dimensionamento do condicionamento de ar dos quartos (Q1, Q2 e Q3), seriam consideradas três zonas representando os respectivos quartos, que teriam somente iluminação com lâmpadas incandescentes, consumindo potência unitária de 60W, ocupados por duas pessoas na atividade “sentada e em repouso” e sem a utilização de outros equipamentos elétricos nos quartos.

Para efeito de dimensionamento correto dos condicionadores de ar dos diferentes ambientes, foi considerado que os equipamentos estariam operando das 13 às 18h (de maneira a incluir a condição mais crítica em termos de carga térmica – que se situa por volta das 15h do dia, o que, se não for feito, induzirá ao subdimensionamento do condicionador de ar) e das 22 às 6h (8h/dia), de acordo com constatação feita por CAEMA(2004).

4.4.3. Método de validação de programas de simulação energética de edificações BESTEST.

O programa da *CARRIER E20-II HAP* v4.33 ainda não foi validado pelo método BESTEST de validação de programas de simulação energética em edificações, embora seus

²³ ASHRAE é uma organização técnica internacional que congrega empresas e pessoas físicas interessadas em aquecimento, ventilação, ar-condicionado, e refrigeração (HVAC&R);

dados sejam aceitos pela US GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC)²⁴ para utilização em avaliações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)²⁵. O HAP foi testado utilizando os procedimentos ASHRAE Standard 140-2001 (*Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*) e é também um programa credenciado pelo DOE – Departamento de Energia dos Estados Unidos.

O BESTEST é um método para testar e diagnosticar as potencialidades de simulação de elementos da envoltória exterior de programas de simulação energética de edificações²⁶. O BESTEST (*Building Energy Simulation TEST*) avalia ferramentas de dimensionamento e análises relativas à sua capacidade em modelar adequadamente as dinâmicas das envoltórias das edificações. Ele foi adaptado como ferramenta de certificação do *Home Energy Rating Systems* (HERS - Sistema de Classificação Energético de Residências) da *Califórnia Energy Commission* e por outras organizações.

O BESTEST foi produzido pela International Energy Agency - IEA, em colaboração com o *U.S. National Renewable Energy Laboratory* - NREL, para ser uma referência na elaboração de programas de simulação energética de edificações.

Atualmente estão disponíveis três versões do BESTEST: o IEA BESTEST (programas de simulação com ajuste horário (ou menor), HERS BESTEST (programas detalhados e simplificados com ênfase na modelagem de residências) e, o Florida BESTEST (para clima quente-úmido)

²⁴ USGBC é uma organização sem fins lucrativos dedicada a promover a sustentabilidade no projeto, na construção e na operação de edificações nos Estados Unidos da América, fundada em 1993;

²⁵ LEED é o sistema de avaliação das edificações da USGBC;

²⁶ Disponível em: http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/ID=85/pagename=alpha_list , acessado em 18 e dezembro de 2007.

4.4.4. Cálculos dos parâmetros térmicos da residência do estudo de caso, aplicando a Norma NBR15220.

Foram calculados os parâmetros térmicos da residência tais como a Transmitância Térmica²⁷, Atraso Térmico²⁸ e Fator Solar²⁹, conforme discriminado no ANEXO II. Estes itens foram comparados com os valores recomendados pela norma NBR15220 da ABNT, e apresentados na Tabela 4.4.4.1. abaixo.

Os cálculos foram feitos de acordo com as diretrizes construtivas estabelecidas pela NBR 15220-3 (Desempenho térmico de edificações zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social), para o verão de Manaus, conforme abaixo:

- 1- As aberturas para ventilação devem ser grandes e sombreadas, com $A > 40\%$ ($A = \text{área da abertura/área do piso}$);
- 2- As paredes e coberturas deverão ser leves e refletoras;
- 3- A ventilação cruzada permanente deve ser a estratégia de condicionamento térmico passivo a ser adotada;
- 4- Para paredes e coberturas as Transmitâncias Térmicas respectivamente devem ser $\leq 3,6$ e $\leq 2,3$; os Atrasos Térmicos devem ser $\leq 4,3$ e $\leq 2,3$; e, os Fatores Solares $\leq 3,4$ e $6,5$.

²⁷ De acordo com a NBR15220, Transmitância Térmica é o inverso da Resistência Térmica (que é o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo, pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário);

²⁸ Idem, o Atraso Térmico é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor;

²⁹ Idem, o Fator Solar (ou fator de ganho de calor solar) é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco ou transparente, pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo.

Tabela 4.4.4.1 Comparativo entre os parâmetros térmicos da norma NBR15220 com os parâmetros térmicos da residência em estudo.

Comparativo entre Parâmetros Térmicos					
Parâmetros	Unidades	Paredes		Telhados	
		(cor clara)		(cor clara)	
		Norma	Residência	Norma	Residência
Transmitância = U	W/(m ² .K)	≤ 3,6	2,784	≤ 2,3	2,31
Atraso Térmico = φ	h	≤ 4,3	3,441	≤ 3,3	1,42
Fator Solar = FSo	%	≤ 4,0	5,01	≤ 6,5	4,16

Fonte: Elaboração própria

Pode-se concluir dos dados acima que os valores da Transmitância Térmica e do Atraso Térmico das paredes da residência em estudo estão dentro dos limites estabelecidos pela norma NBR15220 (ABNT, 2005). Já o Fator Solar está acima do valor da norma, significando dizer que a parede com bloco vazado de concreto não é adequada para as condições climáticas da Zona 8, requerendo um tipo de parede com Transmitância Térmica menor do que 2,784W/(m².K) – o que pode ser obtido aplicando-se isolamento térmico nas paredes.

Observa-se da Tabela 4.4.4.1 acima que com relação à cobertura (telhado), o valor da Transmitância Térmica é praticamente igual ao do valor limite estabelecido pela norma, enquanto que os valores do Atraso Térmico e do Fator Solar estão enquadrados abaixo e portanto dentro dos valores prescritos. Uma maneira de enquadrar o valor da Transmitância Térmica da cobertura no limite da norma, seria a modificação da cobertura do telhado de telha de fibrocimento para telha de barro ou a aplicação de isolamento térmico.

Foram calculadas as relações entre as áreas das aberturas para ventilação e as áreas dos pisos de cada recinto, com o objetivo de verificar se o valor de A (quociente entre a área da abertura/área do piso) estava atendendo ao que estabelece a NBR15220 (ABNT, 2005) para a Zona Bioclimática 8, que prevê $A > 40\%$, com o objetivo de melhorar a ventilação dos recintos.

A Tabela 4.4.4.2. abaixo elabora comparações entre as relações das aberturas e áreas dos pisos sugeridas pela NBR15220 com as relações efetivamente existentes na residência em estudo.

Tabela 4.4.4.2. Comparativo entre as relações A da residência com as relações A estabelecidas pela NBR15220 para a Zona 8, da residência em estudo.

Recinto	Piso (P)	Abertura (Ab)	Percentual existente	Percentual exigido
	m ²	m ²	A=Ab/P (%)	A=Ab/P (%)
Quarto 1	18,50	3,00	16	> 40
Quarto 2	9,40	3,00	32	> 40
Quarto 3	9,90	3,00	30	> 40
Jantar/Estar	20,70	6,00	29	> 40
Cozinha	12,90	0,64	5	> 40

Fonte: Elaboração própria

Da tabela acima deduz-se que as relações “A” entre as áreas das aberturas efetivas de ventilação com as áreas dos pisos apresentam valores inferiores àqueles estabelecidos pela NBR 15220. O autor desta dissertação sugere também que esta recomendação seja revisada, tendo em vista a dificuldade prática de ser atendida já que, para $A > 40\%$ e se o recinto só dispuser de uma parede externa, praticamente toda ela ficaria tomada pela dimensão da abertura prescrita.

4.4.5. Parâmetro adotados nas simulações das cargas térmicas dos quartos da residência.

Foram adotadas nas simulações das estimativas das cargas térmicas dos quartos das diversas alternativas construtivas da residência em estudo as seguintes premissas:

1. Presença de duas pessoas nos quartos em atividade de descanso;
2. Potência dissipada somente com iluminação, sem a inclusão de nenhum outro eletrodoméstico.

A legenda abaixo identifica as simbologias levadas em conta nas simulações:

Legenda:

OEW	: Orientação longitudinal Leste Oeste;
ONS	: Orientação longitudinal Norte Sul;
PC	: Paredes pintadas com cor clara ³⁰ ;
PM	: Paredes pintadas com cor média ³¹ ;
PE	: Paredes pintadas com cor escura ³² ;
TC	: Telhado pintado com cor clara;
TM	: Telhado pintado com cor média;
TE	: Telhado pintado com cor escura;
AF	: Ático fechado;
AA	: Ático aberto;
FMD	: Forro de madeira;
ISOL	: Com isolamento térmico de EPS (Isopor) de 30mm.
RFLX	: Com isolamento térmico por reflexão

A alternativa Q1.21(OEW; PM; FMD; AF; TM) por exemplo, representa o quarto 1 da residência na orientação geográfica Leste-Oeste, com as características construtivas 21, que são: Paredes pintadas com cor média, forro de madeira, ático fechado e telhado pintado com cor média. Já a alternativa Q3.14(OEW; PC; FMDISOL; AF; TC), representa o quarto 3 da residência na orientação geográfica Leste-Oeste, com as características construtivas 14, que são: Paredes pintadas com cor clara, forro de madeira isolado com EPS, ático fechado e telhado pintado com cor clara.

³⁰ De acordo com o PNBR02:136.01 (ABNT, 2004), para a cor clara assumir a absorvância igual a 0,3; segundo a NBR15220 (ABNT, 2005), absorvância é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície;

³¹ Idem, para a cor média assumir a absorvância igual a 0,5;

³² Idem, para a cor escura assumir a absorvância igual a 0,7.

As Tabelas 4.4.5.1 e 4.4.5.2 a seguir apresentam as cargas térmicas estimadas dos vários recintos da residência estudada, em kilowatts térmicos – kW_T – conforme obtidas do programa de simulação, nas orientações geográficas Norte – Sul e Leste - Oeste.

Tabela 4.4.5.1. Resumo das simulações na orientação Leste - Oeste

RESUMO DAS SIMULAÇÕES					
Orientação LESTE - OESTE					
Recinto estudado	kW_T	Recinto estudado	kW_T	Recinto estudado	kW_T
Q1.11	3,5	Q2.11	2,7	Q3.11	2,5
Q1.12	3,1	Q2.12	2,5	Q3.12	2,3
Q1.13	2,9	Q2.13	2,4	Q3.13	2,2
Q1.14	2,9	Q2.14	2,4	Q3.14	2,3
Q1.15	3,3	Q2.15	2,6	Q3.15	2,4
Q1.21	4,0	Q2.21	3,0	Q3.21	2,8
Q1.22	3,4	Q2.22	2,7	Q3.22	2,5
Q1.23	3,1	Q2.23	2,5	Q3.23	2,3
Q1.24	3,3	Q2.24	2,6	Q3.24	2,4
Q1.25	3,5	Q2.25	2,7	Q3.25	2,5
Q1.31	4,6	Q2.31	3,3	Q3.31	3,1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.4.5.2. Resumo das simulações na orientação Norte - Sul

RESUMO DAS SIMULAÇÕES					
Orientação NORTE - SUL					
Recinto estudado	kW_T	Recinto estudado	kW_T	Recinto estudado	kW_T
Q1.11	4,0	Q2.11	2,4	Q3.11	3,1
Q1.12	3,6	Q2.12	2,3	Q3.12	2,9
Q1.13	3,5	Q2.13	2,1	Q3.13	2,8
Q1.14	3,4	Q2.14	2,1	Q3.14	2,8
Q1.15	3,9	Q2.15	2,3	Q3.15	3,1
Q1.21	4,5	Q2.21	2,7	Q3.21	3,4
Q1.22	3,8	Q2.22	2,3	Q3.22	3,1
Q1.23	3,7	Q2.23	2,1	Q3.23	2,9
Q1.24	3,8	Q2.24	2,2	Q3.24	3,0
Q1.25	4,1	Q2.25	2,4	Q3.25	3,1
Q1.31	5,0	Q2.31	3,1	Q3.31	3,6

Fonte: Elaboração própria

As Tabelas 4.4.5.3., 4.4.5.4., 4.4.5.5., 4.4.5.6., 4.4.5.7. e 4.4.5.8. a seguir apresentam as estimativas das cargas térmicas por quarto, em ordem crescente de valor, nas orientações geográficas Leste-Oeste e Norte-Sul, nas mais diversas características construtivas e capacidades térmicas em diversas unidades.

A Tabela 4.4.5.3. apresenta as estimativas de cargas térmicas para o Quarto 1, na orientação longitudinal Leste – Oeste e em diversas características construtivas

Tabela 4.4.5.3. Estimativas das cargas térmicas (CTs) crescentes do quarto Q1 da residência em estudo na Orientação Geográfica Longitudinal Leste – Oeste (OEW), em diferentes características construtivas.

Quarto	Orientação - Características Construtivas	CT (kW)	CT (Btu/h)	CT (kJ/h)	CT (TR)
Q1.14	OEW; PC; FMDISOL; AF;TC	2,9	9.904	10.179	0,85
Q1.12	OEW; PC; FMD; AF; TCRFLX	3,1	10.587	10.881	0,91
Q1.15	OEW; PC; FMD; AA; TC	3,3	11.270	11.583	0,97
Q1.24	OEW; PM; FMDISOL; AF; TM	3,3	11.270	11.583	0,97
Q1.22	OEW; PM; FMD; AF; TMRFLX	3,4	11.611	11.934	0,99
Q1.11	OEW; PC; FMD; AF; TC	3,5	11.953	12.285	1,02
Q1.25	OEW; PM; FMD; AA; TM	3,5	11.953	12.285	1,02
Q1.21	OEW; PM; FMD; AF; TM	4,0	13.660	14.040	1,17
Q1.16	OEW; PC; FMD; AF; TE	4,2	14.343	14.742	1,23
Q1.26	OEW; PM; FMD; AF; TE	4,4	15.026	15.444	1,29
Q1.31	OEW; PE; FMD; AF; TE	4,6	15.709	16.146	1,35

Fonte: Elaboração própria, baseada nas cargas térmicas obtidas do programa *CARRIER - E20-II HAP (Hourly Analysis Program) v4.33*.

A Tabela 4.4.5.4. apresenta as estimativas de cargas térmicas para o Quarto 2, na orientação longitudinal Leste – Oeste e em diversas características construtivas.

Tabela 4.4.5.4. Estimativas das cargas térmicas (CTs) crescentes do quarto Q2 da residência em estudo na Orientação Geográfica Longitudinal Leste – Oeste (OEW), em diferentes características construtivas.

Quarto	Orientação - Características Construtivas	CT (kW)	CT (Btu/h)	CT (kJ/h)	CT (TR)
Q2.14	OEW; PC; FMDISOL; AF; TC	2,4	8.196	8.424	0,70
Q2.12	OEW; PC; FMD; AF; TCRFLX	2,5	8.538	8.775	0,73
Q2.15	OEW; PC; FMD; AA; TC	2,6	8.879	9.126	0,76
Q2.24	OEW; PM; FMDISOL; AF; TM	2,6	8.879	9.126	0,76
Q2.11	OEW; PC; FMD; AF; TC	2,7	9.221	9.477	0,79
Q2.22	OEW; PM; FMD; AF; TMRFLX	2,7	9.221	9.477	0,79
Q2.25	OEW; PM; FMD; AA; TM	2,7	9.221	9.477	0,79
Q2.21	OEW; PM; FMD; AF; TM	3,0	10.245	10.530	0,88
Q2.16	OEW; PC; FMD; AF; TE	3,2	10.928	11.232	0,94
Q2.26	OEW; PM; FMD; AF; TE	3,3	11.270	11.583	0,97
Q2.31	OEW; PE; FMD; AF; TE	3,3	11.270	11.583	0,97

Fonte: Elaboração própria, baseada nas cargas térmicas obtidas do programa *CARRIER - E20-II HAP (Hourly Analysis Program) v4.33*.

A Tabela 4.4.5.5. apresenta as estimativas de cargas térmicas para o Quarto 3, na orientação longitudinal Leste – Oeste e em diversas características construtivas.

Tabela 4.4.5.5. Estimativas das cargas térmicas (CTs) crescentes do quarto Q3 da residência em estudo na Orientação Geográfica Longitudinal Leste – Oeste (OEW), em diferentes características construtivas.

