



## **DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES TÉRREAS DE INTERESSE SOCIAL EM MACEIÓ-AL: SIMULAÇÕES DE ALTERNATIVAS DE REFORMAS PARA DIFERENTES ORIENTAÇÕES E ESTIMATIVAS DE CONFORTO TÉRMICO DE USUÁRIOS.**

**Isabela Cristina da Silva Passos (1); Sammea Ribeiro Granja Damasceno (2);  
Gianna Melo Barbirato (3)**

(1) Arquiteta e Urbanista, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo Dinâmicas do Espaço Habitado, DEHA, Universidade Federal de Alagoas, E-mail: isabela.arquitetura@gmail.com.

(2) Curso de Arquitetura e Urbanismo, Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal de Alagoas  
E-mail: sammea@gmail.com.

(3) Doutora em Engenharia de Produção, Professora Adjunto, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Campus A C Simões, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL, Brasil, CEP 57072-970, Fone: 55 82 3214-1268, E-mail: gmb@ctec.ufal.br.

### **RESUMO**

O presente trabalho apresenta uma avaliação do desempenho térmico de um conjunto habitacional horizontal localizado da cidade de Maceió-AL bem como estimativas de conforto térmico dos usuários no interior dessas edificações. Foram feitas medições higrotérmicas de temperatura e umidade relativa do ar durante vinte e sete dias de céu claro e ar calmo. Em seguida, esses dados de medições internas foram “plotados” do programa computacional ANALISIS BIO a fim de se estimar o grau de conforto térmico, relacionando-se o voto de sensação térmica às variáveis ambientais observadas. Além disso, foram observadas as estratégias recomendadas a partir da Carta Bioclimática de Givoni e então se construiu modelos com diferentes alternativas de reformas no programa computacional ECOTECT. Neste programa avaliou-se o desempenho térmico desses modelos reformados. Os resultados confirmaram a importância de se adotar soluções climaticamente adequadas em habitações destinadas a uma população que depende basicamente de construções mais adaptadas ao meio no qual se encontra inserida, não podendo pagar por recursos de climatização artificial em suas habitações.

Palavras-chave: desempenho térmico, simulação computacional, conforto térmico, habitação de interesse social.

### **ABSTRACT**

The present work presents an evaluation of the thermal performance of a low cost housing in Maceió-AL as well as estimates indoor thermal comfort. Measurements of air temperature and air relative humidity during twenty and seven days of clearly sky and calm air had been made. After that, these data had been used to estimate the thermal comfort degree, becoming related the Predicted Mean Vote to the observed ambient variables with the software ANALISIS BIO. Moreover, the strategies recommended from the Givoni Bioclimatic Chart were observed and then, models with different reforms alternatives were constructed in the software ECOTECT. In this software, the thermal performance of these remodeled models was evaluated. The results had confirmed the importance of adopting solutions adequate to the local climate in habitations destined to a population that depends basically on more suitable constructions as they are, commonly, unable to pay for artificial climatization in their habitations.

Key-words: thermal performance, computacional simulation, thermal comfort, low cost housing.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a falta de moradia é um dos principais problemas urbanos enfrentados atualmente. Segundo Lopes e Junqueira (2005), o déficit habitacional brasileiro encontra-se na ordem de 7,9 milhões de unidades. “Em 34 anos, a população brasileira praticamente dobrou em relação aos 90 milhões de habitantes da década de 1970 e, somente entre 2000 e 2004, aumentou em 10 milhões de pessoas” (IBGE, 2006), e as habitações improvisadas se multiplicam quase sempre sem condições de conforto, salubridade, segurança, funcionalidade.

Na tentativa de amenizar os problemas referentes à habitação no Brasil, o Governo Federal vêm incentivando políticas públicas que facilitem o acesso à moradia à população de baixa renda. Dentre os programas do governo direcionados a amenizar a questão habitacional no país, está o PAR, Programa de Arrendamento Residencial, operado com recursos do FAR, Fundo de Arrendamento Residencial, criado exclusivamente para este fim.

