



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

ANÁLISE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM RECIFE/PE

**Melyna de Almeida Lamenha (1); Vivien Kalynne Galvão (2);
Yara Carvalho de Macedo (3); Isabela Cristina da Silva Passos (4);
Leonardo Salazar Bittencourt (5)**

(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, melynalamenna@gmail.com

(2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, vk.galvao@gmail.com

(3) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, yaramacedo@gmail.com

(4) Mestre em Arquitetura pelo Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado – DEHA,
isabela@fau.ufal.br

(5) PhD, professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU, lsb54@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Laboratório de Conforto Ambiental, Campus A. C. Simões, Av. Lourival
Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, 57072-970, Tel.: (82) 9307-0340

RESUMO

Estima-se que as edificações são responsáveis por cerca de 50% do consumo total de energia no Brasil. Visando a obtenção de maior racionalidade do consumo de energia elétrica nas edificações, em fevereiro de 2009, foi instituído pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INMETRO, 2009). Após a publicação do RTQ-C, muitos edifícios foram avaliados em diversas regiões do país, considerando os três parâmetros mais relevantes para o consumo de energia elétrica em edifícios: os sistemas de iluminação, condicionamento artificial e envoltória. Dentre os três aspectos, a envoltória configura a volumetria da edificação, que é de domínio do arquiteto. Este artigo apresenta uma avaliação da envoltória do edifício sede da COMPESA, localizado na cidade de Recife/PE. A edificação foi avaliada através do método prescritivo obedecendo às diretrizes metodológicas propostas pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C. Conforme a avaliação, a envoltória do edifício estudado alcançou o nível "B" de eficiência energética, devido ao valor de transmitância da cobertura. Entende-se que é possível atingir bons resultados, quanto ao nível de eficiência energética em edificações, através da iniciativa dos profissionais da arquitetura em escolher para seus projetos, os artifícios que melhor se adequam à realidade climática do lugar sem abandonar a criatividade.

Palavras-chave: eficiência energética, arquitetura, RTQ-C.

ABSTRACT

It is estimated that buildings are responsible for about 50% of total electric energy consumed in Brazil. In order to obtain a low level of energy consumption in buildings, it was created in 2009 February in Brazil, by National Institute of Metrology, Normalization and Industrial Quality – INMETRO, the RTQ-C: Energy Efficiency in Commercial and Service Buildings Technical Standard. After this publication, many buildings are being evaluated in many regions of Brazil. The three more important aspects of this evaluation are: air-conditioning, lighting and envelopment. Among these three aspects, envelopment is the one that gives the building volume and that the architect knows best how to improve it. This article presents an evaluation of the envelopment of COMPESA building – Pernambuco Sanitation Company, located in Recife/PE. This building was evaluated by the prescriptive method proposed by RTQ-C. According to this method, the envelopment achieved an B level of energy efficiency because of the roof transmittance. It is believed that architects can make the best choice in order to improve the energy efficiency of a building without giving out the creativity.

Keywords: energy efficiency, architecture, RTQ-C.

1. INTRODUÇÃO

O consumo demasiado de energia elétrica tem acelerado o processo de estrangulamento das fontes de energia disponíveis. A escolha de estratégias projetuais que minimizem desperdícios é parte integrante do processo do projetar arquitetônico, que está sujeito ao poder de decisão do arquiteto. A preocupação com economia de energia ganhou destaque em virtude do elevado percentual de consumo de energia no setor da construção civil do país, valor que corresponde a cerca de 50% (PROCEL, 2001), nas edificações.

Recentemente, o governo brasileiro passou a adotar medidas que visam a redução do consumo de energia no país e a eficiência energética. Entre essas medidas, foi promulgada a Lei 10.295/2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001). De forma análoga ao que já ocorre com os aparelhos eletrodomésticos, foi publicado em 2009, pelo INMETRO, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), visando a etiquetagem de edifícios. Essa ação tem como finalidade identificar o nível de consumo de energia elétrica desses edifícios, tornando essa informação de domínio público, permitindo aos usuários a escolha consciente das edificações que eles utilizam conforme o grau do consumo de energia. Essa informação se reveste de grande importância devido ao crescente custo da energia elétrica no orçamento das empresas em diversos ramos de atividades.

