

## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO CÓDIGO DE OBRAS DE SALVADOR**

**Joyce Carlo (1), Enedir Ghisi (2), Roberto Lamberts (3), Ana Christina Mascarenhas (4)**

(1, 2, 3) LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações  
Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil  
(4) IBENBRASIL – Iberdrola Empreendimentos do Brasil,  
Av. Tancredo Neves 1189, Salvador, Bahia  
1 [joyce@labeee.ufsc.br](mailto:joyce@labeee.ufsc.br); 2 [enedir@labeee.ufsc.br](mailto:enedir@labeee.ufsc.br);  
3 [lamberts@labeee.ufsc.br](mailto:lamberts@labeee.ufsc.br); 4 [armascarenhas@ibenbrasil.com.br](mailto:armascarenhas@ibenbrasil.com.br)

### **RESUMO**

Apesar de 42% da energia consumida no Brasil estar relacionada ao consumo das edificações, o país não possui qualquer tipo de norma que regule o gasto desnecessário de energia elétrica nos edifícios. Em 2001, foi sancionada uma lei federal para racionalizar o consumo de energia de equipamentos e edificações. A prefeitura de Salvador, capital do estado da Bahia, adiantou-se ao resto do país e iniciou um processo para incluir parâmetros de eficiência energética no seu código de obras. O código baseia-se no formato da Standard 90.1 da ASHRAE, porém com ajustes para o Brasil e, especificamente, para a cidade de Salvador. A proposta engloba parâmetros para a envoltória da edificação, para os sistemas de iluminação e aquecimento de água e para as dimensões dos ambientes internos, sendo que este último visa diretamente o conforto do usuário. Procurou-se manter certos hábitos da cultura construtiva local, mas é previsto que com a implantação do novo código ocorrerá mudanças na tipologia dos edifícios de forma a melhor se adequar ao clima local.

### **ABSTRACT**

Although buildings account for about 42% of the energy expended in Brazil, such a country still does not have a standard or a code of practice for energy efficiency in buildings. In 2001, due to an energy crisis in this country, the Brazilian Government passed a law aiming to improve the energy efficiency of equipment and buildings, and made possible the creation of a team to look into a standard for energy efficiency in buildings. The city council of Salvador, a city located in Northeastern Brazil, showing the example to the rest of the country, have decided to amend their code of practice to promote energy efficiency in local buildings. The amendments to the code were based on the ASHRAE Standard 90.1, but adapted to the local conditions of Salvador. Parameters regarding the building envelope, lighting system, hot water, and dimension of spaces were included in the new code and are discussed in this paper. The amendments are still under discussion and may be changed.

### **1. INTRODUÇÃO**

No ano de 2001 houve, no Brasil, um racionamento de energia em quatro de suas regiões, o que facilitou a aprovação, e posterior sanção, da Lei Federal nº 10295 que há 10 anos tramitava no Congresso Nacional. Esta lei dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, sendo regulamentada pelo Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001 que estabelece “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 as edificações construídas”. O decreto cria um “Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País”, ou seja, um grupo que irá propor uma forma de regulamentar as edificações construídas no Brasil visando o uso racional da energia elétrica.

De acordo com GELLER (1990), em análise realizada em edifícios comerciais e públicos – com e sem sistemas de ar-condicionado – de São Paulo, 44% do consumo de energia elétrica deve-se

à iluminação e 20% ao sistema de ar-condicionado. Entretanto, levantamentos em Salvador mostraram que o consumo de energia em salas de edifícios de escritórios poderia chegar a uma proporção de até 70% para ar-condicionado e 15% para iluminação (MASCARENHAS et al., 1988).

O Balanço Energético Nacional de 2000 (MME, 2001) mostrou que o crescimento do consumo de energia no país é maior que o crescimento do PIB, Produto Interno Bruto. Isto indica que não se está consumindo energia sem gerar crescimento na economia. O crescimento no consumo de energia desproporcional ao crescimento da economia denota uma necessidade de racionalizar o consumo, não somente para preservar os recursos energéticos, mas também os recursos naturais.

Uma regulamentação nacional visando o combate ao desperdício de energia em edificações deveria apresentar-se como uma norma, padrão ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). No entanto, antes que a norma seja formulada, iniciativas já foram tomadas a nível municipal. A prefeitura da cidade de Salvador está propondo modificações no seu código de obras visando incluir critérios que garantam o uso racional da energia em edifícios. De clima tropical atlântico, a capital da Bahia está localizada a 12°54' latitude sul, parcialmente voltada para a Baía de Todos os Santos a noroeste e parcialmente voltada para o Oceano Atlântico ao sul e sudeste (Figura 1).