A desconsideração das condições climáticas locais pode causar danos à saúde do homem além de gastos desnecessários com a energia elétrica. Sabendo-se que o setor da construção civil é responsável por cerca de 50% do consumo de energia elétrica, faz-se necessário pensar uma arquitetura energeticamente mais eficiente e confortável que tome partido das condições oferecidas pelo meio ambiente. Uma arquitetura que empregue estratégias bioclimáticas, principalmente em se tratando de habitações de interesse social onde o emprego de energia ativa para sanar o desconforto térmico torna-se, na maioria dos casos, financeiramente inviável.

“A adoção de projetos padrão em habitações destinadas à população de baixa renda resulta, muitas vezes, em gastos desnecessários com energia elétrica além de condições precárias de conforto e salubridade de seus usuários. Este fato ocorre devido à baixa qualidade construtiva dos sistemas adotados, e ao não atendimento das necessidades de seus usuários, especialmente quanto às condições de conforto térmico” (ABIKO; ORNSTEIN, 2002).

Morello; Sattler (2004) avaliaram o desempenho térmico de um protótipo habitacional construído em Porto Alegre, de modo a comprovar que através de decisões simples de projeto e escolha de materiais adequados é possível desenvolver habitações populares que apresentem melhor desempenho térmico, sem que para tal, seja necessário investir muito mais recursos do que os que já são gastos com as atuais construções de uso similar.

Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas no sentido de avaliar o desempenho de habitações populares implantadas nas cidades muitas vezes sem preocupações com a adaptação da arquitetura ao clima local, o conforto térmico e a racionalização do consumo de energia (MASCARÓ, 1991; LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 1997 ; GALLO *et al*, 1998 ; entre outros). Isto confirma que o clima é uma questão fundamental na elaboração e avaliação de projetos de habitação de interesse social.

Considerando-se que é possível desenvolver habitações populares que apresentem melhor desempenho térmico, sem que para tal, seja necessário investir muito mais recursos do que os que já são gastos com as atuais construções de uso similar e tendo em vista a intensificação de empreendimentos do tipo PAR em Maceió-AL, o presente trabalho apresenta uma avaliação do desempenho térmico de um conjunto habitacional horizontal localizado da cidade de Maceió-AL bem como estimativas de conforto térmico dos usuários no interior dessas edificações e sugestões de reforma visando o melhor desempenho térmico dessas edificações.

## 2 REGIÃO DE ESTUDO

A cidade de Maceió, Alagoas, região de estudo do presente trabalho, situa-se na latitude 9°39'57''sul e longitude 35°44'07''oeste, no nordeste do Brasil. É composta geomorficamente pela Planície ou Baixada Litorânea e pelo Baixo Planalto Sedimentar dos Tabuleiros. Possui uma área de 512Km<sup>2</sup>, dos quais compõem a área urbana de fato, um total de 200Km<sup>2</sup>, embora ainda subsistam muitos vazios.

Esta localizada na zona bioclimática 8, junto com mais 98 cidades do norte e nordeste do Brasil. Seu clima caracteriza-se por ser quente úmido, apresentando pouca variação térmica diária, sazonal e anual

de temperatura. Possui incidência solar direta intensa, com temperatura média anual de 25,5°C e variação anual de 3,4°C entre os valores médios mensais de temperaturas médias (26,7°C em fevereiro e 23,7°C em Julho, maior e menor média, respectivamente). São considerados dias tipicamente quentes nos meses de novembro a fevereiro e tipicamente frios de junho a agosto.

Sua umidade do ar é alta devido a proximidade do oceano e lagoas, sendo sua média de 78,3%, podendo chegar até 100% nos meses mais frios. Seus ventos mais frequentes situam-se no quadrante Leste (NE e SE), sendo os do NE predominantes nos meses mais quentes e os do SE mais constantes o ano inteiro. Quanto à velocidade dos ventos, o valor médio mensal é de 2,8 m/s, com valores absolutos mais intensos de 10m/s na direção NE. Dentre as principais solicitações térmicas para a região, em relação ao clima quente e úmido, recomenda-se o máximo de sombreamento para os espaços externos e um mínimo de capacidade térmica para os materiais usados nas edificações e arredores.

