

COMPORTAMENTO TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

CUNHA, GISELE CALDAS DE ARAÚJO¹, LOPES NETO, JOSÉ PINHEIRO²,
NASCIMENTO, JOSÉ W. BARBOSA²

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Professora, Instituto Federal da Paraíba, IFPB, Campina Grande - PB, Fone: (0XX83) 88757276, giselecaldas.arq@gmail.com

²Doutor em Engenharia Agrícola, Professor, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande - PB.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O edifício serve de abrigo e permite modificar o entorno natural, filtrando, absorvendo ou repelindo os elementos do meio ambiente visando proporcionar condições ótimas de conforto ao homem que podem ser atingidas através da manipulação da forma, da orientação e dos elementos e materiais empregados no envelope construtivo. Objetivou-se com este trabalho analisar o comportamento térmico de paredes e cobertura além da influência das propriedades térmicas dos materiais sobre o desempenho térmico de uma nova tipologia de habitação de interesse social no Semiárido paraibano. Foram realizadas medições das temperaturas superficiais e do ar em sala e mezanino, durante o inverno, utilizando-se de termopares conectados a datalogger programado para coleta de dados horários. Apesar de a edificação atender aos requisitos de desempenho térmico das normas brasileiras, ao longo do dia as temperaturas superficiais internas das paredes mantiveram-se dentro da zona de conforto, atingindo à noite valores inferiores ao recomendado; as temperaturas superficiais internas da cobertura alcançaram valores máximo e mínimo fora da faixa, indicando inadequação do sistema de cobertura. Portanto, paredes e cobertura com maior inércia térmica e a adição de substratos isolantes ou forros com áticos ventilados são medidas adaptativas apropriadas.

PALAVRAS-CHAVE: ambiência; temperatura superficial; envelope construtivo

THERMAL BEHAVIOR OF THE ENVELOPE IN HOUSING OF SOCIAL INTEREST

ABSTRACT: The building serves as a shelter and allows you to modify the natural environment, filtering, absorbing or repelling the elements of the environment in order to provide optimal comfort conditions for the man that can be achieved through manipulation of the shape, the orientation, and the elements and materials employed in its building envelope. The aim of this study was to analyze the thermal behavior of walls and roof and also the influence of the thermal properties of materials on the thermal performance of a new social housing typology in Semiarid area in Paraíba. Measurements of surface and air temperatures were carried out in room and mezzanine, during winter, using thermocouples connected to a datalogger programmed to collect hourly data. Although the building meet the thermal performance requirements of the Brazilian standards, throughout the day the internal surface temperatures of the walls remained within the comfort zone, reaching at night lower values than the recommended; the roof internal surface temperatures reached maximum and minimum values out of the range, indicating inadequate coverage system adopted. Therefore, walls and roof with higher thermal inertia and the addition of insulating substrates or ceilings with ventilated attics are appropriate adaptive strategies.

KEYWORDS: environment; surface temperature; building envelope

INTRODUÇÃO: Projetar edificações energeticamente eficientes envolve o conhecimento acerca dos mecanismos de transferência de calor advindo do ambiente exterior, visando à associação de diferentes materiais e espessuras às condições desejadas de conforto térmico. O uso coerente das propriedades térmicas dos materiais pode contribuir para o controle dos picos diários de temperatura interna e disponibilização temporal adequada do calor acumulado nos elementos da envoltória.

No Brasil, existe uma ampla demanda por soluções que contemplem estas questões em habitações de interesse social nas quais os usuários dependem quase exclusivamente de meios passivos para obtenção do conforto térmico interno. Nesse âmbito, a adoção de soluções construtivas de baixo custo e de fácil execução é prática muito comum, sendo de grande relevância o resultado de pesquisas sobre a influência da absorvância, do uso de isolantes térmicos e ventilação natural nas temperaturas internas e superficiais da envoltória, a exemplo das realizadas por MICHELS et al. (2008), BOUGIATIOTI et al. (2009), ABREU ET AL. (2011), PEREIRA & GHISI (2011) e APICER (2012).

