

## USO DE PAINÉIS DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO NO PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL VISANDO CONFORTO TÉRMICO

**Leonardo Jorge Brasil de Freitas Cunha**

Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: leonardo\_cunha83@yahoo.com.br

### RESUMO

**Proposta:** Este trabalho apresenta o processo de projeto de uma casa-protótipo de interesse social que utiliza o sistema construtivo de painéis de concreto celular com estrutura interna em aço e tubulações de instalações prediais embutidas. Essa habitação será construída no *campus* da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e faz parte do projeto de pesquisa Rede de Pesquisa em Eficiência Energética de Sistemas Construtivos. O foco é a combinação do uso de um sistema construtivo otimizado com um projeto arquitetônico desenvolvido para melhorar o conforto térmico de seus ocupantes. **Método de pesquisa/Abordagens:** A proposta partiu da modulação e elaboração detalhada e integrada dos projetos complementares, tirando partido das vantagens que a pré-fabricação oferece. As decisões arquitetônicas foram tomadas com base no desempenho térmico dos sistemas construtivos avaliados em programa de simulação, o Design Builder. Os projetos de instalações foram desenvolvidos em conjunto com o projeto arquitetônico a partir da interação com engenheiros da empresa participante. A racionalização do processo construtivo permitiu a minimização do canteiro de obras, reduzindo custos com edículas provisórias e soluções improvisadas de baixa qualidade técnica, que atrasam a execução e apresentam grande geração de resíduos. O controle de qualidade foi assegurado pela pré-fabricação dos painéis. Priorizou-se a discussão e revisão das alternativas de projeto para que tanto a confecção dos painéis quanto a construção da casa só fossem iniciados quando todos os detalhes técnicos estivessem acertados. **Resultados:** A elaboração do projeto integrado e detalhado favoreceu a parceria entre a universidade e a construtora participante da pesquisa, permitindo a troca de conhecimento. **Contribuições/Originalidade:** A habitação será usada em pesquisas e na difusão das vantagens dos sistemas construtivos e do projeto

Palavras-chave: eficiência energética; habitação, simulação computacional.

### ABSTRACT

**Proposal:** This paper presents the design process of a low-cost habitation archetype made of cellular concrete panels with inlaid tubing installations and internal steel structure. This archetype will be built in the campus of Universidade Federal do Rio Grande do Norte and it is part of the project Net of Research in Energy Efficiency of Constructive Systems/ Habitare. The focus is to combine the use of an optimized constructive system with a design developed to increase the occupant's thermal comfort. **Methods:** The proposal began with modulation and detailed and integrated elaboration of the complementary projects. The design decisions were taken through the computational simulation, made in Design Builder, of the thermal performance evaluation of the constructive systems. The installations projects were developed in set with the architectural project, following the recommendations of the construction company engineers. The constructive process rationalization allowed gantry of work reduction, saving money with provisory constructions and improvised solutions with low technical quality, which delay the execution and generates a lot of waste. The quality control was assured by the pre-manufacture panels. The priorities were the discussion and review of the design alternatives so the panels confection and the archetype construction will begin when all technical details were done. **Findings:** The integrated and detailed project favored the partnership of the university and the constructive company, allowing knowledge exchange. **Originality/value:** The archetype will be used in researches and to spread out the advantages of the design and constructive system.

Keywords: energy efficiency; house; computational simulation.

## **1 INTRODUÇÃO**

A elaboração de habitações de interesse social tende a menosprezar questões importantes, como o conforto, segundo a falsa idéia de redução de custo. Projetos mal elaborados obrigam os moradores a desenvolver soluções improvisadas para melhorar o desempenho térmico da edificação. Estas soluções são por vezes inadequadas tanto do ponto de vista estético, mas principalmente, porque muitas delas baseiam-se no uso de sistemas ativos de condicionamento. Compreendendo a responsabilidade do arquiteto neste contexto, as alterações ocorridas na edificação não ausentam o projetista da culpa de projetar uma habitação inadequada, visto que as reformas são decorrentes exatamente do fato da casa não ser adequada desde a sua concepção.

