

REGULAMENTAÇÃO DE ETIQUETAGEM VOLUNTÁRIA DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS E PÚBLICOS

**Roberto Lamberts (1); Solange Goulart (1); Joyce Carlo (1); Fernando Westphal (1);
Rebeca Obadia Pontes (2)**

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, LabEEE/ CTC – Cx Postal 476, (48) 3721 5184
e-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

(2) PROCEL / Eletrobrás, Av Rio Branco, 53 – 15 andar - RJ, (21) 2514 5735
e-mail: rebecap@eletrobras.com

RESUMO

Apesar do Brasil não estar entre os maiores consumidores mundiais de energia, o consumo de energia elétrica brasileiro tem crescido de forma significativa nos últimos anos. Neste artigo, inicialmente serão discutidas algumas iniciativas tomadas no Brasil nos últimos anos a fim de limitar e controlar o consumo de energia em edificações. Será mostrada, então, a regulamentação com os requisitos técnicos necessários para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios, visando a etiquetagem voluntária, com foco na eficiência energética para edificações comerciais e públicas. O texto da regulamentação foi desenvolvido pelo LabEEE para a Eletrobrás no âmbito do programa Procel EDIFICA. A regulamentação inclui três requisitos principais: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento do ar e o desempenho térmico da envoltória do edifício. Aplica-se para edifícios com área total útil mínima de 500m² ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3kV, incluindo Edifícios Condicionados, Parcialmente Condicionados e Naturalmente Ventilados.

ABSTRACT

Despite of Brazil not being between the major world energy consumers, the consumption of electricity has significantly increased in the late years. In this paper, initially, a brief review of the initiatives taken by Brazilian Government aiming to limit and control the energy consumption in buildings is presented. Then, the regulation proposal containing the technical requirements to classify the energy efficiency level of buildings is shown. The purpose of this voluntary regulation is to provide conditions to certify the energy efficiency level of Brazilian buildings (commercial and public). It specifies the methods for energy efficiency rating of buildings and includes requirements to attend energy conservation measures in three main issues: lighting system; air conditioning system and envelope. The regulation applies to large buildings (minimum total area of 500m² or when the energy demand is greater than or equal to 2,3kV, including: Conditioned Buildings; Partially Conditioned Buildings and Naturally Ventilated Buildings.

1. INTRODUÇÃO

O crescente consumo de energia per capita é uma realidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, tornando-se uma das principais questões a serem enfrentadas pela economia destes países. O Brasil se inclui no grupo de países em desenvolvimento, embora o consumo de energia elétrica

em seu território não seja tão significativo como o consumo de energia de países desenvolvidos com área territorial equivalente, como EUA ou Austrália (figura 1).

Os países desenvolvidos apresentam consumo de energia elétrica entre 5000 e 13000 kWh/hab e são Inglaterra, Alemanha, Japão, Austrália e EUA. Percebe-se que Japão e Alemanha apresentam o consumo de energia estável, principalmente nos últimos anos. Já os EUA apresentaram uma taxa de crescimento do consumo de 1991 a 2000 de aproximadamente 14%, enquanto que na Austrália, o consumo per capita aumentou 18% e na Inglaterra aproximadamente 16%. Os países em desenvolvimento (Brasil, Tailândia, Bangladesh e China) apresentam consumo de energia elétrica abaixo de 2000 kWh/hab. O Brasil apresenta um visível crescimento do consumo nos 9 anos de 24%, embora seu consumo per capita esteja abaixo do consumo per capita da África do Sul. (Dados tratados em Lamberts e Carlo (2004) com base nas fontes: <http://www.census.gov/cgi-bin/ipc> e <http://tonto.eia.doe.gov/FTP/ROOT/international>).