Originariamente, foi proposta uma norma com requisitos gerais para o território brasileiro que foi adaptada ao formato do código de obras da cidade, de forma a adequar-se às suas realidades culturais, construtivas e legais. A norma proposta foi baseada no formato da Standard 90.1 (ASHRAE, 1999), da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, norma americana que contém parâmetros mínimos de eficiência energética a serem atendidos nos projetos de novos edifícios, ou em reformas ou ampliações. Os critérios estabelecidos nesta norma foram incluídos no Código de Obras de Salvador após ajuste às especificidades locais.



**Figura 1: Localização da cidade de Salvador, capital do estado da Bahia.**

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é apresentar e discutir a inclusão de parâmetros no Código de Obras da cidade de Salvador, no Nordeste do Brasil, visando a eficiência energética em edificações. Tais parâmetros, embora concluídos no âmbito técnico, ainda estão em discussão e, portanto, sujeitos a alterações de acordo com as negociações junto à comunidade local, que envolve prefeitura, empresários, universidades e associações de profissionais envolvidos com a construção civil.

### 3. A STANDARD 90.1

A Standard 90.1-1999 (ASHRAE, 1999) ampliou a cobertura de cidades internacionais classificando previamente diversas cidades de acordo com seu clima e fornecendo formas de classificação para as demais. Dentre as cidades brasileiras indicadas na norma americana inclui-se Salvador.

A Standard 90.1 apresenta prescrições para: limites máximos na transmitância térmica de componentes opacos e translúcidos; limites mínimos de resistência térmica para componentes com isolamento; limites máximos de fator solar para elementos translúcidos, como janelas e vãos zenitais. Para janelas, limita a sua área em até 50% da área da fachada. Para vãos zenitais, esta limitação cai para 5% da área do telhado. Detalha as formas de instalação de mantas isolantes de acordo com a cultura construtiva dos Estados Unidos.

Também apresenta um extenso capítulo sobre o sistema de ar-condicionado, especificando eficiências mínimas para diversos tipos e capacidades, além de outros equipamentos como economizadores, *boilers*, *chillers* ou dutos.

O capítulo sobre o sistema de iluminação da Standard 90.1 limita a densidade de potência da iluminação interna, em  $W/m^2$ , e a eficiência da iluminação externa em lumens/W. Apresenta várias exceções para diversos usos especiais em ambientes internos e externos, como vitrines de lojas, ambientes cirúrgicos e monumentos históricos. Também apresenta requisitos obrigatórios nos sistemas de controle da iluminação em função da área do ambiente.

O sistema de aquecimento de água é baseado em sistemas com uso de gás ou eletricidade. A eficiência do equipamento está relacionada à eficiência especificada no sistema de ar-condicionado, e exige isolamento no encanamento de acordo com as características deste, como se alimenta *boilers* ou se faz parte do encanamento de retorno de água.

### 4. O CÓDIGO DE OBRAS

#### 4.1. Descrição

A cada nova edição da Standard 90.1, a ASHRAE tende a aumentar o rigor de seus parâmetros. No Brasil, sendo esta a primeira regulamentação visando a eficiência energética em edificações, é necessário que tal rigor seja substituído por parâmetros mais leves para adaptação gradual do mercado construtivo, além da adequação do código à realidade cultural e econômica do país. Sendo um código de obras municipal, é possível também adaptar tal rigor às necessidades e à cultura construtiva local. Desta forma, embora o formato tenha sido baseado na Standard 90.1 (ASHRAE, 1999), os limites do código foram ajustados e diversas exigências foram simplificadas, enquanto outras novas necessidades surgiram ao longo de seu desenvolvimento.

As exigências do Código de Obras referem-se basicamente à envoltória da edificação e a alguns sistemas prediais, como sistemas de iluminação, aquecimento de água e elevadores, concentrando-se, no entanto, na envoltória e na iluminação.

A função do edifício foi considerado para diferenciar alguns requisitos exigidos somente em usos específicos, como elementos de sombreamento em edifícios residenciais ou a densidade de potência de iluminação em edifícios comerciais. Esta última é especificada de acordo com a função do edifício ou do ambiente, já que diferentes tarefas exigem diferentes níveis de iluminação.

#### 4.2. Ferramentas

Todos os limites adotados no Código de Obras foram ajustados baseados em estimativas de consumo realizadas através de simulações e também da equação para estimativa do consumo em edifícios situados em Salvador e desenvolvida por SIGNOR et al. (2001).