A importância do projeto sensível ao clima de uma casa de interesse social é evidenciada pela sua reprodução aos milhares, assim como uma decisão projetual equivocada pode prejudicar uma comunidade, um projeto com bom desempenho pode beneficiar muitas de pessoas. O projeto sensível ao clima faz o uso dos sistemas passivos de conforto, reduzindo o consumo de energia elétrica e podem representar um custo insignificante se pensados previamente. Na habitação social, esta noção deveria tornar-se uma premissa imprescindível do programa arquitetônico, pois seus usuários têm outras prioridades mais importantes do que o ar condicionado.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é mostrar a possibilidade de integração das questões construtivas e de racionalização do canteiro de obra com as de conforto térmico, sem agregar custo à edificação.

## **3 RECOMENDAÇÕES E NORMAS**

As recomendações para o clima quente e úmido de baixa latitude são basicamente os beirais amplos e circundantes para a geração de sombra, o uso de elementos vazados nos fechamentos para deixar passar o vento e as proteções solares nas janelas para barrar o excesso de luz e calor e permitir que as mesmas permaneçam abertas sem prejuízos aos usuários. Recomenda-se também o uso da vegetação em torno da edificação para produzir sombra e reduzir reflexão do calor (HOLANDA, 1976).

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) inclui Natal na zona bioclimática nº 8 para a qual fica estabelecido o uso de grandes aberturas para ventilação, com área da abertura maior do que 40% da área de piso dos ambientes de longa permanência; o sombreamento das aberturas e o uso de materiais de vedação externa classificados como leves refletores, ou seja, com transmitância térmica de parede menor ou igual a  $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  e de cobertura, menor ou igual a  $2,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . O objetivo é evitar os ganhos térmicos excessivos provenientes, principalmente, do Sol.

## **4 O SISTEMA CONSTRUTIVO**

### **4.1 Concreto celular espumoso**

O concreto celular é um tipo de argamassa leve, formada a partir de cimento, areia e espuma de Neopor 600<sup>R</sup> e água. Através de tratamentos mecânicos, físicos e químicos, há a formação de um composto com alta porcentagem de micro bolhas esféricas, uniformemente distribuídas, de dimensão regular e milimétrica. O objetivo é que estas bolhas permaneçam estáveis, incomunicáveis e indeformáveis durante todo o processo, resultando num concreto de massa específica aparente inferior a  $1850 \text{ kg/m}^3$  e superior a  $400 \text{ kg/m}^3$ .

Para a elaboração da argamassa são utilizados dois equipamentos o gerador de espuma e o misturador. No gerador de espuma é inserida água e Neopor 600<sup>R</sup> e, através de processos mecânicos, micro bolhas de ar são incorporadas resultando numa mistura de consistência espumosa, de cor branca e textura cremosa (Figura 1). As propriedades físico-químicas da espuma são verificadas através de amostras assegurando o controle de qualidade do produto final (Figura 2).



**Figura 1** – Espuma de Neopor 600R



**Figura 2** – Amostra para controle de qualidade

Esta mistura é levada para o misturador (Figura 3), onde são acrescentados cimento, areia fina e água. A proporção de cada componente é determinada por uma tabela fornecida pela empresa matriz e é função da densidade final desejada. Painéis maiores e blocos que sofrerão esforços são fabricados com maior densidade, já elementos de vedação, preenchimento e painéis de pequena dimensão podem ser fabricados com densidade menor.



**Figura 3** – Gerador de espuma (em destaque) e misturador

## 4.2 Fôrmas

A argamassa ainda em sua forma fluida é bombeada do misturador para caçambas móveis, e em seguida é despejada sobre as fôrmas nas dimensões-padrão da construtora. Tanto os vãos das aberturas quanto os dutos para a passagem das instalações elétricas e hidro-sanitárias já são locados durante esta fase, com o objetivo de evitar a quebra do painel depois de pronto. As dimensões padrão da construtora são: 2,45m de altura por múltiplos de 0,80 m na largura. A espessura pode variar, sendo 0,08 m a que apresenta melhor relação custo-benefício.

As fôrmas são confeccionadas de acordo com o projeto enviado para a construtora e consistem na justaposição de bases em madeira compensada sobre moldes de aço unidos por uma trava na parte de trás (Figura 4). Depois de unidas, são fixadas as bordas em todo o perímetro da base, seguindo o desenho do painel (Figura 5). São fixados os gabaritos de janela, caixas de ar condicionado, ou qualquer outro tipo de abertura designada no projeto.