O RTQ-C considera três parâmetros para a avaliação do nível de eficiência energética em edificações, que são os sistemas de iluminação, condicionamento artificial e envoltória. Esses parâmetros podem ser classificados segundo níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Na classificação geral do edifício os três requisitos participam com os seguintes pesos: sistema de iluminação = 30%, sistema de condicionamento artificial = 40% e envoltória = 30%. Após a avaliação, o edifício recebe a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

A envoltória é composta por fechamentos opacos, dispositivos de iluminação zenital e aberturas. A transmitância térmica, cores e absorvância de superfícies, volume, área de piso e orientação das fachadas são informações consideradas na avaliação. Esses itens encontram-se sob o total domínio do arquiteto e cabe a este a escolha e adaptação adequadas dos elementos que constituem a envoltória da edificação ao meio em que se insere.

A maioria dos projetistas e arquitetos em atuação no país não atenta para a magnitude do impacto de diferentes configurações. Nas últimas décadas, a arquitetura brasileira assistiu ao surgimento de vários edifícios envidraçados, configurando um padrão incoerente para a realidade brasileira, resultando em edifícios com alto consumo de energia elétrica (Figura 1).



Figura 1: Hotel Brisa Tower, Jatiúca, Maceió/AL. Fachada envidraçada.
Fonte: <http://www.malapronta.com.br/hotel626-hotel-brisa-tower>.

Por outro lado, algumas propostas revelaram criatividade no que se refere à adequação climática brasileira, bons exemplos de arquitetura adaptada ao clima podem ser observados. Um deles é o projeto do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar – NPM (Figura 2), localizado no Campus da Universidade Federal de Alagoas, em Maceió. O edifício possui elementos como coletores de vento, grelhas, amplos beirais, prateleiras de luz e peitoris ventilados, que funcionam estrategicamente, para auxiliar na iluminação e

resfriamento passivo, diminuindo a necessidade do consumo de energia elétrica com iluminação artificial e o resfriamento da edificação.



Figura 2: Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas. Fonte: BITTENCOURT, 2005.

Consciente em relação a estes aspectos encontra-se o prédio da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, em Recife, de autoria de ADM Arquitetos Associados, que tira partido dos protetores solares, enriquecendo sua volumetria, ao mesmo tempo em que preserva as belas vistas que podem ser desfrutadas pelos usuários do edifício.

Por outro lado, visando dar suporte ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criou-se a Rede de Eficiência Energética em Edificações (R3E), contribuindo no processo de capacitação para avaliação do RTQ-C e aplicação do método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). O Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Alagoas (LabConf) atua no desenvolvimento de pesquisas para aplicação do regulamento RTQ-C integrado à R3E, juntamente com os laboratórios capacitados pelo PROCEL, que compõe essa rede desde 2009. Entre os objetivos principais da integração do Laboratório à Rede são: operacionalização do processo de etiquetagem, incentivo ao uso racional de energia elétrica, através da capacitação de pessoal em diversos níveis e da disseminação do conhecimento.

O presente trabalho consiste na apresentação dos resultados da avaliação do nível de eficiência energética da envoltória do edifício sede da COMPESA, estudado pelo LabConf – UFAL.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é discutir o potencial do consumo de energia elétrica da envoltória do edifício sede da COMPESA, segundo o Regulamento Técnico para Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. As Figuras 3, 4 e 5 mostram, respectivamente, a planta de cobertura do complexo onde está inserida a edificação estudada, uma perspectiva aérea do complexo e a perspectiva externa da sede.

