

ESTUDO DO CONFORTO TÉRMICO EM CÉLULAS-TESTE DE ALVENARIA

Adriana Petito de Almeida Silva Castro (1), Isabelle Camila Zein Monteiro (2), Larissa Corrêa Franco (3), Carla Matheus (4), Lucila Chebel Labaki (5)

(1) PhD, Professora dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, dripasc@uol.com.br
Unimep, Rod. Luis Ometto km 24, Santa Bárbara d'Oeste-SP, Tel.: (19) 3124-1779

(2) Graduanda em Engenharia Civil, iscmonteir@unimep.br,

Unimep, Rod. Luis Ometto km 24, Santa Bárbara d'Oeste-SP, Tel.: (19) 3124-1779

(3) Graduanda em Engenharia Civil, larissacorreafranco@hotmail.com,

Unimep, Rod. Luis Ometto km 24, Santa Bárbara d'Oeste-SP, Tel.: (19) 3124-1779

(4) Arquiteta e Urbanista, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, matheuscarla@hotmail.com

LaCAF, Unicamp. Cx Postal 6143, Campinas – SP, 13083-889, Tel.: (19) 3521-2064

(5) PhD, Professora do Departamento de Arquitetura e Construção, llabaki@gmail.com

LaCAF, Unicamp. Cx Postal 6143, Campinas – SP, 13083-889, Tel.: (19) 3521-2064

RESUMO

No Brasil, atualmente, a indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais e de energia. Por este motivo há um número crescente de estudos para verificar a aplicabilidade de materiais utilizados na construção civil, buscando materiais mais ecológicos, sustentáveis e de custo acessível. Varias são as iniciativas para a proposta do desenvolvimento sustentável neste ramo, que devem levar em conta todo o ciclo de vida no âmbito das construções, desde o projeto, sua construção, até a sua manutenção. Neste trabalho foi analisado o conforto térmico do tijolo de solo-cimento, um tijolo de baixo custo e de fácil aplicabilidade que pode ser utilizado na melhoria do conforto térmico das construções brasileiras em geral, inclusive nas habitacionais para a população de baixa renda. A metodologia consiste em se mensurar o conforto térmico em duas células-teste, sendo uma de alvenaria de blocos cerâmicos e a outra de alvenaria de tijolo de solo-cimento, ambas com cobertura de telha de fibrocimento. O principal objetivo do estudo foi verificar a eficácia do tijolo solo-cimento quanto ao conforto térmico. A célula-teste feita de tijolo de solo-cimento obteve um melhor desempenho em relação ao conforto térmico, pois as temperaturas foram menores e mais estáveis em comparação com a de bloco cerâmico.

Palavras-chave: conforto térmico, tijolo solo-cimento, bloco cerâmico.

ABSTRACT

Currently in Brazil, the construction industry is a major consumer of natural resources and energy. For this reason there is a growing number of studies made to verify the applicability of materials used in the construction sector, seeking for more ecological, sustainable and affordable materials. There have been several initiatives for sustainable development in this field, which should take into account the whole life cycle within the buildings, from the design, construction, to its maintenance. This paper analyzes the thermal comfort of the soil-cement brick, a low-cost and easily to be used brick that can be used to improve the thermal comfort of Brazilian buildings in general, including housing for low-income population. The methodology consists of measuring the thermal comfort in two test cells, one built with a ceramic bricks and the other with soil-cement brick, both with fiber cement roof. The main objective of the study was to verify the effectiveness of the soil-cement brick regarding thermal comfort. The test cell made of soil-cement brick obtained a better performance according to thermal comfort because the temperatures were lower and more stable compared to the one made of ceramic brick.

Keywords: thermal comfort, soil-cement brick, ceramic brick.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das economias que mais cresce no mundo gerando ainda muitos danos ao meio ambiente e a sociedade. Por este motivo, de acordo com Zhai e Previtali (2009) a crise mundial de energia demanda uma revolução substancial na filosofia, estratégia, tecnologia, e métodos de construção de edificações.