A equação de SIGNOR et al. (2001) foi desenvolvida através de 510 simulações paramétricas para verificar que componentes da edificação mais influenciam no consumo de energia elétrica.

As variáveis cuja relação com o consumo de energia mostrou-se linear formaram a equação para estimativa do consumo de energia em Salvador. SIGNOR et al. (2001) também desenvolveram equações equivalentes para outras 13 capitais brasileiras.

A parede externa foi analisada em separado, tendo seus limites estabelecidos através de simulações de consumo de energia desenvolvidas no programa computacional VisualDOE, interface gráfica para o programa DOE 2.1-E. Os limites das propriedades térmicas das janelas foram analisados através de estimativas de consumo de energia elétrica baseadas na equação de SIGNOR et al. (2001) para Salvador, exceto os limites para a orientação oeste, estabelecidos através da equação e de simulações no VisualDOE. O programa também foi utilizado para definição dos limites das propriedades térmicas de vãos zenitais para iluminação.

### 4.3. Conteúdo

O Código de Obras apresenta parâmetros de acordo com as propriedades térmicas dos materiais e componentes do edifício que interferem em sua tipologia e parâmetros que alteram a estruturação do espaço interno. Estes parâmetros não visam somente a eficiência energética, mas também o conforto ambiental, térmico e visual do usuário.

Os limites dos componentes opacos da envoltória – paredes externas e cobertura – referem-se à transmitância térmica dos componentes e, no caso das paredes externas, também à sua capacidade térmica. Percebeu-se uma relação entre a transmitância térmica e a capacidade térmica com o consumo de energia elétrica que definiu dois limites de transmitância. Paredes externas leves não devem ultrapassar a  $1,2\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  enquanto paredes com capacidade térmica mínima de  $120\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$  podem ter transmitância térmica de até  $3,7\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ . Para simplificar o entendimento do arquiteto ou engenheiro, a capacidade térmica foi substituída por um limite expresso em  $\text{kg/m}^2$ , sendo que a especificação limite apresentou-se como transmitância térmica de  $3,7\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  para paredes que apresentem um mínimo de  $110\text{kg/m}^2$ .

Os limites de área dos elementos translúcidos ou transparentes estão relacionados ao fator solar do material – vidro ou policarbonato – dependente da área da abertura e, no caso de janelas, de sua proteção externa. Para iluminação zenital, os limites do fator solar referem-se somente à área da abertura em relação à área da cobertura.

A Tabela 1 apresenta os limites do fator de projeção da janela em função do PJJ (percentual de área de janela na fachada) e do FS (fator solar). Nesta, é possível perceber que a área de vidro na fachada foi estendida até 100%, ao contrário da Standard 90.1 (ASHRAE, 1999), que limita a área de janela ao máximo de 50% da área da fachada. No entanto, para utilizar uma área de vidro de 100%, é necessário que se utilize vidros de baixo fator solar ou um elemento na fachada que contenha uma projeção horizontal de, por exemplo, 0,90 vezes a altura da janela ao se utilizar um vidro de fator solar de 0,73.

**Tabela 1: Limites do fator de projeção da janela de acordo com o fator solar (FS) e área da janela (PJJ) para as orientações norte, sul e leste.**

FS	PJJ			
	0 a 40%	40 a 60%	60 a 80%	80 a 100%
0.86	0	0.48	0.77	0.96
0.82	0	0.44	0.74	0.94
0.77	0	0.40	0.71	0.92
0.73	0	0.36	0.68	0.90
0.69	0	0.32	0.65	0.87
0.65	0	0.28	0.61	0.84
0.60	0	0.23	0.57	0.81
0.56	0	0.18	0.53	0.78
0.52	0	0.12	0.49	0.75
0.47	0	0.06	0.44	0.71
0.43	0	0	0.39	0.67
0.39	0	0	0.33	0.63

0.34	0	0	0.26	0.58
0.30	0	0	0.19	0.52
0.26	0	0	0.11	0.46
0.22	0	0	0	0.38
0.17	0	0	0	0.29
0.13	0	0	0	0.17
0.09	0	0	0	0

Os limites estabelecidos para a densidade de potência de iluminação não se alteraram em relação ao estabelecido na Standard 90.1 (ASHRAE, 1999). No entanto, ainda existem incertezas quanto à adoção de tais limites uma vez que os limites de densidade de potência de iluminação apresentados em GHISI (1997) e discutidos em GHISI & LAMBERTS (1998) parecem ser mais adequados à realidade brasileira pois são apresentados de forma a correlacionar a densidade de potência de iluminação com os níveis de iluminação prescritos pela NBR5413 – Norma Brasileira, que estabelece níveis de iluminação em função da atividade desenvolvida – e com ambientes de diferentes dimensões. As formas de controle do sistema de iluminação foram ajustadas para utilização de sistemas mais econômicos para o Brasil, ainda garantindo a eficiência no uso da iluminação interna. Um exemplo é a exigência de controles separados para as luminárias mais próximas à janela, a partir de 2000m<sup>2</sup> de área no ambiente, no caso de escritórios (ou ambientes comerciais).