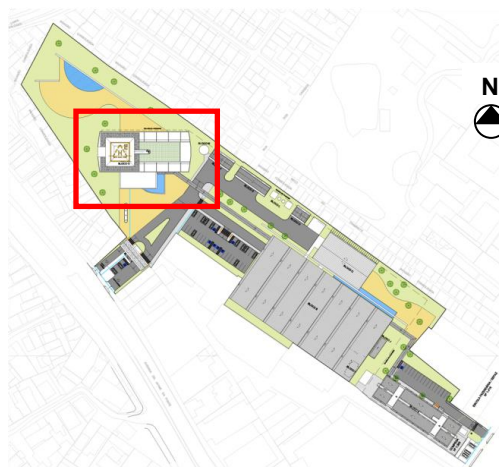


Figura 3: Planta de cobertura do complexo da COMPESA, destaque para o edifício analisado. Fonte: ADM Arquitetos Associados Ltda, 2010.



Figura 4: Perspectiva aérea do complexo da COMPESA.
Fonte: ADM Arquitetos Associados Ltda, 2010.

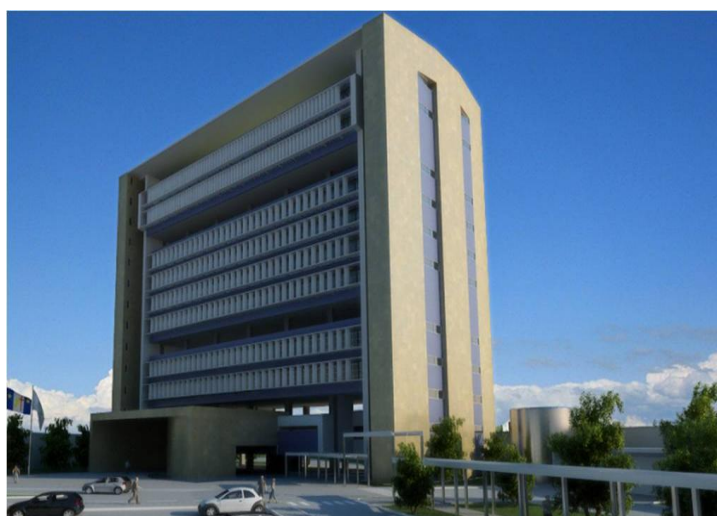


Figura 5: Perspectiva externa do edifício sede da COMPESA.
Fonte: ADM Arquitetos Associados Ltda, 2010.

3. MÉTODO

A classificação do nível de eficiência energética de um edifício pode ser obtida através de simulações computacionais utilizando os programas Energy Plus ou Design Builder, que é uma interface mais amigável de acesso aos algoritmos utilizados pelo Energy Plus, entre outros, como também pelo método prescritivo do RTQ-C. Este último baseia-se em três parâmetros: envoltória, condicionamento de ar e iluminação, sendo possível obter a classificação individual de cada item.

Para este trabalho o método utilizado foi o prescritivo, no qual se realiza uma sistematização de dados quantitativos e específicos dos elementos que compõem a pele do edifício – como, por exemplo, áreas, cor, absorvância dos materiais, entre outros – em planilhas eletrônicas e em seguida, aplicam-se as equações previstas para o método. Para obter a classificação da envoltória, é necessário levantar os dados do projeto contidos em plantas baixas, cortes, fachadas e caderno de especificações, bem como identificar a zona climática do local onde se localiza o edifício.

No Brasil existem oito zonas bioclimáticas definidas conforme os dados climáticos de temperatura e umidade. O RTQ-C baseia-se, para a avaliação da envoltória, no Zoneamento Bioclimático Brasileiro NBR 15.220 (ABNT, 2005). O clima da cidade de Recife – onde está localizado o edifício sede da COMPESA – é quente e úmido, característico do litoral do Nordeste brasileiro. A temperatura média anual é de 25,2°C e a cidade encontra-se inserida na Zona Bioclimática 8, como mostra a figura a seguir (Figura 6).

