

Uso de barreiras de radiação para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar em edificações

Use of radiant barriers to reduce errors in temperature measurements inside buildings

Miriam Jerônimo Barbosa
Roberto Lamberts
Saulo Guths

Miriam Jerônimo Barbosa
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Edificações e
Saneamento
Universidade Estadual de
Londrina
Caixa Postal 6001
Londrina- PR - Brasil
CEP 86051-990
Tel.: (43) 3371-4455
E-mail: mjb@uel.br

Roberto Lamberts
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Córrego Grande
Florianópolis - SC - Brasil
CEP 88040-970
Tel.: (48) 3331-5193
E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

Saulo Guths
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Tel.: (48) 3331-9851
E-mail: saulo@lmpt.ufsc.br

Recebido em 02/10/08
Aceito em 17/12/08

Resumo

Este trabalho apresenta uma contribuição para o procedimento de medição de temperaturas do ar no interior de edificações. O objetivo é demonstrar que existe influência da incidência de radiação de onda longa nas medições de temperaturas do ar e que esse efeito pode ser minimizado mediante o uso de uma proteção, abrigo ou barreira de radiação adequada. Essa proteção pode ser confeccionada com garrafa PET revestida por papel aluminizado, funcionando como barreira de radiação de onda longa. Em paralelo, pôde-se comprovar também que é possível substituir o globo metálico do termômetro de globo por um globo de material plástico sem prejudicar os resultados obtidos nas medições de temperaturas de globo.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Medição de temperatura do ar. Radiação. Barreira de radiação.

Abstract

This paper presents a contribution for air temperature measurement inside buildings. The objective is to show the influence due to long wave radiation in the measurement and that this effect can be minimized by a protection with a good radiant barrier. This protection can be made by using a PET bottle enveloped by aluminum paper, which has the effect of a barrier for long wave radiation. It was also possible to prove that the metallic globe of the globe thermometer can be replaced by a plastic globe material, without alteration on the results.

Keywords: Thermal performance. Air temperature measurements. Radiation. Radiation shields.

Introdução

A obtenção de dados para avaliação do desempenho térmico de edificações através do procedimento por medição foi facilitada pelo surgimento de equipamentos registradores e armazenadores eletrônicos de temperatura e outros sinais (*data-loggers*). Esses equipamentos permitiram que o levantamento de dados de campo fosse automatizado, tornando o procedimento mais fácil e viável. Entretanto, Longobardi e Hancock (2000) alertam para o fato de que a temperatura gravada nos armazenadores é uma resultante de parte da temperatura do ar e parte da temperatura radiante.

Assim, a maneira como é feita a instalação do equipamento pode alterar o resultado por influência de radiações de onda longa decorrentes da presença da massa dos elementos construtivos, de outras fontes de calor existentes no ambiente, ou até mesmo da incidência de radiação solar direta nos sensores. Esse aspecto requer maior atenção quanto ao posicionamento do sensor no ambiente e quanto à proteção do sensor com barreiras de radiação.

Quanto à questão referente a barreiras de radiação de ondas curtas, Erell, Leal e Maldonado (2005) fizeram testes em 14 abrigos ou barreiras de radiação sendo 14 de fabricação caseira e 2 de fabricação comercial. Os abrigos ou barreiras estavam protegendo sensores para medição de temperatura do ar em ambiente externo (urbano). As medições foram feitas para comparar com medições usando abrigo padrão Stevenson (abrigo de madeira com pintura externa branca, venezianas para sombreamento e entrada e saída de ar). As medições foram feitas durante alguns dias de verão e alguns dias de inverno.

Os abrigos caseiros foram feitos, na maioria com tubos de PVC de 50 mm a 75 mm de diâmetro, alguns revestidos com papel aluminizado, outros com material isolante e outros sem revestimento, tendo sido oito posicionados na vertical e três na posição horizontal.

Os melhores resultados obtidos (mais próximos do abrigo padrão Stevenson) foram no abrigo feito com tubo de PVC com diâmetro de 75 mm, posicionado na horizontal, revestido com alumínio, e depois em dois modelos confeccionados com bolas plásticas de diâmetro maior (150 mm e 122 mm), onde havia maior possibilidade de ventilação natural.

A ISO 7726 (1998) (Ergonomics of the Thermal Environments – Instruments for Measuring Physical Quantities) especifica cuidados com a instrumentação e procedimentos para medições de quantidades físicas no ambiente interno. Quanto à posição do sensor de temperatura do ar, esta norma sugere alturas e localizações para a sua instalação no ambiente e recomenda que o sensor deva ser efetivamente protegido de qualquer efeito da radiação térmica provinda de paredes aquecidas ou resfriadas, mas deixa livre a escolha da localização e tipo de barreira de radiação.

Todas as facilidades representadas pela automação da coleta de dados de temperatura do ar e outros sinais no interior de edificações, despertaram o interesse de pesquisadores brasileiros envolvidos com a questão do desempenho térmico de edificações. Como consequência, surge um questionamento: como está sendo resolvida a localização e a proteção do sensor de medição de temperatura do ar nos trabalhos dos pesquisadores brasileiros?

Para identificar os cuidados adotados por pesquisadores brasileiros quanto a essa questão, fez-se um resgate através de um levantamento das pesquisas realizadas com medições de temperaturas do ar no interior de edificações utilizando-se sistemas automáticos de aquisição de dados.

O levantamento foi realizado nos anais dos Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (Encac) e Encontro de Tecnologia no Ambiente Construído (Entac), no período de 1999 a 2007, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 1.

Nº	Pesquisadores	Localização dos sensores	Alturas dos sensores (m)	Proteção contra radiação
1	Papst (1999)	Locais aleatórios. Ex.: sobre móveis, colado em rodapés etc.	Alturas aleatórias. Ex.: sobre móveis, colado em rodapés etc.	Os sensores no exterior foram recobertos com alumínio
2	Faria e Kaneko (2001)	Centro das salas	Sobre carteiras 0,70	Abrigo meteorológico no exterior
3	Andreasi (2001)	A 1,50 m do plano das janelas	2,10	Dentro de gaiolas de tela galvanizada
4	Marroquim e Barbirato (2003)	Não especificado	Não especificado	Não especificado
5	Barbosa et al. (2003)	Colados em paredes internas das salas	Acima de 2,00	Sem proteção
6	Adriazola e Krüger (2003)	Fachada sul, protegido por beiral e brise	Não especificado	Revestidos com folhas de alumínio
7	Dornelles e Roriz (2004)	No centro do ambiente	1,70	Sensores no interior de recipientes de alumínio, com aberturas para ventilação
8	Krüger et al. (2005)	Coleta interna no centro geométrico	Não especificado	Coleta externa em caixas de madeira branca ventiladas
9	Dencker e Lamberts (2005)	Sobre móveis	0,6 a 0,7 (Dorm.) 0,9 a 1,00 (Sala)	Não especificado
10	Morais e Roriz (2005)	Não especificado	Não especificado	Dentro de recipiente de alumínio com ventilação natural
11	Pasquotto, Fontes e Salcedo (2006)	Suspensos no centro do teto	30 cm do forro	Não especificado
12	Lima e Krüger (2006)	Ponto central da moradia	2,20 m do piso	Não especificado
13	Passos Barbirato (2006)	Centro do ambiente	1,5 m do chão	Protegidos da radiação solar direta
14	Krüger, Suetake e Adriazola (2006)	Centro geométrico das células	Não especificado	Não especificado
15	Torres, Barbirato, Leal e Candido (2006)	Em apartamentos no térreo e no último pavimento	Não especificado	Não especificado
16	Costa, Labaki e Araújo (2007)	Na escada de segurança	1,5 m a 2 m da base	Ventilada com proteção plástica de cor branca
17	Venâncio, Pedrini e Lima (2007)	Em 4 salas térreas e 4 salas do 1º pavimento	Não especificado	Não especificado
18	Pasquotto e Salcedo (2007)	No centro da cobertura de 2 salas	A 30 cm do forro no inverno e 10 cm do forro no verão	Não especificado

Tabela 1 - Posições, alturas e proteções adotadas por pesquisadores brasileiros para o sensor de temperatura do ar em medições realizadas no interior de edificações

Em resumo, cada trabalho adotou diferentes tipos de cuidados individualmente, ora contemplando a ventilação natural, ora reforçando a barreira de radiação, mas tudo de maneira não uniforme. Isso ocorre por falta de uma orientação normativa para padronizar detalhadamente o procedimento de medição de dados de temperatura do ar no interior de edificações.

