



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÃO POPULAR NO ESTADO DE ALAGOAS

TORRES, Daniela (1); BATISTA, Juliana (2)

(1) Universidade Federal de Alagoas, e-mail: danitorres_@hotmail.com. (2) Universidade Federal de Alagoas, e-mail: juliana82arq@gmail.com

RESUMO

O desempenho térmico é um importante fator a ser estudado para que condições de habitabilidade sejam alcançadas no ambiente construído, pois interfere diretamente na qualidade de vida dos indivíduos. A população de baixa renda, que não possui condições financeiras para adquirir e usufruir de sistemas artificiais de condicionamento de ar necessita de um projeto eficiente, com estratégias de condicionamento térmico passivo. As unidades habitacionais populares construídas no âmbito do programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) do governo federal seguem um padrão construtivo com pouca diferenciação arquitetônica, apesar da diversidade de locais no qual é implantado, resultando em ambientes termicamente inadequados. Este artigo apresenta resultados parciais de uma dissertação de mestrado, tendo como objetivo identificar o desempenho térmico de uma residência unifamiliar do PMCMV, frente às diferentes realidades climáticas do estado de Alagoas. Como locais para o estudo, foram consideradas as cidades: Maceió (leste), Palmeira dos Índios (agreste) e Pão de Açúcar (sertão), variando do clima quente e úmido ao quente e seco. Trata-se de um estudo exploratório, a fim de obter resultados quantitativos do comportamento da edificação nas diferentes realidades climáticas, utilizando o método de simulação computacional, com o emprego do software Energyplus v. 8.1. O critério de avaliação adotado foi o número de graus-horas de desconforto, em função do limite de conforto pré-estabelecido para a temperatura operativa verificada no interior dos ambientes. Os resultados indicaram que os percentuais de horas de desconforto do modelo em cada cidade foram semelhantes, 38.2% em Maceió, 36.5% em Palmeira dos Índios e 35.9% em Pão de Açúcar, porém, analisando-se o somatório de graus-hora de resfriamento, notou-se uma maior diferença entre as cidades. Com base nos resultados do presente trabalho, serão propostas alternativas para a aplicação de estratégias de condicionamento passivo nas cidades estudadas, visando a melhoria do desempenho térmico das unidades habitacionais.

Palavras-chave: Desempenho térmico, habitação popular, simulação computacional.

ABSTRACT

The thermal performance is an important factor to be studied for conditions habitability are achieved in the built environment, because it directly affects the individuals life quality. The low-income population, which can't purchase air conditioning systems and use its maintenance costs requires efficient passive design strategies for thermal conditioning. The housing units built under the Minha Casa Minha Vida (PMCMV) federal government programme follow a undifferentiated constructive and architectural pattern, despite the diversity of sites in which the buildings are deployed, resulting in unsuitable thermal environments. This article presents preliminary results of a master thesis, aiming to identify the thermal performance of a single-family dwelling of PMCMV programme under various climatic realities of Alagoas state, Brazil. Three cities was analysed: Maceio (east), Palmeira dos Índios (western) and Pão de açúcar (backlands), ranging from hot and humid to hot and dry climate. This is an exploratory study in order to obtain quantitative results of the thermal performance of a housing unity in different climates, using computer simulation method developed by EnergyPlus software v. 8.1. It was established as evaluation criterion the number of degree-hours of discomfort, calculated with basis in the pre-set operative comfort temperature threshold, reached inside of the rooms. The results indicated a similar percentage of discomfort hours related to the simulated model for each city: 38,2 % in Maceio, 36.5 % in Palmeira dos Índios and 35,9 % in Pão de Açúcar. However, it was obtained a higher difference in the

cooling degree-hours between the cities analyzed. From this results, new design strategies will be proposed and analysed, searching for improving thermal performance of buildings in the cities studied, by passive conditioning means.