**Figura 4** – Detalhe do encaixe inferior das bases.

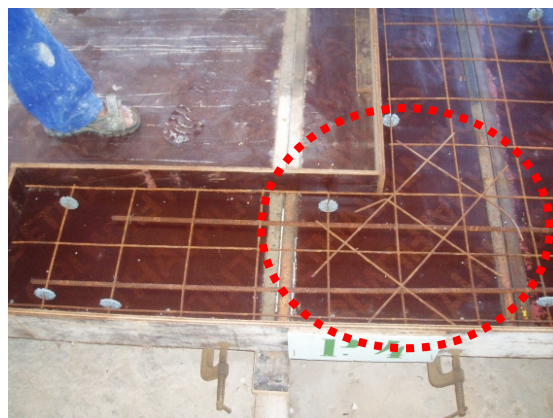


**Figura 5** – Base com borda.

Em seguida é colocada a grelha em aço que ficará embutida no painel para dar estrutura a peça. São utilizados afastadores plásticos para posicionar corretamente a armação de aço no painel (Figura 6). Nos painéis de maior dimensão e sobre as esquadrias é colocada armação dupla (Figura 7).



**Figura 6** – Afastador plástico.



**Figura 7** – Detalhe da armação dupla.

Também são inseridas as tubulações de água e esgoto (Figura 8), os dutos e caixas de eletricidade (Figura 9) e são deixados espaços para a conexão dos tubos próximos a borda dos painéis (Figura 10).



**Figura 8** – Tubulação de água e esgoto.



**Figura 9** – Dutos e caixas de eletricidade.



**Figura 10** – Detalhe do espaço para conexão da tubulação.

Os painéis podem ser moldados em formas texturizadas (Figura 11), permitindo acabamentos diversos, sem que seja necessário acrescentar tempo de mão de obra após a montagem da parede.



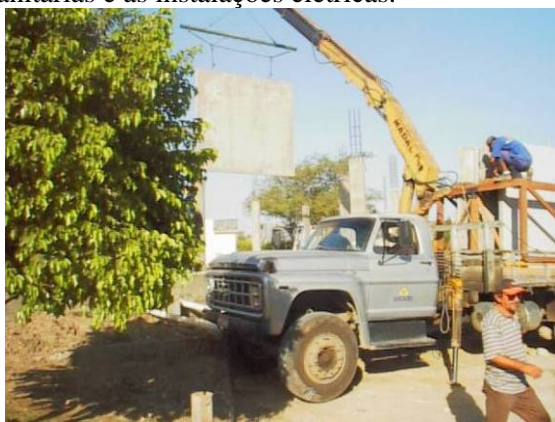
**Figura 11** – Trecho da fôrma texturizada.



**Figura 12** – Exemplo de painel feito com fôrma texturizada

### 4.3 Transporte e montagem

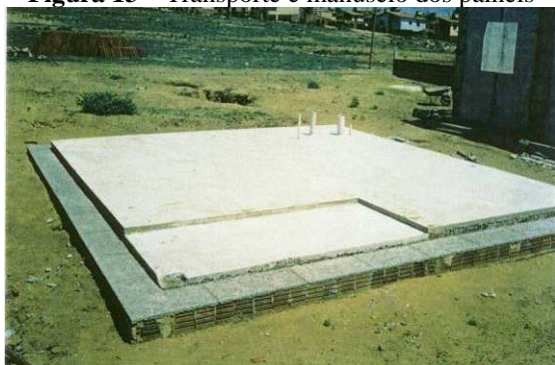
O transporte do painel até o local da execução é feito por caminhões tipo *munk* (Figura 13), a movimentação das peças ocorre pelo guindaste do próprio caminhão, juntamente com os operários que auxiliam a posicionar os painéis corretamente (Figura 14) sobre uma fundação já executada previamente (Figura 15). Logo em seguida os painéis são escorados por peças metálicas que asseguram o prumo e ortogonalidade das paredes durante o graudeamento (Figura 16). Depois da cura do *graut*, já é possível executar a cobertura e o assentamento das esquadrias, colocar as peças hidro-sanitárias e as instalações elétricas.