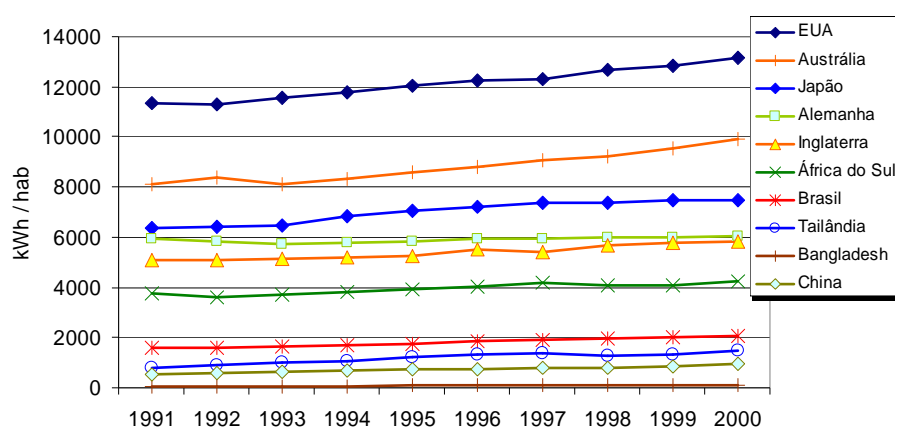


Figura 1: Evolução do consumo de energia elétrica em alguns países.

O aumento do consumo de energia nas edificações está atrelado ao crescimento do PIB, indicando a relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e da economia nacional. A figura 2 mostra a evolução do consumo de energia elétrica de edificações dos setores residencial, comercial e público no Brasil, de 1987 a 2004 juntamente com o crescimento da economia. Percebe-se que as edificações residenciais apresentaram o maior crescimento comparado com os demais setores. A queda ocorrida em 2001 se deve ao período de racionamento de energia. No entanto, os valores atuais ainda são inferiores ao consumo de energia anterior ao racionamento.

No período de 1987 a 2000, houve um constante crescimento do consumo de energia elétrica nas edificações. De acordo com o BEN, de 1993 a 1997, com a estabilização da economia, estabeleceu-se um novo ciclo de desenvolvimento que elevou os índices de expansão da economia e do consumo de energia. Nesse período o PIB cresceu a 3,9% ao ano. As taxas médias de crescimento do consumo da eletricidade residencial e comercial, respectivamente, 8,4% ao ano e 8,6% ao ano, além das taxas de crescimento do consumo da gasolina e do querosene de aviação foram os grandes indutores das altas taxas de consumo de energia, por conta da melhor distribuição de renda, proporcionados pelo Plano Real (1994-1998). De 1994 a 1995, logo após o Plano Real, a taxa de crescimento do consumo de energia elétrica do setor residencial atingiu aproximadamente 14%.

Em 1998 e 1999, em razão de sucessivas crises externas, principalmente a crise cambial dos países asiáticos, que acabou repercutindo na economia nacional, o governo brasileiro foi obrigado a tomar medidas que levaram a uma forte retração do crescimento econômico, tendo o PIB apresentado um crescimento de apenas 0,13% em 1998 e de 0,81% em 1999.

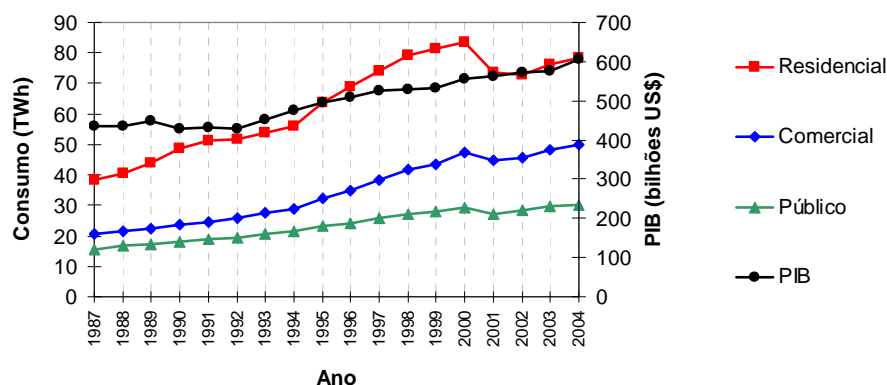


Figura 2: Crescimento do consumo de energia elétrica em edificações versus o PIB.