Historicamente a terra já teve seu lugar na construção civil, tanto no levantamento de simples casas até grandes palácios. As técnicas de construção com terra foram, e ainda são, uma importante opção para edificações de baixo custo, pois o uso dessa técnica, além de economizar em materiais, transporte e mão de obra, e de possuir excelente conforto térmico, gera trabalho e cidadania, possibilitando uma integração de profissionais do ramo com a comunidade, no momento da execução de mutirões de autoconstrução.

De acordo com Minke (2006), nos países em desenvolvimento, a necessidade para abrigo só poderá ser atingida se forem utilizados materiais locais e contando com técnicas que utilizem a autoconstrução. A terra é um material amplamente disponível nas regiões brasileiras. A técnica de construção com terra é tradicional na cultura brasileira e pode ser facilmente utilizada na autoconstrução.

Alexander et al. (2013), no padrão 207, chamado de Materiais Apropriados, descreve como devem ser os materiais e técnicas construtivas: “Assim, o problema central dos materiais é encontrar um conjunto de materiais que sejam de escala pequena, fáceis de encontrar *in loco*, fáceis de trabalhar no canteiro de obras (ou seja, que evitem a necessidade de máquinas enormes e caríssimas), fáceis de variar e adaptar, suficientemente pesados para serem fortes, duradouros ou fáceis de manter, mas ainda assim fáceis de usar em uma construção (sem a necessidade de mão de obra especializada), de baixo custo de instalação, baratos e universalmente disponíveis. Além disso, essa classe de materiais apropriados deve ser ecologicamente correta: biodegradável, de baixo consumo de energia na produção e baseada em recursos renováveis.” A terra é um material com tradição de uso em quase todos as regiões do mundo. Atende a vários requisitos, tornando-se o que Alexander et al. (2013) chamam de material apropriado, desde que, segundo ele, as paredes grossas sejam apropriadas ao local e a terra seja disponível.

Dentre as inúmeras vantagens dessa construção, as que estão em foco neste estudo são aquelas que se referem à capacidade de regular a umidade interna do ambiente e a capacidade de armazenar calor. Para melhor estudo foi realizada uma comparação das condições de conforto térmico geradas pelo tijolo solo-cimento em relação a um material amplamente utilizado no Brasil, o bloco de cerâmica, conhecido também como ‘tijolo baiano’.

Uma maneira prática e barata de construção com terra é a utilização do tijolo de terra comprimida, uma técnica milenar, usada por muitos povos ao redor do mundo. Além disso o tijolo de solo-cimento tem uma condutividade térmica baixa, o que promove um comportamento térmico mais estável para o ambiente (Revuelta-Acosta et al. (2010).

Por inúmeras razões, as condições de conforto ambiental vêm tomando espaço significativo na indústria da construção civil. Isso se deu pela intensa relação entre o conforto ambiental e o consumo de energia nas edificações.

Uma das grandes influências das edificações, quanto à sua ocupação humana é o conforto térmico que, segundo a ASHRAE (2004), é definido como "o contentamento humano de estar e permanecer num determinado local se sentindo termicamente confortável”.

Para o estudo do conforto térmico foi feita uma comparação entre o conforto térmico oferecido pelo bloco cerâmico e pelo tijolo de solo-cimento, que é um tijolo de terra comprimida, com apenas 10% de cimento, seco a sombra. Para isso foram construídas duas células-teste, cada uma com um tijolo diferente, porém utilizando a mesma tipologia de cobertura, janela, porta, além de terem as mesmas dimensões internas. Com isso foi possível comparar as condições de conforto térmico geradas por cada uma.

2. MÉTODO

A metodologia experimental deste trabalho consistiu numa revisão bibliográfica da literatura pertinente, com intuito de selecionar um procedimento que quantificasse e qualificasse a temperatura no interior das células-teste estudadas.

Para a análise comparativa de conforto entre o tijolo de solo-cimento e o bloco cerâmico, duas células-teste foram construídas no Campus da Universidade Metodista de Santa Bárbara d’Oeste (UNIMEP).

