DESENVOLVIMENTO DE ABRIGOS DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

Kamyla Barros (1); Karime Costa (2); Pedro Mattia (3); Kelen Dornelles (4)
(1) Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, kamyla_jannine@hotmail.com, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos-SP, (82) 99997-6006
(2) Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, karimezscosta@hotmail.com, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos-SP, (19) 99762-0307
(3) Bacharel em Física, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Técnico de laboratório do IAU-USP, pedro.mattia@usp.br, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos-SP, (16) 3373-8299
(4) Pós-doutora. Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, kelend@usp.br, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos-SP, (16) 3373-9285

RESUMO
Nas pesquisas climatológicas, especialmente as que envolvem medições, busca-se uma padronização na metodologia de coleta de dados, o que envolve a acessibilidade quanto aos equipamentos. As universidades nem sempre possuem recursos disponíveis para tais fins, assim, as pesquisas na área podem se beneficiar com a construção de abrigos meteorológicos alternativos de baixo custo. Esta pesquisa objetivou desenvolver e avaliar o desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo para equipamentos do tipo sensor HOBO, para medições de temperatura e umidade relativa do ar. Elaborou-se abrigos utilizando placa de poliestireno, tendo como referência o abrigo industrializado de modelo SQ15-S1260 da Squitter. Instalaram-se sensores com os abrigos desenvolvidos, sensores sem proteção e uma estação meteorológica de referência calibrada utilizando uma combinação entre um datalogger Campbell Scientific e uma sonda Vaisala, para medições realizadas em março de 2023, alocados na cobertura do Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP. Os resultados apontaram que os valores de temperatura e umidade relativa do ar obtidos através dos sensores inseridos nos abrigos de baixo custo demostraram-se coerentes com os dados da estação de referência, com valores próximos à função identidade e dentro da margem de erro. Concluiu-se que o uso do poliestireno para confecção de abrigos meteorológicos oferece a obtenção de dados confiáveis, além de ser uma opção economicamente viável.

Palavras-chave: abrigo meteorológico de baixo custo, medições, temperatura do ar, umidade relativa do ar.

ABSTRACT
In climatological surveys, especially those involving measurements, the aim is to standardize the data collection methodology, which involves accessibility in terms of equipment. Universities do not always have resources available for such purposes, so research in the area can benefit from the construction of low-cost alternative meteorological shelters. This research aimed to develop and evaluate the performance of a low-cost meteorological shelter for HOBO sensor equipment, for temperature and relative humidity measurements. Shelters were made using polystyrene board, having as reference the Squitter industrialized model SQ15-S1260 shelter. Sensors were installed with the shelters developed, sensors without protection and a meteorological reference station calibrated using a combination of a Campbell Scientific datalogger and a Vaisala probe, for measurements carried out in March 2023, allocated on the roof of the Laboratory of Environmental Comfort of the University from São Paulo, São Carlos-SP. The results showed that the values of temperature and humidity of the air obtained through the sensors inserted in the low-cost shelters were consistent with the data from the reference station, with values close to the identity function and within the margin of error. It was concluded that the use of polystyrene to make meteorological shelters offers reliable data, in addition to being an economically viable option.

Keywords: low-cost weather shelter, measurements, air temperature, relative humidity.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos climatológicos apresentam suma importância para a garantia da qualidade de vida e, em alguns casos, é imprescindível a realização de medições em campo. Dentre os elementos do clima, pode-se afirmar que a temperatura e a umidade relativa do ar são as que mais afetam o conforto humano, sendo a radiação solar e ventilação, os fatores climáticos mais representativos no processo (Givoni, 1976). Tais dados são obtidos através do uso de equipamentos e sensores específicos, sendo a temperatura e umidade relativa do ar, variáveis que necessitam de abrigos meteorológicos para garantia da qualidade, confiabilidade e padronização dos dados.

Padronizar uma metodologia de coleta de dados como esta, possui muita relação com a acessibilidade dos equipamentos. Visto que as universidades nem sempre possuem recursos disponíveis para tais fins, as pesquisas na área podem se beneficiar com a construção de abrigos meteorológicos alternativos de baixo custo e baixa manutenção. Além disso, um fator importante para as pesquisas que envolvem medições em clima urbano é a segurança do material.