### 3 METODOLOGIA

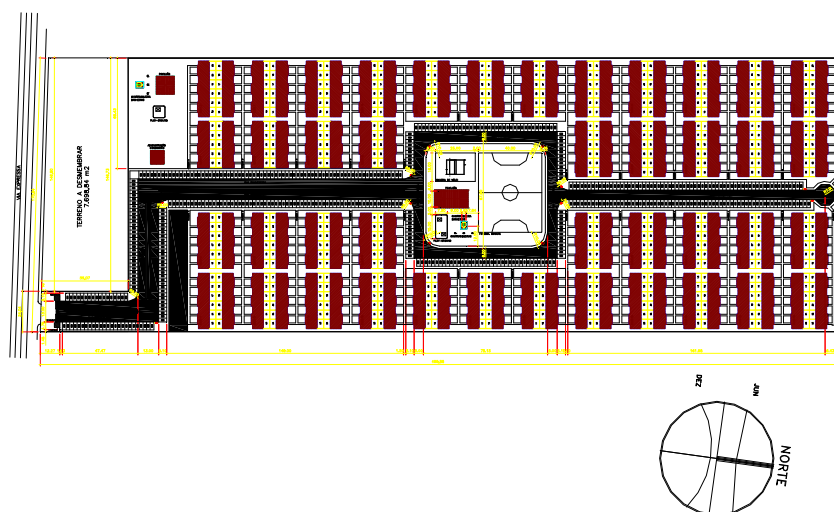
#### 3.1 O CONJUNTO

O conjunto Ernesto G. Maranhão está situado no bairro Cidade Universitária, a noroeste da cidade de Maceió-AL. Está implantado em um terreno de 77.678,88 m<sup>2</sup>, com área construída de 22.484,90 m<sup>2</sup>. Faz parte do PAR – Programa de Arrendamento Residencial da Caixa Econômica Federal. (Figura 1).



**Figura 1 (a) e (b):** Conjunto Habitacional Ernesto G. Maranhão. (a): Vista configuração urbana. (b) Vista fachada da unidade residencial. Fonte: PASSOS, 2007.

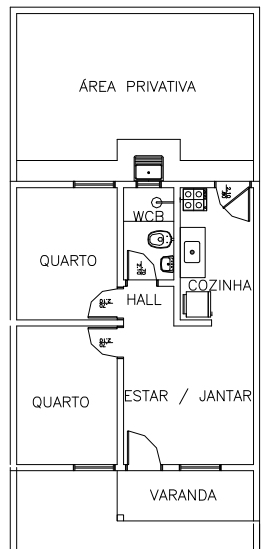
As habitações são compostas em blocos de 10 e 12 casas, sendo assim, geminadas de 5 em 5 e 6 em 6 unidades. Ao todo são 38 blocos com 12 unidades e 4 blocos com 10 unidades, gerando um total de 496 unidades habitacionais (Figura 2).



**Figura 2:** Implantação do Conjunto Ernesto G. Maranhão. Fonte: APOIO Engenharia, 2003.

A maior parte do terreno é pavimentada e as áreas verdes existentes são incapazes de produzir algum tipo de sombra, encontrando-se apenas vegetação rasteira e arbustos de pequeno porte e folhagem rarefeita.

Cada unidade é composta por uma varanda, estar e jantar acoplados, dois quartos, hall, banheiro e cozinha, além de uma área privativa na parte posterior, que já foi prevista para servir de quintal ou para futuras ampliações (Figura 3). As paredes são de alvenaria, rebocadas e pintadas na cor branca e a cobertura é composta de duas águas, de telha canal cerâmica com madeiramento (Figura 4). As esquadrias são de madeira ou de alumínio e o conjunto de uma forma geral foi construído segundo os parâmetros estabelecidos pela Caixa Econômica Federal para este tipo de Programa Habitacional (Figura 5).