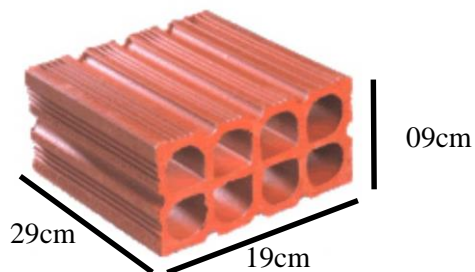
Para a base das células-teste foi utilizado um lastro de concreto simples, como indicado na Figura 1, que tem a função de proteção contra umidade e nivelamento do terreno.



Figura 1 – Lastro de concreto simples (base das células-teste).

As vedações verticais foram edificadas com blocos cerâmicos em um dos protótipos (Figura 2(A)) e no outro foi utilizado tijolo de solo-cimento (Figura 2(B)), sendo que a cobertura foi executada com telhas de fibrocimento. A utilização dos blocos cerâmicos e das telhas de fibrocimento justifica-se pela expressiva utilização destes materiais nas edificações da população de baixa renda.

(A)



(B)

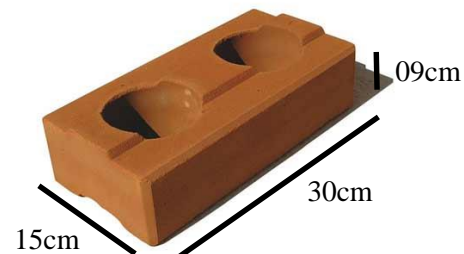


Figura 2- (A) Bloco cerâmico e (B) Tijolo solo-cimento.

Cada célula teste tem uma área interna de $2,72\text{m}^2$ e estão mostradas na Figura 3, onde as dimensões estão mostradas em metros, com uma janela de alumínio com vidro, de dimensões $1,20 \times 1,00$ metros e peitoril de $1,00$ metro foi inserida na fachada norte de cada protótipo, e uma porta de alumínio de dimensões de $0,80 \times 2,10$ metros na fachada sul. A cobertura utilizada foi de fibrocimento, apoiada em três caibros de madeira. A construção das duas células-teste foi simultânea (Figura 4).

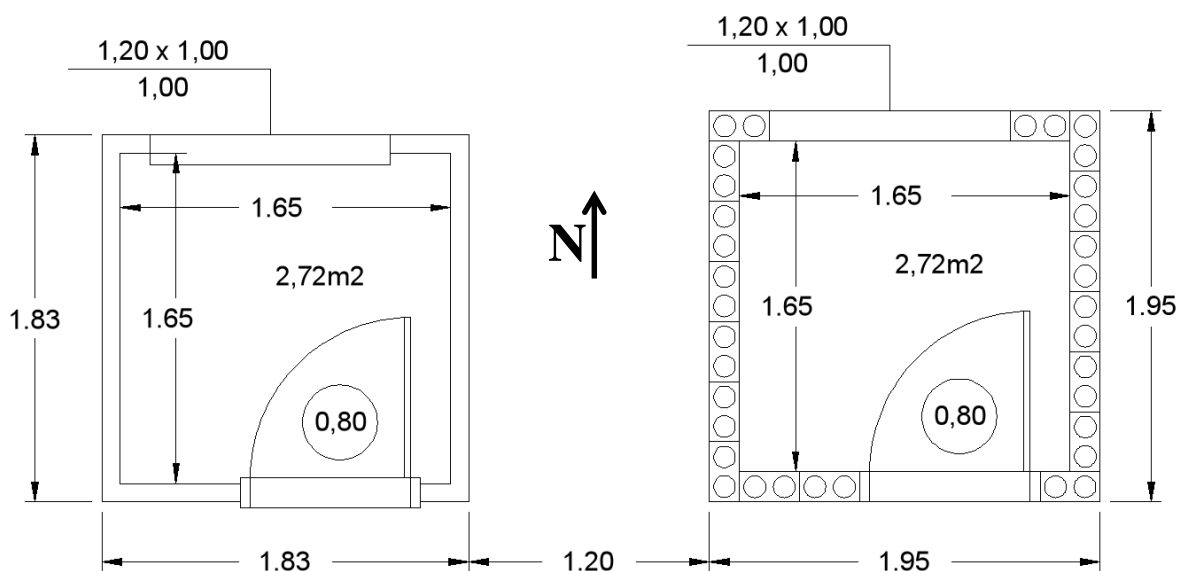


Figura 3 - Projeto dos Protótipos de bloco cerâmico e de tijolo de solo-cimento.