Com esse estudo objetiva-se avaliar o comportamento térmico de paredes e cobertura, em uma habitação de interesse social com tipologia de coberta diferenciada, diante da manipulação das aberturas de ventilação, visando auxiliar a tomada de decisões quanto às intervenções projetuais necessárias para melhor adequação desta tipologia residencial às especificidades climáticas de um fragmento do Semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS: A habitação, da qual sala e mezanino foram escolhidos como meio experimental, encontra-se descrita detalhadamente em CUNHA (2013); está localizada no município de Campina Grande-PB ($7^{\circ}16'8''S$, $35^{\circ}55'27''O$), cujo clima predominante é quente e úmido com chuvas de outono e inverno- AS', segundo Köppen; possui paredes em tijolos cerâmicos de 8 furos pintadas na cor branca ($U= 2,42 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, $C_T= 172,96 \text{ kJ.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, $\phi= 3,58$ horas, $\alpha= 0,20$), coberta com estrutura em madeira e cobertura em telhas cerâmicas avermelhadas ($U= 4,55 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, $C_T= 18,00 \text{ kJ.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, $\phi= 0,30$ horas, $\alpha= 0,75$). Durante o experimento, encontrava-se sem utilização.

O experimento foi composto de 03 tratamentos (janelas, bandeiras e combogós fechados - JBCfe; bandeiras e combogós abertos - Bab_Cab; janelas, bandeiras e combogós abertos - JBCab), aplicados das 8 às 17 h, cada um com 05 dias de medição, de maio a julho de 2013. Para coleta e armazenamento dos dados de temperaturas de bulbo seco e superficiais de paredes e cobertura foi utilizado um datalogger CR1000 - programado para coleta de dados instantâneos de temperatura a cada hora - ao qual foram conectados 13 termopares do tipo T devidamente calibrados; esses dados foram acessados por meio do software PC200W. Os sensores para medição da temperatura de bulbo seco foram localizados no centro geométrico da sala e do mezanino; os de medição das temperaturas superficiais, nas faces externas e internas das paredes Leste, Norte e Oeste - todos a 1,50 m de altura relativa ao piso; aqueles fixados nas faces externas foram devidamente isolados da radiação solar; o sensor para medição da temperatura do ar exterior foi fixado a 4 m de distância da fachada Norte, no interior de um abrigo meteorológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nas Figuras 1A a 1C são apresentadas as curvas geradas a partir das médias horárias por tratamento para a temperatura do ar externa (T_{bs} externa) e as temperaturas externas das paredes Leste (T_s ext par SL_L) e Norte (T_s ext par SL_N) da sala, além daquelas Norte (T_s ext par MZ_N) e Oeste (T_s ext par MZ_O) do mezanino.

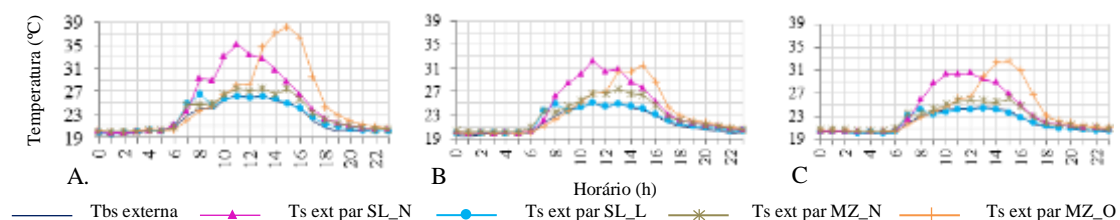


Figura 1. Curvas da T_{bs} externa e das temperaturas superficiais externa das paredes: para JBCfe (A), Bab_Cab (B), JBCab (C)

A comparação entre os resultados das temperaturas externas das paredes da sala em cada tratamento permite observar que para Ts ext par SL_L, durante o período em que ocorre a combinação entre aumento da radiação solar e pequena parcela de área sombreada (entre 6 e 8 h), os valores médios horários das temperaturas da face externa tendem à elevação gradativa, afastando-se da Tbs externa em até 2,5 °C, voltando a decrescer quando aumenta o sombreamento da fachada; a partir de então, a cada hora, a diferença máxima entre as Ts ext par SL_L e Tbs externa é de 0,7 °C.