O aquecimento de água em unidades residenciais no Brasil é realizado basicamente através de chuveiros elétricos. O Atlas Solar Brasileiro (COLLE & PEREIRA, 1998) mostra boas condições de irradiação solar para a cidade do Salvador. O uso de aquecimento solar é estimulado no Código de Obras através da obrigatoriedade da instalação de encanamento de água quente com espera para sistema de aquecimento solar nas unidades residenciais de edifícios multifamiliares. Espera-se assim facilitar a incorporação do aquecimento solar em edifícios novos, a começar pelos residenciais.

Outros sistemas, como dispositivos economizadores de energia em elevadores estão incluídos no Código de Obras. Eficiência de equipamentos de ar-condicionado não foram incluídos devido à sua instalação geralmente ocorrer após a entrega das chaves do edifício, ou seja, após a aprovação do habite-se, documento que permite a ocupação do edifício após inspeção. É comum, no Brasil, que o sistema de iluminação também seja instalado após o habite-se. No entanto, os dispositivos de controle da iluminação interna deverão abranger usos comerciais somente, em razão da área mínima aos quais são submetidos e, desta forma, poderão ser fiscalizados durante a liberação da concessão do alvará de funcionamento, fornecido a estabelecimentos de uso comercial.

Outros parâmetros são estabelecidos visando o conforto térmico e lumínico, como a obrigatoriedade de elementos de sombreamento nas janelas dos quartos que garantam a ventilação natural ou profundidade máxima de um ambiente de acordo com a altura da janela. O primeiro terá impacto na tipologia de edifícios residenciais enquanto este último refere-se diretamente ao dimensionamento dos espaços internos, definido em planta, reduzindo a necessidade do uso de iluminação artificial durante o dia.

## 5. DISCUSSÃO

O Código de Obras, assim como a norma, deverá estabelecer parâmetros que garantam condições mínimas de eficiência energética em edificações. Maiores níveis de eficiência podem ser alcançados pelos projetistas, arquitetos e engenheiros, através do uso de sistemas mais eficientes que complementem ou ultrapassem as especificações do código.

Embora conforto térmico, conforto visual e eficiência energética sejam temas co-relacionados, estes apresentam certas contradições em face à necessidade simultânea de sombreamento e iluminação natural em climas tropicais como o de Salvador. Um exemplo é apresentado na Figura 2, onde brises da edificação comercial proporcionam sombreamento total em suas janelas mas também reduzem a iluminância natural a baixos níveis, exigindo o uso de iluminação

artificial para proporcionar iluminâncias adequadas às atividades realizadas nos ambientes. Sistemas de sombreamento que integram as duas estratégias são desejados mas extrapolam a abrangência do código, sendo porém indicadores de uma boa qualidade de projeto. Da mesma forma, o código de obras indica apenas o uso de elementos de sombreamento horizontal. Sabe-se que estes não são totalmente eficazes para fachadas leste e oeste, sendo este aspecto novamente dependente do conhecimento do projetista para elevar a eficiência do edifício a níveis maiores do que os do código de obras.

O Código de Obras tende a introduzir mudanças na paisagem composta por novos edifícios. O impacto nas edificações limita-se então à edificações. Novas tipologias distintas das cortinas de vidro sem dispositivos de sombreamento externo deverão ser implementadas, onde edifícios novos tenderão a apresentar menor área de vidro na fachada ou mais dispositivos de sombreamento. A Figura 3 apresenta um edifício recentemente construído em Salvador cuja tipologia exemplifica o uso do vidro em 100% da fachada e sem dispositivos de sombreamento externo. Caso o projeto deste edifício fosse submetido à aprovação após a vigência das novas regras de eficiência energética, o projeto seria aprovado somente se o vidro adotado apresentasse um FS de 0,09 pois não existe dispositivo de sombreamento externo e a área de janela é de 100% (ver Tabela 1). O uso de outros tipos de vidro com maior FS poderia garantir a aprovação do projeto desde que condicionado ao uso de dispositivos de sombreamento externo. Para um tipo de vidro com, por exemplo, FS de 0,82 e a mesma área de janela de 100%, o projeto seria aprovado se o fator de projeção da janela fosse de 0,94. Percebe-se então que um novo conceito estético deverá surgir após a aprovação da proposta elaborada para o Código de Obras, onde novos elementos serão incorporados à fachada, alterando a paisagem urbana de Salvador.