Figura 4 – Células-teste de bloco cerâmico e de tijolo de solo-cimento.

As medições foram realizadas durante cinco dias consecutivos nos horários das 8:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas, em dias próximos ao solstício de inverno (22/06), com início em 30 de junho e término em 4 de julho de 2014. A foto tirada às 17:30 horas das células-teste mostra que ocorre um sombreamento de uma célula na outra (Figura 4). Por esse motivo, foi feita uma análise de sombreamento no software SketchUp e como a partir das 16:00 horas uma célula-teste sombreia a outra (Figura 5), os resultados obtidos às 18 horas não foram utilizados. Não houve chuva em nenhum dos dias de medição. As janelas e portas estiveram fechadas e as células estavam vazias (sem ocupantes ou equipamentos). Para realizar a medição foi demarcado o centro de cada célula-teste com auxílio de uma trena e um giz, a fim de se posicionar um tripé, para uma medição mais eficiente. O termômetro de globo digital da marca TGD-200 da Instrutherm foi posicionado no centro das células-teste.

Foram medidas as temperaturas superficiais das fachadas externas e internas de cada protótipo, utilizando-se o mini-termômetro digital infravermelho Fluke 62, disponíveis no laboratório de Conforto Ambiental da UNIMEP. Em seguida foram medidas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e globo com o termômetro de globo digital (TGD).

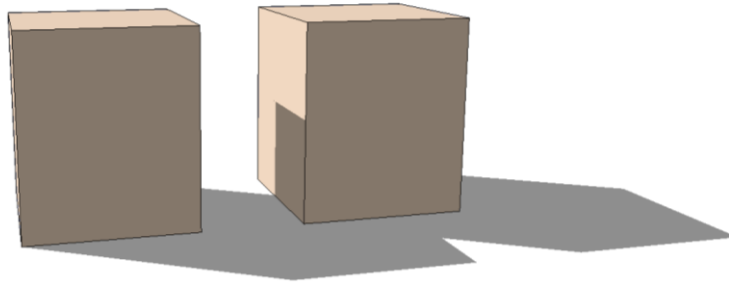


Figura 5– Volumetria das células-teste de bloco cerâmico e de tijolo de solo-cimento feita para análise de sombreamento. Sombreamento as 16 horas.

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nas três temperaturas (globo, bulbo seco e bulbo úmido) a célula-teste de tijolo solo-cimento apresentou valores de temperatura menores que aquele com bloco cerâmico (Figura 6). Esse resultado era esperado, devido principalmente a própria constituição do tijolo, pois o tijolo de solo-cimento é composto por terra prensada e o bloco cerâmico por argila queimada. Nesse caso, pode-se dizer que a terra oferece melhores condições de conforto térmico que a cerâmica. Além disso, a quantidade de furos presente no bloco cerâmico contribui para o ingresso da radiação solar, fazendo com que a temperatura interna se eleve.