O objetivo deste trabalho é demonstrar que existe uma influência da incidência de radiação de onda

longa nos resultados de temperaturas do ar, obtidos por medições com sistemas automatizados de aquisição de sinais, e que esse efeito pode ser neutralizado mediante o uso de uma proteção, abrigo ou barreira de radiação adequada. Em paralelo, aproveitando a montagem do experimento, um teste foi realizado para verificar a diferença no registro de temperaturas no termômetro de globo, quando são utilizados globos de materiais metálicos e não metálicos.

Metodologia

Os equipamentos utilizados para os testes foram os sistemas de aquisição de sinais (*data-loggers*) do tipo HOBO H8, medidores, registradores e armazenadores de dados de temperatura e umidade. Entre os equipamentos disponíveis no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (Labeee) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foram escolhidos seis equipamentos, sendo quatro sensores internos e dois sensores externos, conforme a Figura 1.

O Quadro 1 apresenta a especificação técnica do fornecedor e o código de identificação dos seis sensores escolhidos para teste neste trabalho.

Os testes foram realizados dentro de uma sala interna, fechada e sem possibilidade de trocas térmicas com o meio ambiente externo, localizada dentro do Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termo-Físicas (LMPT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Os equipamentos calibrados foram submetidos a um campo de radiação de onda longa, juntamente com dois sensores padrão de referência (do ar e de globo). Esses dois sensores foram do tipo termopar (Tipo T, AWG 26, isolamento PVC, diâmetro 0,4049 mm). Os sensores padrão de referência foram devidamente calibrados e certificados pelo LMPT. O sensor do tipo termopar, considerado padrão de referência da temperatura do ar (T_{ar}), permaneceu em contato com o ar do ambiente, mas protegido do lado exposto para a fonte de radiações de onda longa através de uma dupla barreira confeccionada por duas embalagens de papel aluminizado do tipo marmitex, formando uma concha semi-aberta, conforme foto e desenho esquemático no Quadro 2, item 1. As temperaturas registradas nesse termopar foram consideradas como padrão ou referência de temperaturas do ar da sala (T_{ar}).

O sensor do tipo termopar, de referência da temperatura de globo usado para estimar a temperatura radiante, permaneceu fechado no interior de um globo metálico de 9 cm de diâmetro, pintado com tinta preta fosca, conforme foto e desenho esquemático no Quadro 2, item 2. O sensor foi posicionado dentro do globo, visando aumentar os ganhos de calor por radiação de onda longa (absorvida pela superfície metálica escura do globo). As temperaturas registradas nesse sensor foram consideradas como padrão ou referência de temperaturas de globo (T_{globo}).

Dentro da sala do LMPT, um campo radiante de onda longa foi gerado por uma fonte de radiação formada por uma resistência aquecedora com potência nominal de aproximadamente 800 W (aquecedor elétrico comercial do tipo radiante), conforme foto e desenho esquemático no Quadro 2, item 3. A potência do aquecedor pôde ser variada em 25%, 50%, 75% e 100%, com o auxílio de um variador de voltagem.

Os sensores, considerados padrões de referência (T_{ar}) e (T_{globo}), foram montados suspensos no ar em um suporte linear, junto com os equipamentos a serem testados, a uma distância aproximada de 2,5 m da fonte geradora de radiação. A Figura 2 apresenta o posicionamento da fonte geradora de radiação de onda longa em relação aos equipamentos de teste e aos sensores padrão de referência (do ar e de globo).

Os equipamentos foram posicionados com uma distância entre si de 10 cm a 20 cm aproximadamente, de forma a receberem todos a mesma influência do campo de radiação. No início de cada ensaio, os equipamentos permaneceram posicionados durante aproximadamente 1 h dentro da sala fechada e isenta de qualquer fonte de radiação, para estabilização das temperaturas. Durante o período de estabilização, os equipamentos já estavam realizando a aquisição de dados.

Os equipamentos do tipo HOBO foram programados para fazer registro de 30 em 30 s. Os termopares (T_{ar}) e (T_{globo}) foram conectados a um sistema de aquisição de dados e também foram programados para fazer aquisição de dados de 30 em 30 s. Após o período de estabilização, a fonte de radiação era acionada. Os ensaios foram realizados com a potência da fonte variando entre 25% e 100%.

A intensidade do campo de radiação (q_{rad}) foi estimada através da informação do termômetro de globo (T_{globo}), padrão de referência, de 9 cm de diâmetro. De acordo com Incropera (1992), o coeficiente de troca de calor por convecção em um ambiente com velocidade muito baixa pode ser considerado igual a $5 \text{ W/m}^2\text{K}$, ocorrendo na região próxima de toda a superfície da esfera do termômetro de globo. Pode-se considerar que o fluxo radiante (q_{rad}) incide somente na metade da superfície da esfera do termômetro de globo (para efeito de cálculo). A esfera ou globo também troca calor na forma radiante com o entorno ou ambiente, e esse entorno pode ter sua temperatura considerada igual à temperatura do ar (T_{ar}), conforme esquema da Figura 3.



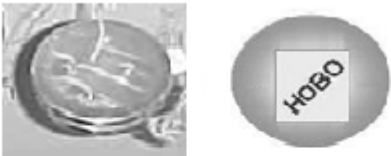
Figura 1 - Sensores de temperatura escolhidos para serem submetidos à calibração e a testes com radiação de onda longa

Nº	Especificação técnica do fornecedor	Código de identificação neste trabalho
1	Tipo simples H08-003-02, HOBO RH Temp. (sensor interno)	HB1i
2	Tipo simples H08-003-02, HOBO RH Temp. (sensor interno)	HB2i
3	Tipo H08-007-02, HOBO RH Temp 2 x External. (sensor interno)	HB2E1i
4	Tipo H08-007-02, HOBO RH Temp 2 x External. (sensor interno)	HB2E2i
5	Cabos ou canais externos do tipo TMC6-HA de 6 pés de comprimento (aproximadamente 1,8 metros), (sensor externo)	HB2E1e
6	Cabos ou canais externos do tipo TMC6-HA de 6 pés de comprimento (aproximadamente 1,8 metros), (sensor externo)	HB2E2e

Quadro 1 - Sensores de temperatura escolhidos para teste, especificação técnica do fornecedor e o código de identificação neste trabalho

Item	Foto / Desenho esquemático	Descrição	Código de identificação neste trabalho
1		Termopar padrão de referência para registro da temperatura do ar, com sua dupla barreira de radiação	Tar
2		Termopar padrão de referência para registro da temperatura de globo inserido dentro de globo metálico de 9cm	Tglobo
3		Fonte de radiação formada por um aquecedor elétrico comercial do tipo radiante	Fonte de radiação
4		HOBORH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) com canal externo (sensor externo) conectado	HB1i e HB2E1e
5		HOBORH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) com canal externo (sensor externo) protegido com papel aluminizado sem ventilação	HB1i e HB2E1e externo encapsado alum.
6		HOBORH TEMP (sensor interno) encapsado com papel aluminizado colado com cola pritt	HB1i encapsado alum.
7		HOBORH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) e canal externo (sensor externo) encapsados com papel aluminizado	HB1i encapsado alum. e HB2E1e encapsado alum.
8		HOBORH TEMP (sensor interno) dentro de proteção formada por dois recipientes de papel aluminizado, do tipo usado como marmite para transporte de alimentos, grampeados nas bordas para impedir a ventilação no seu interior.	HB1i dentro de Marmite alum. fechada
9		HOBORH TEMP (sensor interno) dentro de proteção formada por um recipiente de papel aluminizado, do tipo marmite, disposto com sua abertura para baixo e com proteções laterais constituídas de abas formadas por tampas de marmite grampeadas na borda, permitindo ventilação	HB1i dentro de Marmite alum. aberta

Quadro 2- Fotos e desenhos esquemáticos representando os equipamentos testados com os modelos de barreiras de radiação e outros acessórios usados

10		HOBOT RH TEMP (sensor interno) dentro de cilindro horizontal formado por papel aluminizado com ventilação lateral	HB1i dentro de cilindro alum. horizontal
11		HOBOT RH TEMP (sensor interno) dentro de cilindro vertical confeccionado com garrafa PET, encapado com papel aluminizado. A parte inferior, aberta para entrada de ar, e na parte superior, aberturas laterais para saída de ar. Proteção superior contra radiação.	HB1i dentro de PET vertical alum.
12		HOBOT RH TEMP (sensor interno) dentro de proteção confeccionada de polietileno com papel aluminizado interno e aberturas laterais para ventilação	HB1i dentro de abrigo de Polietileno
13		HOBOT RH TEMP (sensor interno) dentro de recipiente metálico (médio brilho), do tipo usado para transporte de alimentos com aberturas para ventilação entre tampa e o recipiente (vista lateral).	HB1i dentro de Marmitta alumínio comum
14		HOBOT RH TEMP (sensor interno) dentro de recipiente metálico polido (alto brilho), do tipo usado para transporte de alimentos com aberturas para ventilação entre tampa e o recipiente (vista da tampa).	HB1i dentro de Marmitta alumínio polido
15		HOBOT RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) dentro de cilindro vertical PET aluminizado, ventilado e canal externo (sensor externo) dentro de globo metálico.	HB2E1i dentro de PET vertical alum. e HB2E1e dentro de globo
16		HOBOT RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) com canal externo (sensor externo) dentro de globo de plástico tipo "bola de natal" pintado de preto fosco.	HB2E1i e HB2E1e dentro da bola de natal