Quarto	Orientação - Características Construtivas	CT (kW)	CT (Btu/h)	CT (kJ/h)	CT (TR)
Q3.12	OEW; PC; FMD; AF; TCRFLX	2,3	7.855	8.073	0,67
Q3.14	OEW; PC; FMDISOL; AF;TC	2,3	7.855	8.073	0,67
Q3.15	OEW; PC; FMD; AA; TC	2,4	8.196	8.424	0,70
Q3.24	OEW; PM; FMDISOL; AF; TM	2,4	8.196	8.424	0,70
Q3.11	OEW; PC; FMD; AF; TC	2,5	8.538	8.775	0,73
Q3.22	OEW; PM; FMD; AF; TMRFLX	2,5	8.538	8.775	0,73
Q3.25	OEW; PM; FMD; AA; TM	2,5	8.538	8.775	0,73
Q3.21	OEW; PM; FMD; AF; TM	2,8	9.562	9.828	0,82
Q3.16	OEW; PC; FMD; AF; TE	2,9	9.904	10.179	0,85
Q3.26	OEW; PM; FMD; AF; TE	3,0	10.245	10.530	0,88
Q3.31	OEW; PE; FMD; AF; TE	3,1	10.587	10.881	0,91

Fonte: Elaboração própria, baseada nas cargas térmicas obtidas do programa *CARRIER - E20-II HAP (Hourly Analysis Program)* v4.33.

A Tabela 4.4.5.6. apresenta as estimativas de cargas térmicas para o Quarto 1, na orientação longitudinal Norte – Sul e em diversas características construtivas.

Tabela 4.4.5.6. Estimativas das cargas térmicas (CTs) crescentes do quarto Q1 da residência em estudo na Orientação Geográfica Longitudinal Norte - Sul (ONS), em diferentes características construtivas.

Quarto	Orientação - Características Construtivas	CT (kW)	CT (Btu/h)	CT (kJ/h)	CT (TR)
Q1.14	ONS; PC; FMDISOL; AF;TC	3,4	11.611	11.934	0,99
Q1.12	ONS; PC; FMD; AF; TCRFLX	3,6	12.294	12.636	1,05
Q1.22	ONS; PM; FMD; AF; TMRFLX	3,8	12.977	13.338	1,11
Q1.24	ONS; PM; FMDISOL; AF; TM	3,8	12.977	13.338	1,11
Q1.15	ONS; PC; FMD; AA; TC	3,9	13.319	13.689	1,14
Q1.11	ONS; PC; FMD; AF; TC	4,0	13.660	14.040	1,17
Q1.25	ONS; PM; FMD; AA; TM	4,1	14.002	14.391	1,20
Q1.21	ONS; PM; FMD; AF; TM	4,5	15.368	15.795	1,32
Q1.16	ONS; PC; FMD; AF; TE	4,7	16.051	16.497	1,37
Q1.31	ONS; PE; FMD; AF; TE	5,0	17.075	17.550	1,46
Q1.26	ONS; PM; FMD; AF; TE	5,9	20.149	20.709	1,73

Fonte: Elaboração própria, baseada nas cargas térmicas obtidas do programa *CARRIER - E20-II HAP (Hourly Analysis Program)* v4.33.

A Tabela 4.4.5.7. apresenta as estimativas de cargas térmicas para o Quarto 2, na orientação longitudinal Norte – Sul e em diversas características construtivas.

Tabela 4.4.5.7. Estimativas das cargas térmicas (CTs) crescentes do quarto Q2 da residência em estudo na Orientação Geográfica Longitudinal Norte - Sul (ONS), em diferentes características construtivas.

Quarto	Orientação - Características Construtivas	CT (kW)	CT (Btu/h)	CT (kJ/h)	CT (TR)
Q2.14	ONS; PC; FMDISO; AF;TC	2,1	7.172	7.371	0,61
Q2.24	ONS; PM; FMDISOL; AF; TM	2,2	7.513	7.722	0,64
Q2.12	ONS; PC; FMD; AF; TCRFLX	2,3	7.855	8.073	0,67
Q2.15	ONS; PC; FMD; AA; TC	2,3	7.855	8.073	0,67
Q2.22	ONS; PM; FMD; AF; TMRFLX	2,3	7.855	8.073	0,67
Q2.11	ONS; PC; FMD; AF; TC	2,4	8.196	8.424	0,70
Q2.25	ONS; PM; FMD; AA; TM	2,4	8.196	8.424	0,70
Q2.21	ONS; PM; FMD; AF; TM	2,7	9.221	9.477	0,79
Q2.16	ONS; PC; FMD; AF; TE	2,9	9.904	10.179	0,85
Q2.26	ONS; PM; FMD; AF; TE	3,0	10.245	10.530	0,88
Q2.31	ONS; PE; FMD; AF; TE	3,1	10.587	10.881	0,91

Fonte: Elaboração própria, baseada nas cargas térmicas obtidas do programa *CARRIER - E20-II HAP (Hourly Analysis Program) v4.33*.

A Tabela 4.4.5.8. apresenta as estimativas de cargas térmicas para o Quarto 3, na orientação longitudinal Norte – Sul e em diversas características construtivas.

Tabela 4.4.5.8. Estimativas das cargas térmicas (CTs) crescentes do quarto Q3 da residência em estudo na Orientação Geográfica Longitudinal Norte - Sul (ONS), em diferentes características construtivas.

Quarto	Orientação - Características Construtivas	CT (kW)	CT (Btu/h)	CT (kJ/h)	CT (TR)
Q3.14	ONS; PC; FMDISOL; AF; TC	2,8	9.562	9.828	0,82
Q3.12	ONS; PC; FMD; AF; TCRFLX	2,9	9.904	10.179	0,85
Q3.24	ONS; PM; FMDISOL; AF; TM	3,0	10.245	10.530	0,88
Q3.11	ONS; PC; FMD; AF; TC	3,1	10.587	10.881	0,91
Q3.15	ONS; PC; FMD; AA; TC	3,1	10.587	10.881	0,91
Q3.22	ONS; PC; FMD; AF; TCRFLX	3,1	10.587	10.881	0,91
Q3.25	ONS; PM; FMD; AA; TM	3,1	10.587	10.881	0,91
Q3.21	ONS; PM; FMD; AF; TM	3,4	11.611	11.934	0,99
Q3.16	ONS; PC; FMD; AF; TE	3,5	11.953	12.285	1,02
Q3.26	ONS; PM; FMD; AA; TM	3,6	12.294	12.636	1,05
Q3.31	ONS; PE; FMD; AF; TE	3,6	12.294	12.636	1,05

Fonte: Elaboração própria, baseada nas cargas térmicas obtidas do programa *CARRIER - E20-II HAP (Hourly Analysis Program)* v4.33.

Das Tabelas 4.4.5.3. a 4.4.5.8. acima conclui-se que:

- 1- A aplicação de isolante térmico EPS no forro da residência reduz significativamente as cargas térmicas dos quartos, independente da orientação geográfica da residência;
- 2- A aplicação de isolamento por reflexão embaixo do telhado também reduz de forma considerável as cargas térmicas dos quartos, independente da orientação geográfica da residência;
- 3- A pintura do telhado e das paredes com cores claras é outra medida redutora das mencionadas cargas térmicas, independente também da orientação geográfica da residência;
- 4- A orientação geográfica correta da casa é outra medida que por si só pode reduzir as cargas térmicas dos quartos;
- 5- As cargas térmicas dos quartos aumentam na medida em que telhados e coberturas são

pintados com cores mais escuras.

A aplicação de medidas simples de eficiência energética tais como a orientação geográfica adequada, a pintura de paredes e telhados com cores claras, a inclusão de isolamento térmico dos forros ou lajes, a inclusão de isolamento reflexivo por baixo dos telhados, entre outras, também podem contribuir para a melhoria do conforto térmico e da eficiência energética em climatização no setor residencial de Manaus.

4.5. Considerações sobre as estimativas de cargas térmicas

A melhoria da eficiência energética pode ser alcançada desde que sejam efetivadas medidas de conservação de energia nos projetos arquitetônicos das novas residências, bem como a utilização de equipamentos de condicionamento de ar de alta eficiência.

Para a abordagem desta questão foram obtidas por simulação, utilizando o *software* da *CARRIER E20-II HAP v4.33*, as estimativas de cargas térmicas dos recintos da residência em estudo com determinadas características construtivas, tais como: a fixação da orientação geográfica, abertura ou fechamento de áticos, cor da pintura das paredes e dos telhados, isolamento do forro, entre outras. De posse dos resultados das simulações, foi possível elaborar uma planilha de cargas térmicas correlacionando os ambientes (quartos Q1, Q2 e Q3) às suas orientações geográficas e demais características construtivas. A partir destes valores procurou-se ajustar as cargas térmicas estimadas dos diversos ambientes às capacidades de refrigeração dos condicionadores de ar de janela de alta eficiência e de baixa eficiência existentes no mercado, que atendessem de forma adequada aos requisitos de conforto ambiental dos cômodos.

Os dados técnicos básicos disponíveis dos condicionadores de ar de janela, permitiram a elaboração de tabelas contendo as especificações técnicas de vários equipamentos de diversos fabricantes. Considerou-se como condicionadores de ar de alta eficiência os equipamentos com classificação “A” do PROCEL, e, de baixa eficiência, os condicionadores de ar com classificação de “B” à “F”; os valores de potência nominal média e os valores do coeficiente de eficiência energética médio, para o caso dos condicionadores alta eficiência, foram calculados pela média

por capacidade de refrigeração dos valores de potência e dos valores dos coeficientes de eficiência energética de todos os condicionadores de ar selo “A” disponíveis no mercado; para o caso dos condicionadores de ar de baixa eficiência estas médias, por capacidade de refrigeração, incluíram todos os condicionadores de ar classificação PROCEL de “B” até “F” disponíveis no mercado.

As especificações técnicas foram obtidas das tabelas fornecidas pelo Selo PROCEL de Economia de Energia, compilados do Programa Brasileiro de Etiquetagem, referenciados aos critérios adotados em 2006.

Tabela 4.5.1. Características específicas do mercado de condicionadores de ar.

Capacidade de refrigeração	Coef. de Eficiência Energética		Potência Nominal		Consumo de Energia	
	BE	AE	BE	AE	BE	AE
Btu/h	W_T/W_E		kW		kWh/dia (8h)	
7.000	2,82	2,97	0,73	0,69	120,80	116,53
7.500	2,22	2,94	1,22	0,75	202,40	126,00
10.000	2,55	3,07	1,30	0,97	207,60	163,20
12.000	2,80	3,11	1,28	1,15	210,00	190,40
15.000	2,86	2,88	1,54	1,53	257,60	240,00

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE, critérios 2006.

Os valores definidos na tabela acima foram utilizados para determinar as demandas e o consumos de energia elétrica na operação dos condicionadores de ar do tipo janela no ano de 2006.

4.6. Comparações de transmitâncias térmicas das coberturas, obtidas de vários critérios de cálculo.

Com o objetivo de validar os resultados obtidos do *software* da Carrier, foram computadas as transmitâncias térmicas da cobertura aplicando dois critérios de cálculos (critério Acadêmico e critério NBR15220 - ver ANEXO III) e comparadas com o valor da transmitância calculada pelo

referido *software*. Há diferenças nos valores das transmitâncias calculadas pelos critérios adotados (de -9,4 e 12,5%, respectivamente), mas que não seriam suficientes para modificar as especificações das capacidades de refrigeração dos condicionadores de ar de janela a serem empregados na climatização dos quartos da residência do estudo de caso. As transmitâncias térmicas calculadas pelos critérios Acadêmico e critério NBR15220, reduzem as cargas térmicas daquelas calculadas pelo critério Carrier HAP-4.33 de, respectivamente, 2,1 e 2,8%.

As colocações acima permitiram ao autor concluir que os valores adotados pelo programa de simulações da Carrier conduziram a valores confiáveis de estimativas de cargas térmicas dos ambientes internos da residência em estudo.

4.7. Considerações sobre as demandas e os consumos de energia elétrica.

Obtidos os valores das estimativas de cargas térmicas foi possível, com os valores da Tabela 4.5.1., especificar os condicionadores de ar requeridos para a climatização dos quartos e portanto calcular as demandas e os consumos de energia elétrica resultantes do emprego desses equipamentos, ao serem consideradas as seguintes premissas:

1. Para efeito do dimensionamento correto das capacidades de refrigeração dos condicionadores de ar dos diferentes ambientes, foi considerado que os equipamentos estariam operando das 13 às 18h (de maneira a incluir a condição mais crítica em termos de carga térmica – que se situa por volta das 15h do dia, o que, se não for feito, induzirá ao subdimensionamento da capacidade ‘de refrigeração do condicionador de ar) e das 22 às 6h ; os coeficientes de eficiência energética, as demandas requeridas e os consumos de energia para os condicionadores de ar são aqueles discriminados na Tabela 4.5.1;
2. Arbitrou-se um período de operação dos condicionadores de ar de janela das 22 às 6h (8h/dia) conforme CAEMA(2004d), cujas capacidades de refrigeração foram fixadas pelas estimativas de cargas térmicas adotadas no item 1 supra, para o cálculo das demandas e dos consumos de energia elétrica requeridos.

Capítulo 5: Metodologias e Análise prospectiva dos impactos das medidas de eficiência energética no sistema Manaus.

5.1. Introdução.

As prospecções elaboradas neste capítulo foram embasadas nas informações fornecidas no Capítulo 3 (a respeito dos consumos e das demandas de energia elétrica, bem como no custo operacional da geração de energia elétrica da concessionária Manaus Energia).

A quantificação das economias que poderiam ser atingidas pela aplicação das medidas de eficiência energética resultantes tanto da substituição dos equipamentos de baixa eficiência por equipamentos de alta eficiência, como pela aplicação de medidas de eficiência energética na residência do estudo de caso, elaboradas no Capítulo 4, permitiu mensurar os impactos dessas medidas sobre o Sistema Manaus.

5.2. Previsões dos consumos, demandas e economias de energia elétrica

5.2. Na substituição de condicionadores de ar de baixa eficiência por de alta eficiência.

Para a determinação das estimativas dos consumos, demandas e economias de energia elétrica referentes às substituições hipotéticas de todos os condicionadores de ar de baixa eficiência (BE) por equipamentos de alta eficiência (AE), com capacidades de refrigeração de 7.000, 7.500 e 10.000Btu/h, que representam 96% do parque do setor residencial de Manaus, no período de 2006 a 2018, foram consideradas as seguintes hipóteses:

1. Os números de condicionadores de ar existentes está de acordo com os percentuais contidos na Tabela 3.4.1. da página 50;

2. Os consumos e demandas de energia elétrica dos condicionadores de ar conforme estabelecidos nos critérios de 2006 do Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE;
3. Valor médio de horas de utilização de 8h (22h às 6h) de acordo com Cartaxo (2004b).

A Figura 5.2.1.1. abaixo apresenta, para o período 2006 a 2018, os consumos e as economias de energia elétrica que poderiam ser alcançados ao ser considerado que todos os condicionadores de ar de 7.000, 7.500 e 10.000Btu/h existentes no parque do setor residencial de Manaus fossem de baixa eficiência (BE), e, que todos eles seriam substituídos por equipamentos de alta eficiência (AE). Nos anos de 2006 e 2007, essas economias teriam sido respectiva e aproximadamente 85 (2,5%) e 88GWh (2,4%).

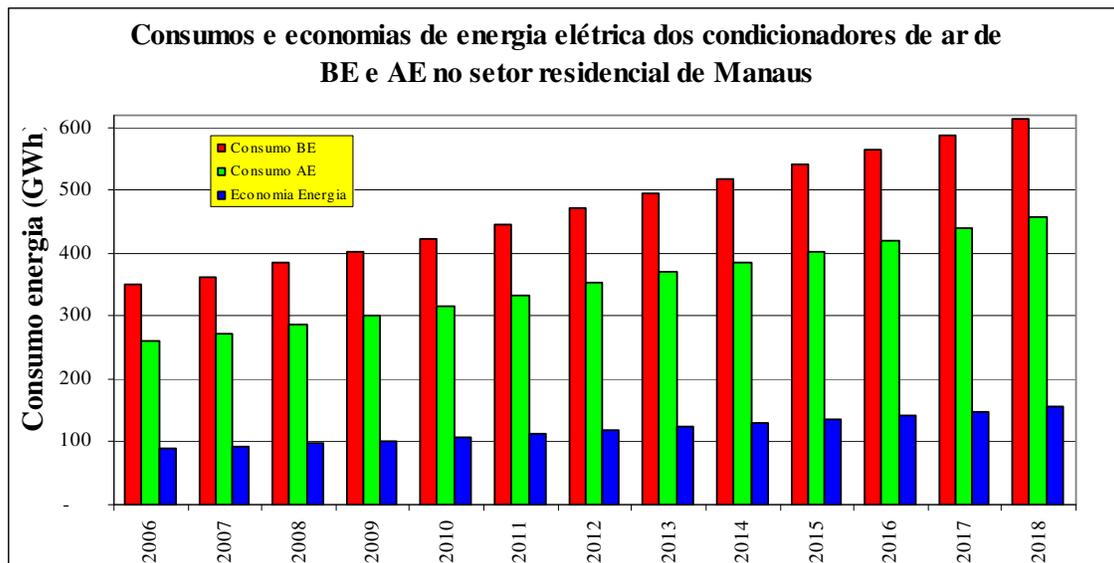


Figura 5.2.1.1. Consumos e conomias de energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados de mercado da MESA e do PBE, critérios 2006.