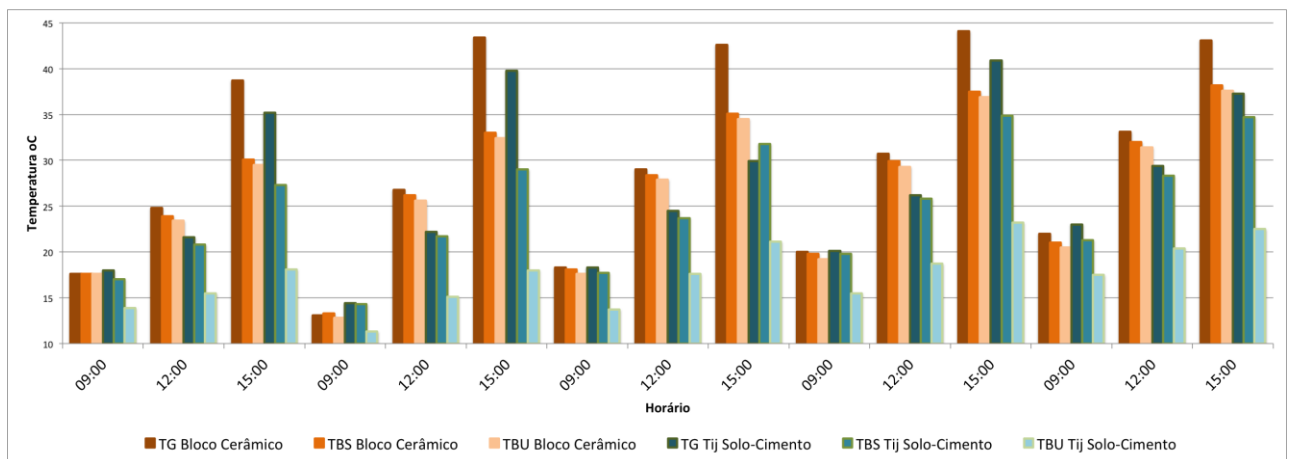


Figura 6 – Temperaturas de bulbo seco internas das células de bloco cerâmico e de tijolo solo-cimento. Temperaturas medidas entre os dias 30 de junho e 04 de julho de 2014.

Considerando-se os valores médios do período analisado, ao se comparar as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido pode-se observar que na célula-teste composta por bloco cerâmico, ambas as temperaturas foram maiores que na com tijolo solo-cimento, sendo que a diferença entre essas temperaturas foi mínima para o bloco cerâmico, enquanto que para o tijolo solo-cimento essa diferença chegou a quase 12°C.

Em relação às temperaturas internas, a célula-teste de bloco cerâmico obteve uma elevada temperatura em relação àquela de tijolo de solo-cimento, principalmente no horário das 15 horas; os valores de temperatura chegaram a 38,2°C na célula-teste de tijolo cerâmico, enquanto que na de tijolo de solo-cimento o valor máximo alcançou 34,9°C, totalizando uma diferença de 3,3°C (Figura 7), que pode ser claramente perceptível ao corpo humano e que influencia no conforto ambiental interno.