Como forma de solucionar esse problema de acessibilidade aos equipamentos necessários para as medições, alguns pesquisadores desenvolveram equipamentos alternativos (Valin Jr *et al*.,2015; Hoppe *et al*., 2015; Amorim *et al*., 2015; Baratto; Galvani; Wollmann, 2019; Oliveira *et al*., 2019). Valin Jr *et al.* (2016) afirmam que os abrigos têm a função de permitir uma boa ventilação natural por todos os lados, bloquear a entrada de chuva e de radiação solar direta, e permitir a entrada de radiação solar difusa.

Neste contexto, Valin Jr. *et al*. (2016) reproduziram alguns modelos com vários materiais e diferentes formatos para teste e comparação a partir de um padrão de referência. Os protetores foram dispostos em uma área aberta, na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) e os resultados obtidos mostraram que alguns dos abrigos, como o vertical e o de pote de sorvete, não se apresentaram eficientes. Para os autores, o desempenho não está relacionado apenas com o tipo de material utilizado, mas também com a forma, visto que um mesmo material foi utilizado em formas diferentes e não apresentou os mesmos resultados.

Na mesma linha, Hoppe *et al*. (2015) avaliaram o modelo proposto por Armani e Galvani (2006) e Milanesi e Galvani (2012) pintado na cor branca. O abrigo foi comparado com a estação oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul. Os autores perceberam que os valores de temperatura diurna obtidos foram maiores que os da estação oficial. Isto porque o aço foi aquecido pela radiação solar incidente no decorrer do dia. No período noturno, o abrigo apresentou uma fidelidade maior por conta do seu formato permitir melhor desempenho da ventilação do que o abrigo utilizado pelo INMET. Assim, os autores afirmam que nos locais onde exista a estação meteorológica do INMET, deve-se usar o abrigo alternativo como aliado na coleta das variáveis e calcular o valor médio entre as duas estações.

Baratto, Galvani e Wollmann (2019) também avaliaram o modelo proposto por Armani e Galvani (2006) e concluiram que o abrigo se mostrou eficiente, apresentando erros previstos ressaltados pelos fabricantes dos instrumentos. Os autores evidenciam que os valores de temperatura do ar máxima e mínima se diferenciam entre o sensor padrão e o abrigo alternativo, isto por conta da reduzida carga térmica deste.

Amorim *et al*. (2015) compararam dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos através de sensores de baixo custo protegidos por abrigos meteorológicos alternativos, produzidos utilizando PVC (policloreto de vinila), com dados de duas estações meteorológicas. Esses abrigos foram produzidos utilizando seis pratos do modelo chinês, pintados de branco e separados entre si, por espaçadores de nylon e roscas, em uma distância de 1,5 cm (Amorim *et al*., 2015). O abrigo foi disposto próximo a um abrigo modelo 41002 (RM Young Co.) a fim de comparar seu desempenho. Constatou-se que os abrigos confeccionados com a utilização do PVC são viáveis para aplicação em pesquisas, considerando o baixo custo e a semelhança dos dados obtidos com os dados registrados pelas estações meteorológicas da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Semiárido (Amorim *et al*., 2015).

Oliveira *et al*. (2019) desenvolveram dois modelos de abrigos (sextavado e quadrado) através de uma impressora 3D com o material PLA (poliácido láctico). Esses modelos foram validados com medidas de referência obtidas através de um abrigo da *Campbell*. Os resultados obtidos demonstraram que os dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos através dos abrigos desenvolvidos apresentaram-se satisfatórios quando comparados aos mesmos dados obtidos através do abrigo de referência da *Campbell*.

Alguns modelos de abrigos meteorológicos alternativos foram desenvolvidos em pesquisas anteriores e vem se aperfeiçoando ao longo do tempo (Armani e Galvani, 2006; Oliveira, 2007; Costa; Labaki; Araújo, 2007; Barros, 2012; Cox, 2008, Franco, 2010, Santos, 2012; Franco, 2013; Nince, 2013; Ribeiro *et al*., 2015). Segundo Hoppe, Wollmann e Baratto (2022), os pesquisadores vêm buscando por modelos mais eficientes, baratos e com pouca manutenção.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento e avaliação de desempenho de um modelo alternativo de abrigo para equipamentos do tipo sensor HOBO, que apresente baixo custo, para medições de temperatura e umidade relativa do ar.