Quadro 2 (continuação) - Fotos e desenhos esquemáticos representando os equipamentos testados com os modelos de barreiras de radiação e outros acessórios usados

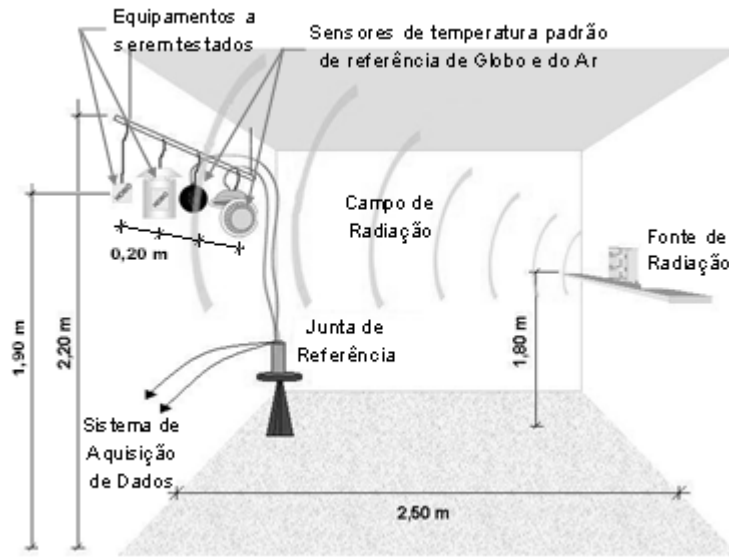


Figura 2 - Esquema interno da sala fechada do LMPT/UFSC, onde foram realizados os testes com barreiras de radiação

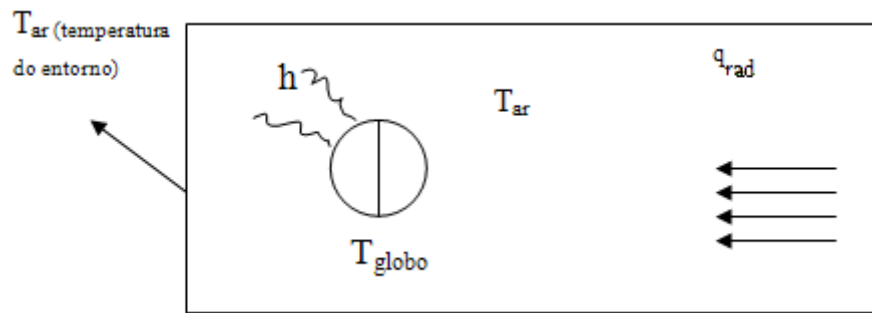


Figura 3 - Esquema básico de configuração do balanço de energia

O balanço de energia em regime permanente pode ser escrito como:

$$\alpha q_{rad} \frac{A}{2} = h A (T_{globo} - T_{ar}) + \varepsilon \sigma A (T_{globo}^4 - T_{ar}^4) \quad (1)$$

onde (A) é a área superficial da esfera ou globo e (h) o coeficiente de trocas por convecção, (α) é a absorvância, (ε) é a emissividade da esfera ou globo e (σ) é a constante de Stephan-Boltzmann ($5,6 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$). Como o termômetro de globo é pintado com uma tinta orgânica, com emissividade em ondas longas próxima de 1, pode-se considerar $\alpha = \varepsilon = 1$. Considerando-se um coeficiente de troca de calor por convecção (h) igual a $5 \text{ W/m}^2\text{K}$, o fluxo radiante (q_{rad}) pode ser escrito como:

$$q_{rad} = 10(T_{globo} - T_{ar}) + \sigma(T_{globo}^4 - T_{ar}^4). \quad (2)$$

Dessa forma, se houver uma diferença de temperatura de 2°C entre o (T_{globo}) e o (T_{ar}), isso indica que existe no ambiente uma fonte de radiação da ordem de 26 W/m^2 .

O campo de radiação ao qual os sensores ficaram submetidos pode ser considerado equivalente a uma temperatura radiante média do entorno (T_p), conforme esquema da Figura 4.

Fazendo um balanço de energia em regime permanente e considerando $q_{rad} = q_{conv}$, chega-se a:

$$\varepsilon \sigma A (T_p^4 - T_G^4) = h A (T_G - T_{ar}) \quad (3)$$

ou

$$T_p^4 - T_G^4 = \frac{h}{\varepsilon \sigma} (T_G - T_{ar}) \quad (4)$$

$$T_p = \left[T_G^4 + \frac{h}{\varepsilon \sigma} (T_G - T_{ar}) \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

onde: T_p = temperatura radiante média do entorno; T_G = temperatura de globo; q_{rad} = intensidade do campo de radiação; q_{conv} = calor trocado por convecção; ε = emissividade a baixa temperatura; σ = constante de Stephan-Boltzmann = $5,6 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$; A = área superficial da esfera ou globo; e h = coeficiente de troca de calor convectivo.

Considerando $h = 5$, $\varepsilon = 1$ (por ser uma esfera de cor negra) e $\sigma = 5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, tem-se que uma diferença de 1,8 K entre o termômetro de globo e a temperatura do ar equivale a uma temperatura da parede com 3 °C acima da temperatura do ar.

Por exemplo, se $T_{\text{ar}} = 27 \text{ °C}$, pode-se dizer que a fonte de radiação incidente utilizada nos testes corresponde a temperaturas superficiais de elementos construtivos, ou objetos quaisquer emitindo radiações de onda longa a uma distância média de 2,5 m, conforme a Tabela 2. Portanto, cada potência de radiação incidente utilizada nos testes corresponde a uma temperatura superficial que pode ser de um elemento construtivo.

Calibração dos sensores usados nos testes

A calibração dos seis sensores escolhidos foi realizada no Laboratório de Temperatura e Umidade do Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras (Fundação CERTI), na UFSC. No procedimento de calibração, cada sensor foi submetido a um meio termicamente controlado, junto com um termômetro padrão, até atingir as temperaturas de 18 °C, 24 °C e 30 °C. Essas temperaturas foram estabelecidas por se tratar de uma faixa que abrange os limites aceitáveis para ocupação humana. Após o sistema atingir cada

temperatura estabelecida, aguardou-se um período de 10 min para garantir a estabilidade térmica e iniciar-se a calibração. Para cada sensor, foram realizados 10 ciclos de medição, com intervalos de 1 min entre as leituras.

Com os dados obtidos, foram geradas as curvas de calibração de cada sensor. A partir das curvas foram obtidos os polinômios para correção dos dados medidos pelos sensores. As Figuras 5 e 6 apresentam como exemplo as curvas e a equação correspondente para correção dos dados obtidos nos sensores HB1i e HB2E2e respectivamente.

As correções foram feitas somando-se ou diminuindo-se os valores que aparecem no eixo vertical aos valores obtidos nos sensores. A equação foi inserida em planilha eletrônica, em coluna paralela aos dados obtidos na medição de campo com os sensores. Cada valor obtido foi considerando como valor de x, e a correção como valor de y, a ser acrescentado ou diminuído do valor de x. Assim, obteve-se para cada valor medido um valor corrigido, ou seja, para cada curva de temperaturas medidas pelos sensores foi obtida uma nova curva de temperaturas corrigidas. A Tabela 3 apresenta um exemplo de alguns valores obtidos nas medições e suas respectivas correções.

