

Estudo comparativo do comportamento térmico de quatro sistemas de cobertura. Um estudo experimental para reação frente ao calor

AUTORES

FRANCISCO VECCHIA

*Departamento de Hidráulica
e Saneamento*

*Escola de Engenharia
de São Carlos - Brasil*

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo procura mostrar de forma experimental o estudo comparativo do comportamento térmico de quatro sistemas de cobertura tradicionais em nosso país. Foram testados o aço galvanizado, o fibrocimento e o cerâmico. Além disso, foi também analisada a cobertura de aço galvanizado, aplicando-se uma camada de poliestireno de 150mm. O experimento aplicou o conceito de dia típico experimental, de acordo com Vecchia (2005), e analisou comparativamente as temperaturas superficiais interiores de quatro células de teste idênticas, em dia de domínio de uma massa tropical atlântica (mTA), de característica seca e quente, com ocorrência de céu claro e com valor máximo da radiação solar global de aproximadamente 900W/m².

Os resultados indicaram que os valores obtidos para todos os sistemas de cobertura sem isolamento térmico incorporado apresentaram, na maior parte do dia, temperaturas superficiais internas acima dos 30°C, o que pode significar períodos de estresse térmico por ação do calor. A única exceção observada foi a cobertura de aço galvanizado com aplicação de isolamento térmico.

Entre as inúmeras conclusões possíveis, pode-se elencar a obrigatória necessidade de aplicação de subcoberturas, forros ou isolantes térmicos para atenuar a carga térmica entre o exterior e interior de edificações. Outro aspecto interessante notado foi a da pequena diferença apresentada entre as temperaturas superficiais da cobertura cerâmica e a da telha de fibrocimento. Finalmente, ainda pode-se acrescentar que as medições automáticas permitem observar e analisar o comportamento térmico de espaços interiores, que servem de referência para entender o processo de trocas térmicas e, além disso, aplicam-se ao processo de validação experimental de modelos matemáticos de simulação de desempenho térmico de edifícios.

2 METODOLOGIA

2.1 Análise climática

O dia 7 de novembro pôde ser tomado como típico das condições de calor que ocorrem na transição primavera-verão, período em que vastas regiões do estado de São Paulo, caracterizam-se pelo domínio de massas tropicais, geralmente, secas e quentes. O céu nesse dia se manteve claro, com reduzida presença de nuvens, verificada pela curva de formato quase parabólico no gráfico da radiação solar global, que apontou um valor máximo de 872 W/m^2 , das 11h e 20 min às 11h 44 min.

As Normais Climatológicas de 1961 a 1990, tomadas como referência em relação aos valores experimentalmente obtidos, conforme indica a figura 1, permite adotar o referido dia como dia típico experimental, uma vez que a temperatura máxima registrada no dia 7/11 é de 29.8°C , que é maior do que a temperatura média das máximas, apontada pelas Normais Climatológicas que é de 25.5°C .

Apresenta, portanto, uma diferença de aproximadamente 4°C . Logo esse dia é mais quente que os dias habituais segundo indicam as temperaturas médias máximas obtidas pelas Normais Climatológicas. As temperaturas mínimas, também, apresentam uma diferença significativa, com valor de 3.6°C , sendo 19.6°C registrado para a temperatura mínima das medições experimentais e 16.0°C o valor expresso pelas Normais. O que, também, conduz à conclusão de que o dia tomado como representativo ou típico da estação é mais quente que o habitual, incluindo-se o período noturno.

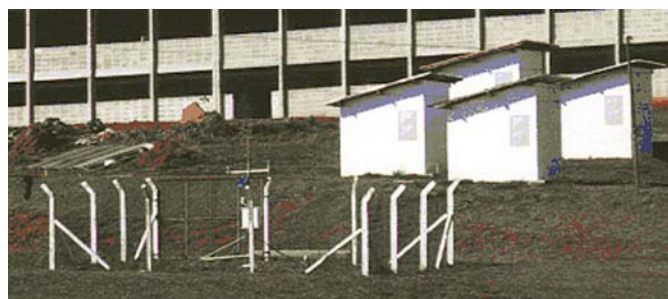


Figura 1 - Vista geral da estação meteorológica automática para a aquisição dos dados climáticos, à esquerda, em primeiro plano da foto. Ao fundo, à direita, as células de teste (protótipos) destinadas ao estudo e à análise das variáveis do comportamento térmico dos sistemas de cobertura.