3. MÉTODO

O método utilizado compreende três procedimentos principais:

1. Caracterização climática de São Carlos;
2. Confecção dos abrigos;
3. Aferições.

3.1. Caracterização climática de São Carlos

O trabalho foi produzido no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU/USP), em São Carlos-SP. A cidade está localizada no interior do estado de São Paulo, Sudeste brasileiro, a cerca de 232 Km da capital. Situa-se a 22º09'30" da latitude Sul e 47º53'28" de longitude Oeste. Segundo o Zoneamento bioclimático brasileiro, São Carlos situa-se na Zona Bioclimática 4 (ABNT, 2005). De acordo com a classificação de Koppen, o clima configura-se como Cwa.i – Awi, o que significa que a cidade apresenta clima quente de inverno seco com transição para tropical com verão úmido e inverno seco (Tolentino, 2007).

Foi instalada uma estação meteorológica de referência na cobertura do Laboratório de Conforto Ambiental do IAU/USP (Figura 1), Campus 1, na cidade de São Carlos durante o mês de março de 2023. Março está dentro da estação chuvosa característica do clima de São Carlos, onde é possível encontrar altas temperaturas, umidade elevada e precipitações abundantes.

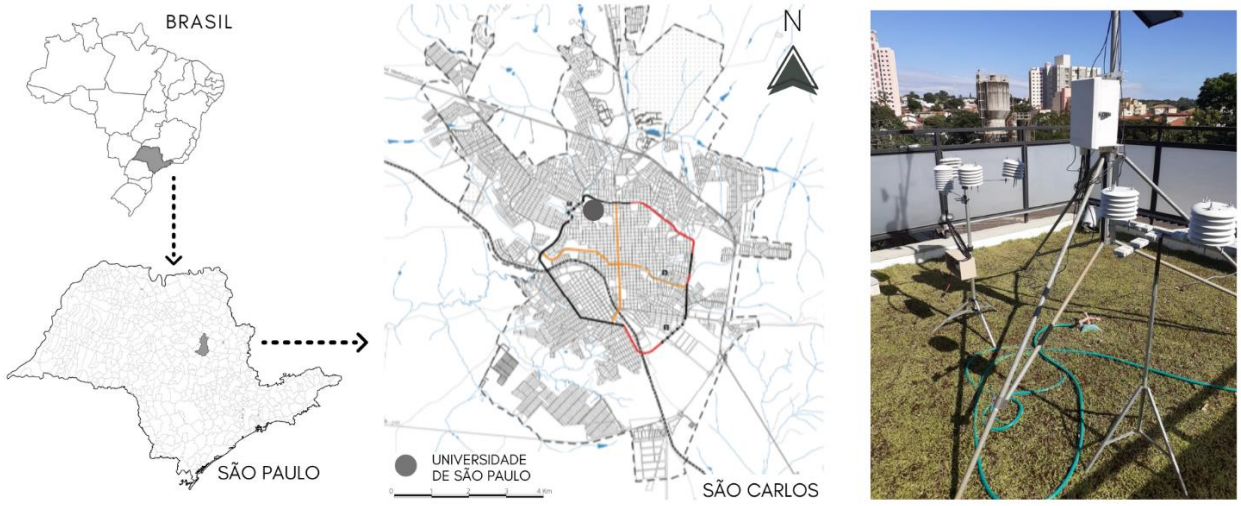

Figura 1 - Localização da estação meteorológica de referência.

3.2. Confecção dos abrigos

A confecção dos abrigos meteorológicos de baixo custo foi realizada em três etapas, as quais estão apresentadas resumidamente a seguir e detalhadas no item 4.1:

3.2.1. Elaboração de peças pré-moldadas: foram elaborados moldes em madeira MDF (*Medium Density Fiberboard* – chapa de madeira de média densidade) para garantir o modelo das peças em poliestireno o mais próximo possível das peças do modelo de abrigo de referência;

3.2.2. Confecção das peças de poliestireno: a partir dos moldes em madeira MDF foram confeccionadas peças de poliestireno, sujeitas ao ar quente, prensadas e molhadas com água para garantir aderência à forma. Posteriormente foram cortadas e lixadas;

3.2.3. Montagem do abrigo meteorológico: os abrigos foram montados utilizando barra roscada galvanizada, espaçadores e porcas borboletas.