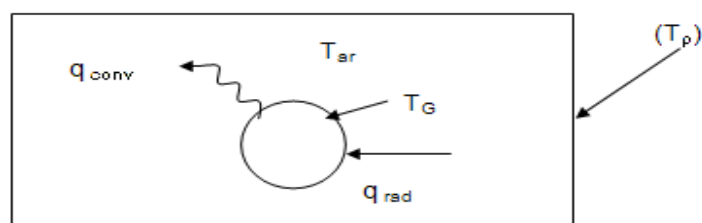


Figura 4 - Esquema explicativo para demonstração de equivalência da fonte de radiação utilizada nos experimentos com a temperatura superficial de elementos construtivos

Potência da fonte de radiação (%)	Fluxo radiante Q_{rad} (w/m ²)	Diferença entre temperatura de globo e do ar ($T_{\text{globo}} - T_{\text{ar}}$) (K)	Temperatura de uma superfície equivalente à fonte de radiação (°C)
0%	-1,39	-0,10	27,21
25%	-2,09	-0,15	27,28
50%	4,91	0,35	28,12
75%	16,23	1,14	29,51
100%	25,62	1,78	30,47

Tabela 2 - Temperaturas correspondentes de superfícies equivalentes por potência da fonte de radiação incidente nos testes realizados

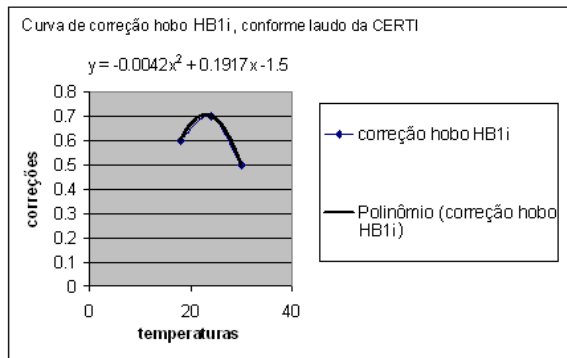


Figura 5 - Curva e equação de correção do (HB1i)

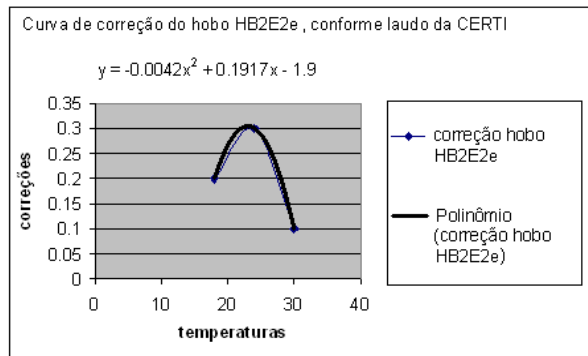


Figura 6 - Curva e equação de correção do (HB2E2e)

Temperatura coletada no sensor HB1i	Temperatura coletada no sensor HB2E2e	Temperatura corrigida sensor HB1i	Temperatura corrigida sensor HB2E2e
25,95	26,34	26,60	26,58
25,95	26,34	26,60	26,58
25,95	26,34	26,60	26,58
25,95	25,95	26,60	26,20
25,95	25,95	26,60	26,20
25,95	25,95	26,60	26,20
25,95	25,95	26,60	26,20
25,95	25,95	26,60	26,20
25,56	25,95	26,22	26,20
25,95	25,95	26,60	26,20

Tabela 3 - Exemplos de alguns valores obtidos nos sensores e respectivas correções a partir do polinômio de calibração

Testes para confirmar o campo de radiação difuso e homogêneo

Para garantir que os equipamentos na plataforma de teste estivessem recebendo a mesma quantidade de radiação e confirmar a homogeneidade do campo radiante, fez-se um teste preliminar no qual o sensor T_{globo} e o sensor HB1i (sem proteção) foram posicionados na plataforma de teste e distanciados entre si em aproximadamente 20 cm. Esses sensores foram submetidos a um campo de radiação moderado (aproximadamente 20 W/m²) junto com o sensor T_{ar} . Após o período de estabilização e após 30 min com a fonte de radiação ligada, reposicionaram-se o HB1i, sem proteção, e o T_{globo} , assumindo cada qual a posição original do outro.

Na Figura 7, observa-se através de alterações na curva de temperaturas dos sensores T_{ar} e T_{globo} o momento no qual a posição do globo foi invertida com a posição do sensor HB1i, devido às perturbações na curva. Em seguida, as curvas retomam a mesma direção inicial, confirmando que o campo de radiação que incide nos equipamentos tem característica difusa e homogênea.

Para reforçar esse raciocínio, a Tabela 4 apresenta as posições relativas nos esquemas de montagem dos equipamentos HB1i e T_{globo} para confirmar a homogeneidade do campo difuso de radiação utilizado nos experimentos e os resultados obtidos na diferença das temperaturas ($T_{\text{globo}} - \text{HB1i}$).

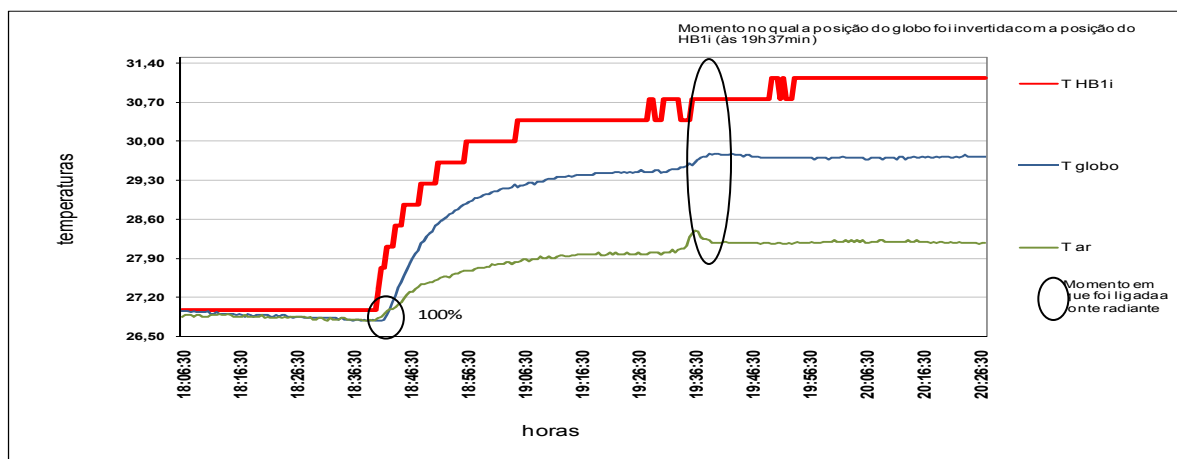


Figura 7 - Curva de temperaturas para teste do campo difuso e homogêneo de radiação

Esquemas de Montagem	Tipo de Configuração	$T_{\text{GLOBO}} - T_{\text{HB1i}}$ (K)
A (Antes da inversão de posições do HOBO com o globo)	 Campo de Radiação	1,5 K
B (Após a inversão de posições do HOBO com o globo)	 Campo de Radiação	1,5 K

Tabela 4 - Posições relativas nos esquemas de montagem dos equipamentos HB1i e T_{globo} e respectivas diferenças das temperaturas obtidas ($T_{\text{globo}} - T_{\text{HB1i}}$)

No esquema B da Tabela 4 houve a troca de posição entre o HB1i e o T_{globo} com relação ao esquema A. Embora as posições tivessem sido invertidas, os valores de diferenças obtidos foram idênticos (1,5 K), mostrando que a troca de posição dos sensores não traz alterações nos resultados encontrados. Portanto, isso confirma a homogeneidade do campo de radiação na seção de teste.

Uma vez identificado que o campo de radiação, ao qual os equipamentos e demais sensores estavam expostos, apresentava reais características de um campo difuso e homogêneo, prosseguiu-se para as demais etapas de testes, sendo possível comparar o efeito dos tipos de barreiras de radiação a serem testados.

Testes para definir o modelo de barreira de radiação mais eficaz

Considerou-se uma barreira ou proteção eficaz aquela que permite a maior semelhança entre a

leitura no sensor protegido e a leitura no termômetro padrão de referência do ar (T_{ar}).

Para melhor compreensão dos experimentos realizados, remete-se novamente ao Quadro 2, que apresenta as fotos e os desenhos esquemáticos dos equipamentos testados com ou sem os modelos de barreira de radiação e outros acessórios usados nos experimentos.

Inicialmente foram feitos testes com os sensores embrulhados com papel aluminizado juntamente com sensores sem nenhuma proteção, para observar as diferenças obtidas nas medições com e sem proteção, em presença da radiação de onda longa, conforme os itens 4, 5, 6, e 7 do Quadro 2.

Após a confirmação do efeito da barreira com o papel aluminizado, resolveu-se testar o efeito da existência de uma câmara de ar entre o sensor e a barreira de radiação, e também o efeito da renovação da massa de ar existente na câmara formada entre a barreira e o sensor.

A barreira de radiação com câmara de ar fechada (sem ventilação natural) foi montada a partir de dois recipientes de papel aluminizado do tipo usado como marmitex para transporte de alimentos, dispostos um de frente para o outro e grampeados nas bordas para impedir a renovação da massa de ar no seu interior, conforme o item 8 do Quadro 2.