Vale ressaltar que os valores obtidos na figura 5.2.1.1. são sobredimensionados, pois não consideram que os condicionadores de baixa eficiência vão sendo substituídos paulatinamente

com o decorrer dos anos, bem como o ganho de eficiência energética que ocorrerá na operação desses equipamentos por conta da legislação, das leis do mercado e da concorrência.

A Figura 5.2.1.2. abaixo apresenta, para o período 2006 a 2018, as demandas e reduções de demanda de energia elétrica que poderiam ser alcançadas ao ser considerado que todos os condicionadores de ar de 7.000, 7.500 e 10.000Btu/h existentes no parque do setor residencial de Manaus fossem de baixa eficiência (BE), e, que todos eles seriam substituídos por equipamentos de alta eficiência (AE). Nos anos de 2006 e 2007, as reduções nas demandas máximas teriam sido de 47 (5,5%) e 48MW (5,2%) respectivamente.

O valor da redução da demanda de 47MW em 2006 é bastante significativo tendo em vista que, se tivesse ocorrido a concretização deste caso hipotético, poderia ter sido evitada a contratação de pelo menos um dos cinco produtores independentes de energia que foram contratados pela Manaus Energia naquele ano.

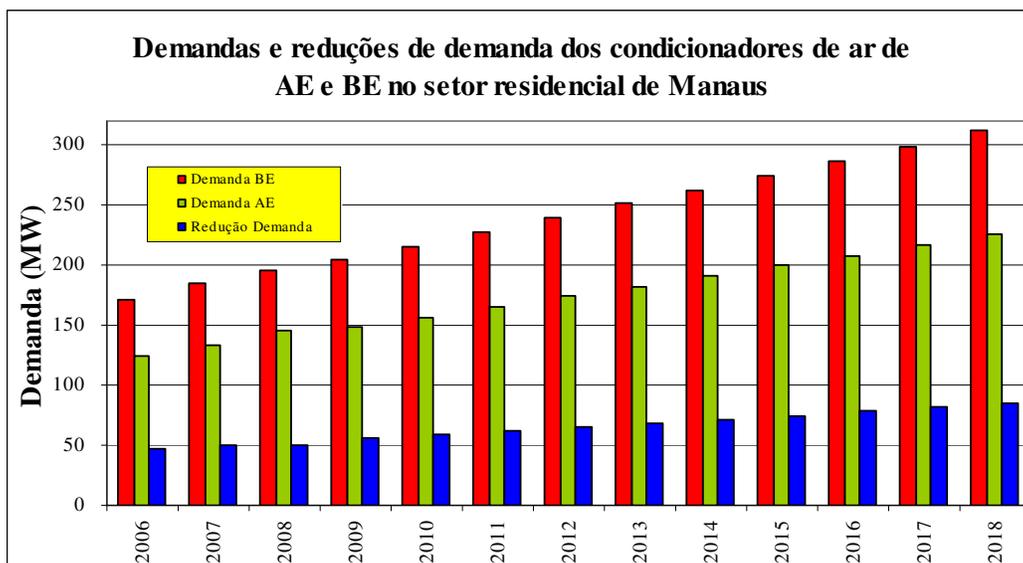


Figura 5.2.1.2. Demandas e reduções de demanda dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados de mercado da MESA e do PBE, critérios 2006.

Já a Figura 5.2.1.3. a seguir apresenta os custos operacionais da Manaus Energia para fornecer a energia elétrica requerida para suprir esses equipamentos, referenciados ao ano de 2006 (R\$334,00/MWh). Só em custos operacionais a economia da Manaus Energia decorrente desta substituição em 2006, teria alcançado o valor de R\$29.580.916,67.

Vale salientar ainda que os custos acima não contemplam a mudança da matriz energética de geração de energia elétrica ocasionada pela chegada do gás natural às usinas de geração de Manaus, prevista para o final de 2009. Merece ser ressaltado também que os custos calculados na Figura 5.2.1.3. foram feitos até o ano de 2011 já que no final deste ano está prevista a interligação do Sistema Manaus ao Sistema Elétrico Brasileiro através de uma linha de transmissão de 500kV proveniente da UHE de Tucuruí.

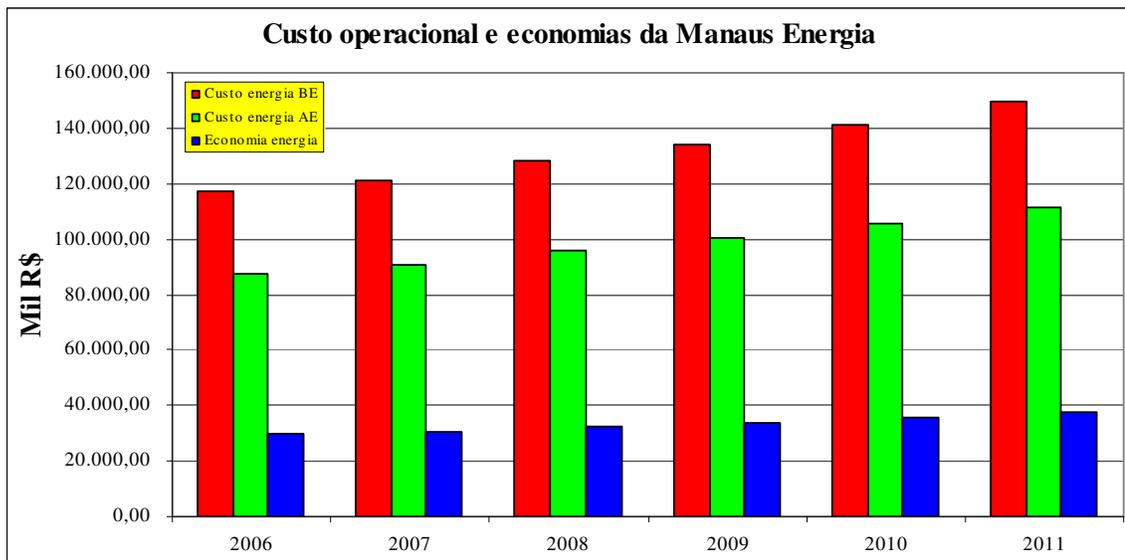


Figura 5.2.1.3. Custo operacional e economias de energia elétrica da Manaus Energia decorrentes da operação dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 5.2.1.4. a seguir apresenta os valores totais em reais das contas de energia elétrica

dos consumidores decorrentes do emprego de condicionadores de baixa e de alta eficiência. A economia teria sido de R\$32.326.450,85 que dividida pelo número de condicionadores existentes em 2006 (160.554), traria uma redução anual da conta de energia elétrica por condicionador de ar de R\$201,34.

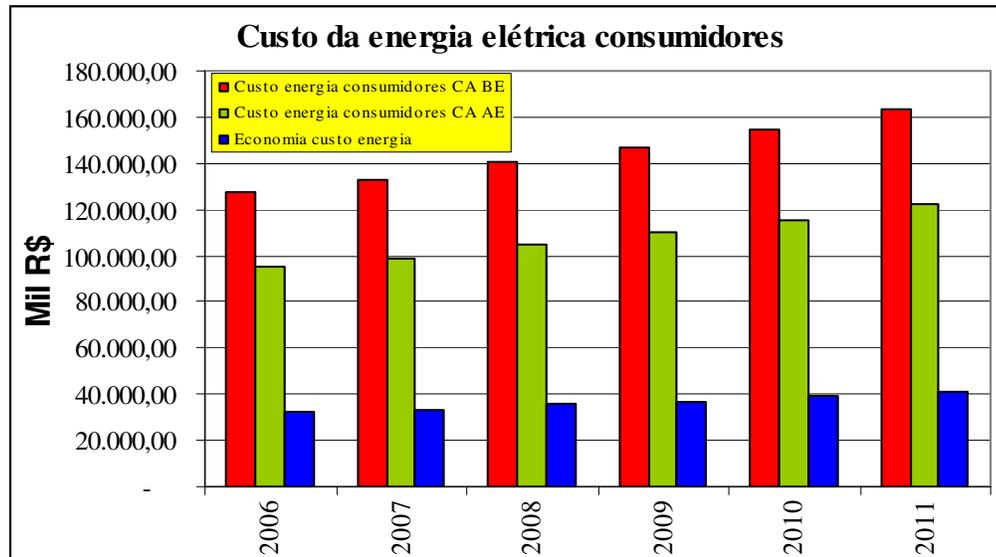


Figura 5.2.1.4. Custo e economias de energia elétrica dos consumidores decorrentes da utilização dos condicionadores de ar de baixa eficiência e de alta eficiência do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria.

5.3. Na climatização do quarto Q1 das novas residências de Manaus, quando da modificação das características da residência de (OEW; PM; FMD; AF; TM) – com condicionador de BE para (OEW; PC; FMDISOL; AF; TC) – com AE.

Para a comparação das estimativas dos consumos, demandas e economias de energia elétrica pelo emprego de condicionadores de ar nos Quartos 1 da residência em estudo, segundo a característica construtiva (OEW; PM; FMD; AF; TM), utilizando equipamentos de BE, com as mesmas estimativas dos Quarto 1, porém com a característica construtiva (OEW; PC; FMDISOL;

AF; TC), empregando equipamentos de AE, no período de 2006 a 2018, foram consideradas as seguintes hipóteses:

1. A elaboração desta prospecção considerou somente as residências novas. Para obter o número de casas novas que seriam acrescentadas ao setor residencial de Manaus com climatização, multiplicou-se o número de novos consumidores adotados pela Manaus Energia, ao longo do período de 2006 a 2018, pelo índice de posse de 0,45;
2. A ocorrência de um único condicionador de ar na climatização de cada Quarto 1 da residência em estudo, de acordo com as considerações feitas por Cartaxo (2004d).

A Figura 5.3.1. apresenta para o período de 2006 a 2018 os consumos e as economias de energia elétrica de residências que não aplicaram e das que aplicaram medidas de eficiência energética. No caso, a residência OEW; PM; FMD; AF; TM foi modificada para OEW; PC; FMDISOL; AF; TC, ou seja, foi mantida a mesma orientação geográfica e o ático fechado, sendo que os telhados e as paredes foram pintadas com cor clara e foi colocado isolamento de EPS no forro.

Constata-se que somente em 2006 teria havido uma redução no consumo de energia elétrica proveniente da adoção de medidas de conservação de energia de elétrica nas novas residências de aproximadamente 11,5GWh.

A suposição acima não levou em conta que dentre as novas habitações dos novos consumidores residenciais da Manaus Energia uma parcela delas é composta por apartamentos. Preferiu-se neste trabalho considerar que os novos consumidores habitariam somente em residências, tendo em vista que esta informação não está disponível nem na Manaus Energia, na Prefeitura Municipal e no Sindicato da Construção Civil.

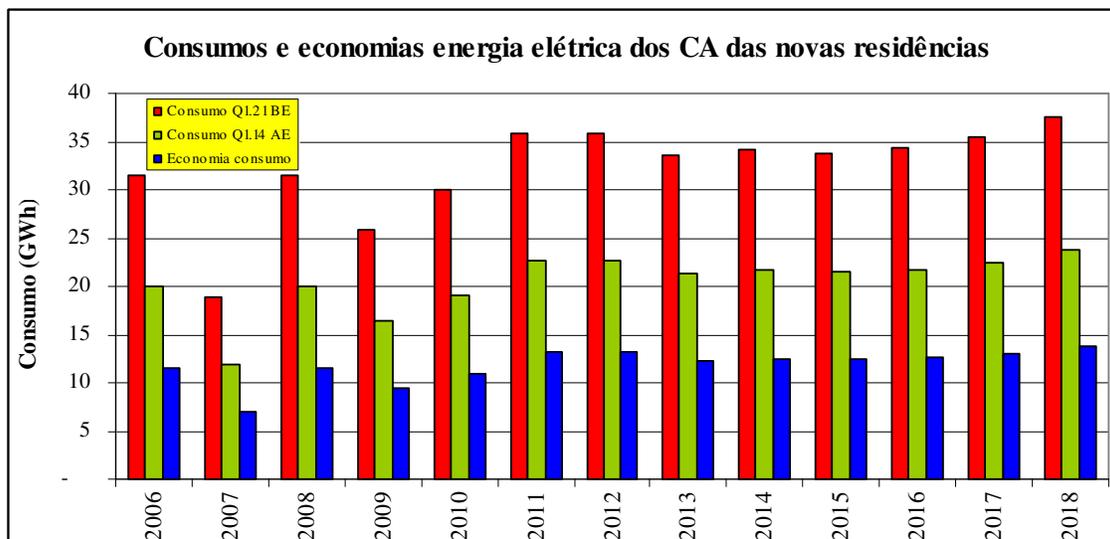


Figura 5.3.1. Consumos de energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência para os Quartos 1- alternativa 21, orientação geográfica Leste-Oeste e dos condicionadores de alta eficiência para os Quartos 1- alternativa 14, orientação Leste – Oeste, das novas residências do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados do PBE critérios 2006.

No que se refere às demandas, a Figura 5.3.2. mostra os impactos da implementação das medidas de eficiência energética em novas residências sugeridas no presente trabalho, sobre o Sistema Manaus. Pode-se observar que no ano de 2006 a redução da demanda poderia ter atingido o valor de 5,8MW.

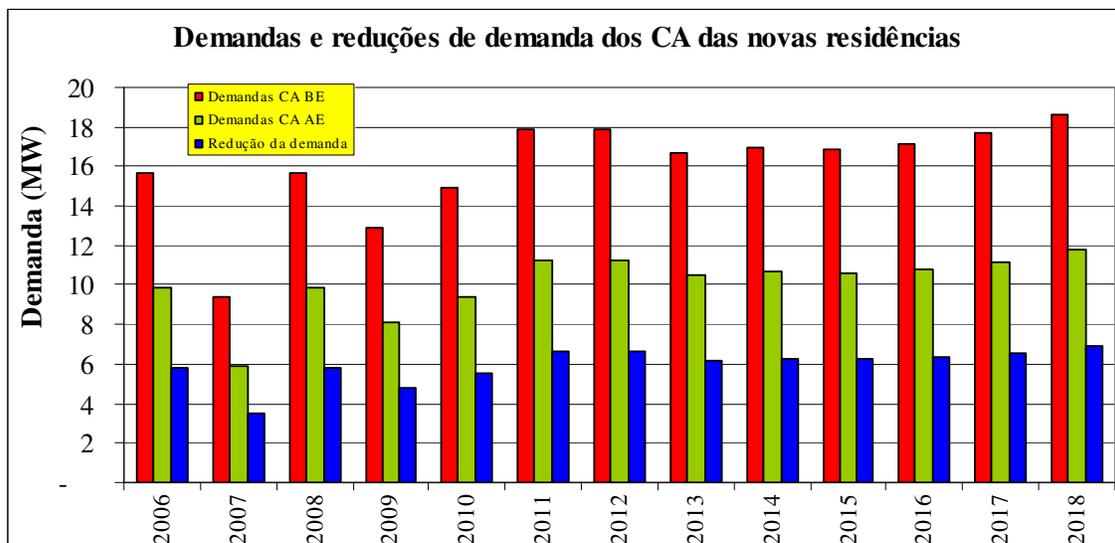


Figura 5.3.2. Demandas de energia elétrica dos condicionadores de ar de baixa eficiência dos Quartos 1- alternativa 21, orientação geográfica Leste-Oeste e dos condicionadores de alta eficiência para os Quartos 1- alternativa 14, orientação Leste – Oeste, das novas residências do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados do PBE critérios 2006.

A Figura 5.3.3. abaixo apresenta os custos para os consumidores da operação dos condicionadores de ar climatizando os Quarto1 das novas residências, sem e com a implementação das medidas de eficiência energética. No ano de 2006 a redução anual do custo seria de R\$4.212.638,80, ou seja, de R\$413,49 por residência.