**Figura 13** – Transporte e manuseio dos painéis



**Figura 14** – Montagem dos painéis



**Figura 15** – Baldrame previamente executado

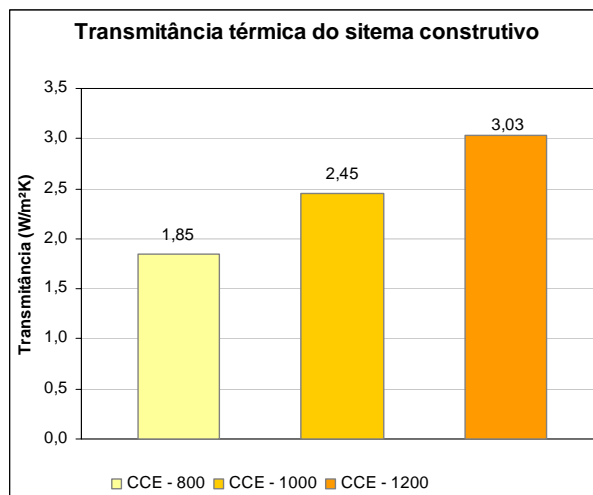


**Figura 16** – Escoras dos painéis, detalhe para o vão das janelas e dutos previamente instalados nos painéis

### 4.4 Transmitância térmica do sistema construtivo

A transmitância térmica dos diferentes painéis em concreto celular espumoso fabricados pela

construtora interveniente foram calculados com base na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), com base nas medições de condutividade térmica realizadas no Laboratório Geofísica do CCET/ UFRN, a pedidos do Laboratório de Transferência de Calor – LTC/ UFRN. A partir destes dados, calculou-se o valor da transmitância de painéis com 0,08 m de espessura nos três tipos de densidade, 800, 1000 e 1200, e o resultado mostrou que a variação na densidade altera as características térmicas do material. A transmitância aumenta à medida que o material torna-se mais denso. Os valores médios obtidos com as amostras pode ser verificado no Gráfico 1.



**Gráfico 1** – Transmitância térmica dos painéis de concreto celular espumoso.

Comparando estes resultados com as recomendações da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), conclui-se que todos os painéis em CCE, com espessura de 8 cm, atendem as recomendações bioclimáticas para o clima local, pois apresentam transmitância inferior à 3,6 W/m².K .

## 5 PROCESSO PROJETUAL

O processo projetual se inicia com o levantamento do programa de necessidades, da meta do projeto, dos recursos disponíveis, das questões sociais, das recomendações bioclimáticas e das normas pertinentes. Com base em análises bioclimáticas e na avaliação de um caso base durante a fase de pré-projeto desenvolveu-se uma série de esboços que culminaram na formulação de hipóteses. O teste de cada hipótese fez uso de simulações computacionais do sombreamento, da ventilação e do desempenho térmico, que resultaram na determinação da proposta final, para então ser detalhada.

### 5.1 Programa de necessidades

O programa de necessidades consiste em uma casa popular de planta retangular com área interna de aproximadamente 36,00 m², comportando terraço, sala, cozinha, dois quartos, banheiro e circulação. O dimensionamento dos ambientes seguiu o projeto padrão da construtora participante da pesquisa.

### 5.2 Condicionantes ambientais

O terreno disponibilizado no *campus* da universidade apresenta dimensões suficientes para locar a casa em qualquer orientação, logo, foi dada preferência para a implantação que apresenta melhor desempenho. Os edifícios do entorno não ultrapassam dois pavimentos e, portanto, o sombreamento é inexpressivo.

### 5.3 Condicionantes climáticas

A avaliação do arquivo climático TRY (Goulart, Lamberts et al., 1998), baseada no método de Givoni e do ZPC (Szokolay & Docherty, 1999), aponta Natal/ RN como desconfortável por calor em mais de 80% das horas do ano, Todavia a ventilação é capaz de amenizar 70% das horas de desconforto. Somando a ventilação a demais estratégia bioclimática este valor ultrapassa os 80%. O uso do sombreamento é indicado para 99% das horas de desconforto.

De acordo com os dados da velocidade e direção do vento da estação meteorológica do Aeroporto Augusto Severo, a ventilação em Natal ocorre com maior frequência para os azimutes de 135° e 165°.