Keywords: *Thermal performance, low-cost housing, computer simulation.*

1 INTRODUÇÃO

A relação entre o clima e o ser humano pode ser estudada através da bioclimatologia. A arquitetura bioclimática, por sua vez, considera a interação das características climáticas locais com a edificação e a influência que essa relação exerce no ambiente interno, podendo causar conforto ou desconforto para o usuário. Um projeto arquitetônico adaptado ao clima é capaz de proporcionar boas condições de conforto térmico, acústico e luminoso, além de reduzir os impactos ambientais e aumentar a eficiência energética, utilizando-se de sistemas passivos, como alternativa à climatização artificial.

Tendo em vista o alcance do conforto ambiental, normas são criadas no intuito de uniformizar os critérios de avaliação para a análise de desempenho da edificação, além de incentivar a busca por inovações tecnológicas que proporcionem eficiência técnica e econômica, aprimorando a qualidade dos ambientes construídos (PEREIRA; CUNHA NETO, 1988). Como exemplo, tem-se a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e define diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, considerando-se a subdivisão do território nacional em oito zonas, relativamente homogêneas quanto ao clima. No caso de Alagoas, objeto de estudo deste trabalho, com exceção da cidade de Água Branca, classificada na zona 5, todas as demais cidades estão situadas na zona 8, de clima quente e úmido, embora o clima no estado varie de quente e úmido a quente e seco, do leste ao sertão alagoano.

Martins, Bittencourt e Krause (2012) fazem uma reflexão sobre o semiárido nordestino, a fim de contribuir para o aperfeiçoamento do zoneamento bioclimático. Os autores constataram que a cidade de Pão de Açúcar, no estado de Alagoas, classificada na zona bioclimática 8, possui características climáticas que mais se assemelham com a cidade de Petrolina, no estado de Pernambuco, a qual está classificada na zona 7. Dessa forma, para a cidade de Pão de Açúcar, os autores sugerem a existência de uma zona de transição, entre a zona 7 e 8, que reflita suas reais características, de acordo também com estratégias e diretrizes projetuais sazonais. Já Passos (2009) identificou, com base em dados de monitoramento climático de cidades alagoanas situadas no sertão, agreste e leste do estado, a aplicabilidade das estratégias bioclimáticas ventilação natural, massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo, de acordo com as especificidades de cada clima, voltadas para o projeto de habitações.

Anualmente são construídas milhares de habitações populares, através do programa Minha Casa Minha Vida, porém sem a adequada preocupação com parâmetros de conforto. Na primeira fase do programa, foram construídas 1 milhão de moradias e pretende-se construir 2 milhões até 2014 (CAIXA, 2013). A Caixa Econômica Federal, financiadora do PMCMV, estabelece alguns padrões construtivos básicos, através de uma cartilha com especificações técnicas, físicas e funcionais para a construção. Porém, são construídas no país habitações populares caracterizadas por pouca ou nenhuma diferença construtiva e arquitetônica entre os empreendimentos. Sem levar em conta as características climáticas das diversas regiões do Brasil, muitas construções apresentam um projeto inadequado, resultando em ambientes desconfortáveis sob o ponto de vista térmico.

Visando contribuir para o aperfeiçoamento de projetos habitacionais, considerando o clima local de cada região estudada, o presente trabalho investiga o desempenho térmico de habitações populares pertencentes ao PMCMV no estado de Alagoas.

1.1 Objetivo

Avaliar o desempenho térmico de um modelo de habitação popular, adotado pelo programa Minha Casa Minha Vida, nas cidades de Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar, considerando suas diferentes realidades climáticas.