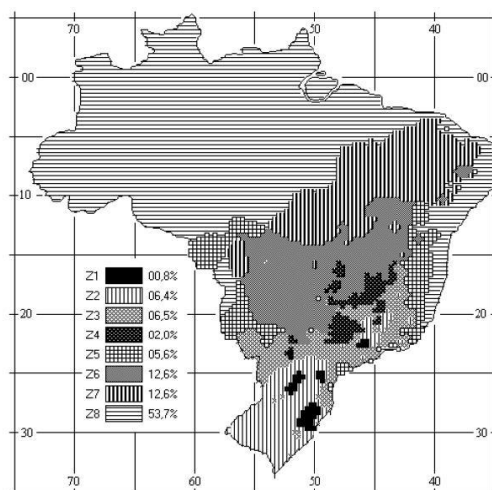


Figura 6: Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: NBR 15.220-3.

A envoltória do edifício sede da COMPESA é composta por fechamentos opacos, dispositivos solares, teto jardim, concreto aparente, áreas de esquadria e aberturas. A orientação das fachadas, área de piso, volume do edifício, transmitância térmica dos materiais, são dados considerados na avaliação da envoltória, e os mesmos devem estar enquadrados nos pré-requisitos da Zona Bioclimática em questão. Para cada Zona Bioclimática existe – no RTQ-C – uma equação que determina o indicador de consumo da envoltória, nesta equação são inseridos os índices referentes às características físicas da edificação em estudo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Análise dos Pré-requisitos da envoltória

A envoltória deve estar de acordo com pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência, baseado nas recomendações enquadradas no zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT, 2005). Quanto maior o nível mais restritivo as exigências a serem seguidas, tais exigências determinam o nível de eficiência que a edificação se enquadrará.

Para identificar os pré-requisitos, basta observar as propriedades térmicas dos materiais que compõem a cobertura e paredes externas da edificação. A Tabela 01, abaixo, apresenta as exigências para os componentes da envoltória de uma edificação pertencente à Zona 8:

Tabela 01: Pré-requisitos mínimos exigidos para cada nível de eficiência energética. Fonte: Labeee, 2009

| | |
|--------------------|---|
| Nível A | <ul style="list-style-type: none"> - Transmitância térmica da cobertura de ambientes condicionados deve ser menor ou igual a $1,0W/m^2K$ e das paredes externas igual ou menor que $2,50W/m^2K$ (para paredes com capacidade térmica de até $80KJ/m^2K$) ou $3,7$(para paredes com capacidade térmica superior a $80KJ/m^2K$); - Absortância solar máxima de cobertura não aparente e dos revestimentos externos deve ser $0,4$; - O percentual máximo de abertura zenital : 5% (fator solar =$0,3$). |
| Nível B | <ul style="list-style-type: none"> - Transmitância térmica da cobertura de ambientes condicionados deve ser menor ou igual a $1,5W/m^2K$ e das paredes externas igual aos valores especificados para o nível A; - Absortância solar máxima de cobertura não aparente e dos revestimentos externos deve ser $0,4$. |
| Nível C e D | <ul style="list-style-type: none"> - Transmitância térmica da cobertura deve ser menor ou igual a $2,0W/m^2K$ e das paredes externas igual aos valores especificados para o nível A. |

Na tabela abaixo, Tabela 02, é possível identificar os valores encontrados para a análise dos pré-requisitos referentes à envoltória do edifício estudado, e verificar que o mesmo, por não atender as exigências de transmitância térmica máxima da cobertura não aparente (para ambientes condicionados), referentes à classificação do nível A, passaria para o nível “B”. Quanto maior o nível, mais restritos são os requisitos a serem atendidos.