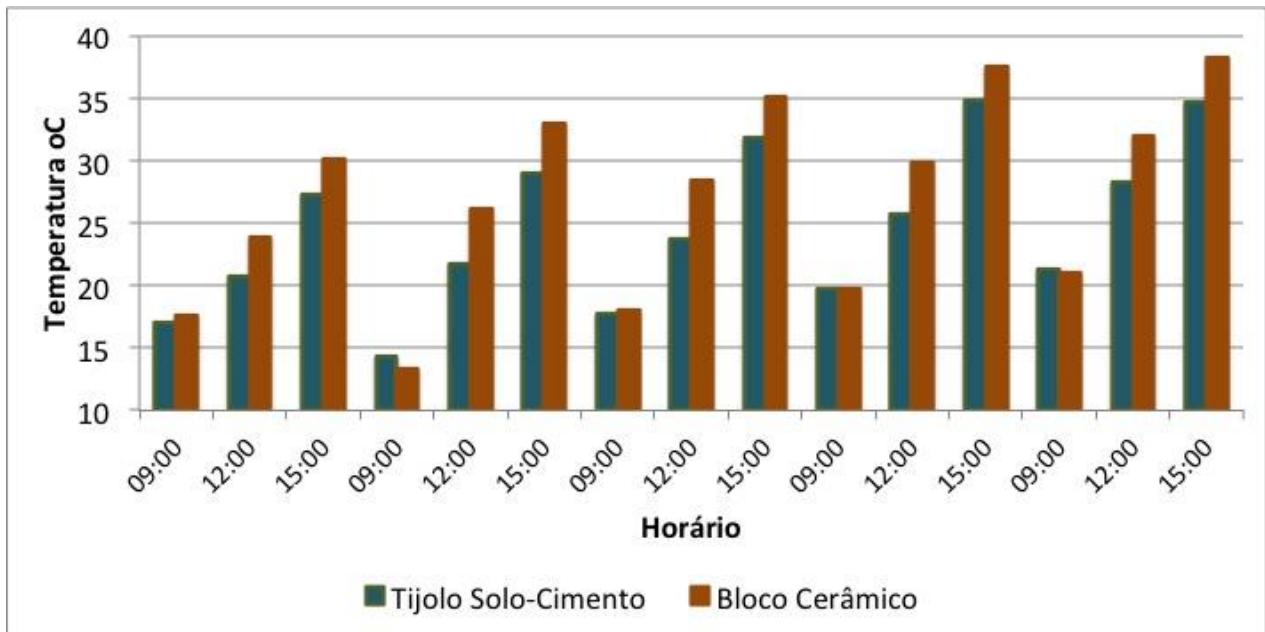


Figura 7 – Temperaturas de bulbo seco internas das células de bloco cerâmico e de tijolo solo-cimento. Temperaturas medidas entre os dias 30 de junho e 04 de julho de 2014.

Em relação a temperatura superficial interna das paredes, o horário de maior radiação e incidência solar costuma ser ao meio-dia para a fachada norte, mas no interior dos protótipos a maior temperatura foi obtida às 15:00 horas, pois tanto o tijolo quanto o bloco têm capacidade de armazenar calor durante o dia. O horário em que as temperaturas são menores é às 9:00 horas, resultado esperado, pois o sol nasce na face leste e as janelas dos protótipos estão posicionadas na fachada norte. A maior diferença de temperatura é das 12:00 horas às 15:00 horas em que a temperatura aumenta notavelmente em relação às demais. O horário em que os dois protótipos obtiveram valores de temperaturas mais semelhantes foi as 9 horas, podendo-se dizer que não há muita diferença na temperatura interna dos ambientes nos momentos de nascer do sol.

É importante notar que a temperatura se manteve mais estável no interior do protótipo construído com o tijolo solo-cimento, tendo a mínima de 14,3°C e a máxima de 34,9°C, enquanto no interior no protótipo construído com bloco cerâmico a mínima de 13,3°C e a máxima de 38,2°C.

A fachada norte é a fachada que recebe sol o dia todo e é a fachada onde está localizada a janela, fazendo com que a fachada sul interna receba insolação o dia todo, devido a área da janela ser relativamente grande em relação a área da parede onde ela está inserida. As fachadas internas sul são mais quentes que as fachadas externas devido a janela posicionada ao norte, fazendo com que a radiação passe pelo vidro e incida na fachada interna. A fachada sul externa é aquela que recebe menos radiação solar, já que a norte é a de maior incidência solar e elas são opostas; pode-se avaliar que nas duas fachadas a temperatura se mantém próximas, pois não há incidência direta de radiação solar, não gerando diferenças significativas devido aos diferentes materiais de construção (Figura 8 (A) a (D)).