O baixo desempenho da economia teve reflexos no consumo de energia neste período, sendo que a energia elétrica residencial apresentou somente 2,4% de crescimento. Em 2000, após a desvalorização da moeda, ocorrida no ano anterior, a economia demonstrou sinais de recuperação, com o crescimento do PIB de 4,36%. Em termos de consumo de energia, esse ano mostrou-se atípico, em razão do fraco desempenho de setores industriais intensivos em energia e também da continuidade do baixo consumo da energia associada ao uso individual da população. Em 2001, mais uma vez a economia brasileira se retraiu, resultado do desaquecimento da economia americana, agravada pelos atentados terroristas que contaminaram as principais economias mundiais, e também pela crise de abastecimento de eletricidade que se estabeleceu no país. O PIB cresceu 1,42%. Neste período, o consumo de energia elétrica do país decresceu -6,6%, e o setor residencial também apresentou significativa retração no consumo, de -11,8%. Em 2002, a economia brasileira cresceu 1,52%, um resultado semelhante ao de 2001. O consumo de energia no ano de 2003 seguiu o comportamento do ano anterior.

O Balanço Energético Nacional de 2005 – BEN – indicou um aumento da participação da energia elétrica no consumo final de energia no Brasil, de 15,7% em 2002 para 16,2% em 2004 (Ministério das Minas e Energia, 2005), enquanto a capacidade instalada de geração de energia elétrica total cresceu 4,7% entre 2003 e 2004, passando de 86,51 GW para 90,73 GW.

O comportamento dos indicadores de ocupação e renda se reflete no consumo de energia do setor residencial, em particular no consumo de energia elétrica. De fato o consumo de energia elétrica da classe residencial passou de 76,1 TWh em 2003 para 78,6 TWh, um crescimento de 3,2%. Entretanto, este valor é ainda 6,0% inferior ao consumo da classe residencial no ano 2000, anterior ao racionamento de energia elétrica. Já o consumo de energia elétrica do setor comercial passou de 48,4 TWh em 2003 para 50,1 TWh (crescimento de 3,5%), também não suplantou o crescimento do ano anterior (de 6,5%). Nota-se a persistência da economia gerada pela introdução das medidas de eficiência adotadas pela população, tais como aquecimento solar de água, lâmpadas fluorescentes compactas e geladeiras mais eficientes, decorrentes da crise energética de 2001.

O crescimento econômico proporcionou um aumento do Produto Interno Bruto (PIB) de 4,9%, em termos reais, no ano de 2004. Ressalta-se um forte crescimento do consumo de eletroeletrônicos decorrente do crescimento da população ocupada e da recuperação dos rendimentos médios. Conforme a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos, as vendas industriais de eletrodomésticos (produtos de linha branca) acumularam um crescimento de 30,9% em 2004 comparativamente ao verificado em 2003.

A distribuição do uso final no consumo de eletricidade no setor residencial foi primeiramente mostrada no estudo de Jannuzzi e Schipper (1991), o qual cobriu somente algumas cidades no interior de São Paulo. Dez anos mais tarde, Almeida et al (2001) mostraram o uso final de eletricidade no setor residencial nas diferentes regiões brasileiras, baseados em um levantamento realizado em 1989, patrocinado pela Eletrobrás e PROCEL. Entre 1997 e 1998, foi realizada uma pesquisa similar denominada SINPHA - Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos também patrocinada pelo PROCEL e Eletrobrás (SINPHA, 1999).

Uma atualização do SINPHA está sendo realizada com dados de 2005. O uso final de ar condicionado no Brasil, de acordo com este levantamento mais recente, representa, na média, 20% do consumo total de eletricidade em residências, mais que o dobro do valor da pesquisa do SINPHA de 1998 que era de 8%, e muito maior que os 3% obtidos em Almeida et al (2001). Percebe-se que houve um aumento significativo da penetração de ar condicionado em residências e os valores variam bastante por região.