As velocidades predominantes podem ser agrupadas em três valores médios: 2,7 m/s; 5,1 m/s e 7,7 m/s.

## 6 ESTRATÉGIAS ADOTADAS

### 6.1 Orientação

Reflexões sobre a ventilação e o sombreamento mostram que a orientação é a variável com maior influência no desempenho final. Do ponto de vista da ventilação, há pressão positiva do vento sobre a fachada a partir de ângulos de 60° em relação à normal, aumentando gradativamente à medida que o ângulo tende a 0°. Havendo, portanto, certa liberdade para definição da orientação. Do ponto de vista de sombreamento, as soluções são mais sensíveis, sendo mais viável adotar a posição longitudinal sobre o eixo Leste Oeste.

### 6.2 Layout

Além da orientação, buscou-se usar estratégias de baixo custo, capazes de contribuir significativamente para a melhoria no nível de conforto. Assim optou-se por beirais maiores e varanda em toda a extensão da fachada frontal, voltada para Leste. A ventilação cruzada foi pensada tanto para os quartos, através da adoção de duas janelas por cômodo, bem como para a sala/ cozinha, onde a integração dos ambientes facilita a circulação do ar.



Figura 17 – Planta Baixa



Figura 18 – Vista

## 7 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.

Para verificar os benefícios trazidos pelo uso das estratégias projetuais adotadas, realizou-se a simulação computacional de dois casos. O primeiro desprovido dos elementos de sombreamento, com apenas uma janela por cômodo, abertura dos quartos voltada para Leste. O segundo caso trata do protótipo a ser construído. Utilizou-se o software Design Builder, versão demonstração, e buscou-se adotar rotinas de ocupação compatíveis com uma habitação de interesse social. Os dados climáticos referem-se ao arquivo TRY de Natal RN.

## 8 RESULTADOS

Considerando a dificuldade em adotar um critério confiável para a avaliação de desempenho térmico de edificações naturalmente condicionadas em regiões de clima quente e úmido de baixa latitude, adotou-se o modelo de De Dear e Brager (2002), que segundo Oliveira (2006) é o método mais adequado para o clima local. Deste modo, a temperatura de conforto fica estabelecida pela (eq. 1).

$$T_c = 0,31T_m + 17,8 \quad (\text{eq. 1})$$

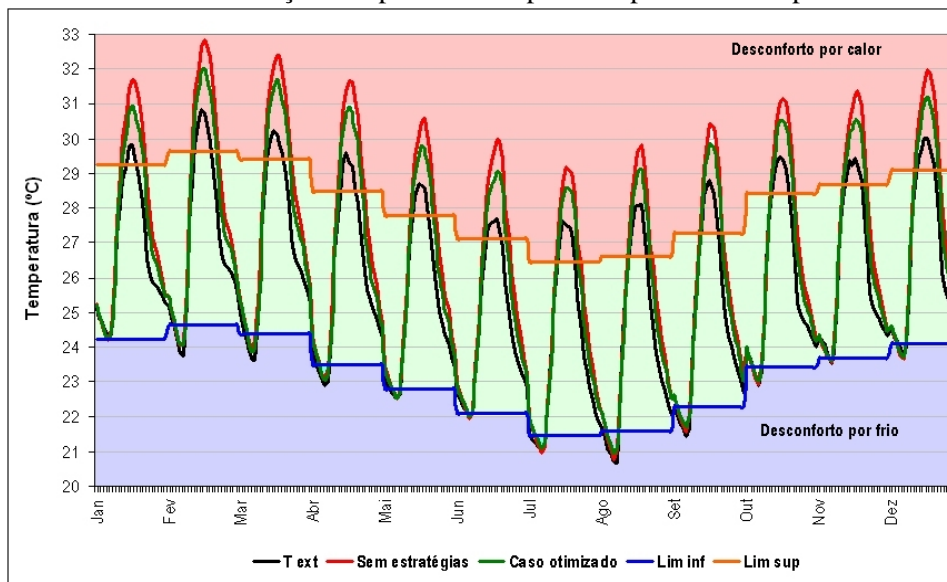
Onde:

$T_c$  é a temperatura de conforto, (°C) e

$T_m$  é a temperatura média mensal, (°C)

Logo a zona de conforto ( $Z_c$ ), considerando 90% dos usuários satisfeitos, fica estabelecido pela (eq. 2).  
 $Z_c = T_c \pm 2,5$  (eq. 2)

A simulação mostra que os picos de temperatura do caso otimizado são sempre menores comparado ao caso sem o uso de estratégias, aproximando-se, assim, da temperatura externa. Apesar da pequena diferença em valores absolutos diários, esta implica numa redução de 28% em graus-hora ao final de um ano. O Gráfico 2 ilustra a redução nos picos de temperatura para os dias típicos mensais<sup>1</sup>.