Na parede Norte da sala, as médias da temperatura externa apresentam valores crescentes a partir das 6 h, ultrapassando a Tbs externa. Os valores médios máximos da Ts ext par SL_N ocorrem entre 10 e 12 h; a diferença entre as médias das Ts ext par SL_N e da Tbs externa, chega a 8,7 °C. Comparando as médias da Ts ext par MZ_N com as da Ts ext par SL_N, nos tratamentos, observa-se comportamentos desiguais - com diferença de até 2,2 °C, a despeito da mesma orientação. Infere-se que tal disparidade é resultante da localização dos sensores relativa ao beiral da coberta. As curvas da Ts ext par MZ_O possuem, nos dois tratamentos, trajetórias similares às da Tbs externa, entre 0 e 9 h, com valores horários médios, muito próximos, pois a parede está sombreada em sua totalidade; após este período verifica-se o afastamento dessas trajetórias até que, a partir das 12 h, as diferenças entre Ts ext par MZ_O e Tbs externa aumentam atingindo até 13 °C, por volta das 15 h.

Observa-se, em concordância com BOUGIATIOTI et al. (2009), que as temperaturas externas das paredes sofreram alterações em razão da incidência direta dos raios solares e da radiação refletida pelo entorno; sendo assim a orientação, a absorvidade e o grau de sombreamento da face externa das paredes foram de grande relevância.

Nas Figuras 2A a 2C são apresentadas as curvas geradas a partir das médias horárias por tratamento para a temperatura do ar na sala e no mezanino (Tbs SL e Tbs MZ) e as temperaturas internas das paredes Leste e Norte da sala (Ts int par SL_L e Ts int par SL_N) e Norte e Oeste do mezanino (Ts int par MZ_N e Ts int par MZ_O).

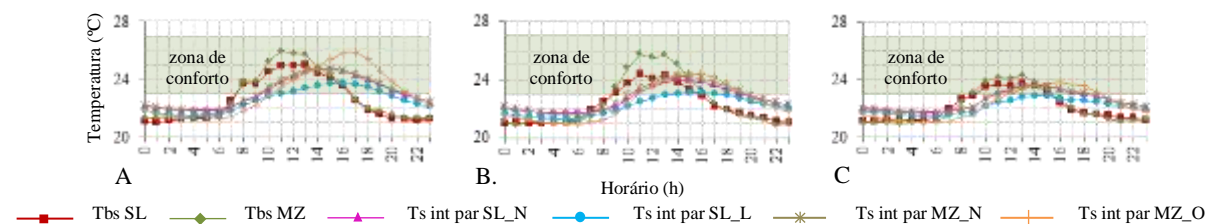


Figura 2. Curvas da Tbs na sala e no mezanino e das temperaturas superficiais internas das paredes: para JBCfe (A), Bab_Cab (B) e JBCab (C)

Ainda que as temperaturas máximas das faces externas das paredes Leste e Oeste tenham registrado valores bastante díspares (ΔT de até 12 °C) verifica-se que isto não se reflete nas temperaturas máximas das faces internas que, na parede frontal chega a 23,7 °C enquanto na posterior a 25,8 °C ($\Delta T= 2,1$ °C), evidenciando a relevância da baixa transmitância térmica sobre os ganhos internos de calor pelos fechamentos verticais. As máximas ocorreram sempre durante JBCfe pois a Tbs externa foi a mais elevada no período experimental; a maior amplitude térmica em Ts int par SL_L foi de 2,2 °C e de 2,8 °C para Ts int par MZ_O. Apesar de o atraso térmico atender aos requisitos constantes nas normas brasileiras referentes ao desempenho térmico de edificações, fechamentos verticais com maior inércia térmica seriam benéficos ao conforto da edificação no inverno vez que as maiores temperaturas internas de paredes ocorreram no período entre 14 e 15 h e que as temperaturas internas mínimas em sala e mezanino foram registradas entre 0 e 2 h.

É possível concluir então que as temperaturas internas das paredes foram substancialmente influenciadas pela inércia e resistividade térmica dos materiais do sistema de vedação vertical, enquanto as diferentes taxas de ventilação proporcionadas pelos tratamentos não provocaram efeitos significantes no comportamento da Ts int par. De acordo com PEREIRA e GHISI (2011) as propriedades térmicas dos componentes do invólucro exercem maior influência no desempenho térmico de uma edificação mesmo que ocupada e com ventilação natural.

Devido ao baixo atraso térmico, toda alteração de temperatura registrada na face superior da cobertura foi simultaneamente anotada em sua face inferior, conforme pode se observar nas Figuras 3A a 3C.