A barreira de radiação com câmara de ar aberta (com ventilação natural) foi montada também com a utilização de um recipiente de papel aluminizado do tipo marmitex para transporte de alimentos. O recipiente ficou disposto com sua abertura para baixo e com reforço de proteções laterais, sendo essas constituídas de abas formadas por tampas de marmitex grampeadas na borda, de forma a permitir a circulação do ar por baixo e entre as proteções laterais, conforme o item 9 do Quadro 2.

Os testes foram realizados com potência progressiva da radiação incidente para permitir a visualização dos patamares de estabilização das temperaturas registradas. Assim, após o período de estabilização, a fonte geradora de radiação foi ligada com potência de 25%. Após 30 min, alterou-se a potência da fonte geradora de radiação para 50%. Após mais 30 min, foi feita nova alteração na potência da fonte geradora de radiação

para 75%. Por fim, após mais 30 min, a potência da fonte geradora de radiação foi para 100%.

Resultados obtidos

Uma vez definida a metodologia a ser utilizada no experimento, iniciou-se uma bateria de testes para observar as diferenças de temperatura do ar obtidas nos equipamentos com e sem a proteção de diversos modelos de barreiras de radiação. Em seguida, fez-se um estudo estatístico envolvendo as situações mais destacadas com os resultados obtidos nos testes para definir o modelo de barreira de radiação mais adequado para medições no interior de edificações e, finalmente, aproveitando o experimento montado, fez-se o teste para observar as diferenças existentes nas medições de temperatura de globo usando globo metálico e globo plástico.

Resultados obtidos nos testes com diversos modelos de barreiras de radiação

As Figuras 8 e 9 apresentam os resultados com barreira de radiação contendo câmara de ar com e sem ventilação natural.

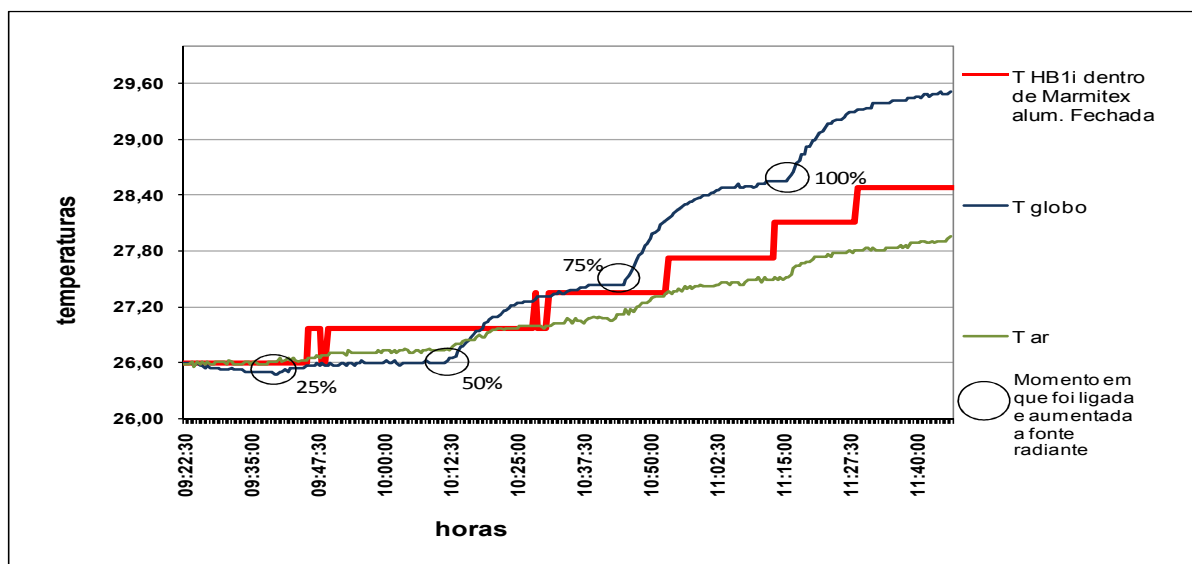


Figura 8 - Curva de temperaturas para teste da barreira de radiação com câmara de ar sem ventilação natural

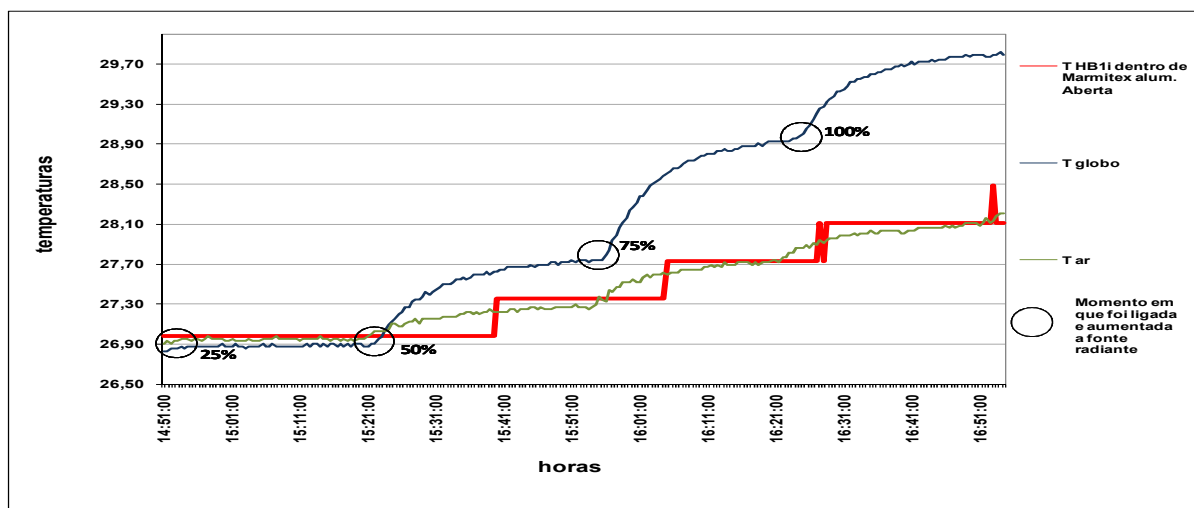


Figura 9 - Curvas de temperaturas para teste da barreira de radiação com câmara de ar com ventilação natural

Comparando-se os resultados dos gráficos das Figuras 8 e 9, percebe-se a importância da ventilação natural no abrigo ou barreira de radiação, o que leva a curva de temperaturas registradas no sensor HOBO HB1i a coincidir com a curva de temperaturas padrão, registrada no termopar do ar (T_{ar}) no gráfico da Figura 9.

Considerando a importância da ventilação natural na barreira de radiação, partiu-se para a definição de um modelo mais aperfeiçoado (simples, menor, fácil de transportar e mais durável). A primeira tentativa foi um cilindro com 10 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento confeccionado com papel aluminizado, disposto horizontalmente, que permitia a circulação de ar pelas laterais, conforme item 10 da Tabela 3.

O resultado apresentado no gráfico da Figura 10 demonstra a pouca eficiência do cilindro horizontal com ventilação natural através das aberturas laterais. Isso pode ser comprovado observando-se que a curva de temperaturas registradas no HOBO (HB1i) protegido pelo cilindro horizontal com ventilação natural através das aberturas laterais

aparece acima da curva de temperaturas registradas no termopar padrão de temperatura do ar (T_{ar}).

Com base nesse resultado, decidiu-se testar um cilindro vertical com ventilação natural de baixo para cima. A barreira de radiação foi formada por um cilindro aproveitado de garrafa PET de 2 litros, encapada com papel aluminizado, conforme o item 11 da Tabela 3, cuja parte superior foi retirada e invertida. Janelas foram abertas para permitir a saída do ar na parte superior, sem se descuidar da proteção aluminizada superior, rebatendo possíveis radiações provenientes do teto do ambiente. Nesse teste foram introduzidos mais dois sensores: um HOBO HB2E1i, dentro de recipiente metálico de alto brilho com ventilação natural lateral, conforme o item 14 da Tabela 3, e o canal externo do HOBO HB2E1e, dentro de proteção de plástico com ventilação natural lateral, conforme o item 12 da Tabela 3. Esses tipos de proteção ou barreiras de radiação foram testados por serem modelos de uso comum entre pesquisadores. O resultado de registro de temperaturas está mostrado no gráfico da Figura 11.