No entanto, a amplitude térmica para os dias respectivamente, experimental e estatístico, é respectivamente de 10.3°C e 9.7°C , e pode ser considerada compatível para ambos os períodos. Logo, o dia 7/11 pode ser tomado como adequado para a análise comparativa do comportamento térmico de distintas células de teste, principalmente, face a sua reação frente ao calor.

	Normais Climatológicas de 1961-1990 ($^\circ\text{C}$) Mês de novembro	Valores registrados durante o dia típico experimental ($^\circ\text{C}$) Dia 7 de novembro
Tx (temp externa máxima)	25.5	29.8
Tmed (temp ext média)	21.1	24.1
Tm (temp ext mínima)	16.0	19.6
$\bullet t$ (Amplitude térmica)	9.7	10.3

Quadro 1 - Comparativo entre os valores experimentais e estatísticos, do mês de novembro, em relação ao clima para a região de São Carlos (SP).

2.2 Descrição das células de teste

Foram construídas quatro células de teste idênticas, variando-se apenas o sistema de cobertura, composto apenas de estrutura de apoio e do telhado. A base possui forma retangular com 2.30×2.70 metros, e altura média de 2.70 metros. Alvenaria de tijolos maciços com 100mm de espessura, com portas e janelas de madeira que permaneceram fechadas ao longo do experimento, que visava, especialmente, analisar a reação dos distintos sistemas de cobertura frente ao calor. A figura 2 ilustra a conformação das células de teste.

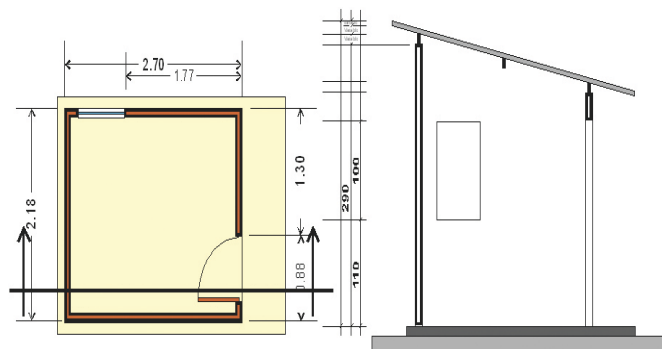
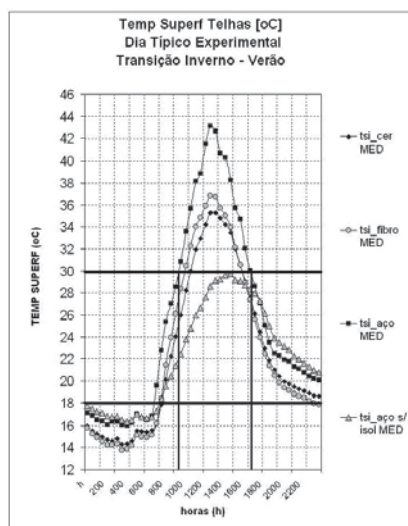


Figura 2 - Esquema das células de teste. À esquerda em planta $2.20 \times 2.70 \text{ m}$, janela e porta. À direita, corte representativo, com pé direito médio de 2.70 m . Os quatro protótipos estão orientados na direção Norte - Sul para evitar sombreamentos indesejados nas paredes e para também favorecer a incidência dos ventos predominantes.

2.3 Descrição do equipamento de medição

O equipamento adotado foi composto por uma estação meteorológica automática CR 10X, Campbell Scientific, que, da mesma forma, registrou os dados das temperaturas superficiais (tsi) e temperatura do ar (tbs) no interior das células de teste. As medições de temperaturas, tomadas no centro geométrico de cada célula de teste, foram realizadas por meio de termopares tipo T (cobre-constantin), 2x24 AWG, com abrigos de proteção de PVC, aspirados ininterruptamente por ventoinhas elétricas, ao longo das medições.

3. RESULTADOS OBTIDOS



Valores da temperatura superficial dos quatro sistemas de coberturas sem forro, em dia típico experimental, ao longo de 24 horas.

A ação da energia incidente sobre os quatro sistemas de cobertura pode ser percebida por meio dos diferentes valores das respectivas temperaturas superficiais internas médias apresentadas pelos distintos telhados. O gráfico, a seguir, mostra o resultado das medições realizadas em dia típico experimental ao longo de 24 horas, sendo tomados registros das temperaturas superficiais, a cada 20 segundos e totalizados em médias horárias, que perfazem 180 medições por hora de medição.