2 METODOLOGIA

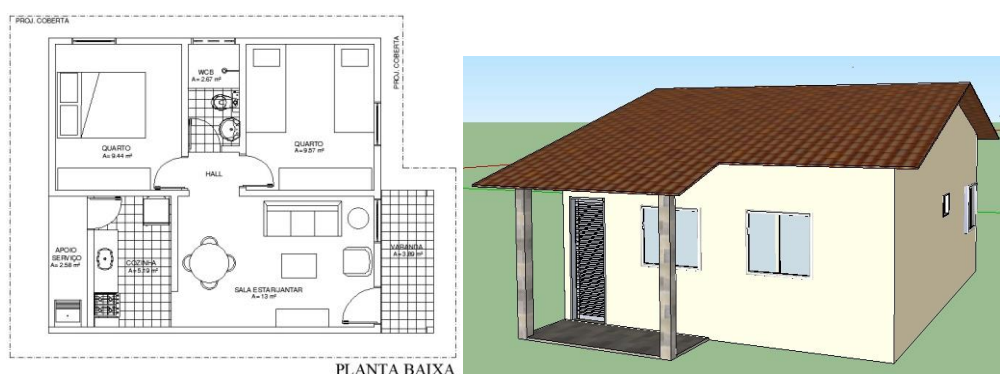
A metodologia utilizada no trabalho para avaliação do desempenho térmico foi a simulação computacional, através do software EnergyPlus, versão 8.1. (DOE, 2013). Este programa é uma ferramenta que permite a análise térmica e energética da edificação. Desenvolvido a partir da junção dos programas DOE-2 e BLAST, o programa é capaz de calcular a energia consumida pela edificação, considerando o clima local, com base em arquivos climáticos, com dados horários, calculando temperaturas internas, trocas de calor e as cargas de resfriamento ou aquecimento necessárias para manter o ambiente confortável, assim como o consumo de energia dos sistemas.

Utilizou-se como parâmetro de análise do desempenho térmico, usado na comparação dos modelos, o indicador “graus-hora de resfriamento”, o qual representa a diferença entre a temperatura horária e a temperatura adotada como limite de conforto. Para definição da temperatura de conforto foi utilizada a ASHRAE Standard 55 (2010). Esta norma apresenta limites de aceitabilidade para a temperatura operativa de ambientes naturalmente ventilados, considerando os valores da temperatura média mensal local. A temperatura média mensal foi calculada a partir do arquivo TRY das cidades em estudo (LABEE,2014). Através da equação de regressão da norma¹, foi definido o valor de 28°C para a temperatura de conforto, considerando-se o limite de 90% de aceitabilidade.

O modelo base segue as especificações da cartilha da Caixa Econômica Federal para famílias com renda de até R\$ 1.600,00. Apresenta-se como uma residência unifamiliar, ocupada por 4 pessoas, com área construída de 51m², composta por uma sala de estar e jantar, um dormitório para casal, um dormitório para duas pessoas, cozinha, área de serviço (externa), circulação, varanda e um banheiro (figura 1). Considerou-se nos dormitórios a ocupação máxima de duas pessoas, estando ocupados das 22 horas até as 7 horas da manhã, enquanto nos outros ambientes a ocupação máxima é de quatro, exceto no banheiro. Para a cozinha e a sala foi considerado a ocupação das 8 horas as 21 horas.

¹ $T_{oc} = 18,9 + 0,255 \text{ text}$, onde: T_{oc} é a temperatura operativa de conforto; Text é a temperatura média mensal. Para estabelecer 90% de aceitabilidade, a temperatura operativa interna pode oscilar em +2,5°C ou -2,5°C da temperatura calculada. Para 80% de aceitabilidade, os limites podem variar de +3,5°C ou -3,5°C (ASHRAE, 2010).

Figura 1 - Projeto modelo habitação popular



Os componentes construtivos adotados representam a tipologia de habitação popular recorrente nas regiões em estudo, de acordo com os projetos levantados e visitas técnicas a obras do PMCMV (tabela 1).

Tabela 1 - Padrão construtivo Modelo Base

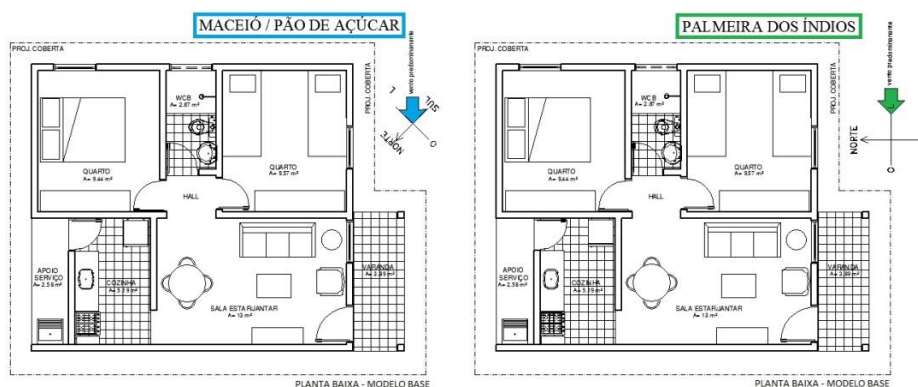
Modelo Base	Estrutura
Parede	Tijolo 6 furos, Massa única rebocada para pintura
Piso	Cerâmica esmaltada em toda a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15 mm.
Cobertura	Em telha cerâmica, com estrutura de madeira e forro de gesso.