**Figura 3:** Planta baixa de uma unidade habitacional do conjunto. Fonte: APOIO Engenharia, 2003.



**Figura 4 (a) e (b):** Bloco de casas, habitação padrão. (a) Perspectiva das fachadas frontais das unidades. (b) Espaçamento entre as unidades. Fonte: PASSOS, 2007.



**Figura 5 (a) (b) (c):** Detalhe das esquadrias de janelas e portas. (a) Janela da cozinha. (b) Janela da sala. (c) Janela e porta na fachada posterior. FONTE: PASSOS, 2007.

### 3.2 AVALIAÇÃO TÉRMICA

Foram feitas medições higrotérmicas de temperatura e umidade relativa do ar durante uma semana em dias de céu claro e ar calmo, utilizando um sensor eletrônico (Dataloggers Hobo Onset) de pequeno porte. Este aparelho opera na faixa de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $120^{\circ}\text{C}$  e na faixa de umidade relativa de 0 a 95% sem que haja condensação. Sua precisão, segundo o manual de uso do aparelho é de aproximadamente  $0,7^{\circ}\text{C}$ , para a faixa de operação utilizada nas medições. Ele registrou em intervalos horários a temperatura do ar interno e a umidade relativa do ar, a fim de analisar o comportamento da construção frente às variações climáticas externas.

O sensor foi posicionado no centro da sala da unidade habitacional, colocado a altura de 1,1m do chão. Este ambiente foi escolhido por ser um ambiente de longa permanência dos usuários. O aparelho foi protegido por um recipiente de alumínio a fim de diminuir a influência da radiação solar direta. Devido ao fato do conjunto não ter sido entregue aos moradores até o término da pesquisa, apenas 1 unidade habitacional encontrava-se aberta, acarretando o monitoramento unicamente desta unidade.

Em seguida os dados coletados das medições internas foram utilizados para gerar arquivos do tipo TRY (Test Reference Year) e, em seguida, “plotados” do programa computacional ANALISIS BIO a fim de se estimar o grau de conforto térmico, relacionando-se o voto de sensação térmica às variáveis ambientais observadas. Este software plota os dados climáticos de hora em hora na carta psicrométrica e apresenta uma lista de estratégias básicas para promover melhores condições de conforto térmico num determinado ambiente. Além disso, observou-se as estratégias recomendadas a partir da Carta Bioclimática de Givoni.

Assim, o conjunto foi modelado, de forma simplificada, definindo suas características e atribuindo-lhe materiais, com auxílio do programa computacional ECOTECT v. 5.20 (MARSH, 2003). O modelo construído no programa foi detalhado apenas no interior da unidade habitacional monitorada, determinando cada ambiente como sendo uma zona onde acontecem trocas térmicas, sendo as demais construídas apenas com o intuito de local o entorno influente nesta unidade escolhida. Tendo em vista as limitações de modelagem do programa, a cobertura foi simplificada.

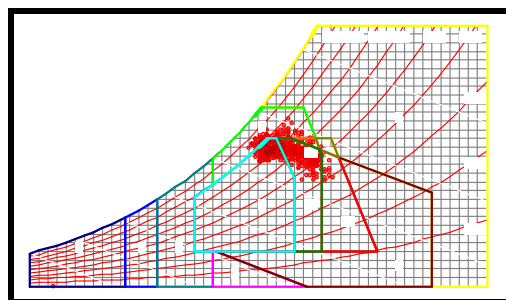
São apresentados dois modelos construídos: o que simula a situação atual do conjunto e um modelo com a área das aberturas aumentadas segundo as recomendações da Norma Brasileira 15.220:2005 (ABNT, 2005), e os resultados fornecidos pelo programa a partir das simulações realizadas.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir dos dados coletados nas medições, viu-se que a máxima temperatura absoluta registrada foi de  $33,2^{\circ}\text{C}$  e ocorreu no dia 27 de dezembro às 12:00h. A mínima temperatura absoluta registrada foi com valor de  $24,0^{\circ}\text{C}$  no dia 03 de janeiro às 02:00. As temperaturas geralmente começam a aumentar a partir das 06:00h e atingem seus valores máximos entre 12:00 e 15:00h. Às 16:00h as temperaturas voltam a decrescer e os valores mínimos são encontrados geralmente entre as 02:00 e 05:00h.