**Figura 2: Os brises (linhas escuras da fachada) cobrem totalmente as janelas, proporcionando proteção total à radiação mas prejudicando a iluminação interna.**



**Figura 3: Exemplo de tipologia envidraçada comum em Salvador**

Apesar da tendência de mudança da tipologia das edificações locais, as propostas discutidas neste artigo não incluem as habitações populares. As condições de conforto térmico e visual exigidas em habitações populares são distintas e merecem propostas que considerem o baixo poder aquisitivo desta parcela significativa da população soteropolitana.

O Código de Obras é uma primeira tentativa de inserção de conceitos de eficiência energética em edificações na cidade. Após a assimilação destes conceitos e a formação de uma cultura de projeto voltada também à eficiência energética, será possível elevar, gradualmente, estes níveis de eficiência de forma a racionalizar ainda mais o consumo de energia. O impacto inicial destes limites, no entanto, é significativo, resultando em uma aceitação por apenas uma parcela dos profissionais envolvidos com a construção civil, de arquitetos a empreendedores, passando por

fabricantes e representantes de produtos utilizados na construção, conforme verificado na primeira reunião realizada em Salvador para discutir o novo código proposto.

## 6. CONCLUSÃO

O Código de Obras de Salvador pretende estabelecer parâmetros visando o conforto térmico e lumínico e a eficiência energética nos edifícios da cidade, preservando as premissas culturais e econômicas do local, como uso de cobertura com telhas cerâmicas sem forro ou parede de tijolos maciços em edifícios residenciais unifamiliares. Pretende, no entanto, alterar certos hábitos, como substituição gradual do chuveiro elétrico por aquecimento solar de água e uso de sombreamento nas janelas de quartos de unidades residenciais, sejam elas multifamiliares ou unifamiliares.

A forma de projetar também tende a se alterar e espera-se que seja concomitante à conscientização do profissional da construção civil. Espera-se que este, no futuro, venha a ampliar os níveis de eficiência energética além do exigido no código. O impacto na paisagem urbana será visível, onde novas tipologias serão introduzidas através de elementos até então inéditos nas fachadas dos edifícios de Salvador, estimulando a criação de soluções de sombreamento, ventilação e iluminação eficazes e esteticamente agradáveis.

Com o tempo e a assimilação destes novos conceitos de eficiência energética para o Brasil, estes níveis tendem a ser mais rigorosos preservando ainda mais os recursos energéticos e ambientais sem prejudicar o crescimento econômico da cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE (1999). *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. ASHRAE Standard 90.1 –1999. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1999.

COLLE, S.; PEREIRA, E. B (2001). *Atlas de Irradiação Solar do Brasil*. Brasília, 1998. 65 p. Disponível em: <[www.labsolar.ufsc.br](http://www.labsolar.ufsc.br)>. Acesso em: 3 de fevereiro de 2001.

GELLER, H.S. *Efficient electricity use: a development strategy for Brazil*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 1990.

GHISI, E (1997). *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 246p, 1997.

GHISI, E.; LAMBERTS, R (1998). *Study of the limits of lighting power densities: a proposal of a standard for Brazil*. The 2<sup>nd</sup> European Conference on Energy Performance and Indoor Climate and 3<sup>rd</sup> International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings, Lyon, France, pp.147-152, Vol 1, 1998.

MASCARENHAS, A.; NERY, J.F.; D'ALCANTARA, A (1988). *Conservação de Energia e Conforto Ambiental em Edificações Comerciais de Salvador*; Relatório COELBA/UFBA/PROCEL, 1988.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (2001). *Balanço Energético Nacional de 2000*. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em: 9 de setembro de 2001.

SIGNOR, R.; WESTPHAL, F.; LAMBERTS, R (2001). *Regression analysis of electric energy consumption and architectural variables of conditioned commercial buildings in 14 Brazilian cities*. In: Seventh International IBPSA Conference, Building Simulation 2001, Proceedings... Rio de Janeiro: IBPSA, 2001. pp.1373-1379