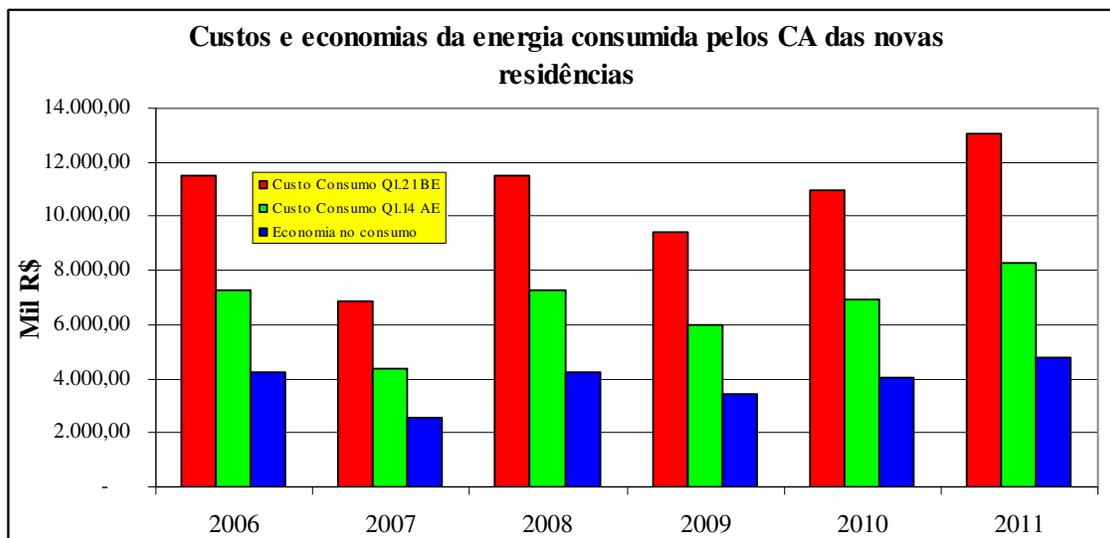


Figura 5.3.3. Custos e economias da energia elétrica consumida pelos condicionadores de ar de baixa eficiência dos Quartos 1- alternativa 21, orientação geográfica Leste-Oeste, e dos condicionadores de alta eficiência dos Quartos 1- alternativa 14, orientação Leste – Oeste, das novas residências do setor residencial de Manaus.

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados do PBE critérios 2006.

6. Conclusões e recomendações.

6.1. Conclusões

A etiquetagem estimula a inovação tecnológica, além de possibilitar a introdução no mercado de produtos novos e mais eficientes, enquanto que os padrões complementam esse desenvolvimento, ao forçar a remoção gradual do mercado dos equipamentos menos eficientes.

Os códigos de obras e padrões de eletrodomésticos, estão entre as políticas de eficiência energética mais efetivas e viáveis que foram empregadas com muito sucesso em mais de cinquenta e dois países do mundo.

Descreveu-se neste trabalho o cenário complexo que a concessionária enfrenta para garantir o suprimento de energia elétrica à cidade de Manaus. Os investimentos do setor elétrico poderiam atingir uma melhor eficácia se, além da adoção de uma ação enérgica de combate às perdas de energia elétrica, fossem adotadas ações combinadas tanto do lado da oferta como do lado da demanda.

Foi afirmado também que os prédios comerciais e residenciais respondem por um terço de todo o CO₂ emitido mundialmente pela geração de energia elétrica, emissões essas que continuarão crescendo no futuro. A implantação de instrumentos de política regulatória e de instrumentos de política de controle, tais como os códigos de obras e padrões de etiquetagem de eletrodomésticos, estão entre as políticas de eficiência energética mais efetivas e viáveis que foram empregadas com muito sucesso em mais de cinquenta e dois países do mundo. A aplicação destes instrumentos conduz à melhoria da eficiência energética em prédios e eletrodomésticos, com a conseqüente redução das taxas de emissão de CO₂ oriundas do setor da construção civil.

Estimou-se que 42% da energia elétrica produzida no país seja consumida na operação e manutenção das edificações e na promoção de conforto dos seus usuários. O expressivo potencial de conservação deste setor, avaliado em 30% para edificações já existentes, através de retrofit (reforma), podendo chegar a 50% nas edificações novas que utilizem tecnologia energeticamente eficiente, desde a concepção inicial do projeto.

Existe uma grande quantidade de conhecimento e de tecnologias acessíveis e viáveis que ainda não são amplamente empregadas, que podem melhorar a eficiência energética dos prédios e por conseguinte reduzir substancialmente as emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor da construção civil. Esses incluem o projeto solar passivo, eletrodomésticos e iluminação de elevada eficiência, sistemas de ventilação e de refrigeração de alta eficiência, aquecedores solares de água, técnicas e materiais de isolamento, materiais de construção de alta refletância e áreas envidraçadas com camadas múltiplas. As maiores economias em termos de utilização de energia (75% ou mais) ocorrem nos prédios novos, ao serem projetados e operados como sistemas integrados. A obtenção dessas economias requer um processo de projetar conjunto envolvendo arquitetos, engenheiros, contratantes e clientes, com ampla noção das oportunidades de redução passiva das demandas de energia.

As simulações das estimativas das cargas térmicas dos recintos permitiram que fossem examinadas as características construtivas que poderiam ser mais eficazes na melhoria da eficiência energética e do conforto térmico, se devidamente especificadas nos projetos arquitetônicos dessas edificações. Dentre essas recomendações, que neste trabalho denominaram-se de medidas de conservação de energia, podem ser destacadas, além da substituição de equipamentos de baixa por equipamentos de alta eficiência: a correta orientação geográfica, a colocação de isolamento nos forros ou lajes, a colocação de isolamento reflexivo por baixo do telhado e a pintura das paredes externas e coberturas com cores claras.

A combinação utilizando condicionadores de ar de alta eficiência para climatizar os recintos da alternativa da residência que apresentou as menores cargas térmicas, permitiria que o usuário reduzisse sua despesa com energia elétrica.

Os cálculos dos parâmetros térmicos da residência em estudo foram então comparados àqueles estabelecidos pela NBR15220 (ABNT, 2005), e verificou-se que a Transmitância Térmica e o Atraso Térmico das paredes adequaram-se aos limites estabelecidos pela norma, enquanto que o Fator Solar superou o limite especificado; com relação à cobertura, constatou-se que a Transmitância Térmica ficou com seu valor praticamente igual ao prescrito pela norma, enquanto que o Atraso Térmico e o Fator Solar apresentaram valores abaixo dos limites fixados na norma.

Cabe ressaltar que, a menos do valor do Fator Solar das paredes, os demais parâmetros térmicos da residência em estudo se situaram abaixo ou no máximo igualaram-se – como foi o caso da Transmitância Térmica da cobertura - aos limites máximos estabelecidos pela NBR 15220 para a Zona 8 e para habitações de interesse social.

Constatou-se também que a residência estudada não atende às recomendações prescritas pela NBR15220 no que se refere às aberturas para ventilação.

Ao serem analisadas as tabelas fornecidas pelo programa de simulação, observa-se que o telhado (cobertura) é responsável por no mínimo 35% da carga térmica dos recintos (no caso da alternativa Q1.11 (OEW;PC; FMD; AF; TC), carga esta gerada pelo fluxo de calor originado da radiação solar. Logo, qualquer medida que impeça ou reduza a transferência de calor de fora para dentro via cobertura - tais como a colocação de lajes, de isolamento térmico nos forros/lajes e de isolamento reflexivo embaixo do telhado - contribuiria efetivamente para a melhoria do conforto térmico desses ambientes, pela diminuição da carga térmica originada externamente a esses recintos.

Foi considerada a hipótese de que todas os condicionadores de ar com capacidade de refrigeração de 7.000, 7.500 e 10.000Btu/h, representando 96% do parque de condicionadores de ar de Manaus, fosse constituído por equipamentos de baixa eficiência. Simulou-se a substituição de todos esses equipamentos por condicionadores de alta eficiência no ano de 2006, que impactou o Sistema Manaus da seguinte maneira: reduziu o consumo de energia elétrica de 85GWh (2,5%

do consumo anual) e a demanda na ponta de carga de 47MW (5,5% da maior ponta de carga do ano); obteve-se ainda uma diminuição dos custos operacionais da concessionária de R\$29.580.916,67; e, os consumidores teriam uma redução per capita anual de suas contas de energia de R\$201,34.

Avaliou-se também a hipótese de que todas as novas residências a serem construídas no setor residencial da cidade pudessem ser enquadradas na alternativa 21 (OEW; PM; FMD; AF; TM) com a climatização do Quarto 1. Aplicaram-se medidas de eficiência energética na residência, transformando-a na alternativa 14 (OEW; PC;FMDISOL; AF; TC) e climatizando o Quarto 1. Os impactos dessas substituições no Sistema Manaus foram, no ano de 2006: redução no consumo de energia elétrica de 11,5GWh, na demanda de 5,8MW e na conta de luz de cada residência de R\$413,49.

6.2. Recomendações.

Das conclusões decorrentes deste trabalho, recomenda-se que:

- 1- Seja aplicada a ferramenta denominada de Planejamento Integrado de Recursos – PIR, em conjunto com programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda, para a elaboração do planejamento do suprimento de energia elétrica de sistemas isolados;
- 2- A prefeitura de Manaus revise o Código de Obras de Manaus, de maneira a enquadrá-lo às normas vigentes (NBR 15220 e NBR15575);
- 3- A concessionária promova ampla e contínua campanha de divulgação, junto aos consumidores, das vantagens da utilização de condicionadores de ar de alta eficiência como forma de tornar mais eficiente o processo de climatização e de reduzir as contas de energia elétrica dos consumidores com a operação desses equipamentos;
- 4- Sejam aplicadas nas lajes e nos forros das residências isolamento com EPS ou isolamento reflexivo embaixo dos telhados, com o objetivo de reduzir as cargas térmicas dos ambientes

internos das residências, geradas externamente e de reduzir os gastos com energia elétrica na climatização;

- 5- Estudar o efeito do emprego de beirais mais longos na redução das cargas térmicas em residências de novos projetos habitacionais;

Referências bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR6401, Instalações de ar condicionado para conforto térmico- Parâmetros básicos de projeto**, Rio de Janeiro, 1980, 17p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR5858, Condicionador de ar doméstico**, Rio de Janeiro, 1983, 15p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR5413, Iluminância de interiores**, Rio de Janeiro, 1992, 13p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR15220, Desempenho térmico de edificações** (Partes 1, 2, 3, 4 e 5), Rio de Janeiro, 2005, 92p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR15575, Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**, Rio de Janeiro, 2008, 250p.
- ACHRNEWS, **Criteria for refrigeration selection**, publicado na Revista “The News - Air Conditioning, Heating and Refrigeration”, na edição de dezembro de 2005; disponível em:
<http://www.achrnews.com/CDA/Articles/Technical/00d100db1b16a010VgnVCM10000f932a8c0> ; acesso em 15 de outubro de 2006.
- ALEXANDRE, C.S., **As ações da ABRAVA no Cenário de Eficiência Energética**, palestra realizada na ABRAVA, em 20 de junho de 2002.
- ALKMIN, J.T.D., **Potencial de Cogeração no Estado do Amazonas**, Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEL, 1997, 196 p. Tese (Mestrado).

AMERICAN COUNCIL for an ENENERGY-EFFICIENT ECONOMY, **The Most Enenergy-Efficient Appliances 2005**, 2005, disponível em:

www.acee.org/consumerguide/rac.pdf; acessado em 24 de Janeiro de 2006.

ANDRADE, S.F., **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de FLORIANÓPOLIS**, UFSC, 1996, 147p. Tese (Mestrado)

BAITELO, R.L., UDAETA, M.E.M., GALVÃO, L.C.R., BURANI, G.F., **Aspectos Políticos e Regulatórios Vinculados à Demanda Energética**, GEPEA-USP, IV Congresso Brasileiro de Regulação, Anais, Manaus, ARSAM/ABAR, 2005, 11p.

BEE, BUREAU of ENERGY EFFICIENCY (órgão pertencente ao Ministério de Energia do Governo da Índia que trata de eficiência energética), **HVAC and REFRIGERATION**, 2006.

BOEHRINGER INGELHEIM do BRASIL, **Saiba por que a tosse acontece o ano todo, 2002**, disponível em: <http://www.boehringerengelheim.com.br/conteudo.asp? Conteúdo = 493> ; acesso em 10 de julho de 2005.

BONNEMA, L., **Compressors: Meeting Environmental Demands**, Revista Appliance Magazine.com, edição de maio, 2005, disponível em:

<http://www.appliancemagazine.com/euro/editorial.php?article=985&zone=102&first=1> ; acesso em 12 de setembro de 2006.

BOSSEBOUEF, D., MOISAN, F., YOKOBORI, K., **Energy Efficiency Policies and Indicators**, Conselho Mundial de Energia (World Energy Council), 2001, disponível em:

<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/launches/eepi/eepi.asp> ; acesso em 14 de agosto de 2006.

BORENSTEIN, C.R., CAMARGO, C.C.B., **O Setor Elétrico no Brasil: dos desafios do passado às alternativas do futuro**, Sagra Luzzatto Editores, 1997.

BRASIL, **LEI Nº 1.654, DE 28 DE JULHO 1952**, que autoriza a União a constituir, com o Estado do Amazonas e o município de sua capital, a "Companhia de Eletricidade de Manaus", e dá outras providências, disponível em:

<http://www.soleis.adv.br/leis1952.htm> ; acesso em: 10 de janeiro de 2005.

BRASIL, **LEI Nº 5.966, de 11 de Dezembro de 1973**, que no seu Art.4º criou o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro, autarquia federal, vinculada ao Ministério da Indústria e do Comércio, com personalidade jurídica e patrimônio próprios, disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/lei5966.asp> ; acesso em: 17 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Decreto Nº 87.079, de 02 de abril de 1982**, que aprova as diretrizes para o Programa de Mobilização Energética, disponível em: www.lei.adv.br/87079-82.htm ; acesso em 15 de janeiro de 2006.

BRASIL, **LEI Nº 9.991, de 24 de julho de 2000**, que dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética, disponível em: www.aneel.gov.br/cedoc/blei20009991.pdf ; acesso em: 17 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001**, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. DATAPREV, Brasília, 2001a, disponível em: <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/2001/10295.htm> ; acesso em: 17 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001**, regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. DATAPREV, Brasília, 2001b, disponível em: <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/23/2001/4059.htm> ; acesso em: 17 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004**, que autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (vinculada ao Ministério de Minas e Energia) e dá outras providências.

BRASÍLIA, 2004a, disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Ato2004-2006/2004/Lei/L10.847.htm> ; acesso em 25 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004**, que regulamenta a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, aprova seu Estatuto Social e dá outras providências.

BRASÍLIA, 2004b, disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/cedoc/lei200410847.pdf> ; acesso em 25 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Decreto nº 5.267, de 9 de novembro de 2004**, que aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Ministério de Minas e Energia, e dá outras providências. Brasília, 2004c, disponível em:

www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=2149&download ; acesso em 25 de janeiro de 2006.

BRASIL, **Portaria Interministerial nº 364 , de 24 de dezembro de 2007**, que aprova a Regulamentação Específica de Condicionadores de Ar, na forma constante dos Anexos à presente Portaria, disponível em:

www.mme.gov.br/download.do;jsessionid=D043F151A30E7084C3677864906412BD?attachmentId=12952&download ; acesso em 15 de janeiro de 2008.

BRUM, N.C., **Notas de aula de Tecnologia do Calor**, Laboratório de Transmissão e Tecnologia do Calor, EE/COPPE/UFRJ, 2006, disponível em:

http://mecnica.scire.coppe.ufrj.br/utl/b2evolution/media/nisio/Psicrometria_Aplicada_CA_01.pdf ; acesso 08 de junho de 2007.

BEE, BUREAU of ENERGY EFFICIENCY, **Refrigeration & Air Conditioning System**, 2006, disponível em:

www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/Refrigeration%20and%20Air%20Conditioning.pdf ; acesso em 10 de outubro de 2007.

CABANO ENGENHARIA, **Necessidade de Sistema de Climatização Melhor Projetado, Operado e Mantido**, 2005, disponível em: **<http://www.cabano.com.br/necessidade%20do%20ar%20condicionado.htm>**; acesso em 08 de julho 2005.

CAEMA, Condicionadores de Ar, Energia e Meio Ambiente, **Índices de Aplicativos do Banco de Dados do GLD PINGO**, 2004a.

CAEMA, Condicionadores de Ar, Energia e Meio Ambiente, **Dicas para compra de um condicionador de ar**, 2004b, disponível em: **<http://www.cca.ufam.edu.br/caema/dicas.html>** ; acesso em 10 de setembro de 2006.

CAMARGO, C.C.B., **Gerenciamento pelo Lado da Demanda: Metodologia para Identificação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica de Consumidores Residenciais**, UFSC, 1996, 197p. Tese (Doutorado), disponível em: **<http://www.eps.ufsc.br/teses96/camargo/cap3/capitulo3.htm>** ; acesso em 02 de fevereiro de 2006.