A umidade relativa do ar oscilou entre 39,0% e 85,2%. O dia 03 de janeiro foi um dos dias que apresentou temperaturas mais baixas e umidades relativas mais altas, inclusive com precipitação. Neste dia as temperaturas variaram entre  $24,01^{\circ}\text{C}$  e  $29,9^{\circ}\text{C}$ . Já no dia 27 de dezembro, um dos dias que apresentou temperaturas mais altas, os valores variaram entre  $25,56^{\circ}\text{C}$  e  $33,17^{\circ}\text{C}$ . Observa-se no gráfico a seguir a comparação entre os dois dias.

A fim de estimar o grau de conforto térmico dos futuros usuários no interior das unidades, os dados obtidos no monitoramento foram analisados através do programa computacional ANALYSIS BIO (LMPT/EMC e NPC/ECV, UFSC, 2004). De acordo com o programa, das 648 horas inseridas, **40,6%** estão em condições confortáveis enquanto **59,4%** estão em condições de desconforto por calor. Nenhuma das horas foi classificada em condições de desconforto por frio. Ainda segundo o programa, o desconforto por calor durante as 59,4% das horas poderia ser solucionado através de estratégias como: ventilação, alta inércia para resfriamento e resfriamento evaporativo. Além disso, o sombreamento foi indicado para 99,9% das horas, confirmando a importância da proteção solar para melhoria das condições térmicas internas de conforto. A Carta Bioclimática da Figura 6 corresponde à simulação realizada.

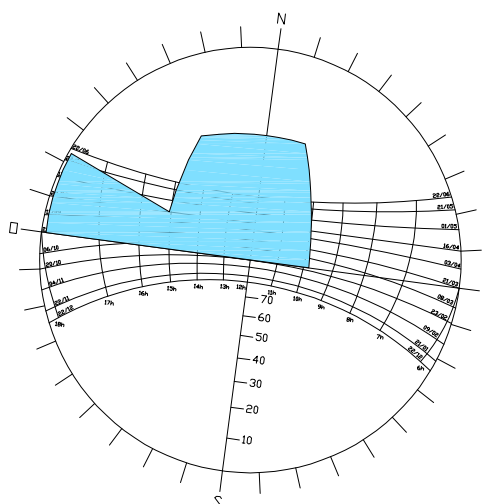


**Figura 6:** Resultado da plotagem dos dados observados na Carta bioclimática. 40,6% das horas inserem-se na Zona de Conforto (azul claro). Fonte: LMPT/EMC e NPC/ECV, UFSC, 2004.

De maneira geral, o Conjunto Habitacional não apresentou desempenho térmico satisfatório (59,4% das horas fora da zona de conforto) e sua concepção provavelmente não foi conduzida com preocupações com o conforto dos usuários. A configuração urbana adotada não favorece a ventilação com seus mínimos espaçamentos entre os blocos e unidades geminadas impossibilitando a utilização de um maior número e uma melhor localização das aberturas para circulação do ar. Isto aliado ao fato de que as unidades possuem a mesma altura desfavorece ainda mais a ventilação natural dos ambientes.

A Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15.2200:2005 (ABNT, 2005), define e apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, formulando diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social em cada uma delas. É indicado pela Norma 15220:2005 (ABNT, 2005), para a Zona Bioclimática 8, na qual Maceió está inserida, o sombreamento das aberturas. Sendo assim, foi verificado o sombreamento ocasionado pelo dispositivo de proteção existente (beiral) disposto na varanda.

Verificou-se, conforme mostra Figura 7 que a janela é protegida durante a maior parte do ano nos horários entre 10 da manhã e 5 da tarde e que, portanto, não seria necessária a ampliação do beiral.