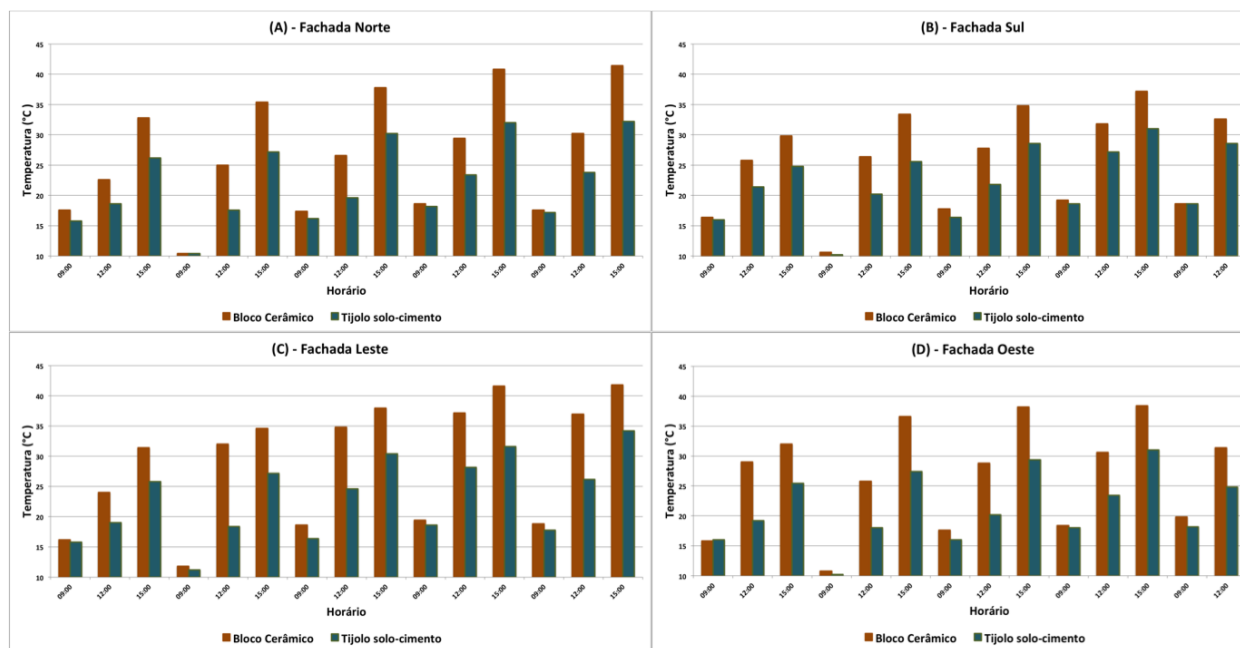


Figura 7 (A) a (D) – Temperaturas superficiais internas das paredes das células de bloco cerâmico e de tijolo solo-cimento. Temperaturas medidas entre os dias 30 de junho e 04 de julho de 2014.

Na fachada norte a temperatura superficial máxima alcançou 41,4°C na célula de bloco cerâmico, enquanto que na célula de tijolo solo-cimento a máxima foi de 34,6°C, ou seja, uma diferença de quase 7°C. Valores próximos a este se repetiram nas outras fachadas – próximo a 8°C na fachada leste, pouco mais de 8°C na fachada oeste e quase 5°C na fachada sul.

4. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados apresentados, pode-se concluir que o protótipo construído com tijolo de solo-cimento contribuiu para melhores condições de conforto térmico, pois proporcionou menores temperaturas internas, e, conseqüentemente, menor ganho de calor. Além disso, esse tipo de tijolo é produzido sem queima, ou seja, com menor emissão de CO₂ para ser produzido, é mais econômico, pode ser fabricado no próprio canteiro de obras, e com isso pode ser mais acessível à população de baixa renda e utilizado com mais facilidade nos mutirões de autoconstrução.

Além disso, uma comparação notável é a diminuição do uso de material, pois o bloco de cerâmica necessita de um acabamento para que o ambiente fique agradável esteticamente, bem como protegido de infiltrações, necessitando de reboco e algum tipo de revestimento. Já as construções de tijolo de solo-cimento não precisam ser revestidas, apenas impermeabilizadas, gerando economia em revestimentos e/ou acabamentos.

Em relação às temperaturas superficiais das fachadas, essas foram, de maneira geral, maiores que as temperaturas internas do ambiente; com isso, pode-se inferir que a tipologia do material construtivo é de extrema importância para gerar condições de conforto térmico. Ao sofrer a incidência da radiação solar, esse material esquenta, armazena calor, e contribui para o fluxo de calor para dentro do ambiente.

Em resumo, foi possível notar o melhor desempenho do protótipo de tijolo de solo-cimento, em relação ao conforto térmico, pois as temperaturas internas proporcionadas por esse tipo de fechamento obtidas foram menores e mais estáveis ao se comparar com o protótipo de bloco cerâmico. Com isso, entre as opções de economia e conforto o tijolo de solo-cimento pode ser considerado uma escolha adequada para vários tipos de construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. **Uma Linguagem de Padrões – A Pattern Language**. Bookman. Porto Alegre, 2013.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE: Fenestration - Handbook of fundamentals. Atlanta, 2004. Cap 27.

- MINKE, G. **Building with Earth – Design and Technology of a Sustainable Architecture**. Berlin. Fevereiro, 2006.
- REVUELTA-ACOSTA, A. J. D.; DIAS, A. G.; ZARAZÚA, S.; GARCIA, E. R. **Adobe as a Sustainable Material: A Thermal Performance**. Journal of Applied Sciences 10(19): 2211-2216, 2010.
- ZHAI, Z.; PREVITALI, J. M. **Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy performance evaluation**. Energy and Buildings 42, 357–365, 2009.