CAMERON, A., **Keeping cool/ solar air-conditioning**, revista RENEWABLE ENERGY WORLD, edição outubro - novembro de 2006, pp 92-101.

CAMPOS, A., **Gerenciamento pelo lado da Demanda: Um Estudo de Caso**, USP, 2004, 94p. Tese (Mestrado).

CANAL CIÊNCIA, **Pesquisadores elencam legislação contra destruição da camada de ozônio e sugerem ações para políticas de proteção ambiental**, disponível em: **http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref_pesquisa=108** ; acesso em 18 de outubro de 2006.

- CARTAXO, E.,F. et al., **Programa de Eficiência Energética Através da Troca de Condicionadores de Ar no Setor Residencial de MANAUS: Uma Experiência Concreta**, AGRENER, Campinas – SP, 2004a.
- CARTAXO, E.F., et al., **Troca Compulsória de Aparelhos de Ar Condicionado Ineficientes por Eficientes, no Setor Residencial: Uma Experiência Concreta de Redução de Energia Elétrica na Cidade de MANAUS**, XVI SENDI, Brasília – DF, 2004b.
- CARTAXO, E.F., **Relatório Final do CT- ENERG : Redução da Demanda de Energia Elétrica Através de Troca Incentivada de Ar Condicionado nos Grandes Sistemas Elétricos da Região NORTE**, Laboratório de Energia e Meio Ambiente do Centro de Ciências do Ambiente da UFAM, 2004c.
- CARTAXO, E.F., **Relatório Final do Projeto CAEMA**, 2004d.
- CARTAXO, E. F. et. al., **CAEMA - Avaliação do desempenho técnico econômico de condicionadores de ar de alta eficiência no setor residencial, levantamento e elaboração de uma metodologia de Banco de Dados de uso final de energia elétrica na cidade de Manaus 2004**, Programa de Eficiência Energética da Manaus Energia S.A., Ciclo 2003-2004, 2004e;
- CAVALIERO, C.K.N., **Externalidades**, UNICAMP, 1999.
- CHADE, J.F., **Estudo do Sistema pelo Lado da Demanda para Consumidores e Distribuidores de Energia Elétrica**, ELETROPAULO, X Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro – RJ, 2004.
- CLASP, COLLABORATIVE LABELING AND APPLIANCE STANDARDS PROGRAM, **History and Scope of Energy-Efficiency Labels and Standards**, 2004a, disponível em: <http://www.clasponline.org/resource.php?nnx=4> ; acesso em 02 de agosto de 2006.

CLASP, COLLABORATIVE LABELING AND APPLIANCE STANDARDS PROGRAM, **General Information on Standards and Labelling - Guide Book**, 2004b, disponível em: <http://www.clasponline.org/GB2ndEdition/Chapter2/Chapter2.htm> ; acesso 02 de agosto de 2006.

CLASP, COLLABORATIVE LABELING AND APPLIANCE STANDARDS PROGRAM, **A Standard & Labeling Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting**, 2004c, disponível em: <http://www.clasponline.org/printdoc.php?no=154> ; acesso em 02 de agosto de 2006.

CEM, **Informativos Diversos** da COMPANHIA de ELETRICIDADE de MANAUS.

COBRACON/ABNT, Comitê Brasileiro da Construção Civil/Associação Brasileira de Normas Técnicas, **Projeto 02:136.0**, 2005, disponível em: <http://cobracon.org.br/home.htm> ; acesso em 18 de janeiro de 2008.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL de MEIO AMBIENTE, **Resolução 267, de 14 de setembro de 2000**, que proíbe, em todo o território nacional, a utilização das substâncias controladas especificadas nos Anexos A e B do Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, constantes do Anexo desta Resolução nos sistemas, equipamentos, instalações e produtos novos, nacionais ou importados, disponível em: <http://www.ibama.gov.br/ctf/manual/html/043200.htm> ; acesso em 04 de abril de 2006.

CEE, CONSORTIUM of ENERGY EFFICIENCY, **Room Air Conditioner** (Super-Efficient Home Appliances Initiative), 2007, disponível em: <http://www.cee1.org/resid/seha/rm-ac/rm-ac-main.php3#tech> ; acesso em 10 de agosto de 2007).

COSTA, F.B., **Relatório de Análise do Condicionador de Ar do LEMA**, Laboratório de Energia e Meio Ambiente da UFAM, abril/2005.

COUTO, M., **Ar condicionado completa 1º Centenário**, artigo publicado na Revista ABRAVA edição de junho, 2002, pp. 24-29.

CRAWLEY, D.B., HAND, J.W., HAND, J., KUMMMERT, M., GRIFITH, B.T., **Contrasting The Capabilities Of Building Energy Performance Simulation Programs**, US Department of Energy (Washington, USA), University of Strathclyde (Glasgow, Scotland, UK), University of Wisconsin (Madison, Wisconsin, USA) e NREL – National Renewable Energy Laboratory (Golden, Colorado, USA), 2005, disponível em:

http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/pdfs/contrasting_the_capabilities_of_building_energy_performance_simulation_programs_v1.0.pdf, acesso em 18 de dezembro de 2007.

DEMHAB, Departamento Municipal da Prefeitura de Porto Alegre, **Perfil da Habitação de Interesse Social em Porto Alegre – Relatório Final**, 2004, disponível em:

http://www.pmhis-poa.com.br/texto_habitacional/Parte_1.PDF ; acesso em 20 de janeiro de 2008.

DIAS, R.A., MATTOS, C.R., BALESTIERE, J.A.P., **Conservação de energia: conceitos e sociedade**, Trabalho de extensão FEG-UNESP, Guaratinguetá - SP, 2004.

DOE, DEPARTMENT of ENERGY, **Cooling your home naturally**, 1994, disponível em:

http://www.pueblo.gsa.gov/cic_text/housing/coolyourhome/cooling.htm ; acesso em 24 de agosto de 2006.

DOE, DEPARTMENT of ENERGY, **A Consumer's Guide to Energy Efficiency and Renewable Energy**, 2005, disponível em:

http://www.eere.energy.gov/consumer/your_home/space_heating_cooling/index.cfm/mytopic=12360 ; acessado em 29 de setembro de 2006.

ELETROBRÁS, **Plano Anual de Combustíveis dos Sistemas Isolados de 2004**, Diretoria de Engenharia, revisão de junho de 2004, 2004a.

ELETROBRÁS, **Plano de Operação para 2004 dos Sistemas Isolados**, Diretoria de Engenharia, 2004b.

ELETROBRÁS, **INFORME DE MERCADO 44, CTEM - Comitê Técnico para Estudos de Mercado**, 2004c.

ELETROBRÁS, **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**, 2005, disponível em:

<http://www.ee.pucrs.br/~wagner/Sistemas%20Elétricos%20Industriais/Refrigeracao/Livro%20Refrigeracao.pdf> ; acesso em: 29 de setembro de 2006.

ELETRONORTE, **Plano de Atendimento de Energia Elétrica - AMAZONAS 2004-2013**, Diretoria de Engenharia e Planejamento, Superintendência de Planejamento da Expansão, 2004.

ELETRONORTE - MANAUS, **RELATÓRIO ANUAL de OPERAÇÃO - 1980**, Divisão de Estudos e Assistência Técnica do Departamento de Geração e Transmissão, 1980.

ELETRONORTE - MANAUS, **RELATÓRIO ANUAL de OPERAÇÃO – 1981/1982**, Divisão de Operação de Sistema do Departamento de Geração e Transmissão, 1981 e 1982.

ELETRONORTE - MANAUS, **RELATÓRIO ANUAL de OPERAÇÃO – 1983**, Departamento de Geração e Transmissão, 1983.

ELETRONORTE - MANAUS, **RELATÓRIO ANUAL de OPERAÇÃO – 1984 a 1990;1992 a 1997**, Centro de Operação Regional do Departamento de Geração e Transmissão, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 e 1997.

EMERSON CLIMATES TECHNOLOGIES, **Copeland Scroll – Liderando a tecnologia até um novo nível**, disponível em:

<http://www.copeland-corp.com/americas/Scroll-Promotion-po.pdf> ; acesso em 02 de janeiro de 2006.

- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, **Air-conditioning**, 2007, disponível em:
<http://www.britannica.com/eb/print?tocId=9005196&fullArticle=false> ; acesso em 24 de julho de 2007.
- EPE, EMPRESA de PESQUISA ENERGÉTICA, **Acompanhamento de mercado de Energia Elétrica e da Economia – Boletim Trimestral (Referência: 4º Trimestre de 2006)**, abril de 2007.
- EVAPCOOLER CLIMATIZAÇÃO EVAPORATIVA, **Funcionamento do processo evaporativo**, 2005, disponível em: <http://evapcooler.com.br> ; acesso em 15 de agosto de 2006.
- FROTA, W.M., **Sistemas Isolados de Energia Elétrica na Amazônia no Novo Contexto do Setor Elétrico Brasileiro**, UNICAMP, 2004, 129p. Tese (Mestrado).
- GELLER, H.S., **Revolução Energética – Políticas para um futuro sustentável**, Editora Relume Dumara, 2003, 299p.
- GELLER, H.S., **Índices Mínimos de Eficiência Energética, Etiquetase Procedimento de Ensaio para Refrigeradores, Freezers e Condicionadores de Ar de Janela no Canadá, México Estados Unidos, China e outros Países em Desenvolvimento e em Transição**, 2006, disponível em:
http://www.clasponline.org/files/standards_report_portuguese_version.pdf ; acesso em 04 de agosto de 2006.
- GOLDENBERG, J., **Planos para 2030**, artigo publicado no jornal “O Estado de São Paulo”, na edição de 21 de janeiro de 2008.
- GONÇALVES, H., GRAÇA, J.M., **Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal**, Tipografia Peres, Lisboa-Portugal, 2004, disponível em:
http://www.energiasrenovaveis.com/docs/Conceitos_bioclimaticos.pdf ; acesso em 29 de setembro de 2006.

- JANNUZZI, G. M., SWISHER, J.N.P., **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos – Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis**, Editora Autores Associados, 1997, 246p.
- JANNUZZI, G. M., POMPERMAYER, M.L., CARTAXO, E.F., **Padrões de Uso Residencial de Eletricidade na Região Amazônica: exemplos das zonas urbana e rural**, XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia - SP, 1999.
- JANNUZZI, G. M., **Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado**, Editora Autores Associados, 2000, 116p.
- HARRINGTON, L., DAMNICS, M., **Energy Labelling and Standards Programs throughout the World**, The National Appliance and Equipment Energy Efficiency Committee, Australia, Edition 2.0, 2004, disponível em :
<http://www.energyrating.gov.au/library/pubs/200404-internatlabelreview.pdf> ;
acesso em 20 de agosto de 2006.
- HOSPITAL SANTA LÚCIA, **Condicionador de ar e as alergias respiratórias, 2005**, disponível em: <http://www.santalucia.com.br/torax/arcond-p.htm> ; acesso em 10 de julho de 2005.
- KIRLOSKAR COPELAND LIMITED, **Scroll compressors – The technology**, disponível em:
<http://www.greenbusinesscentre.com/Documents/Scroll%20Compressors.pdf> ;
acesso em 02 de Janeiro de 2006.
- KRAUSE, B.C., SANTOS, O.J.M, NIEMEYER, L.M., PORTO,M.M., **Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto**, apostila, FAU-UFRJ, 2005.
- KOEPPEL, S., ÜRGE-VORSATZ, D., **Assesment of policy instruments for reducing greenhouse gas emissions from building** (Report for the UNEP-Sustainable Buildings and Construction Initiative), Central European University, Budapest, Setembro de 2007; disponível em:

[http://www.unepsbci.org/SBCIRessources/ReportsStudies/documents/Assessment of Policy Instruments for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Buil/SBC I CEU Policy Tool Report.pdf](http://www.unepsbci.org/SBCIRessources/ReportsStudies/documents/Assessment_of_Policy_Instruments_for_Reducing_Greenhouse_Gas_Emissions_from_Buil/SBC_I_CEU_Policy_Tool_Report.pdf) ; acesso em 04 de novembro de 2008.

LAMBERTS, R., CARLO, J., **Uma discussão sobre a regulamentação de eficiência energética em edificações**, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABESEE/UFSC, trabalho apresentado no IV Congresso de Condicionador de ar, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do MERCOSUL, em Curitiba - PR, 2004.

LEVINE, M., ÜRGE-VORSATZ, D., **Residential and commercial buildings. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007; disponível em: **<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter6.pdf>** ; acesso em 05 de novembro de 2008.

LAMBERTS, R., TRIANA, M.A., **Projeto de Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável: Estado da Arte, Capítulo 5 – Energia**, 2005.

LAMBERTS, R., **Sustentabilidade, Conforto e Eficiência Energética em Edificações**, Anais da 58ª Reunião da SBPC, UFSC, Florianópolis – SC, 2006, disponível em: **http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/atividades/TEXTO/texto_474.html** ; acesso em 12 de janeiro de 2008.

LOUREIRO, K., **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus**, UFSC, 2003, 120p. Tese (Mestrado).

LOVELOCK, J., **A vingança de Gaia**, Editora Intrínseca, 2006, 159p.

MANAUS, **Código de obras e de edificações**, Lei nº 673 de 04 de novembro de 2002, 2002, 36p.

MANAUS ENERGIA, **DADOS BÁSICOS ANUAIS de MERCADO – REALIZADO, Período 1980 a 2004**, Departamento de Mercado, 2004a.

MANAUS ENERGIA, **RELATÓRIO ANUAL de OPERAÇÃO, MANAUS ENERGIA – 1998 a 2004**, Divisão de Operação do Sistema, 1998 e 1999; Núcleo de Operação e Controle do Sistema, 2000, 2001, 2002, 2003 e 2004.

MANAUS ENERGIA, **RELATÓRIO de ADMINISTRAÇÃO de 2004**, 2004b.

MANAUS ENERGIA, **RELATÓRIO ESTATÍSTICO – DEZEMBRO DE 2004**, Diretoria de Distribuição, 2004c.

MEIRIÑO, M.J., **Arquitetura e sustentabilidade**, reportagem da Revista ARQUITEXTOS 047, edição de abril de 2004, disponível em:

<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp227.asp> ; acesso em 25 de janeiro de 2006..

MENDES, N., WESTPHAL, F.S., LAMBERTS, R., CUNHA NETO, J.A.B., **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**, Revista “Ambiente Construído”, v.5. n^o4, out./dez. 2005, pp 47-48.

MENDONÇA, M.A.R., **Gerenciamento pelo Lado da Demanda – Métodos Orieto, InOrieto e Incentivado**, XV SNPTEE, Foz do Iguaçu - PR, 1999.

MENEZES, M.S., **Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo-RS**, Universidade de Passo Fundo-UPF, 2006, 130p. Tese (Mestrado), disponível em: <http://www.ppgeng.upf.br/download/2004miltonmenezes.pdf> ; acesso em 15 de janeiro de 2008.

MME - DNAEE – ELETROBRÁS, **CONSUMO de ENERGIA ELÉTRICA no AMAZONAS, Período de 1950 a 1991**, Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica (SIESE).