3.3. Aferições e análise de dados

Os equipamentos para medições foram instalados junto à estação meteorológica de referência montada na cobertura do Laboratório de Conforto Ambiental do IAU/USP. A estação meteorológica de referência, calibrada em outubro de 2021, foi instituída através de uma combinação entre um *datalogger* CR800 da

Campbell Scientific, utilizando uma sonda de temperatura de umidade Vaisala modelo Hmp45aC, para obtenção dos dados de umidade relativa do ar. A faixa de medição do sensor quando se trata de umidade relativa é de 0,8 – 95% com uma precisão de ±2%; já para temperatura do ar é -20 – 70 °C com uma precisão de ± 0,5°C.

O período de registro compreendeu um total de sete dias, entre 07/03/2023 e 13/03/2023, em alguns dias a coleta variou entre os turnos matutino e vespertino, de acordo com a mudança do clima e a presença de chuva, o que impossibilitava a permanência dos equipamentos em campo; e a coleta de dados foi programada para ocorrer no intervalo de dez minutos. Foram utilizados cinco sensores sem proteção de abrigos e cinco sensores com abrigo meteorológico de baixo custo. Os sensores utilizados para medições com e sem abrigos, foram *dataloggers* modelo H08-003-02 da ONSET/HOBO, os quais apresentam faixa de operação de -20ºC a +70ºC (-4ºF a +158ºF) a precisão, neste intervalo é inferior a ± 1°C. Ao serem instalados, os abrigos ficaram a uma distância de 1,10m do solo, como determina a NBR 16401-2 (ABNT, 2008).

Para análise dos dados coletados foram elaborados gráficos de dispersão com a finalidade de comparar os dados obtidos tanto através dos sensores expostos à radiação direta e indireta, como também dos sensores protegidos pelos abrigos meteorológicos de baixo custo, com os dados obtidos na estação meteorológica de referência, e assim verificar a coerência dos dados coletados. Para isso, utilizou-se a Função Identidade (Equação 1), onde a proximidade dos dados em relação a esta linha aumenta o grau de confiabilidade dos mesmos.

$$F(x) = x \qquad \text{Equação 1}$$

4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados alcançados nesta pesquisa. Os resultados mostram o processo de confecção dos abrigos meteorológicos de baixo custo e a análise dos dados obtidos através das aferições de temperatura e umidade relativa do ar e a comparação com dados obtidos através de sensores expostos à radiação direta e indireta, além dos dados obtidos por meio da estação meteorológica de referência.

4.1. Confecção dos abrigos

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) determina que temperatura do ar é "a temperatura indicada por um termômetro exposto ao ar em um local protegido da incidência de radiação solar direta" (WMO, 2008). Da mesma forma, a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), as medições de temperatura do ar demandam que o equipamento utilizado esteja protegido da influência de radiação solar, superfícies quentes ou frias e demais fontes de radiação.

O abrigo desenvolvido nesta pesquisa (Figura 2) foi confeccionado utilizando placa de poliestireno, barra roscada galvanizada, porca borboleta e porca comum, onde todas as peças possuem ¼ de diâmetro. O abrigo foi elaborado tendo como referência o abrigo industrializado de modelo SQ15-S2160 da Squitter (Figura 3).

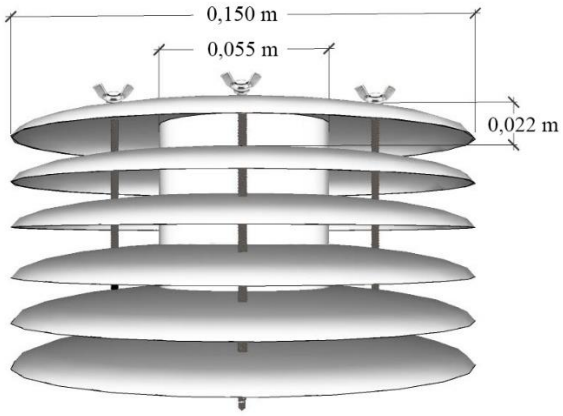

Figura 2 - Abrigo meteorológico de baixo custo.