A cobertura é dividida em duas águas, de telha cerâmica com inclinação de 30%, dispondo de um forro de gesso com pé direito de 2,60 m. As paredes apresentam uma transmitância térmica de 2,48 [W/(m²K)], capacidade térmica de 159 [kJ/m²K] e atraso térmico de 3,3 J [horas] (ABNT, 2005).

O modelo foi simulado com a mesma configuração para as três cidades, considerando os mesmos padrões de ocupação e o uso de equipamentos básicos, como geladeira, televisão, liquidificador, aparelho de som e ferro de passar. O padrão de uso adotado para a ventilação foi o mesmo nos três modelos: esquadrias abertas das 7 horas da manhã, quando as pessoas acordam, até as 22 horas, quando as pessoas fecham a casa e vão dormir.

A orientação foi definida de modo que a fachada que inclui os dois quartos estivesse voltada para os ventos predominantes de cada cidade, sendo o vento sudeste predominante para a cidade de Maceió e Pão de Açúcar e o vento leste para a cidade de Palmeira dos Índios (figura 2).

Figura 2 - Orientação em relação aos ventos predominantes



Na simulação considerou-se ainda, para a análise da ventilação, o coeficiente de rugosidade (0,14 α), o qual corresponde a uma configuração do entorno da edificação com poucas obstruções e alturas menores de 10 m, visto que as habitações populares do PMCMV são construídas nas cidades estudadas formando conjuntos residenciais, em grandes terrenos descampados, sem maiores obstruções.

Para a análise dos dados foi escolhido como ambiente representativo da casa a sala de estar-jantar, por ser o local de maior permanência de todos os ocupantes.

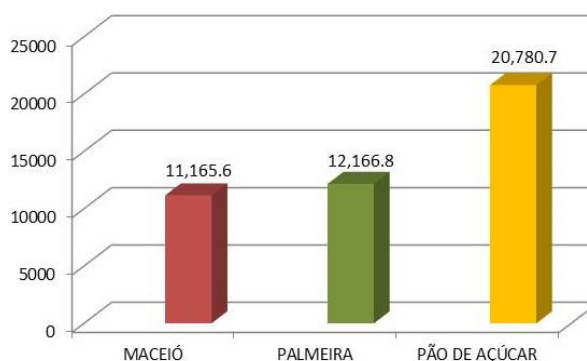
3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo adotado, representativo de uma habitação popular projetada de acordo com as especificações do Programa Minha Casa Minha Vida, foi simulado para as três cidades estudadas, a fim de caracterizar os diferentes desempenhos que o mesmo pode apresentar em regiões de climas diferentes.

Os resultados indicaram percentuais de horas de desconforto anual semelhantes para as três cidades. Maceió foi a cidade que apresentou o maior percentual de horas de desconforto: 38,2%; Palmeira dos índios: 36,5% e Pão de Açúcar: 35,9%.

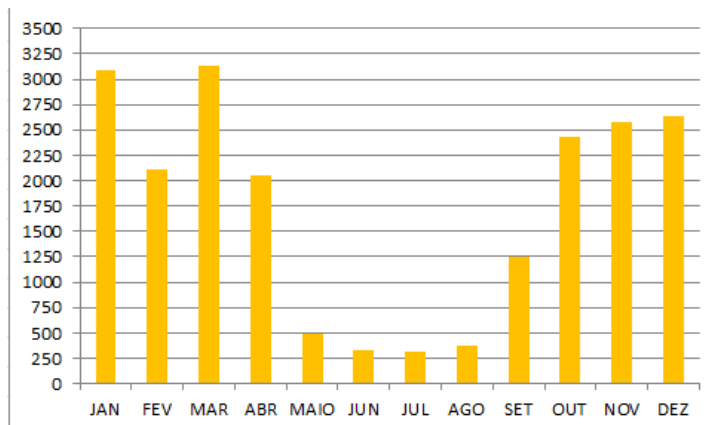
Porém, na análise do somatório de graus-hora de resfriamento, identifica-se uma maior diferença no desempenho térmico do modelo simulado em cada cidade. Em Maceió obteve-se o menor somatório, conforme pode ser observado no gráfico (figura 3). Já em Pão de Açúcar, o modelo apresentou um somatório 48% maior em relação à Maceió, enquanto em Palmeira dos Índios obteve um somatório 8% superior àquele obtido em Maceió.