- MOISAN, F., **Energy efficiency: An option for sustainable development**, Conselho Mundial de Energia (World Energy Council /ADEME), 2006, disponível em:
<http://www.eskom.co.za/content/Moisan.ppt> ; acesso em 15 de julho de 2006.
- MORAN, M.J, SHAPIRO, H.N., **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 4a edição, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000, 681p.
- MOREIRA, E.M., GRIMONI, J.A.B., UDAETA, M.E.M., **Gerenciamento pelo Lado da Demanda: Uma contribuição para o Desenvolvimento Sustentável**, USP, IV Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Itajubá - MG, 2004.
- MOREIRA, J.R., COELHO, S.T., ALMEIDA, M.C., PECORA, V., PRADO, T.G.F., **Externalidades Associadas à Geração Distribuída de Energia Elétrica a partir de Biomassa na Indústria Sucroalcooleira**, CENBIO, AGRENER, Campinas – SP, 2004.
- NATIONAL ACADEMY of ENGINEERING - NAE, **Greatest Engineering Achievements in the 20TH Century**, 2007, disponível em: <http://www.greatachievements.org/>, acesso em 23 maio de 2007.
- NREL, **Cooling your home naturally**, 1994, disponível em:
<http://www.nrel.gov/docs/legosti/old/15771.pdf> ; acesso em 29 de setembro de 2006.
- OLIVEIRA, R.C.C., CIMBLERIS, BARCELLOS, A.C.P., PAIXÃO E SILVA, V.F., FARIAS, F.E.C., **Análise das emissões de gases do efeito estufa por usinas termelétricas**, XVIII SNPTE (Grupo IX – Grupo de Estudo de Impactos Ambientais; Grupo de Trabalho de Mudanças Climáticas – GT - MC), Curitiba – PR, 2005.
- POMPERMAYER, M.L., **Gerenciamento do Lado da Demanda Residencial: O Caso de Centros Urbanos da Região Amazônica**, UNICAMP, 2000, 284p. Tese (Doutorado)

- POMPERMAYER, M.L, JANNUZZI, G. M., **Gerenciamento de recursos energéticos através de ações pelo lado da demanda: O caso de centros urbanos da região Amazônica**, Revista Brasileira de Energia, junho de 2001
- PRADO, T.G.F., MOREIRA, J.R., **Metodologia para Incorporação das Externalidades Ambientais na Geração de Energia Elétrica no Processo Regulatório**, USP-CENBIO, IV Congresso Brasileiro de Regulação, Manaus - AM, 2004.
- PROCEL-EDIFICA - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA em EDIFICAÇÕES, **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**, versão apresentada ao CGIEE (atualizada em 12/09/2007), 2006.
- PROCEL-ELETROBRÁS, **Informativo Eletrobrás do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Ano XVIII - Número 76 - Março de 2007;**
- PROCEL-ELETROBRÁS, **Informativo Eletrobrás do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Ano XIX - Número 79 - Julho de 2008;**
- SENA, S.M., **Sistemas de condicionador de ar e refrigeração**, 1a edição, editado pelo, PROCEL, julho de 2002.
- SIMPSON, D., **Beyond 13 SEER**, artigo publicado na revista APPLIANCE Magazine, edição de abril, 2006, disponível em:
http://www.appliancemagazine.com/zones/supplier/14_controls/editorial.php?article=1387&zone=14&first=1 ; acesso em 24 de outubro de 2006.
- REIS, L.B., FADIGAS, E.A.A., CARVALHO, C.E., **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**, Editora Manole, 2005, 415p.
- RORIZ, M., GHISI, E., LAMBERTS, R., **Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares**, V Encontro Nacional de Conforto no

Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, 1999.

SANTOS, B.C.G., LERER, R., BAITELO, R., **Racionalização ou racionamento**, artigo publicado no jornal “Valor Econômico”, página A10, na edição de 30 de janeiro de 2008.

SILVA, R.B., **Condicionador de ar**, Editora Grêmio Politécnico - USP, 1968, 276p.

SILVA, J.G., **Introdução à Tecnologia de Refrigeração e da Climatização**, Artliber Editora, 2004, 219p.

SPALDING, E.C, **Tributos e Encargos no Setor Elétrico Brasileiro**, ABRACE, palestra ministrada no seminário “A visão do grande consumidor”, realizado no Rio de Janeiro, em 07 de junho de 2005, disponível em:

http://www.acendebrasil.com.br/archives/files/20050607_F%C3%B3rumCBIEE_Apresentacoes.pdf ; acesso em 23 de agosto de 2006.

TAKEDA, N. I., **Concurso Público Nacional de Anteprojetos no Estado do Amazonas sobre o tema Habitação Popular**, projeto premiado com o 2o lugar, 2005.

THERMAR, **História do condicionador de ar**, disponível em:

<http://www.thermar.com.br/curiosidade.html> , acesso em 13 de setembro de 2006).

VALDEJÃO, R.G., **Brasil regulamenta eficiência energética**, reportagem publicada no jornal Folha de São Paulo, em 27 de novembro de 2005.

VARELLA, D., **Gripes e resfriados - Olhe esse vento nas costas, menino!**, 2005; disponível em: **<http://www.drauziovarella.com.br/artigos/gripe.asp>**; acesso em: 09 de julho de 2005.

VENDRUSCULO, E. A., **Avaliação de televisores quanto ao consumo de energia elétrica, no modo standby, e adequação a padrões de eficiência energética internacionais**,

Energy Discussion Paper (International Energy Initiative), no 2.56.1/05, 2005, disponível em <http://www.iei-la.org/documents/E.D.PAPER2.56.1-05.pdf> ; acesso em 25 de agosto de 2006.

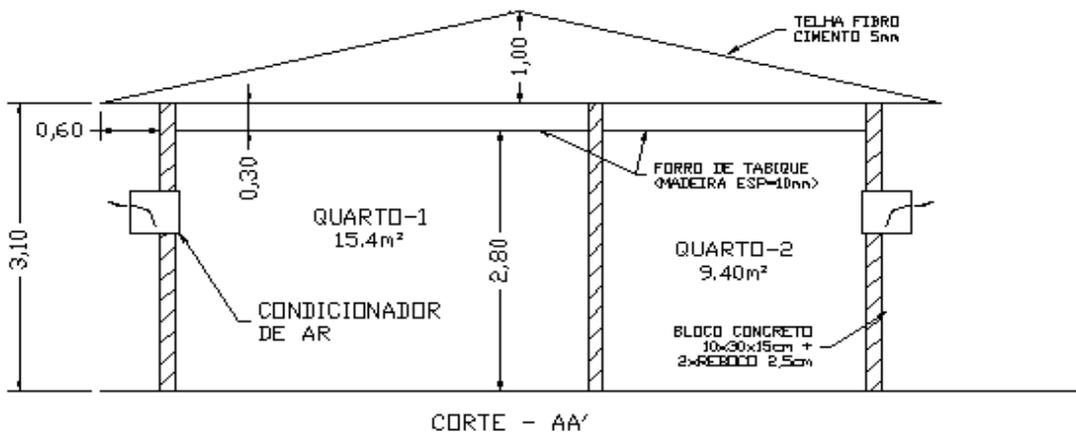
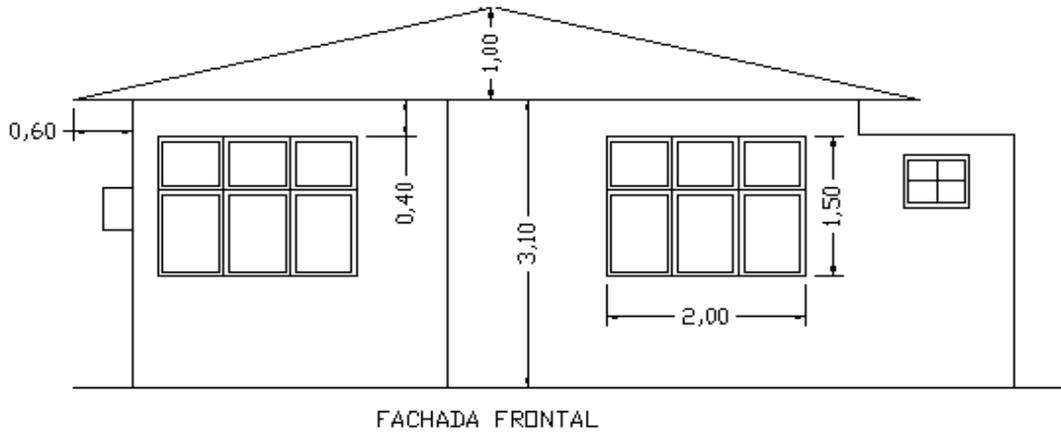
VITTORINO, F.V., **Sistemas de condicionador de ar**, Notas de aula, IPT, 2005, disponível em: http://www.usp.br/fau/ensino/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0188/Ar-condicionado.pdf ; acesso em 05 de setembro de 2006.

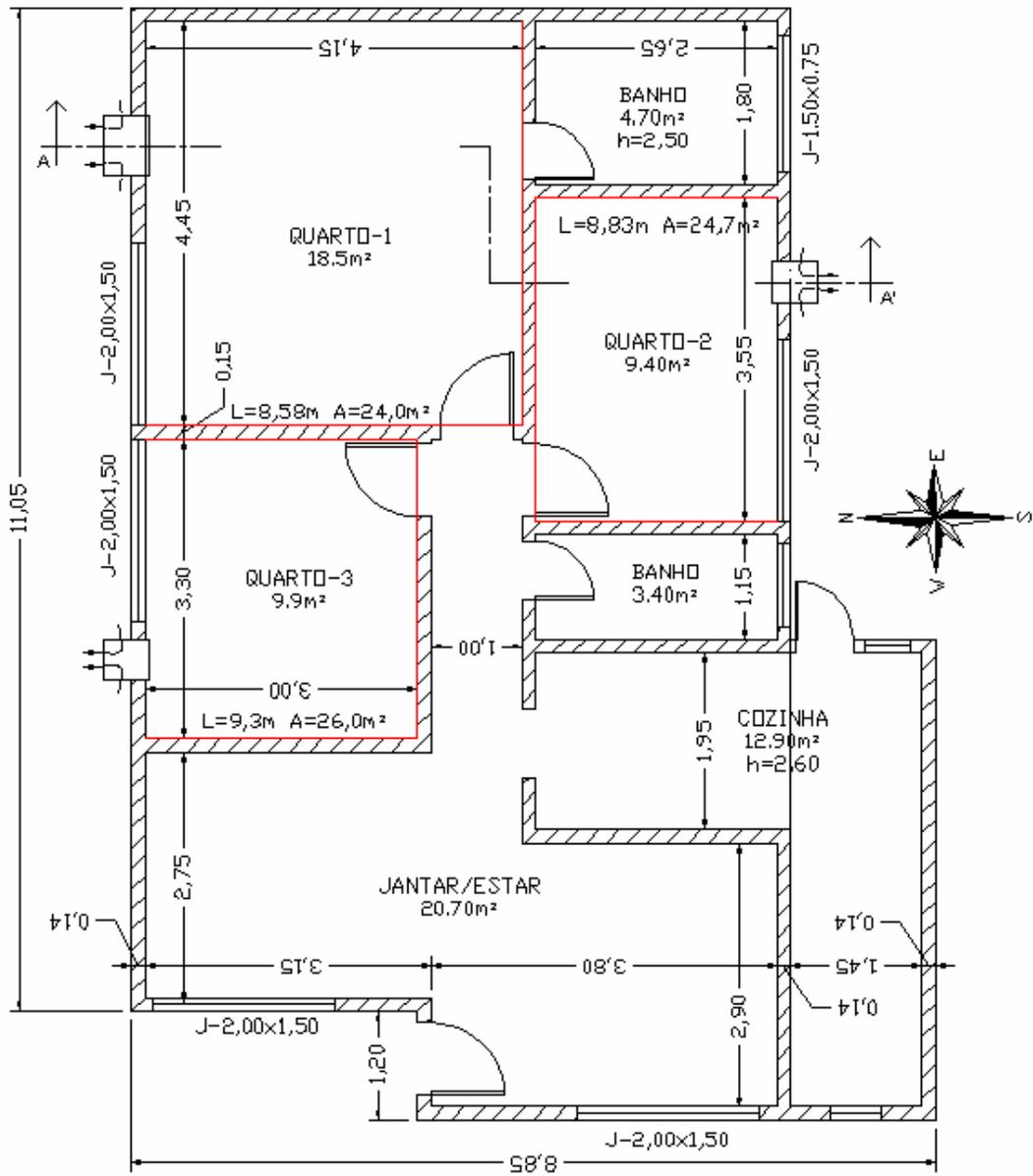
WIEL, S., **Standards & Labeling Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting**, Capítulo 2, CLASP, 2005, disponível em: <http://www.clasponline.org/showtool.php?no=289> ; acesso em 3 de julho de 2006.

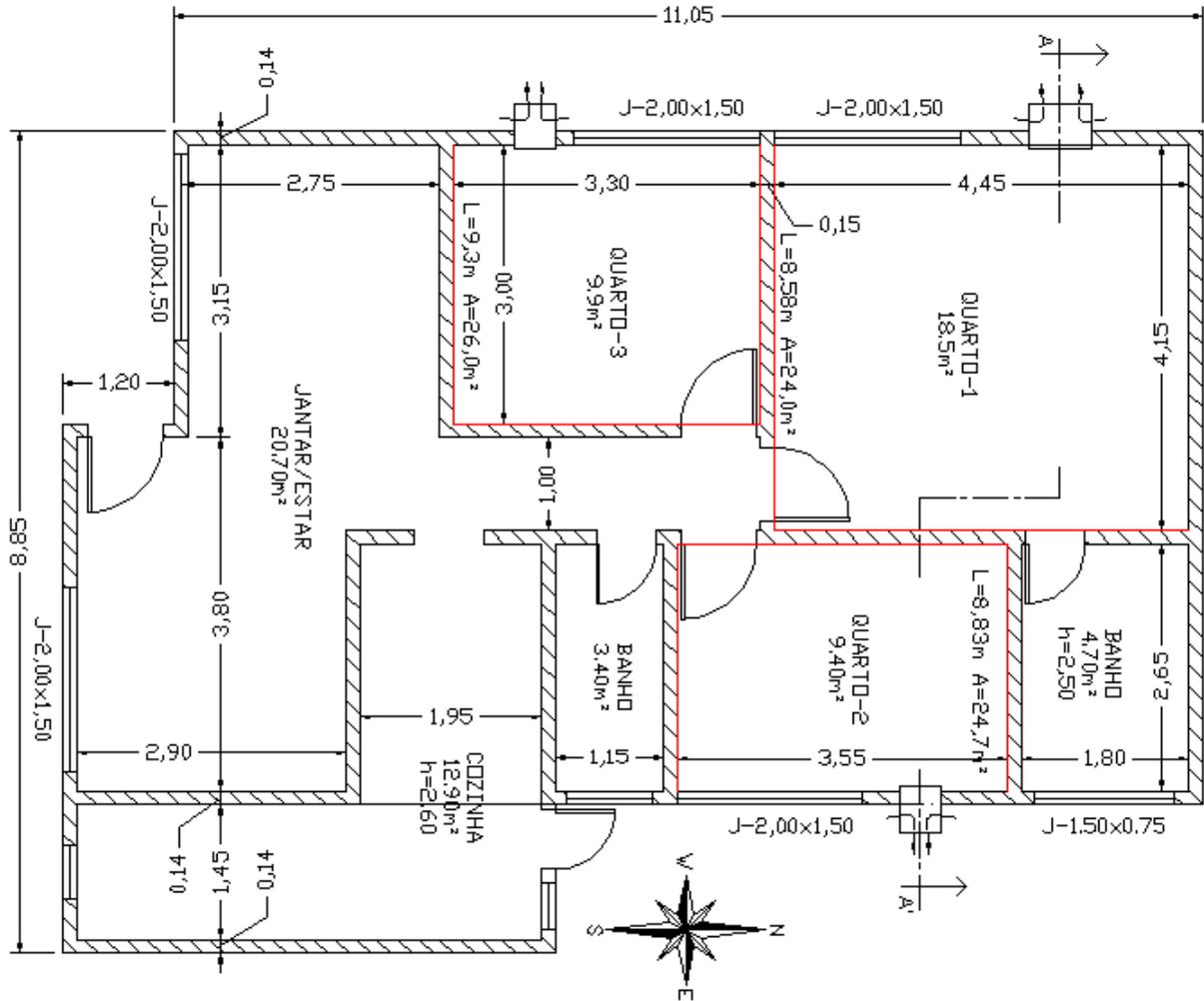
ZIMMERMANN, M.P., **Eficiência Energética: um desafio estratégico para o MME**, Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético, palestra proferida no MME na apresentação do Plano Nacional de Energia 2030, em Brasília, 13 de julho de 2006, disponível em : www.mme.gov.br/download.do;jsessionid=25C177EBFAC9E237260031436376BDE6?attachmentId=7524&download ; acesso em 20 de novembro de 2006.

ANEXO I: Dados básicos considerados nas simulações.

CORTES E PLANTAS BAIXAS DA RESIDÊNCIA
EM ESTUDO







Design Weather Parameters & MSHGs

Design Parameters:

City Name	Manaus
Location	Brazil
Latitude	-3,0 Deg.
Longitude	60,0 Deg.
Elevation	80,0 m
Summer Design Dry-Bulb	35,0 °C
Summer Coincident Wet-Bulb	29,0 °C
Summer Daily Range	11,0 °K
Winter Design Dry-Bulb	22,0 °C
Winter Design Wet-Bulb	19,5 °C
Atmospheric Clearness Number	1,00
Average Ground Reflectance	0,20
Soil Conductivity	0,800 W/(m-°K)
Local Time Zone (GMT +/- N hours)	4,0 hours
Consider Daylight Savings Time	Não
Simulation Weather Data	noneN/A
Current Data is	User Modified
Design Cooling Months	January to December

CRITÉRIOS DE CÁLCULO ADOTADOS

1. Condições de Projeto: ABNT-NBR-6.401/80-Verão-Manaus-Am => Temperatura Bulbo Seco TBS= 35,0°C, Temperatura Bulbo Úmido TBU= 29,0°C. Inverno-Manaus-AM => TBS= 22,0 °C , UR= 80%;
2. Temperatura de Insuflação = 12.8°C na saída do Condicionador, Vazão de Ar = Função da Carga Térmica Sensível e Temperatura de Conforto = 22,0°C, Renovação de Ar Externo= 7.08 L/s/Pessoa.
3. Telhado Ventilado: Considerou-se tão somente Transmitância Térmica Global do Forro de Madeira = 3,766 (W/m².K), ou seja: considerou-se “Divisória” não sujeita aos efeitos da radiação solar e sob Temperatura externa igual a TBS_{PROJ}= 35,0°C.