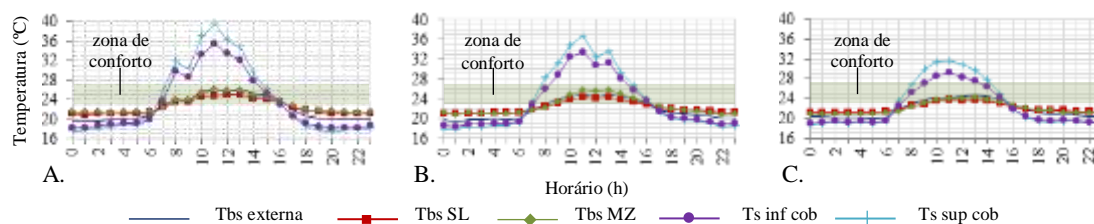


Figura 3. Curvas das temperaturas do ar exterior, na sala e no mezanino e das temperaturas superficiais da coberta: para JBCfe (A), Bab_Cab (B) JBCab (C)

As curvas de Ts sup cob e Ts inf cob apresentam similaridade de comportamento nos três tratamentos, entretanto, ao longo do dia, é possível observar dois padrões de comportamento distintos entre 6 e 18 h. À noite, as temperaturas superficiais da coberta, sempre abaixo da Tbs externa, apresentam valores médios, a cada hora, muito próximos entre si, em função de suas características de porosidade e alta transmitância térmica, sendo que as temperaturas médias superficiais inferiores foram pouco maiores que as superiores, de vez que, as médias horárias de Tbs SL e Tbs MZ foram mais elevadas que as de Tbs externa, alterando o sentido do fluxo de calor nas trocas térmicas. Durante o dia, com a radiação solar incidindo sobre a cobertura, os valores médios das temperaturas superficiais ultrapassaram os da Tbs externa em decorrência da cor da face externa e do grau de inclinação da cobertura.

MICHELS et al. (2008) encontraram que o uso de telhas porosas - com relação às esmaltadas - e de telhas brancas - comparadas às avermelhadas - reduz a temperatura da superfície interna da cobertura em mais de 15 °C e 12 °C, respectivamente. ABREU et al. (2011) observaram que as temperaturas superficiais foram menores nas telhas marfim que nas cinza. Em telhados de duas águas, o ângulo de inclinação das coberturas exerce maior influência, evidenciada em inclinações superiores a 30°, sobre as necessidades de resfriamento do ambiente interno, que sua orientação (APICER, 2012).

Em função desses resultados recomenda-se a adição de substratos isolantes ou forros com áticos ventilados à cobertura a fim de minorar a perda de calor para a cobertura à noite - quando Tbs SL e Tbs MZ registram valores abaixo da zona de conforto, sinalizando possível desconforto por frio - e o ganho de calor advindo da cobertura, principalmente no período entre 10 e 14 h, quando é previsto desconforto por sensação de calor.

CONCLUSÕES: As propriedades térmicas dos materiais são mais influentes sobre o comportamento térmico do envelope construtivo que a ventilação natural. As temperaturas superficiais internas das paredes indicam necessidade de incremento da inércia térmica enquanto as temperaturas superficiais internas da cobertura indicam inadequação do sistema adotado. Como medida adaptativa, recomenda-se a adição à cobertura de substratos isolantes ou forro com áticos ventilados.

REFERÊNCIAS:

- ABREU, P. G. DE; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. DOS S.; CONCEIÇÃO, V. DA; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1193-1198, 2011.
- APICER. **Estudo do comportamento térmico das coberturas com telhas cerâmicas**. Coimbra: CTCV, 2012. 62p.
- BOUGIATIOTI, F.; EVANGELINOS, E.; POULAKOS, G.; ZACHAROPOULOS, E. The summer thermal behaviour of “skin” materials for vertical surfaces in Athens, Greece as a decisive parameter for their selection. **Solar Energy**, v. 83, p.582-598, 2009.
- CUNHA, G. C. DE A. **Influência da tipologia de coberta e aberturas de ventilação no conforto térmico em habitação de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.
- MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, v.40, p.445-451, 2008.
- PEREIRA, C. D.; GHISI, E. The influence of the envelope on the thermal performance of ventilated and occupied houses. **Energy and Buildings**, v.43, p.3391-3399, 2011.