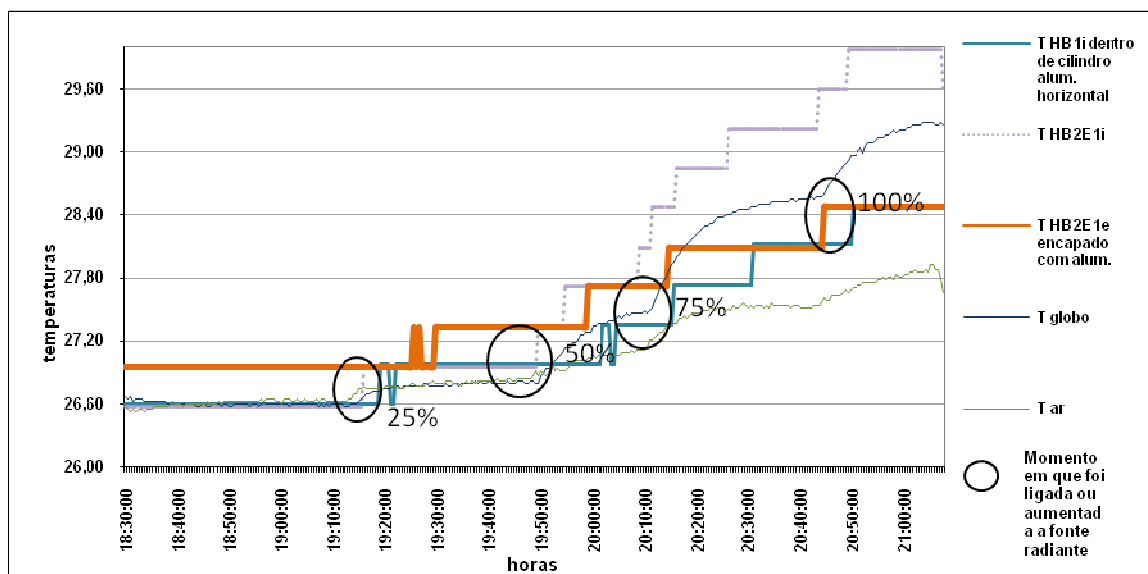


Figura 10 - Curvas de temperaturas para teste da barreira de radiação formada por cilindro horizontal aluminizado, com ventilação natural pelas aberturas laterais

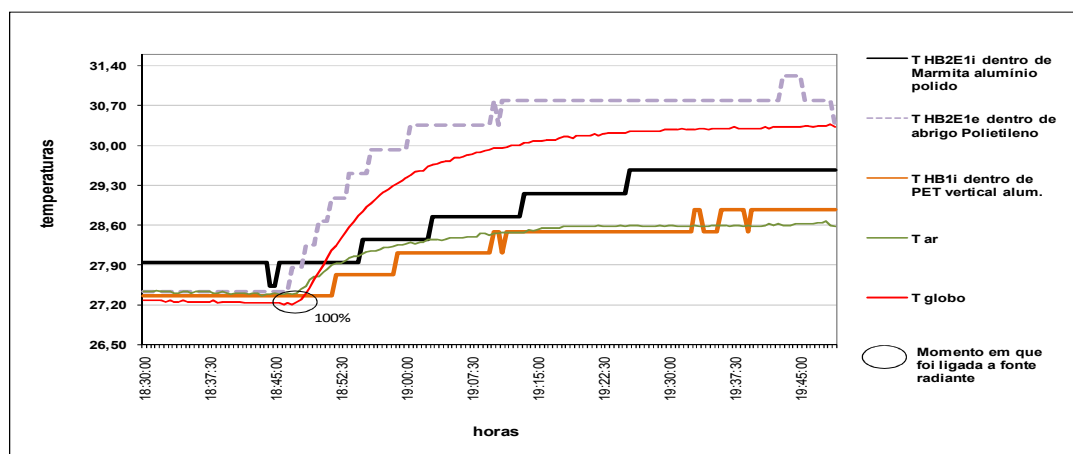


Figura 11 - Curvas de temperaturas para teste da barreira de radiação formada por cilindro vertical aluminizado PET com ventilação natural de baixo para cima e outros tipos de barreiras de radiação

Conforme demonstrado na Figura 11, ficou evidente a eficiência da barreira de radiação no modelo cilindro vertical PET aluminizado com ventilação natural de baixo para cima. Isso pode ser comprovado se for observado que a curva de temperaturas registradas no sensor HOBO, que estava dentro do cilindro vertical PET aluminizado com ventilação natural de baixo para cima, coincide com a curva de temperaturas do sensor termopar padrão de referência do ar (T_{ar}).

Observa-se também que a curva de temperaturas registrada no sensor HOBO dentro da marmita alumínio polido com ventilação natural não coincide com a curva de temperatura padrão do ar (T_{ar}), ficando acima desta. Ainda, pode-se observar que a curva de temperaturas registradas no sensor

HOBO dentro do abrigo de polietileno com ventilação natural lateral ficou mais acima da curva de temperatura padrão do ar (T_{ar}), indicando que esta proteção é menos eficiente que as demais testadas.

O último teste foi realizado com potência progressiva da radiação incidente para gerar os patamares de estabilização de temperaturas e analisar a relação entre as temperaturas registradas nos equipamentos considerados padrão e as temperaturas registradas nos demais equipamentos testados.

Decidiu-se neste teste inserir também uma proteção de garrafa PET menor para descobrir se a redução das dimensões da barreira de proteção

poderia prejudicar os resultados nos dados medidos. Também foi testada a possibilidade de manter o sistema de proteção sobre um apoio, fechando, dessa maneira, a abertura de entrada do ar por baixo da proteção de garrafa PET. Assim, fez-se um modelo com garrafa PET de 500 ml com a base obstruída por uma camada de espuma plástica.

Ainda no mesmo teste, foram colocados um HOBO HB2E2i desencapado (sem proteção) e um HOBO HB2E1i encapsado com papel aluminizado – tanto a caixa do sensor interno como o sensor externo HB2E1e.

O resultado do teste mostrado no gráfico da Figura 12 confirma a eficiência da barreira de radiação do modelo em cilindro vertical PET 2 litros, aluminizado, com ventilação natural de baixo para cima.

Pode-se observar que a curva de temperaturas registrada no sensor HOBO HB1i dentro do recipiente cilíndrico vertical PET de 500 ml aluminizado, sem ventilação natural de baixo para cima, não coincide com a curva de temperatura padrão do ar, ficando acima desta, o que demonstra que as dimensões reduzidas da garrafa PET e a

obstrução da entrada de ar por baixo prejudicam o efeito da barreira de radiação.

As curvas de temperaturas registradas nos sensores HB2E1i (interno) e HB2E1e (externo), protegidos com capa de papel aluminizado, aparecem acima da curva de temperatura padrão do ar e abaixo da curva de temperaturas considerada referência padrão de temperatura de globo (T_{globo}).

A curva de temperaturas registradas pelo sensor interno do HOBO HB2E2i sem proteção aparece acima da curva referência padrão de temperatura de globo (T_{globo}).

Com esses testes realizados, pode-se perceber a importância da ventilação natural, facilitada por aberturas maiores e localização estratégica de entrada de ar por baixo, com saída de ar por cima, no abrigo ou barreira de radiação.

Resultados estatísticos a partir dos testes com os diversos modelos de barreiras de radiação

A partir dos resultados obtidos no gráfico da Figura 12, foi feita uma análise estatística básica, apresentada na Tabela 5, para melhor compreensão desses resultados.

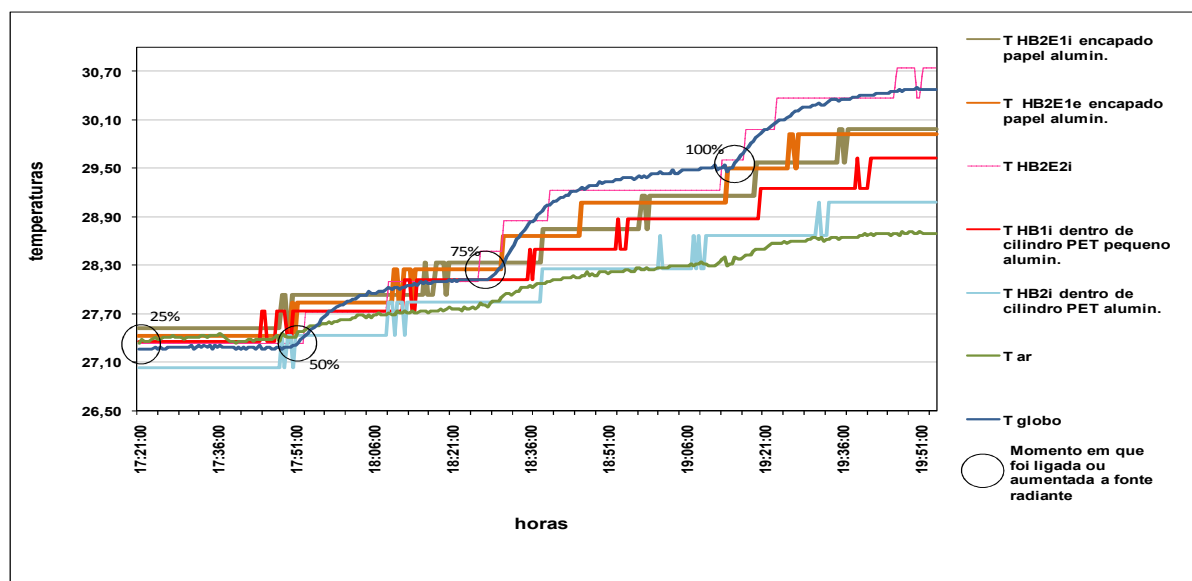


Figura 12 - Curvas de temperaturas resultantes do teste com potência progressiva da radiação incidente