Tabela 02: Resultado da avaliação dos pré-requisitos a partir da análise da envoltória da COMPESA.

| Componentes | Composição | U (W/m ² K) | α | Ct (80KJ/m ² K) | Abertura Zenital (%) |
|--------------------------------------|--|---------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------|
| Cobertura de ambientes condicionados | Teto jardim (482,84m ²), tijolo + reboco + revestimento cerâmico (326,98m ²), laje nervurada + câmara de ar <u>n. vent.</u> + fôrro de gesso (231,8m ²). | 1,05 | 0,411 | - | 0 |
| Paredes externas | Tijolo + reboco + revestimentos cerâmicos (3750,27m ²); concreto aparente (2168,87m ²). | 2,921 | 0,465 | - | - |

Para que o edifício pudesse obter a classificação máxima seria necessário modificar as características da cobertura, já que seu desempenho térmico (1,05 W/m²K), ainda que por pouco, não atenderia às exigências necessárias para o nível A (menor que 1 W/m²K). Utilizar materiais providos de isolamento térmico como uma composição mista de telha de fibrocimento e lâmina de alumínio polido ou, simplesmente, aumentar a espessura da laje podem ser algumas das soluções eficazes para diminuir a transmitância térmica da cobertura.

A diminuição da cobertura composta por tijolo, reboco e revestimento cerâmico e o aumento da área de teto jardim, poderia amenizar os ganhos térmicos adquiridos através deste elemento e conseqüentemente obedecer ao pré-requisito para nível A de eficiência energética. Outra solução seria a implantação de aberturas para ventilar a câmara de ar do trecho da cobertura composta por laje nervurada sobre o pavimento das diretorias, que inclui salas para assessores, apoio, secretarias, diretorias, sala do chefe de gabinete, conselho, presidência e salas de estar. Estes são alguns exemplos de soluções simples, viáveis e de baixa transmitância térmica da cobertura que poderiam ser implantados sem grandes impactos no orçamento da obra.

4.2 Caracterização da envoltória

O edifício da COMPESA apresenta-se com uma volumetria dividida em três blocos espaçados por dois pavimentos vazados (pavimentos técnicos da edificação). Tais pavimentos conferem a edificação uma permeabilidade característica.

Cerâmica, porcelanato e concreto aparente constituem os revestimentos dos elementos opacos que compõem as fachadas, e em grande extensão, apresentam dispositivos de sombreamento verticais de concreto, garantindo um considerável percentual de obstrução à passagem de radiação solar direta.

Além dos tetos-jardins e brises, é possível observar uma semelhante função exercida pelas lajes e heliporto que compõem a cobertura. Estas conferem um sombreamento à parte superior do edifício.

Para prever como a envoltória de um edifício vai impactar em seu consumo de energia, é necessário encontrar os limites determinantes de sua eficiência através da equação do Índice de Consumo (IC_{env}). Essa equação é composta por variáveis que se relacionam com a envoltória do edifício, as quais encontram-se especificadas na Tabela 03 a seguir.

Tabela 03: Caracterização da envoltória da COMPESA a partir das variáveis determinantes do IC.

| Variáveis da equação do IC – Envoltória COMPESA | Área (m ²) | Variáveis da equação geral |
|---|------------------------|--|
| A _{pcob} (área de projeção da cobertura - m ²) | 1582,54 | AU (área útil) |
| V _{tot} (volume total da edificação- m ³) | 771039,06 | |
| A _{tot} (área total de piso - m ²) | 15000,76 | AC (área de piso dos ambientes condicionados) |
| A _{env} (área da envoltória -m ²) | 11297,53 | |
| AVS (ângulo vertical de sombreamento) | 29,75 | ANC (área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada) |
| AHS (ângulo horizontal de sombreamento) | 6,34 | |
| FF (fator forma - Aenv./Vtot) | 0,17 | |
| FA (fator altura - Apcob/Atot) | 0,11 | |
| FS (fator solar) | 0,86 | |
| PAF _T (percentual de abertura na fachada total) | 0,17 | APT (área de permanência transitória) |
| A _{pe} (área de projeção do edifício- m ²) | 1582,54 | |

Substituindo as variáveis de projeto, Tabela 03, na equação do IC (equação 3.10 do RTQ-C) a seguir (Equação 1), é possível obter-se o IC resultante da envoltória.

$$IC_{env} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.AHS + 718$$

Equação 1

Posteriormente é necessário encontrar os limites para cada nível através do IC máximo (onde a edificação é classificada com o menor nível de eficiência energética possível) e IC mínimo (melhor nível alcançado pela envoltória). Através deles é possível obter os intervalos referentes a cada nível de eficiência.