**Gráfico 2** – Comparação dos dias típicos mensais dos casos simulados

Além da redução das temperaturas de pico, os resultados permitiram avaliar demais benefícios decorrentes da adoção de estratégias de conforto compatíveis com o clima local, dentre as quais pode-se destacar:

- A Taxa de Renovação horária do caso otimizado é 147% maior, evidenciando que a ventilação cruzada, através do uso de duas janelas por quarto, é significativamente mais eficaz que a ventilação unilateral;
- Houve redução em torno de 40% nos ganhos térmicos pelas paredes. Isto comprova a importância do sombreamento e da orientação para redução dos ganhos térmicos pelos elementos opacos da envoltória.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo satisfaz as recomendações da NBR 15220 (ABNT, 2005), todavia fica evidente a necessidade de sombrear tanto as fachadas quanto as aberturas, a fim de evitar ganhos térmicos excessivos através dos fechamentos.

A proposta original, pensada para o *Campus*, consistia numa geometria alongada disposta sobre o eixo Leste-Oeste, com todas as aberturas voltadas para Norte ou Sul. Todavia, as considerações apresentadas pela empresa interveniente quanto à viabilidade desta proposta levou o projetista a adaptar o projeto, adequando aos aspectos comerciais. Isto foi considerado para que a proposta final seja realmente construída e não limitar-se a um protótipo sem aplicação prática.

A construção do protótipo permitirá o monitoramento das variáveis de conforto, permitindo avaliar a resposta de cada elemento construtivo às condições climáticas locais, bem como para melhorar a

<sup>1</sup> O dia típico mensal é uma maneira de representar os dados de temperatura de um mês inteiro em apenas um dia, reduzindo significativamente a quantidade de dados contidos num gráfico. O cálculo do dia típico considera a temperatura média de cada hora de todos os dias do mês.

calibração de modelos computacionais similares.

A redução de carga térmica dos elementos da envoltória não é acompanhada na mesma proporção pela redução da temperatura. Isto evidencia que investir em materiais de alto desempenho em edificações térreas e naturalmente condicionadas não implica em considerável melhoria no nível de conforto. Visto vez que tais materiais visam, principalmente, isolar termicamente o ambiente interno. A simulação mostrou que para redução da temperatura interna, a variável de maior impacto é a ventilação natural, pois consegue aproximar a temperatura interna da externa.

## 10 REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR15220-2/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificação.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2005

ABNT. **NBR15220-3/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2005

DE DEAR, R. J.;BRAGER, G. S. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings:** revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings.* 34, 6, 549-561, JUL, 2002

GOULART, S. V. G., R. Lamberts, et al. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras.** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC. 1998

HOLANDA, Armando de, **Roteiro para construir no Nordeste.** Recife: UFPE. 1976. 48 p. (Estudos Urbanológicos)

OLIVEIRA, Alexandre G. de. **Metodologia para avaliação do desempenho térmico em residências unifamiliares no clima quente úmido.** 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SZOKOLAY, S. V. e M. DOCHERTY, Eds. **Climate Analysis.** Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniques. Brisbane: PLEA in association with Department of Architecture, The University of Queensland, p.56, Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniques. 1999.

## 11 AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer a FINEP e ao CNPq pela credibilidade depositada no Projeto Habitare, e a Empresa 2A Engenharia pela parceria no Projeto e pelo apoio e credibilidade depositada nos pesquisadores envolvidos. Ao Professor Dr. George Santos Marinho, coordenador do Projeto e ao Professor Dr. Aldomar Pedrini, integrante do Projeto e orientador deste trabalho. A colega de mestrado Bianca Negreiros pela contribuição na elaboração deste artigo.