2. HISTÓRICO

A primeira iniciativa no âmbito de legislações efetivamente instituídas para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada a Lei No 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a). O artigo 4º desta lei afirma que “o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País”. Dois meses depois a regulamentação foi publicada sob forma do Decreto 4.059 de 19 de dezembro de 2001, indicando, no artigo 1o, que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, (...), bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica (...)” (Brasil, 2001b). No decreto, fica instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE, composto por representantes do Ministério de Minas e Energia; Ministério da Ciência e Tecnologia; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, além de representantes da Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional do Petróleo, e um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos especialistas em matéria de energia. No âmbito desse decreto, cria-se o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT-MME).

Em outubro de 2003 é lançado o PROCEL Edifica, através do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, estabelecendo seis vertentes de ação: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e, por fim, educação. Cada vertente apresenta uma série de projetos que visam implementar a eficiência energética na cultura construtiva nacional, desde a fase anterior ao projeto, através da educação e certificação de materiais, até a revisão de leis de eficiência energética para constante atualização tecnológica. Um destes projetos é o desenvolvimento da própria regulamentação da eficiência energética das edificações.

Em junho de 2004, foi assinado o Convênio ECV 007/2004 PROCEL / UFSC para desenvolvimento da base técnica para esta regulamentação. Nas discussões geradas a partir dos estudos desenvolvidos no âmbito desse projeto, verificou-se que as várias soluções eficientes de projeto (envoltória) em conjunto com o uso de equipamentos eficientes podem levar estas soluções para diferentes níveis de classificação de eficiência do edifício. Portanto, é possível continuar a trabalhar com a escala de variação para definição de uma classificação que incentive a construção de edificações cuja eficiência esteja acima do mínimo requerido por uma norma. Diante desse quadro, o GT optou por desenvolver uma regulamentação para etiquetagem de edifícios, em vez de uma norma de prescrições mínimas, pois pode trazer um diferencial de mercado para edificações mais eficientes. Durante a segunda reunião do GT-MME, em dezembro de 2005, a Secretaria executiva é criada, sendo a coordenação do PROCEL e contando com a participação de IBAM, IAB, CBIC, Caixa Econômica e UFSC. Em setembro de 2006, na quarta reunião do GT-MME, a versão experimental do texto da regulamentação de etiquetagem de nível de eficiência de edifícios foi aprovada pelo CGIEE. Este artigo descreve a metodologia para a classificação de edificações comerciais e públicas quanto à eficiência energética que consta na regulamentação.

3. PROPOSTA DA REGULAMENTAÇÃO

A regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações comerciais e públicas quanto à eficiência energética. É de caráter voluntário, com previsão de implantação a partir de 2007, e passará a ter caráter obrigatório no prazo de cinco anos a partir da data de implementação, portanto a partir de 2012.

O objetivo da regulamentação é criar condições para a Etiquetagem Voluntária do nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos numa primeira instância, e aplica-se para edifícios com área total útil mínima de 500m² ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a e A4), incluindo edifícios condicionados, parcialmente condicionados e naturalmente ventilados.

O texto inicial da regulamentação foi elaborado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina através do convênio ECV 007/2004 firmado com a Eletrobras no âmbito do programa Procel EDIFICA. O texto foi então discutido e ajustado em reuniões com a Secretaria Técnica, e finalmente foi aprovado pelo GT-MME.