Figura 3 - Somatório anual de graus-hora de resfriamento, das cidades.



Analisando-se os resultados mensais na cidade de Pão de Açúcar, verificou-se que os meses que apresentaram mais de 50% das horas de desconforto e um maior somatório de graus-hora de resfriamento foram os meses de janeiro e março (figura 4).

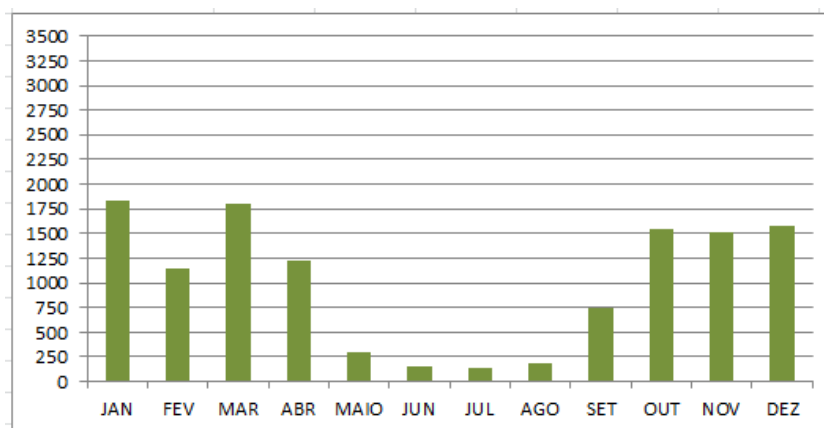
Figura 4 - Somatório de graus-hora de resfriamento de Pão de Açúcar



Verifica-se que no mês de março foi registrado o grau-hora máximo de resfriamento, superando em 14,06°C o limite de conforto adotado (28 °C). Neste dia, a temperatura externa correspondente foi igual a 38,72°C e a umidade relativa de 23,12%, caracterizando um clima quente e seco.

Na cidade de Palmeira dos índios, os meses que obtiverem mais de 50% das horas de desconforto e um maior somatório de graus-hora de resfriamento também foram janeiro e março (figura 5).

Figura 5 - Somatório de graus-hora de resfriamento de Palmeiras dos Índios



Identifica-se no mês de janeiro o graus-hora máximo do ano, apresentando o valor de 11,74°C no dia 02/01 às 13h, diante uma temperatura externa de 36°C e umidade relativa de 24,05%. Percebe-se que, em relação ao clima de Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios apresenta uma temperatura externa mais baixa e uma umidade relativa mais elevada. Portanto, o modelo obteve um menor somatório de graus-hora de resfriamento, assim como um menor percentual de horas de desconforto.

Enquanto em Palmeira o maior somatório mensal de graus-hora do modelo foi 1.833°Ch, ocorrido no mês de janeiro, em Pão de Açúcar o maior somatório mensal ocorreu no mês de março: 3.127°Ch. Estes meses representam os meses mais quentes nestas cidades. Como Pão de Açúcar apresenta valores de umidade relativa mais baixos, a estratégia de resfriamento evaporativo poderia contribuir para aumentar o nível de umidade no ambiente, beneficiando o conforto térmico dos habitantes a partir do emprego de estratégias, como o telhado verde. O processo de fotossíntese das plantas umidifica o ar, provocando o resfriamento evaporativo, diminuindo a temperatura e aumentando a umidade em dias quentes, além atuar como isolante térmico, devido à massa térmica da camada de terra.