Design Day Maximum Solar Heat Gains

Insolação máxima diária, expressa em W/m²)

Month	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
January	137,0	137,0	300,2	556,6	718,2	774,1	714,1	548,9	348,5
February	138,4	158,0	427,5	636,3	746,6	745,4	632,8	421,8	197,2
March	137,6	301,1	548,5	699,6	745,5	678,4	508,7	247,4	126,9
April	258,4	451,2	631,5	713,6	686,9	556,1	347,8	108,2	106,5
May	382,9	535,5	671,9	705,8	631,0	469,9	234,2	96,2	96,2
June	428,6	560,4	682,8	700,0	608,9	426,5	185,9	90,7	90,7
July	385,5	531,6	669,0	703,6	629,3	457,5	221,1	92,9	92,9
August	259,5	451,6	629,1	708,6	679,0	545,7	335,3	100,8	99,8
September	125,1	288,1	527,4	675,1	724,0	661,6	496,4	240,2	115,3
October	127,0	149,3	420,6	623,8	730,7	725,6	609,3	402,4	179,9
November	131,1	131,1	302,2	545,5	697,5	755,7	703,4	546,9	336,7
December	134,1	134,1	247,0	510,4	693,1	772,8	737,4	593,6	408,6
Month	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	Mult
January	554,7	711,2	763,2	702,6	541,0	300,7	137,0	947,7	1,00
February	418,3	621,5	726,1	726,7	619,9	418,6	157,3	965,9	1,00
March	246,1	499,9	664,0	730,1	687,2	541,0	299,8	947,4	1,00
April	108,1	345,8	558,7	689,3	715,4	632,2	450,8	876,5	1,00
May	96,2	231,6	466,6	637,4	710,0	672,8	532,8	809,3	1,00
June	90,7	186,4	430,1	606,2	698,3	682,5	561,8	773,0	1,00
July	92,9	224,6	464,2	618,3	696,0	667,0	535,9	794,8	1,00
August	101,0	338,7	549,2	673,2	704,2	627,2	452,2	856,6	1,00
September	237,0	497,2	665,7	732,2	686,6	536,7	290,5	922,5	1,00
October	409,6	623,3	738,1	741,4	632,5	424,4	151,8	949,5	1,00
November	541,9	709,0	770,9	716,6	555,9	299,5	131,1	941,0	1,00
December	592,9	737,5	773,7	694,5	512,2	245,3	134,1	924,8	1,00

Cooling Design Temperature Profiles

Location: Manaus, Brazil

(Dry and Wet Bulb temperatures are expressed in °C)

Hr	January		February		March		April		May		June	
	DB	WB	DB	WB	DB	WB	DB	WB	DB	WB	DB	WB
0000	23,6	22,7	24,2	23,3	24,3	23,4	23,3	22,4	22,7	21,8	23,6	22,6
0100	23,0	22,3	23,6	23,0	23,7	23,1	22,7	22,1	22,1	21,4	23,0	22,3
0200	22,5	21,9	23,1	22,6	23,2	22,7	22,2	21,7	21,6	21,1	22,5	21,9
0300	22,0	21,6	22,6	22,2	22,7	22,3	21,7	21,3	21,1	20,7	22,0	21,6
0400	21,7	21,4	22,3	22,0	22,4	22,1	21,4	21,1	20,8	20,5	21,7	21,4
0500	21,6	21,3	22,2	21,9	22,3	22,0	21,3	21,0	20,7	20,4	21,6	21,3
0600	21,8	21,5	22,4	22,1	22,5	22,2	21,5	21,2	20,9	20,6	21,8	21,5
0700	22,4	21,9	23,0	22,5	23,1	22,6	22,1	21,6	21,5	21,0	22,4	21,8
0800	23,4	22,5	24,0	23,2	24,1	23,3	23,1	22,3	22,5	21,7	23,4	22,5
0900	24,8	23,5	25,4	24,2	25,5	24,3	24,5	23,3	23,9	22,7	24,8	23,4
1000	26,4	24,6	27,0	25,3	27,1	25,4	26,1	24,4	25,5	23,8	26,4	24,4
1100	28,3	25,7	28,9	26,5	29,0	26,6	28,0	25,6	27,4	25,0	28,3	25,5
1200	30,1	26,8	30,7	27,5	30,8	27,6	29,8	26,6	29,2	26,0	30,1	26,5
1300	31,4	27,5	32,0	28,3	32,1	28,4	31,1	27,4	30,5	26,8	31,4	27,2
1400	32,3	28,0	32,9	28,8	33,0	28,9	32,0	27,9	31,4	27,3	32,3	27,6
1500	32,6	28,2	33,2	29,0	33,3	29,1	32,3	28,1	31,7	27,5	32,6	27,8
1600	32,3	28,0	32,9	28,8	33,0	28,9	32,0	27,9	31,4	27,3	32,3	27,6
1700	31,5	27,6	32,1	28,4	32,2	28,5	31,2	27,5	30,6	26,9	31,5	27,2
1800	30,3	26,9	30,9	27,7	31,0	27,8	30,0	26,8	29,4	26,2	30,3	26,6
1900	28,9	26,1	29,5	26,8	29,6	26,9	28,6	25,9	28,0	25,3	28,9	25,8
2000	27,4	25,2	28,0	25,9	28,1	26,0	27,1	25,0	26,5	24,4	27,4	25,0
2100	26,2	24,4	26,8	25,1	26,9	25,2	25,9	24,2	25,3	23,6	26,2	24,2
2200	25,1	23,7	25,7	24,4	25,8	24,5	24,8	23,5	24,2	22,9	25,1	23,6
2300	24,2	23,1	24,8	23,8	24,9	23,9	23,9	22,9	23,3	22,3	24,2	23,0

Cooling Design Temperature Profiles

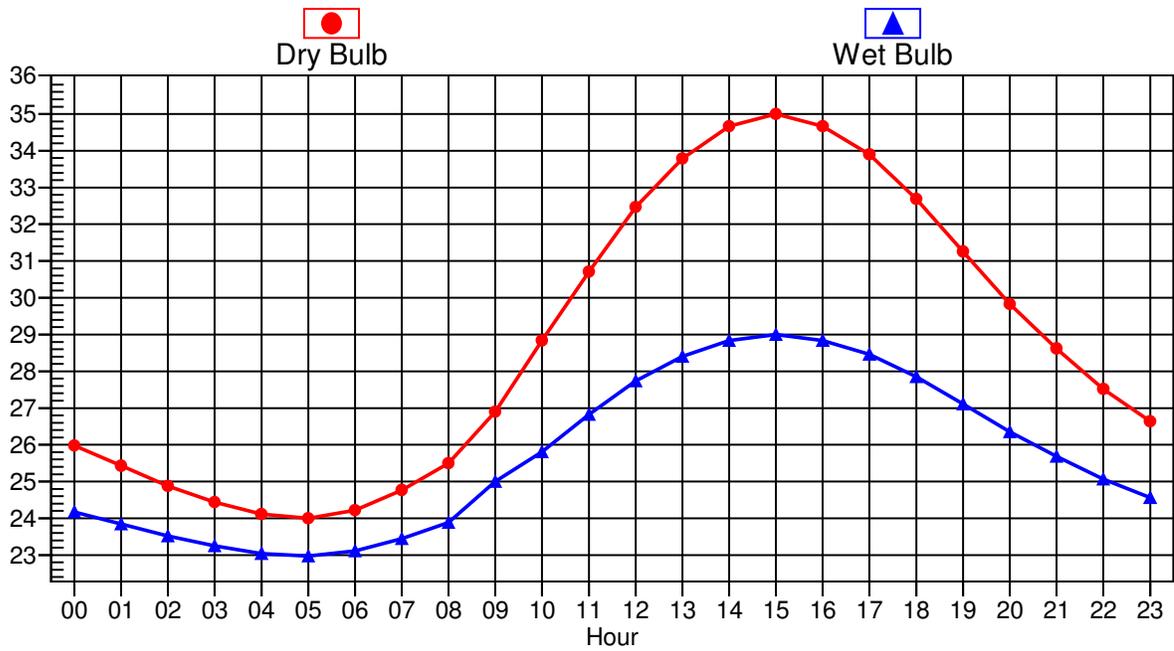
Hr	July		August		September		October		November		December	
	DB	WB	DB	WB	DB	WB	DB	WB	DB	WB	DB	WB
0000	25,2	24,1	25,5	24,3	26,0	24,7	25,7	24,5	25,3	24,2	25,5	24,6
0100	24,6	23,8	24,9	24,0	25,4	24,5	25,1	24,2	24,7	23,9	24,9	24,3
0200	24,1	23,4	24,4	23,7	24,9	24,2	24,6	23,9	24,2	23,5	24,4	24,0
0300	23,6	23,2	23,9	23,4	24,4	23,9	24,1	23,7	23,7	23,3	23,9	23,7
0400	23,3	23,0	23,6	23,3	24,1	23,8	23,8	23,5	23,4	23,1	23,6	23,6
0500	23,2	22,9	23,5	23,2	24,0	23,7	23,7	23,4	23,3	23,0	23,5	23,5
0600	23,4	23,0	23,7	23,3	24,2	23,8	23,9	23,5	23,5	23,1	23,7	23,6
0700	24,0	23,4	24,3	23,6	24,8	24,1	24,5	23,8	24,1	23,5	24,3	23,9
0800	25,0	23,9	25,3	24,1	25,5	24,7	25,5	24,4	25,1	24,0	25,3	24,5
0900	26,4	24,8	26,7	24,9	22,0	22,0	26,9	25,2	26,5	24,9	26,7	25,2
1000	28,0	25,7	28,3	25,7	28,8	26,2	28,5	26,0	28,1	25,8	28,3	26,0
1100	29,9	26,7	30,2	26,6	30,7	27,1	30,4	27,0	30,0	26,8	30,2	26,9
1200	31,7	27,6	32,0	27,5	32,5	27,9	32,2	27,8	31,8	27,7	32,0	27,8
1300	33,0	28,2	33,3	28,1	33,8	28,5	33,5	28,4	33,1	28,3	33,3	28,4
1400	33,9	28,6	34,2	28,5	34,7	28,9	34,4	28,8	34,0	28,7	34,2	28,8
1500	34,2	28,8	34,5	28,6	35,0	29,0	34,7	29,0	34,3	28,9	34,5	28,9
1600	33,9	28,6	34,2	28,5	34,7	28,9	34,4	28,8	34,0	28,7	34,2	28,8
1700	33,1	28,3	33,4	28,1	33,9	28,5	33,6	28,5	33,2	28,4	33,4	28,4
1800	31,9	27,7	32,2	27,6	32,7	28,0	32,4	27,9	32,0	27,8	32,2	27,9
1900	30,5	27,0	30,8	26,9	31,3	27,3	31,0	27,2	30,6	27,1	30,8	27,2
2000	29,0	26,2	29,3	26,2	29,8	26,7	29,5	26,5	29,1	26,3	29,3	26,5
2100	27,8	25,6	28,1	25,6	28,6	26,1	28,3	25,9	27,9	25,7	28,1	25,9
2200	26,7	24,9	27,0	25,1	27,5	25,5	27,2	25,3	26,8	25,0	27,0	25,4
2300	25,8	24,5	26,1	24,6	26,6	25,1	26,3	24,9	25,9	24,6	26,1	24,9

Design Temperature Profile

Location: Manaus,

Brazil

Design Temperature Profiles for September



Roof Constructions

11-Telha Clara Ático Fechado

Roof Details

Outside Surface Color **Light**
 Absorptivity **0,450**
 Overall U-Value **2,311** W/(m²-°K)

Roof Layers Details (Inside to Outside)

Layers	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ/(kg-°K)	R-Value (m ² -°K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Forro Madeira	10,000	544,6	1,21	0,08624	5,4
Espaço de Ar	500,000	0,0	0,00	0,16026	0,0
Telha Fibro-Cimento	5,000	1858,1	0,84	0,00693	9,3
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	515,000	-		0,43271	14,7

14-Telha Clara Atico Fechado+Forro-Isolado

Roof Details

Outside Surface Color **Light**
 Absorptivity **0,450**
 Overall U-Value **0,845** W/(m²-°K)

Roof Layers Details (Inside to Outside)

Layers	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg - °K)	R-Value (m ² -°K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Forro Madeira	10,000	544,6	1,21	0,08624	5,4
Termo-Isol-EPS(Isopor)	30,000	35,0	1,42	0,75000	1,1
Espaço de Ar	500,000	0,0	0,00	0,16026	0,0
Telha Fibro-Cimento	5,000	1858,1	0,84	0,00693	9,3
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	545,000	-		1,18271	15,8

15-Telha Clara Atico Aberto

Roof Details

Outside Surface Color **Light**
Absorptivity **0,450**
Overall U-Value **3,766** W/(m²-°K)

Roof Layers Details (Inside to Outside)

Layers	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg - °K)	R-Value (m ² -°K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Forro Madeira	10,000	544,6	1,21	0,08624	5,4
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	10,000	-		0,26552	5,4

21-Telha Media Atico Fechado

Roof Details

Outside Surface Color **Medium**
Absorptivity **0,675**
Overall U-Value **2,311** W/(m²-°K)

Roof Layers Details (Inside to Outside)

Layers	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg - °K)	R-Value (m ² -°K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Forro Madeira	10,000	544,6	1,21	0,08624	5,4
Espaço de Ar	500,000	0,0	0,00	0,16026	0,0
Telha Fibro-Cimento	5,000	1858,1	0,84	0,00693	9,3
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	515,000	-		0,43271	14,7

External Shade Geometries

BEIRAL 60cm

Overhang:

Reveal Depth 50,0mm

Projection from surface.....600,0mm
Height above window400,0mm
Ext. past RH side of window2500,0mm
Ext. past LH side of window.....2500,0mm

Left Fin:

Projection from surface.....0,0 mm
Height above window0,0 mm
Dist. from edge of window0,0 mm

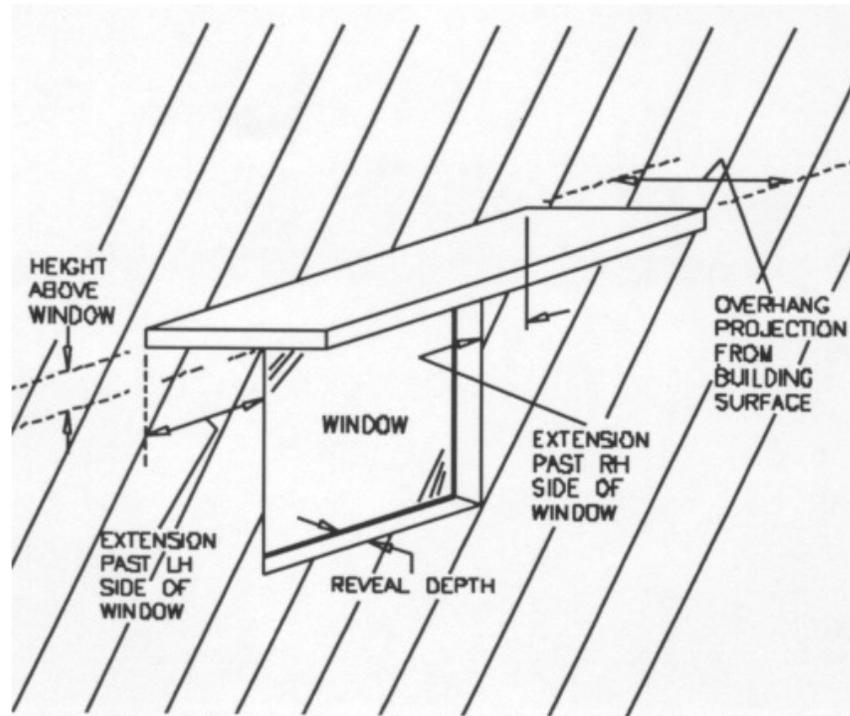
Right Fin:

Projection from surface.....0,0 mm
Height above window0,0 mm
Dist. from edge of window0,0 mm

Reveal Depth

Reveal refers to a window which is set into the wall of a building as shown in the figure below. Only one input is required to define the dimensions of a reveal:

- **Reveal Depth** defines the distance between the exterior surface of the wall and the outer surface of the window glass.