A regulamentação é dividida em três requisitos, conforme as metodologias descritas nos itens abaixo: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento do ar e o desempenho térmico da envoltória do edifício. Todos os requisitos têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação geral que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Inicialmente a Secretaria Técnica discutiu a possibilidade de atribuir pesos iguais para os requisitos. Posteriormente, devido ao crescimento do percentual de ar condicionado no uso final do setor comercial, foi decidido atribuir um peso maior para o sistema de condicionamento de ar. Os pesos, então, ficaram distribuídos da seguinte forma:

- a) Sistema de Iluminação (DPI) = 30%
- b) Sistema de Condicionamento de Ar (CA) = 40%
- c) Envoltória (Env) = 30%

Portanto, a classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da seguinte equação:

$$PT = 0,30 \times (\text{EqNum DPI}) + 0,40 \times \{(\text{EqNum CA} \times \text{AC/AU}) + [(1 - \text{AC/AU}) \times 5]\} + 0,30 \times \{(\text{EqNum Env} \times \text{AC/AU}) + [(1 - \text{AC/AU}) \times 5]\}$$

[Eq. 01]

Onde: AC = área condicionada¹; AU = área útil²

Os equivalentes numéricos adotados (EqNum) para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na tabela 1:

Tabela 1: Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

O número de pontos obtidos na equação acima irá definir a classificação geral da edificação:

¹ Ambiente fechado atendido por sistema de condicionamento de ar.

² Área realmente disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens.

Tabela 2: Classificação Geral

PT	Classificação Final
4,5 a 5	A
3,5 a 4,4	B
2,5 a 3,4	C
1,5 a 2,4	D
1 a 1,4	E

Iniciativas que aumentem a eficiência da edificação poderão receber um incentivo de até um ponto na classificação geral a critério do GT Edificações do INMETRO. Para tanto, estas iniciativas deverão ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada. Estas podem ser: sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água; sistemas ou fontes alternativas de energia; sistemas de cogeração; e inovações tecnológicas que aumentem a eficiência energética da edificação.

Como requisito geral a ser cumprido para ser elegível à etiquetagem, o edifício deverá possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros. Além disso, existem alguns requisitos mínimos a cumprir para o edifício atingir uma classificação A, como por exemplo, utilizar aquecimento solar de água, quando houver demanda para uso de sistema de água quente.

3.1 Sistema de Iluminação

Este item descreve o método de cálculo do limite de potência de iluminação para espaços internos da edificação, com a finalidade de classificar o nível de eficiência do sistema de iluminação do edifício.

Pelo método, obtém-se o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação por 100lux ($W/m^2/100lux$) em função do índice de ambiente definido para cada nível na Tabela 3. Os valores de densidade de iluminação da tabela foram definidos baseados em um estudo de potência instalada considerando sistemas de iluminação com diferentes níveis de eficiência. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC (Gugel e Westphal, 2006).

Determina-se, então, o nível de iluminação necessário para cada ambiente através do uso da NBR 5413 – Iluminância de Interiores (ABNT, 1992).

O limite máximo aceitável de potência de iluminação para cada ambiente será dado pelo produto dos valores obtidos ($W/m^2/100lux$) e (lux).

Um sistema de iluminação com nível de eficiência A corresponde, por exemplo, a utilizar lâmpadas de 28W, luminária com refletor de alumínio e reator eletrônico, enquanto que um sistema de iluminação com nível de eficiência E corresponde a lâmpadas de 40W e reator eletromagnético.

Para efeito de classificação da edificação deverão ser respeitados, além dos limites de potência instalada, os seguintes critérios de controle do sistema de iluminação: Desligamento automático do sistema de iluminação; Divisão dos circuitos e Contribuição da luz natural.

Tabela 3: Limite máx aceitável de densidade de potência de iluminação para cada nível de eficiência.

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de iluminação $W/m^2/100lux$ (Nível A)	Densidade de Potência de iluminação $W/m^2/100lux$ (Nível B)	Densidade de Potência de iluminação $W/m^2/100lux$ (Nível C)	Densidade de Potência de iluminação $W/m^2/100lux$ (Nível D)
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,43	3,86	4,32	5,57
1,00	2,34	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível A)	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível B)	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível C)	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível D)
1,50	1,91	2,79	3,11	4,01
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
2,50	1,88	2,38	2,57	3,31
3,00	1,74	2,31	2,46	3,17
4,00	1,74	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	1,91	2,24	2,89

Obs.: Foram adotadas as seguintes refletâncias do ambiente: Teto = 70%; Parede = 50%; Piso = 10%.