**Figura 7:** Máscara de sombra confeccionada para a janela da sala.

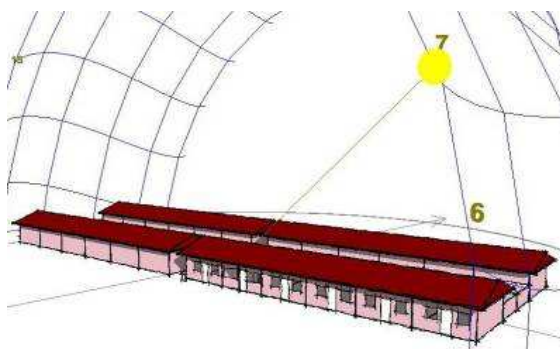
Em relação às aberturas para ventilação a Norma recomenda, aberturas grandes, isto é, que correspondam a mais de 40% da área do piso. Entretanto, no conjunto habitacional Ernesto G. Maranhão, nenhum ambiente das unidades habitacionais obedece à recomendação relacionada ao tamanho das aberturas, sendo o valor máximo encontrado para relação área de ventilação / área do piso, de 5,1%, na sala (quadro 1). Conseqüentemente, há prejuízo no grau de conforto térmico no interior das unidades, visto que a estratégia de condicionamento térmico passivo, indicada pela norma é a ventilação cruzada permanente.

**Quadro 1:** Descrição da situação atual dos ambientes da unidade habitacional quanto a suas aberturas para ventilação.

Ambiente	Área do piso	Área de ventilação	Relação Apiso/Avent.
Sala	10,23 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	5,10%
Quarto 1	7,92 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	3,96%
Quarto 2	7,92 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	3,96%
Cozinha	5,5 m <sup>2</sup>	0,82 m <sup>2</sup>	0,15%
Banheiro	2,64 m <sup>2</sup>	0,36 m <sup>2</sup>	0,95%

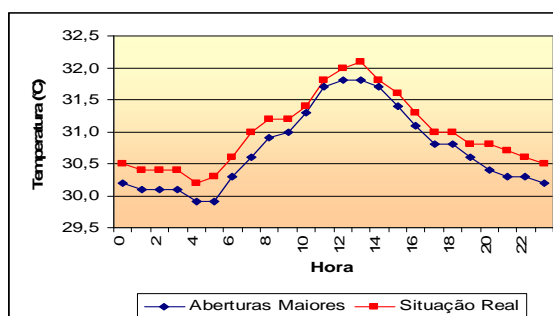
Para atender às recomendações da Norma seria necessário que as áreas das aberturas fossem aumentadas de 1,0 m<sup>2</sup> para 4,1 m<sup>2</sup> na sala, de 1,0 m<sup>2</sup> para 3,16 m<sup>2</sup> nos quartos, de 0,82 m<sup>2</sup> para 2,2 m<sup>2</sup> na cozinha e de 0,36 m<sup>2</sup> para 1,0 m<sup>2</sup> no banheiro. De acordo com as recomendações da Norma, buscou-se investigar se o aumento das aberturas melhoraria o desempenho térmico de uma unidade habitacional do Conjunto, através de simulações no programa computacional ECOTECT v 5.20 (MARSH, 2003) que simula a partir de modelos tridimensionais (Figura 8), a trajetória solar, o sombreamento, o desempenho térmico, luminoso e acústico resultante em qualquer época do ano, através da determinação da latitude e longitude locais.

Para isso, as áreas necessárias para atender as recomendações da Norma foram adaptadas às possibilidades de acordo com o tamanho das fachadas. Dessa forma, a sala e os quartos foram simulados com área de abertura de 2,0 m<sup>2</sup> cada, a cozinha com 0,8 m<sup>2</sup> e o banheiro com 1,0 m<sup>2</sup> de área de ventilação.



**Figura 8:** Modelo da reforma aumento das áreas de aberturas renderizado com Open Gl no software ECOTECT v 5.2. Simulação para o dia 21 de dezembro às 07:00h.