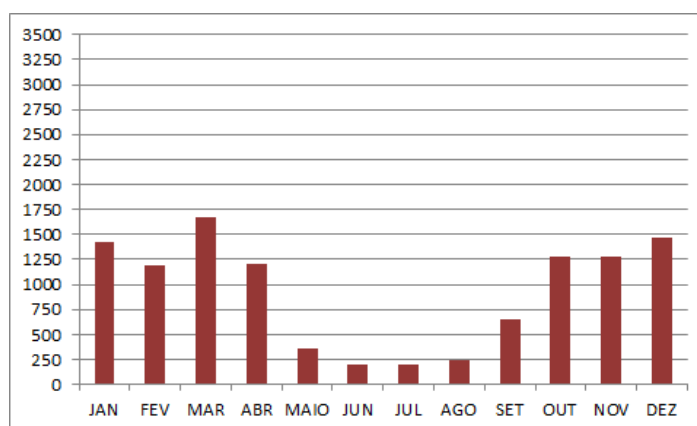
Outro fator que afeta o desempenho da edificação são os materiais da envoltória. No caso de Palmeira dos Índios, a utilização de materiais que proporcionassem uma maior inércia térmica, combinados com a ventilação natural seletiva, poderia contribuir para um melhor desempenho do modelo.

Como recomendado na literatura, a massa térmica é aplicável quando a temperatura externa máxima diária não ultrapassa os 36°C e a temperatura mínima não ultrapassa os 20°C (GIVONI, 1992). Na cidade de Pão de Açúcar a temperatura máxima ultrapassou os 36°C com frequência, portanto a estratégia de massa térmica não é recomendável.

Já a cidade de Palmeira dos Índios apresenta uma temperatura externa máxima de 36°C em janeiro e a temperatura mínima 17,41°C em julho. No entanto, vale ressaltar que as médias mensais da temperatura mínima mantiveram-se acima dos 20°C e por isso recomenda-se que a massa térmica seja utilizada em ambientes de uso diurno, para que a noite, quando o calor armazenado durante todo o dia na envoltória se propagar para o ambiente interno, o ambiente não esteja sendo ocupado, pois temperaturas acima dos 20°C, neste caso retardaria o efeito de resfriamento e retirada da carga térmica.

Analisando-se os resultados referentes ao modelo simulado na cidade de Maceió, os meses que apresentaram mais de 50% das horas de desconforto e maior somatório de graus-hora de resfriamento, diferente das cidades de Pão de Açúcar e Palmeira, foram os meses de março e dezembro. Ressalta-se ainda que, o grau-hora máximo do ano foi obtido no mês de abril. Apesar de não apresentar um maior somatório, obteve-se nesse mês um valor de 9,85°C grau-hora de desconforto às 13 h (sob uma temperatura externa de 34,05°C e umidade relativa de 62,95%) (figura 6).

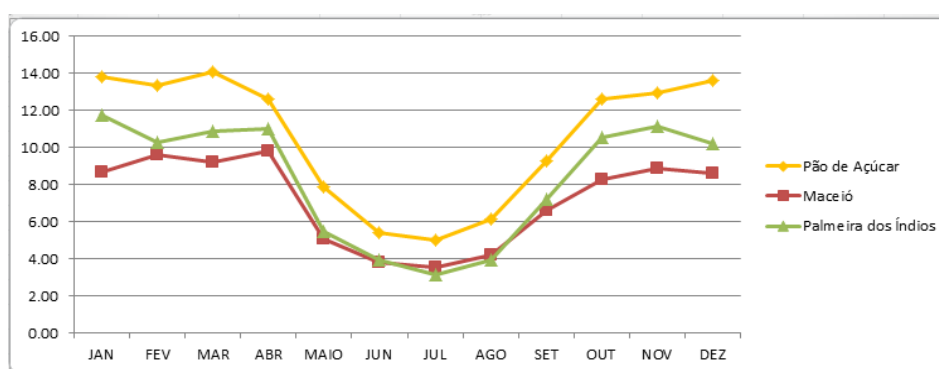
Figura 6 - Somatório de graus-hora de resfriamento de Maceió



Destaca-se que a cidade de Maceió apresenta uma umidade relativa acima dos 50% nos meses mais quentes do ano. Portanto, o uso da ventilação natural é desejável para amenizar a sensação de desconforto, favorecendo a evaporação do suor e promovendo o resfriamento fisiológico.