3.2 Sistema de Condicionamento de Ar

Segundo a regulamentação, para efeito de etiquetagem é obrigatório que os edifícios condicionados artificialmente possuam sistemas de condicionamento de ar com eficiência conhecida:

a) Condicionadores de ar de uso doméstico, do tipo janela, e Condicionadores de ar, tipo SPLIT com eficiência avaliada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE / INMETRO e de acordo com as normas brasileiras de condicionadores de ar domésticos;

A classificação do INMETRO é baseada no índice de eficiência energética do equipamento. A eficiência energética de um condicionador de ar é definida como sendo a razão entre a sua capacidade de refrigeração e a potência elétrica consumida por este equipamento. A classe de eficiência energética de cada modelo, representada por uma letra, de A a E, simboliza o nível de eficiência em que se encontra o modelo em questão. Tabelas com as classes de eficiência energética com os requisitos mínimos de eficiência para cada categoria podem ser encontradas no site do INMETRO - www.inmetro.gov.br.

b) Condicionadores de ar não regulamentados pelo PBE / INMETRO são classificados de acordo com requisitos mínimos de eficiência baseados na ASHRAE 90.1.

- Para os Níveis A e B os condicionadores de ar, os resfriadores de líquido, os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência estabelecidos pela ASHRAE 90.1 – 2004 (ASHRAE, 2004);
- Para o Nível C, os condicionadores de ar, os resfriadores de líquido, os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência definidos na ASHRAE 90.1 – 1999 (ASHRAE, 1999);
- Para o Nível D, os condicionadores de ar e os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na ASHRAE 90.1 – 1989 (ASHRAE, 1989);
- Nível E: quando o sistema não se enquadrar nos níveis acima.

Além disso, para alcançar o nível A, todo o sistema de condicionamento de ar deve respeitar os seguintes requisitos: Cálculo detalhado de carga térmica; Controle de temperatura por zona; Automação; Isolamento de zonas; Controles e dimensionamento do sistema de ventilação; Recuperação de Calor; Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos; Equipamentos de rejeição de calor.

3.3 Envoltória

Nesta seção, o regulamento descreve o método de classificação de eficiência da envoltória, baseado em um indicador de consumo obtido através de uma equação.

Para atingir a classificação de eficiência energética A e B, no caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para o respectivo PAZ (Percentual de Abertura Zenital na cobertura), de acordo com a Tabela 4. Para edificações com

PAZ maior que 5%, e pretendendo-se alcançar classificação A ou B, deve-se utilizar simulação computacional de acordo com o item **Simulação** da Regulamentação.

Tabela 4: Percentual de Abertura Zenital x Fator Solar

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Foram desenvolvidas duas equações por zona bioclimática: uma representando edifícios com área de projeção³ (A_{pcob}) menor que 500m² e a segunda para edifícios com área de projeção maior que 500m². O zoneamento bioclimático brasileiro é estabelecido na NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

As equações foram desenvolvidas a partir de análises do resultado de simulações do desempenho termo-energético de protótipos cujas tipologias representam as edificações atualmente construídas no país. Os protótipos foram elaborados após um levantamento fotográfico que reuniu 1103 edificações comerciais e institucionais em cinco capitais brasileiras. O levantamento identificou as características externas das edificações tais como forma e dimensões, percentual de abertura na fachada, existência e dimensões de proteções solares e cores dos vidros (Carlo et al, 2005), dando origem, por sua vez, a cinco protótipos, cada qual com uma volumetria distinta e representativo de uma atividade comercial: hotéis, grande escritório, pequeno escritório, grande loja e pequena loja. Estes protótipos representativos foram alterados para o pior caso de cada atividade comercial encontrado no levantamento e avaliados sob diversas situações (Carlo e Lamberts, 2006). Em seguida, medidas de conservação de energia foram aplicadas ao protótipo pouco eficiente a fim de verificar sua relevância na eficiência energética. As medidas mais relevantes que compõem a envoltória fazem parte das equações de cálculo do Indicador de Consumo.