Wall Constructions

1.PAREDE EXTERNA COR CLARA

Wall Details

Outside Surface Color **Light**
 Absorptivity **0,450**
 Overall U-Value **2,784** W/2-°K)

Wall Layers Details (Inside to Outside)

	Thickness	Density	Specific Ht.	R-Value	Weight
Layers	mm	kg/m ³	kJ/ (kg - °K)	(m ² -°K)/W	kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Bloco vazado concreto	90,000	977,1	0,84	0,11064	87,9
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	140,00	-		0,35920	180,8

2.PAREDE EXTERNA COR MEDIA

Wall Details

Outside Surface Color **Medium**
 Absorptivity **0,675**
 Overall U-Value **2,784** W/(m²-°K)

Wall Layers Details (Inside to Outside)

	Thickness	Density	Specific Ht.	R-Value	Weight
Layers	mm	kg/m ³	kJ/ (kg - °K)	(m ² -°K)/W	kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Bloco vazado concreto	90,000	977,1	0,84	0,11064	87,9
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	140,00	-		0,35920	180,8

3.PAREDE EXTERNA COR ESCURA

Wall Details

Outside Surface Color **Dark**
Absorptivity **0,900**
Overall U-Value **2,784** W/(m²-°K)

Wall Layers Details (Inside to Outside)

	Thickness	Density	Specific Ht.	R-Value	Weight
Layers	mm	kg/m ³	kJ/(kg - °K)	(m ² -°K)/W	kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Bloco vazado concreto	90,000	977,1	0,84	0,11064	87,9
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	140,000	-	-	0,35920	180,8

4.PAREDE INTERNA CLARA

Wall Details

Outside Surface Color **Light**
Absorptivity **0,450**
Overall U-Value **2.374** W/(m²-°K)

Wall Layers Details (Inside to Outside)

	Thickness	Density	Specific Ht.	R-Value	Weight
Layers	mm	kg/m ³	kJ/(kg - °K)	(m ² -°K)/W	kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Bloco vazado concreto	90,000	977,1	0,84	0,11064	87,9
Reboco	25,000	1858,1	0,84	0,03464	46,5
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Totals	140,000	0,0	0,00	0,42120	180,8

Window Constructions

J-1 2,00x1,50

Window Details:

Detailed Input **Sim**
Height **1,50** m
Width **2,00** m
Frame Type **Aluminum without thermal breaks**
Internal Shade Type **Drapes - Semi-Open Weave - Light**
Overall U-Value **5,097** W/(m²·°K)
Overall Shade Coefficient **0,547**

Glass Details:

Gap Type **6mm Air Space**

Glazing	Glass Type	Transmissivity	Reflectivity	Absorptivity
Outer Glazing	3mm clear	0,841	0,078	0,081
Glazing #2	not used	1,000	0,000	0,000
Glazing #3	Not Used	1,000	0,000	0,000

Schedule Input Data

OCUPACIONAL (Fractional)

Hourly Profiles:

1:Profile One

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100	100

Assignments:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Design	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tuesday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wednesday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thursday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Friday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saturday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sunday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Holiday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

OPERACIONAL (Fan / Thermostat)

Hourly Profiles:

1:Profile One

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	O	O	O	O	O	O	O	U	U	U	U	U	U	O	O	O	O	O	O	U	U	U	O	O

O = Occupied; U = Unoccupied

Assignments:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Design	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tuesday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wednesday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thursday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Friday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saturday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sunday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Holiday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO II: Cálculos dos parâmetros térmicos das paredes e dos telhados.

Tabela II.1. Cálculos dos parâmetros térmicos da residência em estudo.

PARÂMETROS TÉRMICOS DA EDIFICAÇÃO

Atraso Térmico - Paredes Externas						
A	B	C	D	E	G	H
Elemento da Parede	Espessura	Calor Específico	Densidade Aparente	Resistência Térmica	Capacidade Térmica = B*C*D	Atraso Térmico = $0,7284*(E*G)^{1/2}$
Descrição	m	kJ/(kg.K)	kg/m ³	(m ² .K)/W	kJ/(m ² .K)	h
Reboco Externo	0,025	0,84	1858,1	0,03464	39,020	-
Bloco Vazado Concreto	0,090	0,84	608,7	0,11064	46,018	-
Reboco Interno	0,025	0,84	1858,1	0,03464	39,020	-
PAREDE	0,140	-	-	0,180	124,058	3,441

Atraso Térmico - Telhado (Ático Fechado)						
Elemento do Telhado	Espessura	Calor Específico	Densidade Aparente	Resistência Térmica	Capacidade Térmica	Atraso Térmico
Descrição	m	kJ/(kg.K)	kg/m ³	(m ² .K)/W	kJ/m ² .K	h
Forro de Madeira	0,010	1,21	544,6	0,08624	6,590	-
Espaço de Ar	0,500	1,005	1,2	0,16026	0,603	-
Telha Fibro Cimento	0,005	0,84	1858,1	0,00693	7,804	-
TELHADO	0,515	-	-	0,25343	14,997	1,420

Fator de Ganho Solar - Paredes Externas			
Cor	Absortância	Transmitância	Fator Ganho Solar = B*C
-	-	W/(m ² .K)	%
Cor Clara	0,450	2,784	5,01
Cor Média	0,675	2,784	7,52

Fator de Ganho Solar - Telhado (Ático Fechado)			
Cor	Absortância	Transmitância	Fator Ganho Solar = B*C
-	-	W/(m ² .K)	%
Cor Clara	0,450	2,311	4,16
Cor Média	0,675	2,311	6,24

Comparação com recomendações ABNT					
PARÂMETROS	UNIDADES	PAREDES		TELHADO	
		RECOMENDAÇÕES ABNT	RESIDÊNCIA ESTUDADA	RECOMENDAÇÕES ABNT	RESIDÊNCIA ESTUDADA
TRANSMITÂNCIA	W/m ² .K	≤ 3,600	2,784	≤ 2,300	2,311
ATRASO TÉRMICO	h	≤ 4,300	3,441	≤ 3,300	1,420
FATOR SOLAR	%	≤ 4,000	5,01 / 7,52	≤ 6,500	4,16 / 6,24

Fonte: Elaboração própria, baseada na NBR15220.

ANEXO III: Comparações de transmitâncias térmicas

COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS DE CÁLCULO DE TRANSMITÂNCIA

Critérios de Cálculo=>	Carrier HAP-4.33 + autor		Acadêmico		NBR15220		Atico amplamente ventilado - Critério HAP	
	Esp. mm	Resist-térmica m ² K / W	Esp. mm	Resist-térmica m ² K / W	Esp. mm	Resist-térmica m ² K / W	Esp. mm	Resist-térmica m ² K / W
Superfície-externa-telha	-	0,0586	-	0,0586	-	0,0400	-	-
Telha Fibro-Cimento	5,0	0,0069	5,0	0,0077	5,0	0,0077	-	-
Superfície-telha-ático	-	-	-	0,1000	-	-	-	-
Espaço de Ar - Ático	-	0,1603	500	0,0045	>50	0,2100	-	-
Superfície-ático-forro	-	-	-	0,1000	-	-	-	0,0586
Forro de Madeira	10,0	0,0862	10,0	0,0862	10,0	0,0667	10,0	0,0670
Superfície-forro-amb. Interno	-	0,1206	-	0,1206	-	0,1700	-	0,1206
Resistência térmica total		0,4327		0,4777		0,4944	-	0,2462
Transmitância Total		2,311		2,093		2,023	-	4,062
Varição U / Critério HAP (%)				-9,4		-12,5		

Notas:

- a) Os valores das propriedades térmicas foram obtidos das fontes bibliográficas abaixo indicadas;
- b) Constatam-se variações significativas entre as faixas de valores de U de fonte para fonte;
- c) Adotaram-se valores das resistências térmicas das interfaces ático-telha e ático-forro em 0,1000 m²K / W ao invés de 0,1206, devido ao movimento convectivo do ar no ático. Os critérios Carrier e ABNT incorporam esses elementos na resistência do espaço de ar;
- e) A transmitância térmica calculada pelo critério acadêmico é 9,4% menor do que a calculada pelo critério HAP, e é 12,5% menor do que a calculada pelo critério NBR15220. Como consequência, estas transmitâncias reduzem as cargas térmicas totais de 2,1% nos cálculos pelo critério acadêmico e de 2,8% pelo critério NBR15220, quando comparadas à carga térmica calculada pelo critério HAP.

Bibliografia:

- 1- Software EII-20 - Hourly Analysis Program HAP-4.33, Carrier Co.;
- 2- Welty, R.,J., Engineering Heat Transfer, John Wiley & Sons, Edição 1974, p.514;
- 3- Frota, A., B., Manual de Conforto Térmico Livraria Nobel SA, Edição-1988, p.228;
- 4- NBR15220/2 e 15220/3.

	Carga sensível total	Carga sensível total	Carga sensível total	
	HAP Q1 (W)	HAP Q2 (W)	HAP Q3 (W)	
Radiaç.,Janelas	378	458	401	
Transm.Paredes	868	345	307	
Transm.Cobertura	970	560	467	
Transm.Janelas	151	156	157	
Divisórias	395	419	444	
Iluminação	47	47	47	
Pessoas	99	99	99	
Space Design Load	2.908	2.084	1.922	6.914 Carga térmica interna
Carga térmica ar externo	646	643	612	Carga térmica interna + carga do ar externo (renovação)
System Design Load	3.554	2.727	2.534	8.815 CT = Carga térmica total

	Carga sensível total	Carga sensível total	Carga sensível total	
	Acadêmico Q1 (W)	Acadêmico Q2 (W)	Acadêmico Q3 (W)	
Radiaç.,Janelas	378	458	401	
Transm.Paredes	868	345	307	
Transm.Cobertura	879	507	423	
Transm.Janelas	151	156	157	
Divisórias	395	419	444	
Iluminação	47	47	47	
Pessoas	99	99	99	
Space Design Load	2.817	2.031	1.878	6.726
Carga térmica ar externo	646	643	612	
System Design Load	3.463	2.674	2.490	8.627
Redução CT (%)				2,1

	Carga sensível total	Carga sensível total	Carga sensível total	
	NBR15220 Q1 (W)	NBR15220 Q2 (W)	NBR15220 Q3 (W)	
Radiaç.,Janelas	378	458	401	
Transm.Paredes	868	345	307	
Transm.Cobertura	849	490	409	
Transm.Janelas	151	156	157	
Divisórias	395	419	444	
Iluminação	47	47	47	
Pessoas	99	99	99	
Space Design Load	2.787	2.014	1.864	6.664
Carga térmica ar externo	646	643	612	
System Design Load	3.433	2.657	2.476	8.565
Redução CT (%)				2,8

ANEXO IV: Previsão Decenal do Sistema Manaus, período 2004 a 2018

Previsão Decenal por Localidade - Sistemas Isolados - Ciclo 2008

Empresa: MESA

SISTEMA MANAUS

2004, 2005, 2006 e 2007 - valores realizados

Energia - MWh e Demanda - kW

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Consumo Total	3.121.279	3.290.132	3.421.121	3.562.958	3.834.067	4.096.295	4.396.302	4.711.182	5.047.895	5.401.554	5.784.920	6.193.253	6.630.076	7.100.878	7.610.106
Residencial	788.483	798.339	783.725	825.704	883.816	947.246	1.020.678	1.092.534	1.164.640	1.234.318	1.305.928	1.378.312	1.453.527	1.531.389	1.613.525
Industrial	1.280.448	1.383.101	1.492.946	1.539.332	1.663.119	1.794.602	1.953.939	2.112.428	2.292.302	2.487.720	2.703.003	2.935.220	3.188.271	3.464.230	3.765.436
Comercial	570.347	608.080	624.571	653.822	706.590	754.328	802.432	855.389	911.048	969.118	1.031.454	1.098.127	1.166.981	1.240.619	1.319.132
Rural	5.995	6.672	7.074	6.594	16.735	18.379	16.763	23.218	25.713	28.635	31.903	35.560	39.736	44.465	49.639
Outros	476.007	493.939	512.806	537.506	563.807	581.740	602.490	627.613	654.192	681.763	712.632	746.034	781.561	820.175	862.374
Perdas	1.534.755	1.758.634	1.991.210	2.152.324	2.452.492	2.552.284	2.642.383	2.702.659	2.747.506	2.794.939	2.833.806	2.865.284	2.879.871	2.851.173	2.797.354
Suprimento de Energia	46.582	51.653	77.400	101.584	5.937	6.468	7.026	8.054	8.701	9.534	10.434	11.455	12.619	13.922	15.401
Energia de Carga Própria	4.702.616	5.100.419	5.489.731	5.816.866	6.292.496	6.655.047	7.045.711	7.421.895	7.804.102	8.206.027	8.629.160	9.069.992	9.522.566	9.965.973	10.422.861
Carga - MW médio	535,4	582,2	626,7	664,0	716,4	759,7	804,3	847,2	888,4	936,8	985,1	1.035,4	1.084,1	1.137,7	1.189,8
Demanda de Carga Própria	730.500	785.000	852.000	914.800	997.879	1.072.379	1.149.370	1.210.332	1.271.584	1.335.931	1.399.860	1.474.426	1.546.677	1.617.214	1.685.183
Demanda de Mercado Próprio	721.952	775.409	833.542	897.565	996.800	1.071.180	1.148.047	1.208.106	1.269.246	1.333.474	1.397.286	1.471.715	1.543.833	1.614.240	1.682.084
Suprimento de Demanda	9.758	10.867	18.458	17.235	1.079	1.199	1.323	1.432	1.539	1.676	1.820	1.992	2.182	2.393	2.625
Índice de Perdas %	32,6	34,5	36,3	37,0	39,0	38,4	37,5	36,4	35,2	34,1	32,8	31,6	30,2	28,6	26,8
FC %	73,3	74,2	73,6	72,6	71,8	70,8	70,0	67,5	65,0	62,7	60,4	58,3	56,2	54,1	70,4
Número Total de Consumidores (Unid.)	391.934	387.571	411.277	426.898	457.648	478.957	503.931	532.748	561.785	589.651	618.225	646.748	675.958	706.412	738.759
Número de Consumidores Residenciais (Unid.)	351.799	347.892	370.533	384.105	406.770	425.395	446.946	472.714	498.480	522.609	547.139	571.475	596.172	621.661	648.591
Total dos Demais Consumidores	40.135	39.679	40.744	42.793	50.878	53.562	56.985	60.034	63.305	67.042	71.086	75.273	79.786	84.751	90.168
Consumo por consumidor residencial (kWh/mês)	186,8	191,2	176,3	179,1	181,1	185,6	190,3	192,6	194,7	196,8	198,9	201,0	203,2	205,3	207,3
Número total de ligações anual		-4.363	23.706	15.621	30.750	21.310	24.974	28.817	29.037	27.866	28.574	28.523	29.210	30.454	32.347
População	1.538.742	1.573.887	1.609.833	1.646.602	1.770.158	1.813.082	1.857.529	1.903.682	1.951.425	2.001.150	2.052.279	2.104.203	2.157.249	2.211.428	2.265.392
Nº. Domicílios	382.549	397.338	412.220	427.023	459.953	476.427	493.495	511.029	529.360	548.542	568.478	589.421	611.377	634.174	658.169
Taxa de Atendimento %	92,0	87,6	89,9	89,9	88,4	89,3	90,6	92,5	94,2	95,3	96,2	97,0	97,5	98,0	98,5
Taxas de Crescimento (%)	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2008/18
Consumo Total	5,4	4,0	4,1	7,6	6,8	7,3	7,2	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1
Perdas	14,6	13,2	8,1	13,9	4,1	3,5	2,3	1,7	1,7	1,4	1,1	0,5	-1,0	-1,9	1,3
Energia de Carga Própria	8,5	7,6	6,0	8,2	5,8	5,9	5,3	5,1	5,2	5,2	5,1	5,0	4,7	4,6	5,2
Carga - MW médio	8,8	7,6	6,0	7,9	6,1	5,9	5,3	4,9	5,4	5,2	5,1	4,7	4,9	4,6	5,2
Demanda de Carga Própria	7,5	8,5	7,4	9,1	7,5	7,2	5,3	5,1	5,1	4,8	5,3	4,9	4,6	4,2	5,4
Número Total de Consumidores	-1,1	6,1	3,8	7,2	4,7	5,2	5,7	5,5	5,0	4,8	4,6	4,5	4,5	4,6	4,9
Número de Consumidores Residenciais	-1,1	6,5	3,7	5,9	4,6	5,1	5,8	5,5	4,8	4,7	4,4	4,3	4,3	4,3	4,8
Consumo por consumidor residencial	2,4	-7,8	1,6	1,1	2,5	2,6	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,4