Foi considerado no interior da unidade habitacional simulada um sistema de condicionamento térmico passivo através da ventilação natural. Conforme se verifica nos dados originados pelo programa, as temperaturas internas sofreram um decréscimo de até 0,4°C com o aumento das aberturas (Gráfico 1).



**Gráfico 1:** Temperaturas do ar (°C) resultantes da simulação de dois modelos: em vermelho a situação atual e



em azul a reforma de aumento das aberturas.

## 5 CONCLUSÕES

A adoção de projetos padrão em habitações destinadas à população de baixa renda resulta, muitas vezes, em gastos desnecessários com energia elétrica além de condições precárias de conforto e salubridade de seus usuários. Este fato ocorre devido à baixa qualidade construtiva dos sistemas adotados, e ao não atendimento das necessidades de seus usuários, especialmente quanto às condições de conforto térmico.

De acordo com os resultados obtidos, a concepção do projeto arquitetônico do Conjunto Habitacional Ernesto G. Maranhão não levou em consideração os aspectos climáticos da cidade, tão importantes para garantir o conforto e o pleno desenvolvimento das atividades no interior das habitações. A análise qualitativa segundo a NBR 15.220-3:2005 (ABNT, 2005), mostrou que os ambientes não possuem a área mínima efetiva de ventilação indicada pela norma e a ventilação cruzada permanente apontada como estratégia para se obter conforto térmico na Zona Bioclimática 8 na qual se insere Maceió, não é aplicada ao Conjunto devido à carência de aberturas e geminação das casas umas às outras.

Os resultados comprovaram a importância da adequação climática de conjuntos de habitação de interesse social elevando a qualidade construtiva deste tipo de edificação e o conforto térmico dos usuários no interior dos ambientes. Ressalta-se ainda, a importância de estudos que evidenciem a possibilidade de reformas em habitações de interesse social buscando melhores resultados de desempenho térmico. Para o presente trabalho, entretanto, seriam necessários mais estudos a fim de verificar a possibilidade de alternativas de reforma que conferissem ao conjunto um melhor desempenho térmico, visto que as modificações analisadas apresentaram pequena variação das temperaturas internas.

Além disso, durante a elaboração do trabalho, foram encontradas diversas limitações como por exemplo, a não ocupação do Conjunto Habitacional em estudo que impossibilitou um monitoramento das condições reais de ocupação da unidade habitacional, bem como o monitoramento em mais de uma unidade, visto que a unidade monitorada era a única aberta à visitação do público, e o conjunto ainda não havia sido entregue à população moradora.

## 6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: **Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- BITTENCOURT, Leonardo S. **Uso das cartas solares. Diretrizes para arquitetos**. Maceió: EDUFAL, 1990.
- FANGER, P. O. (1972) **Thermal Comfort – Analysis And Applications in Environmental Engineering**. McGraw-Hill Book Company. New York.
- HERTZ, Jonh. **Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo, São Paulo. Pioneira, 1998.
- LOPES, Alberto Costa e JUNQUEIRA, Eliana. (coord.) **Habitação de Interesse Social em Maceió**. Rio de Janeiro: IBAM / DUMA, 2005. 152 p.
- MARCH, Andrew. **ECOTECH** versão 5.20. 2003.
- MORELLO, Alessandro; SATTLER, Miguel A. **Avaliação do desempenho termico de um prototipo habitacional construido na cidade de porto alegre-periodo de inverno de 2003**. . In: I



Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável.X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, julho de 2004.

OLGYAY, Victor. Arquitectura y Clima. **Manual de Diseño Bioclimáticos para Arquitectos e Urbanistas**. Editorial Gustavo Gili S A , Barcelona, 1998.

PASSOS, Isabela Cristina da Silva. **Conforto Térmico e Habitação de Interesse Social: recomendações para a cidade de Maceió-AL**. Trabalho de conclusão de curso. Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2007.

TORRES, Simone C. **Arranjos Construtivos Urbanos: um estudo sobre a influência da configuração de conjuntos habitacionais verticais na qualidade térmica de edificações em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura - Dinâmicas do Espaço Habitado.) Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2006.