O Indicador de Consumo referente à envoltória do edifício proposto deve ser calculado com as diferentes equações de acordo com a cidade e Zona Bioclimática onde o edifício está inserido. As equações para $A_{pcob} > 500m^2$ são válidas para um Fator de Forma mínimo permitido ($(A_{env}/V_{tot})_{mín}$). As equações para $A_{pcob} < 500m^2$ são válidas para um Fator de Forma máximo permitido ($(A_{env}/V_{tot})_{máx}$). Acima ou abaixo destes, deve-se utilizar os valores limites.

A seguir, como exemplo, mostra-se as equações válidas para Edificações localizadas na região bioclimática de Florianópolis:

$A_{pcob} < 500m^2$:

Limite: Fator de forma máximo ($(A_{env}/V_{tot})_{máx} = 0,92$

$$IC_{env} = -175,30 \times (A_{pcob}/A_{tot}) - 212,79 \times (A_{env}/V_{tot}) + 21,86 \times PAF_T + 5,59 \times FS - 0,19 \times AVS + 0,15 \times AHS + 266,79 \times (A_{pcob}/A_{tot}) \times (A_{env}/V_{tot}) - 0,04 \times PAF_T \times FS \times AVS - 0,45 \times PAF_T \times AHS + 190,42$$

[Eq. 02]

$A_{pcob} > 500m^2$

Limite: Fator de forma mínimo ($(A_{env}/V_{tot})_{mín} = 0,15$

$$IC_{env} = -14,14 \times (A_{pcob}/A_{tot}) - 113,94 \times (A_{env}/V_{tot}) + 50,82 \times PAF_T + 4,86 \times FS - 0,32 \times AVS + 0,26 \times AHS - 35,75 \times (V_{tot}/A_{env}) - 0,54 \times PAF_T \times AHS + 277,98$$

[Eq. 03]

Onde:

PAF_T = Percentual de Abertura na Fachada total (%) FS = Fator Solar

AVS = Ângulo Vertical de Sombreamento AHS = Ângulo Horizontal de Sombreamento

³ área da projeção horizontal da cobertura (quando os edifícios são de formato uniforme) ou área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos (no caso de edifícios com formato irregular);

O indicador de consumo obtido deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente será a envoltória da edificação. A escala numérica da classificação de eficiência é variável, e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros: razão da área de projeção da cobertura pela área total de piso (A_{pcob}/A_{tot}) e razão da área da envoltória pelo volume total (A_{env}/V_{tot}). Os demais parâmetros da equação são fornecidos.

3.4 Simulação

A simulação do desempenho do edifício pode ser utilizada como forma alternativa para classificação do nível de eficiência.

O método de avaliação da eficiência energética de um edifício através da simulação computacional pode ser usado para avaliar edifícios condicionados artificialmente, ou edifícios naturalmente ventilados, ou ainda que possuam áreas condicionadas - de longa permanência - menor que a área útil total.

a) Para prédios condicionados artificialmente:

O método compara o desempenho da edificação proposta (real) com uma edificação similar (de referência), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido. Através de simulação, compara-se o consumo do projeto proposto (real) com o consumo do projeto de referência. Deve ser demonstrado que o consumo de energia do projeto proposto deve ser igual ou menor do que o consumo do edifício de referência. Portanto dois modelos representando o mesmo edifício devem ser construídos: o modelo representando o edifício real (de acordo com o projeto proposto) e o modelo de referência (de acordo com o nível de eficiência pretendido).

O método da simulação é baseado no *Energy Cost Budget* (ECB) da ASHRAE 90.1. No ECB deve-se demonstrar que o *custo* anual de energia do edifício proposto não pode ultrapassar os custos do edifício de referência, o qual atinge os critérios prescritivos da norma.

b) Para prédios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas:

É obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno das áreas não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante 95% das horas ocupadas.