Cálculos Estatísticos		Sensor interno encapado	Sensor externo encapado	Sensor interno sem proteção	Sensor interno dentro PET pequeno	Sensor interno dentro PET grande	T _{globo}	T _{ar}
Cálculo geral	Média	28,63	28,65	28,81	28,39	28,04	28,80	28,03
	Desvio padrão	0,84	0,90	1,15	0,75	0,69	1,15	0,47
Cálculo para 25% da potência	Média	27,52	27,43	27,33	27,38	27,03	27,28	27,39
	Desvio padrão	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,02	0,03
Cálculo para 50% da potência	Média	28,02	27,98	27,86	27,86	27,60	27,88	27,66
	Desvio padrão	0,19	0,24	0,27	0,20	0,23	0,27	0,10
Cálculo para 75% da potência	Média	28,79	28,88	29,09	28,57	28,20	29,15	28,17
	Desvio padrão	0,31	0,26	0,24	0,29	0,24	0,40	0,14
Cálculo para 100% da potência	Média	29,72	29,79	30,30	29,32	28,89	30,22	28,61
	Desvio padrão	0,30	0,21	0,31	0,26	0,21	0,28	0,11

Tabela 5 - Estatística básica obtida com os dados de temperaturas registradas nos equipamentos e modelos de barreira de radiação testados

No Quadro 3 são apresentados os cálculos obtidos com todos os 300 dados coletados para cada sensor no teste da Figura 12, que foi realizado durante 150 min, coletados de 30 em 30 s. Assim, a média do cálculo geral é a média dos 300 dados obtidos nas medições realizadas. O desvio padrão foi calculado tomando-se como referência os dados das temperaturas padrão do ar da sala (T_{ar}). Como os 300 dados medidos referem-se a diferentes potências da fonte de radiação, os resultados dos cálculos estatísticos são mostrados também separadamente por intensidade da fonte de radiação.

Pode-se observar que, na maioria das situações, as menores médias e os menores desvios padrão são apresentados pelos dados obtidos no sensor protegido pela barreira de radiação formada pela garrafa PET grande, de 2 L. Portanto, esse foi considerado o modelo mais adequado. A Tabela 5 apresenta a sequência de procedimentos para a montagem desse modelo de proteção ou barreira de radiação.

O resultado alcançado confirma o trabalho de Erell, Leal e Maldonado (2005), que, testando abrigos para medidores de temperaturas do ar em presença de radiação de ondas curtas, obteve os melhores resultados no abrigo com diâmetro

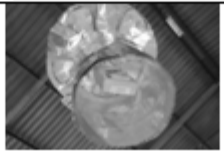
maior, revestido com alumínio, e onde havia maior possibilidade de ventilação natural.

Resultados obtidos variando o tipo de material do globo: metálico e plástico

Diante da disponibilidade da plataforma de testes, foi realizado um novo experimento para testar a utilização de um material mais simples e acessível no globo e verificar a diferença na medição. Nesse caso, foi adotado um globo de material plástico, encontrado para venda como enfeite de natal. Essas esferas apresentam-se com um diâmetro de 9 cm e podem ser pintadas com tinta de cor preta fosca na sua superfície externa.

No teste, um sensor do tipo termopar foi inserido no globo de plástico (bola de natal de 9 cm de diâmetro pintada de preto). O globo metálico permaneceu com o registro das temperaturas de globo (T_{globo}) obtidas no termopar inserido no globo metálico diâmetro 9 cm, também pintado de preto. O HOBO HB1i sem nenhuma proteção também fez parte desse teste.

Após o período de estabilização, o teste foi realizado com aumento progressivo da potência da fonte geradora de radiação. A Figura 13 apresenta o gráfico das temperaturas registradas.

Procedimento	Foto	Descrição
1		A barreira de radiação para os equipamentos do tipo HOBO pode ser montada usando-se como suporte uma garrafa PET de 2 litros. Para isto, deve-se cortar a garrafa a uma altura de 20 cm da sua base. A base da garrafa PET será a parte superior da proteção ou barreira de radiação.
2		Na base, cinco janelas serão abertas. As aberturas devem ser marcadas de forma triangular. O corte para a abertura das janelas deve ser feito aproveitando-se a estrutura da base da garrafa. Entre as aberturas deve-se deixar um espaço de 1,5cm.
3		Os cortes podem ser feitos com estilete ou com a ponta de uma faca aquecida. Na parte superior das aberturas, deve-se deixar, também, um espaço de 1,5cm sem corte. Isso, para manter a parte aberta unida à garrafa, e permitir o seu movimento para cima formando uma aba de chapéu.
4		As abas criadas pelo corte das aberturas formarão um suporte circular de 18 cm de diâmetro na parte superior da proteção. A altura total da proteção ficará com 20 cm e o diâmetro da abertura inferior ficará com 10cm. As aberturas laterais são triangulares com 4,5cm de altura e 4,5cm de largura na base do triângulo.
5		O equipamento HOBO deve ser amarrado com fio de nylon deixando-se um laço para permitir a sua suspensão dentro da proteção.
6		A suspensão do equipamento HOBO pode ser feita com um fio metálico de maneira que o HOBO permaneça abaixo das janelas e acima da abertura inferior da garrafa. O fio metálico é introduzido na garrafa PET através de um furo feito no centro do chapéu. A altura de fixação do fio metálico pode ser mantida através do seu retorcimento acima e abaixo do furo no chapéu para ancoragem.
7		O chapéu circular na parte superior deverá ser forrado por cima com papel alumínio de cozinha que funcionará como barreira das radiações provenientes da cobertura do ambiente. A parte lateral da garrafa também deverá ser forrada com alumínio, tanto na parte interna, como na externa, para barrar as radiações provenientes das paredes ou demais fontes de radiações existentes no ambiente. O forro com alumínio de cozinha deverá ser fixado na garrafa PET com cola de papel.
8		Vista inferior da barreira de radiação, na qual, percebe-se o equipamento HOBO, suspenso, dentro da proteção com espaços laterais suficientes para manter uma boa circulação de ar com acesso pela parte inferior da proteção e saída pelas janelas superiores da proteção.

Quadro 3 - Sequência de procedimentos para montagem do modelo de barreira de radiação

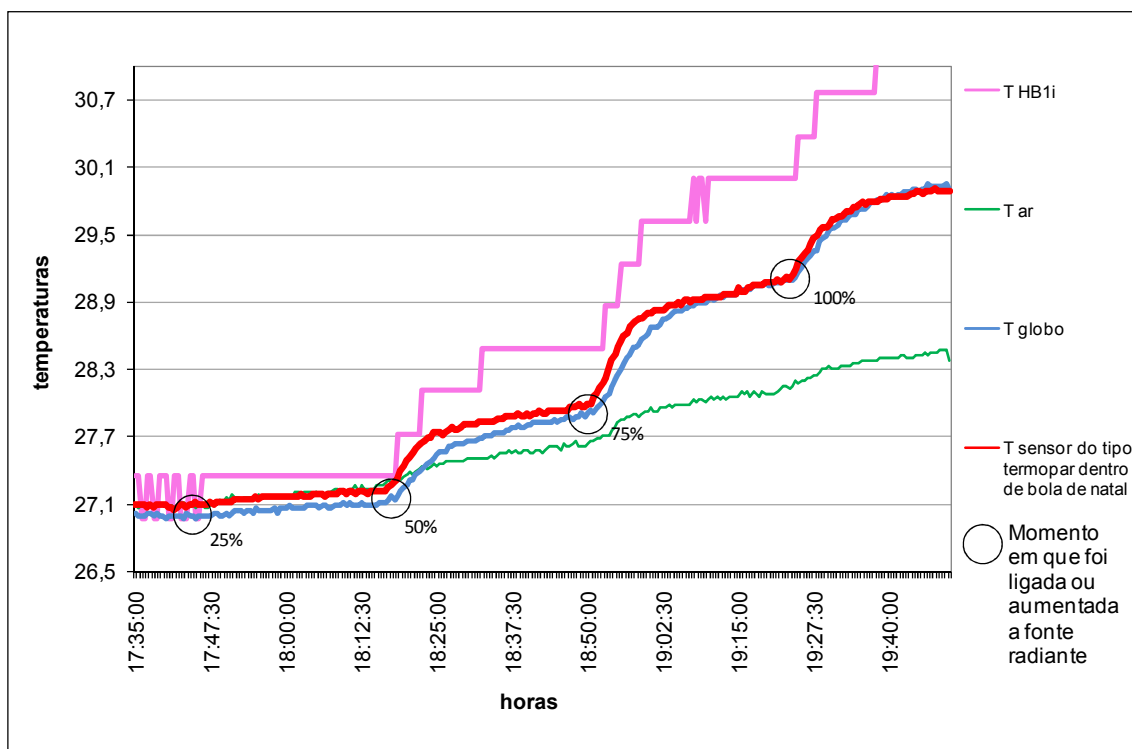


Figura 13 - Curvas de temperaturas registradas nos termômetros de globo metálico e globo de plástico (bola de natal)