Primeiro, cabe ressaltar que no intervalo, aproximadamente, entre 10 e 17 horas todas as superfícies: aço galvanizado, cerâmica e fibrocimento, estão acima dos 30°C, correspondendo à situação de estresse térmico por calor, se adotado, hipoteticamente, esse valor como limitante superior de conforto térmico. Valor que é igualmente próximo aos 31°C⁽¹⁾ da temperatura 2005

superficial de pele, que favorece os ganhos térmicos por meio da radiação de onda longa, no sentido envolvente para a pele.

No entanto, os valores apresentados pela superfície de aço galvanizado, com aplicação de isolamento térmico de poliestireno de 150 mm, situa-se abaixo da linha dos 30°C, portanto, dentro dos limitantes de conforto térmico, ao longo de todo o dia.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No período de aproximadamente 10 até aproximadamente às 18 horas, os valores das temperaturas superficiais superaram os 30°C, ou seja, ao longo de todo o período vespertino, no qual é crítico o ganho térmico, sobretudo, pelo sistema de cobertura, responsável pela maior parte da carga térmica em uma edificação térrea. Pode-se verificar que ao longo de todo o período vespertino há ocorrência de temperaturas elevadas, acima de 30°C, com exceção do aço galvanizado com isolamento térmico. Esse fato significa que devem ocorrer trocas térmicas por radiação de onda longa, do sentido da cobertura para o interior das células de teste.

Ao longo do período noturno, assim como nos períodos de frio intenso, que não foi objeto do presente artigo e da investigação, os valores das temperaturas superficiais, igualmente, indicam a necessidade de colocação de subcoberturas, forros ou dispositivos de isolamento térmico visando minimizar as perdas térmicas no sentido interior-exterior. No período noturno, após, às 22 horas, as temperaturas superficiais interiores se apresentam abaixo de 18°C, indicativo de possível ocorrência de estresse térmico pelo frio. Fato que indica a necessidade de correção térmica, isolamento ou barreira de radiação.

5. CONCLUSÕES

As conclusões do experimento indicam a necessidade primordial de adicionar subcoberturas, forros ou outros dispositivos de isolamento térmico para barrar as trocas de calor, especialmente na reação frente ao calor, isto é, aos ganhos de calor através da cobertura. Ressalte-se que as células de teste (protótipos) eram semelhantes, pois tinham as mesmas características construtivas, a mesma implantação no terreno e mesma orientação das aberturas (janelas e porta de madeira, que permaneceram sempre fechadas durante as medições automáticas) havendo variação apenas no sistema

de cobertura de aço galvanizado termicamente isolado, no qual foi aplicado o isolamento térmico de isopor.

No caso de reação frente ao frio, a indicação das medições obtidas, temperaturas superficiais próximas ou inferiores aos 18°C, permitem concluir quanto à necessidade de utilização de subcoberturas, forros ou qualquer dispositivo de proteção em relação às perdas térmicas noturnas, que ocorrem por meio de transmissão de calor por radiação, também denominadas perdas por radiação noturna.

Finalmente, a proximidade das temperaturas superficiais mínimas, no período noturno, conduz a preocupação que os dispositivos e as propriedades térmicas dos materiais e dos elementos construtivos têm ação menor sobre os efeitos cli-

máticos (exteriores), na atenuação térmica de perdas térmicas, do que em sua reação frente ao calor. Ou seja, a atuação dos sistemas passivos como a resistência e a capacidade térmica se apresentaram com ação atenuadora mais efetiva impedindo os ganhos térmicos do que em sua perda.

Por isso, sugere-se a colocação de dispositivos de proteção para impedir as trocas térmicas entre as variáveis do clima e os ambientes interiores, uma vez que, apenas, a utilização de telhas na composição do sistema de cobertura não é suficiente para garantir o adequado comportamento térmico em edificações, principalmente nos períodos de calor.

(1) A temperatura da pele pode variar de 31 a 34°C sem sofrer estresse térmico de calor, enquanto que a temperatura interna do organismo humano vale cerca de 37°C, segundo Auliciems & Szokolay (1997).

Referências

AULICIEMS, A. & SZOKOLAY, S. V. (1999): Thermal comfort. PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture, Department of Architecture, The University of Queensland.

VECCHIA F. (1996): Relatório técnico CSN sobre comportamento termico comparativo de sistemas de cobertura. São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC USP.

VECCHIA F. (1997): Clima e Ambiente Construído. A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano. São Paulo, FFLCH USP, Departamento de Geografia.

A revista Construção Metálica comunica que os Artigos Técnicos enviados para esta Seção deverão conter informações técnicas gerais, não configurando propaganda. E-mail: imprensa@abcem.org.br

Anuncie na revista

construção metálica®

Publicação Especializada da Associação Brasileira da Construção Metálica

Contato:
3816.6597
marketing@abcem.org.br