3.5 Certificação

O processo de implementação do certificado passa por duas etapas:

a) Projeto e Documentação: é emitido um certificado com etiqueta atestando o nível de eficiência;

b) Auditoria no edifício em uso (pós *habite-se* e com sistemas instalados) realizada pelo auditor credenciado: é fornecida uma placa com o certificado, que poderá ser exposta no edifício.

4. DISCUSSÃO FINAL

Existe um grande potencial nos países em desenvolvimento como o Brasil, de reduzir o crescimento do consumo de energia elétrica, mesmo com o crescimento do PIB, através da introdução de medidas de eficiência energética.

Controlar o crescimento do consumo de energia associado ao crescimento econômico do país requer uma série de medidas que racionalizem o uso de energia. Dentre estas medidas, normas e leis para promover a eficiência energética podem contribuir no setor de edificações residenciais, comerciais e públicas.

A criação de uma etiqueta com um nível de eficiência a ser usada em novas edificações é uma iniciativa que pode auxiliar os consumidores a optarem por edificações com maior eficiência energética, além de trazer um diferencial de mercado para os construtores.

A Regulamentação para Etiquetagem se encontra em fase de testes dentro da rede de laboratórios de conforto ambiental das universidades do Brasil. Pretende-se que cada laboratório aplique a metodologia em alguns edifícios recém construídos ou em fase final de construção com o objetivo de testar a metodologia e formar-se uma base de dados de edificações em diferentes climas e seus níveis de eficiência. Em função destes testes, a regulamentação será ajustada e para o próximo ano, espera-se que a regulamentação seja lançada no mercado. Na seqüência, será aprovado e definido um cronograma para a regulamentação passar a ser de caráter obrigatório.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, (1992). :NBR 5413 – “Iluminância de Interiores”.
- ABNT, (2005). NBR 15220-3 – “Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”.
- ALMEIDA, M.A., SCHAEFFER, R., LA ROVERE, E.L., (2001). “The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil”. *Energy* 26 (4), 413-429.
- ASHRAE, (2004) – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 2004**: “Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings”. Atlanta.
- ASHRAE, (1999) – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 1999**: “Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings”. Atlanta.
- ASHRAE, (1989) – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 1989**: “Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings”. Atlanta.
- BRASIL, (2001a). “Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia”. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>. Acesso em: 17/03/03
- BRASIL, (2001 b). “Decreto n. 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”. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html>. Acesso em: 17/03/03.
- CARLO, J. C.; LAMBERTS, R., (2006). “Elaboração de protótipos para simulação do desempenho termo-energético de edificações”. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Florianópolis. ENTAC 2006 - A Construção do Futuro. Porto Alegre : ANTAC, 2006. v. 1. p. 152-161.
- CARLO, J. C.; TOCCOLONI, G. ; LAMBERTS, R., (2005). “Verificação das Características Externas de Edificações em Quatro Capitais Brasileiras”. In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído Maceió: ANTAC, 2005. p. 316-325.
- GUGEL, E.; WESTPHAL, F. (2006). “Estudo Comparativo entre Sistemas de Iluminação”. LabEEE, Relatório de Pesquisa. Disponível em www.labee.ufsc.br/publicações/relatórios_pesquisa.
- JANNUZZI, G.M., SCHIPPER, L., (1991). “The structure of electricity demand in the Brazilian household sector”. *Energy Policy* 19 (9), 879-891.
- LAMBERTS, R E CARLO, J. C., (2004). “Uma Discussão sobre a Regulamentação de Eficiência Energética em Edificações”. In: Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul, **Anais...** : MERCOFRIO 2004.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, (2005). “Balanço Energético Nacional. 2005”. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em 16 de outubro de 2006.
- SINPHA (1999). “Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo”. Núcleo de Estatística Computacional, PUC/Rio. Rio de Janeiro. CD-ROM.

6. AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao PROCEL /Eletrobrás pelo suporte financeiro deste trabalho.