Na Tabela 04 podemos averiguar o valor obtido do IC resultante da envoltória (75,90), assim como os limites referentes a cada nível de eficiência:

Tabela 04: Resultado da classificação do índice de consumo da envoltória da COMPESA.

| IC Envoltória | 75,90 | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Eficiência | A | B | C | D | E |
| Lim Min | | 122,79 | 164,97 | 207,14 | 249,31 |
| Lim Máx | 122,78 | 164,96 | 207,13 | 249,30 | |

Verifica-se que o IC resultante (75,90), enquadra-se abaixo do limite máximo para o nível mais eficiente, ou seja, a proteção das aberturas por brises e o tipo e cor dos revestimentos da fachada mostraram-se bastante satisfatórios para que a edificação se enquadre no nível A.

4.3 Resultado final da envoltória

Através do cálculo do IC constatou-se que o resultado obtido foi satisfatório, fazendo com que a edificação pertencesse ao melhor nível de eficiência energética, porém ao analisar os pré-requisitos para a obtenção do nível A (ver item 4.1), verificou-se que o desempenho térmico da cobertura não atende, ainda que por pouco, às exigências para esse nível, levando a classificação final da edificação para o nível B, onde o equivalente numérico corresponde a 4 (quatro).

4. CONCLUSÕES

Após a análise é possível concluir que a envoltória da edificação estudada é composta por elementos arquitetônicos que contribuem positivamente para a adequação ao melhor nível de eficiência. Entretanto, apesar do grande potencial que a envoltória da COMPESA apresenta para ser nível A, os valores de transmitância da cobertura não corresponderam aos recomendados pelo RTQ-C, rebaixando a edificação para o nível B.

Ficam claras, ainda, as limitações do método prescritivo, onde o não atendimento a um pré-requisito (ainda que por um valor marginal) desconsidera o bom desempenho dos demais componentes da edificação, tal como aconteceu no edifício da COMPESA com a cobertura em teto-jardim e as fachadas, respectivamente.

Além de nos mostrar como é possível identificar envoltórias mais eficientes, o processo de etiquetagem deixa clara a importância de atentar para a escolha dos materiais na fase de projeto. O estudo do IC (índice de consumo) pode auxiliar em modificações no projeto da edificação, de forma a diminuir o impacto no consumo de energia.

Soluções simples como mudanças de revestimentos podem causar impactos significativos quanto à classificação de eficiência energética, principalmente quando a diferença entre o nível obtido e o nível pretendido é pequena. Similar efeito pode ser alcançado com o aumento da espessura dos materiais componentes da cobertura como pôde ser observado no edifício em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADM Arquitetos Associados. **Anteprojeto de Arquitetura e banco de imagens**. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005-c.
- BITTENCOURT, L. S. **Clima e repertório arquitetônico**. In: PROJETAR 2005- II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura: Rebatimentos, Práticas e Interfaces, 2005, Rio de Janeiro. Anais do II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura. Rio de Janeiro : Cristiane Duarte, Paulo Afonso Rheingantz, Laís Bronstein, Gisele Azevedo, 2005. v. 1. p. 1-15.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Rio de Janeiro: [S.ed], 2009.
- BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Nº 10.295, de 17 de outubro 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: [S.ed], 2001
- CAVALCANTI, F. A. de M. S. **Arquitetura bioclimática no clima quente e úmido: uma análise do terminal rodoviário de Maceió**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas. 2007.
- LABEEE et al. **Manual para aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletobras/etiquetagem/downloads.php>> Acesso em: 07 ago.2009.
- PROCEL. **O que você pode fazer**. Informativo Eletrobrás do PROCEL. Rio de Janeiro, n.56, maio 2001.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto e à ADM Arquitetos Associados ao ceder informações de projeto para a avaliação da edificação estudada.