Figura 3 - Abrigo industrializado Squitter.

O processo de elaboração e montagem dos abrigos meteorológicos de baixo custo são descritos nos itens seguintes.

4.1.1. Elaboração de peças pré-moldadas

Foram elaboradas quatro peças de moldes em MDF, por meio de um torno mecânico, para fabricação das peças de poliestireno que compõem o abrigo meteorológico. Os moldes foram planejados para resultar em peças projetadas para abrigar o equipamento HOBO, o qual possui formato retangular e as seguintes dimensões, como ilustra a Figura 4.

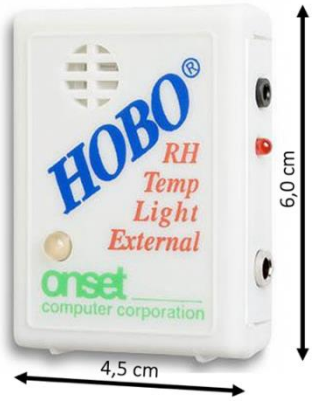

Figura 4 - Dimensões do sensor HOBO.

Esses moldes têm uma numeração correspondente à sequência pré-estabelecida de como devem ocorrer os encaixes para que se obtenha as peças de poliestireno. A Figura 5 apresenta o esquema para cada molde e a sequência para montagem.

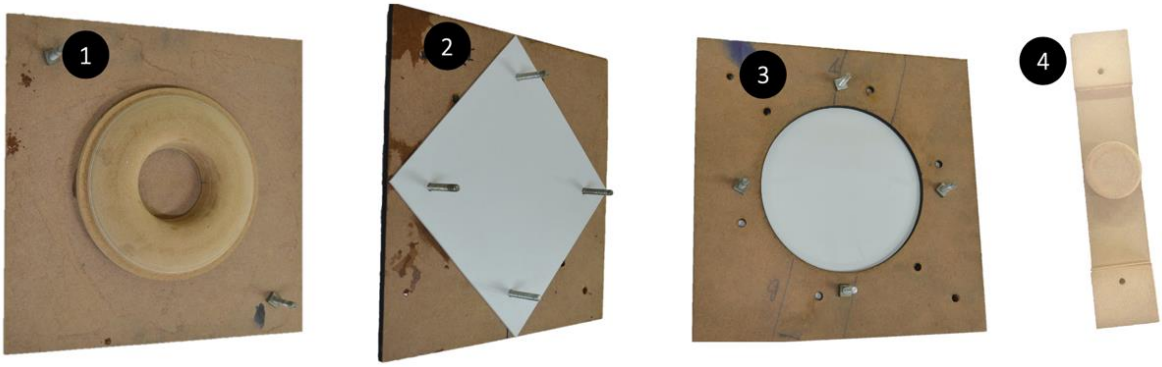

Figura 5 - Moldes em MDF.

4.1.2. Confecção das peças de poliestireno

A princípio, a placa de poliestireno foi cortada em diversas placas quadradas menores, o que vem a ser posteriormente, cada peça do abrigo. Após isso, foram adicionados alguns furos na placa para que ela pudesse ser fixada nos parafusos do molde 2 (Figura 6A).

Após a placa ser fixada no molde, aplicou-se ar quente por meio de um soprador térmico até amolecer o material. Diante disso, inseriu-se a placa no molde 1 e pressionou-se até aderir ao formato e, segundos após, inseriu-se o molde 4 para que a peça adquirisse a abertura no centro do molde (Figura 6B). É importante ressaltar que a peça que fica na parte superior do abrigo não passa por essa etapa de aplicação do molde 4. Assim, esta peça não possui a abertura em seu centro.