Com base nos resultados de graus-hora é possível dizer que o modelo base apresentou elevados valores de graus-hora de resfriamento em todas as cidades. No entanto, Maceió foi a cidade onde o modelo apresentou um melhor desempenho (figura 7), tendo em vista as condições climáticas mais favoráveis à obtenção do conforto térmico. Como Pão de Açúcar apresenta condições climáticas mais extremas, verifica-se a necessidade de inclusão de outras estratégias na edificação a fim de suprir as limitações impostas pelo clima.

Figura 7 - Máximo graus-hora obtido em cada mês



Comparando-se os valores máximos de grau-hora obtidos na cidade de Pão de Açúcar, a qual obteve o pior desempenho, e Maceió, onde o modelo obteve o melhor desempenho (tabela 3), verificou-se uma diferença de até 4,21°C entre eles. Tais resultados demonstram como o desempenho deste modelo base pode variar do clima quente e úmido ao quente e seco, considerando as cidades estudadas.

Tabela 3 - Resultado das condições de graus-hora máximo em cada cidade.

CIDADES	GHR MÁX.	PERÍODO	UMID.REL	TEMP.EXT
Pão de Açúcar	14,06 °C	Março	23,12%	38,72°C
Palmeira dos ndios	11,74°C	Janeiro	24,05%	36°C
Maceió	9,85°C	Abril	62,95%	34°C

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pôde-se relacionar o número de graus-hora de resfriamento obtido em cada modelo com as condições climáticas às quais os mesmos foram submetidos em cada cidade e com as características construtivas da edificação. Apesar de estarem classificadas na mesma zona bioclimática 8, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005), as cidades apresentam climas diferenciados e, portanto, solicitam estratégias de condicionamento específicas. Para a zona 8, a estratégia recomendada é ventilação cruzada. No entanto, em Pão de Açúcar e em Palmeira dos Índios as

condições climáticas requerem a aplicação de outras estratégias, tais como a massa térmica e o resfriamento evaporativo.

Conclui-se que é necessário aperfeiçoar o projeto arquitetônico dessas edificações, investindo-se em mecanismos passivos de adequação ao clima, visto se tratar de habitação popular. Além disso, é importante considerar também aspectos econômicos, como custo de materiais e manutenção de sistemas inseridos, para implantação das estratégias. A utilização de *sheds* como captador ou exaustor de ar como estratégia de ventilação natural, assim como a troca por esquadrias de giro, que permitem uma abertura de 100% do vão, em relação às janelas de correr comumente adotada nos empreendimentos do PMCMV, a qual permite uma abertura de apenas 50% do vão, são artifícios que podem contribuir para a melhoria do desempenho térmico dessas edificações. O uso de esquadrias com venezianas também é uma opção a ser levada em consideração, uma vez que permitem um controle da ventilação, além de proteger o ambiente interno da radiação solar direta.

Com base nos resultados ora apresentados, estratégias projetuais alternativas serão propostas para trabalhos futuros, investigando-se as possibilidades de melhoria do desempenho térmico de habitações populares nas cidades estudadas, por meios passivos de condicionamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **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.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55-2010** -- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2010.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Dois milhões de casas para os brasileiros**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/habitacao/mcmv/>>. Acesso em: dez, 2013.

DOE. United States Department of Energy. Disponível em: <http://www.energy.gov/>>. Acesso em: outubro 2013

GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.

LABEEE. **Arquivos climáticos em formato EPW**. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>> Acesso em: fev, 2014.

MARTINS, Tathiane; BITTENCOURT, Leonardo; KRAUSE, Cláudia. **Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro**: reflexões sobre o semiárido nordestino. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 59-75, abr./jun. 2012. ISSN 1678-8621 © 2005. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012.

PASSOS, Isabela. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas**: Estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar. Maceió. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado). Universidade Federal de Alagoas, 2009.