As diferenças verificadas entre os registros no globo metálico e no globo de plástico variaram entre $-0,25^{\circ}\text{C}$ e $0,07^{\circ}\text{C}$, com média de $-0,08^{\circ}\text{C}$ e desvio padrão de $0,06$, o que confirma uma resposta térmica aceitável para o globo de plástico.

Conclusões

Os equipamentos testados apresentaram um erro máximo de $0,7^{\circ}\text{C}$ e mínimo de $0,1^{\circ}\text{C}$, resultando em um erro médio de $0,4^{\circ}\text{C}$. Tal resultado coincide com a própria resolução dos equipamentos HOB0, o que pode ser um erro conhecido e considerado nos resultados das medições.

Quando expostos à radiação, os equipamentos são influenciados pela presença de radiação de onda longa, podendo apresentar uma diferença de até $1,8^{\circ}\text{C}$, nos resultados registrados no sensor de temperatura medida.

A comunidade de pesquisadores tem utilizado os equipamentos sem proceder à etapa de calibração prévia. Na ausência de uma norma brasileira de medição, todos deveriam usar a ISO 7726 e a recomendação de proteção contra os efeitos da radiação de onda longa em medições nos ambientes internos de edificações.

As diferenças podem ser reduzidas se forem usadas barreiras de radiação protegendo os

equipamentos. Conforme os resultados deste trabalho, o modelo mais eficiente de barreira de radiação pode ser especificado com as seguintes características: a) deve ser envolvido com material aluminizado de alto brilho; b) deve permitir uma renovação da massa de ar existente entre o material aluminizado de alto brilho e o equipamento a ser protegido; c) deve ter aberturas nas partes inferior e superior, permitindo que a direção do movimento da massa de ar seja de baixo para cima, para facilitar a renovação da massa de ar; e d) as dimensões das aberturas de entrada e saída da massa de ar devem ser semelhantes para facilitar a renovação da massa de ar.

Sugerem-se, portanto, em procedimentos para medições de temperaturas do ar no interior de edificações: a) a calibração prévia dos equipamentos utilizados nessas medições e a correção dos valores obtidos, conforme demonstrado no item 2.1 deste artigo; e b) a adoção de uma proteção simples e acessível, conforme apresentado no Quadro 3 deste artigo.

Conclui-se também a aceitabilidade da substituição do globo metálico pelo globo de material plástico na medição das temperaturas de globo, uma vez que o resultado do teste realizado com o globo de plástico pintado de preto fosco apresenta valores muito semelhantes aos valores de temperaturas registrados no sensor inserido em globo metálico.

Referências

- ADRIAZOLA, Márcia K. O.; KRÜGER, Eduardo L. Avaliação do desempenho térmico de salas de aula do CEFET-PR, unidade de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.
- ANDREASI, W. A. **Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- BARBOSA, M. J. et al. Aperfeiçoamento e desenvolvimento de novos métodos para avaliação de desempenho para subsidiar a elaboração e revisão de normas técnicas In: ROMAN, H.; BONIN, L. C. (Org.). **Normalização e certificação na construção habitacional.** Porto Alegre: ANTAC, 2003. v. 3, p. 135-173.
- COSTA, A.; LABAKI, L.; ARAÚJO, V. Procedimentos metodológicos para medições em pontos fixos na área urbana In: ENCAC–ELACAC – ENCONTRO NACIONAL, 9., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007.
- DENCKER, K. C. G. L.; LAMBERTS, R. Monitoração de temperatura e umidade em duas residências localizadas na cidade de Manaus na estação de inverno In: ENCAC–ELACAC – ENCONTRO NACIONAL, 8., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.
- DORNELLES, K.; RORIZ, M. Efeitos da inércia térmica sobre as temperaturas internas de edificações na cidade de São Carlos, SP. In: ENCONTRO NACIONAL, 8., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.
- ERELL, E.; LEAL, V.; MALDONADO, E. Measurement of air temperature in the presence of a large radiant flux: an assessment of passively ventilated thermometer screens. **Boundary Layer Meteorology**, v. 114, n. 1, p. 205-231, 2005.
- FARIA, J. R. G.; KANEKO, P. M. Análise térmica das salas de aula do campus da UNESP – Bauru. In: ENCONTRO NACIONAL, 6., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.
- INCROPERA, F. O.; WITT, D. P. Fundamentos de transferência de calor e de massa. Rio de Janeiro: Guanabara, 1992.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) **ISO 7726:** Ergonomics of the Thermal Environments – Instruments for Measuring Physical Quantities. 1998.
- KRÜGER, E.; SUETAKE, G. Y.; ADRIAZOLA, M. K. O. Avaliação do desempenho térmico de coberturas constituídas de embalagens tetra pak. In: ENCAC–ELACAC – ENCONTRO NACIONAL, 8., E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.
- KRÜGER, E.; SUETAKE, G. Y.; ADRIAZOLA, M. K. O. Comparação do desempenho térmico de coberturas constituídas de embalagens TETRA PAK com manta reflexiva e placas de EPS. In: ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.
- LIMA, L.; KRÜGER, E. Clima e forma urbana: métodos de avaliação do efeito das condições climáticas locais nos graus de conforto térmico e no consumo de energia elétrica em edificações. In: ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.
- LONGOBARDI, M.; HANCOCK, M. Field trip strategies: towards understanding the passive thermal performance of buildings using the exemple of a case in Naple: dogana office building. In: TIA – INTERNATIONAL CONFERENCE FOR TEACHERS OF ARCHITECTURE P. 6.12, 3., Oxford. **Proceedings...** Oxford 2000.
- MARROQUIM, F. M. G.; BARBIRATO, Gianna M. Avaliação do desempenho térmico e condições de conforto de um conjunto habitacional horizontal na cidade de Maceió - AL. Brasil - Curitiba, PR. 2003. p. 393-400. ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., E CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE

EDIFICAÇÕES, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.

MORAIS, C.; RORIZ, M. Temperaturas em protótipo de edificação com cobertura ajardinada: São Carlos, SP, in: ENCAC-ELACAC – ENCONTRO NACIONAL, 8., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.

PAPST, A. L. **Uso de inércia térmica em clima subtropical - estudo de caso em Florianópolis-SC**. 1999. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PASQUOTTO, G. B.; SALCEDO, R. F. B.; FONTES, M. S. G. C. Conforto térmico em ambientes escolares nos períodos de verão e inverno: uma análise qualitativa e quantitativa do centro de convivência infantil da UNESP-Bauru. In: ENCAC-ELACAC – ENCONTRO NACIONAL, 9., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., Ouro Preto **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007.

PASQUOTTO, G. B.; FONTES, M. S. G. C.; SALCEDO, R. F. B. Avaliação do conforto térmico no centro de convivência infantil (CCI) da UNESP de Bauru-SP no período de inverno In: ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Florianópolis **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.

PASSOS, I. C. S.; BARBIRATO, G. Avaliação do desempenho térmico e estimativa das condições de conforto térmico de um sistema construtivo alternativo para habitações de interesse social. In: ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.

TORRES, S. C.; BARBIRATO, G. M.; LEAL, T. A.; CANDIDO, C. Os arranjos construtivos urbanos e sua influência no conforto térmico de espaços internos e externos: estudo de caso em conjuntos habitacionais verticais em Maceió. In: ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.

VENÂNCIO, R.; PEDRINI, A.; LIMA, C. Caracterização de variáveis de ocupação da reitoria da UFRN através do monitoramento de temperaturas internas e consumo energético In: ENCAC-ELACAC – ENCONTRO NACIONAL, 9., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Ouro Preto **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007.