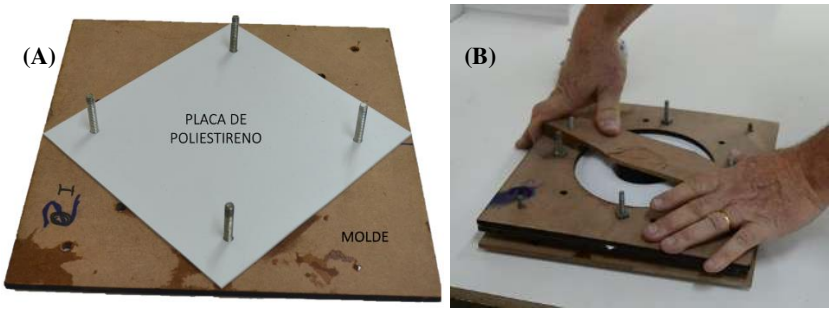

Figura 6 - Confecção das peças: (A) placa de poliestireno fixada no molde; (B) placa pressionada para adesão ao formato.

Segundos após pressionar as peças, o material foi molhado com água para que a placa de poliestireno adquirisse estabilidade e não voltasse ao seu formato inicial. Logo após, a peça foi cortada com serra (Figura 7A) e a abertura central das peças foi feita através de uma serra copo (Figura 7B). Por último, as peças foram lixadas (Figura 7C), finalizando essa etapa de preparação das peças.

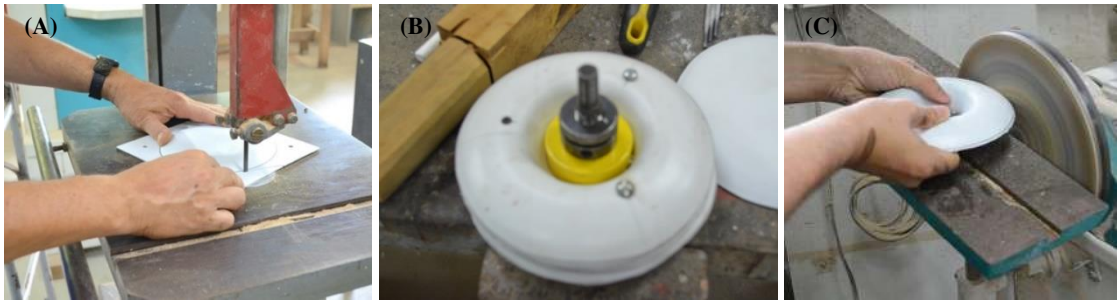

Figura 7 - Confecção das peças: (A) peça sendo cortada com serra; (B) abertura central com serra copo; (C) peça sendo lixada.

4.1.3. Montagem do abrigo meteorológico

Cada peça de poliestireno recebeu quatro furos, os quais correspondem às entradas onde foram inseridas as barras roscadas galvanizadas. Entre as peças de poliestireno adicionou-se espaçadores de 1,5cm. O abrigo meteorológico é formado por cinco peças com abertura central e uma peça sem abertura, em seu topo. Ao final de cada barra roscada foi adicionada uma porca borboleta de ¼ de diâmetro (Figura 8).



Figura 8 - Abrigo meteorológico montado.

4.1.4. Custo

O custo total para a confecção dos abrigos meteorológicos utilizados nesta pesquisa é de R$74,50 (Tabela 1) equivalente à produção de cinco abrigos, o que significa que cada abrigo custa R$14,90. O custo total corresponde a $15,15, de acordo com a cotação do dólar americano em 11/04/2023.

Tabela 1 – Custo dos materiais para fabricação dos abrigos alternativos.

Item	Descrição	Unidade de comercialização	Valor unitário (R$)[1]	Quantidade	Valor total (R$)
1	Barra rosqueada	Barra 1/4	4,50	2	9,00
2	Borboleta 1/4	unidade	0,55	20	11,00
3	Porca 1/4	unidade	0,15	30	4,50
4	Poliestireno	Placa (2x1m)	50,00	1	50,00
				TOTAL	74,50

Desse modo, a confecção desses abrigos se torna mais acessível aos pesquisadores da área, especialmente quando comparados aos abrigos industrializados.

[1] Valores referentes ao ano de 2019.

4.2. Aferições e análise de dados

Foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar em sensores com abrigos meteorológicos, como também sem proteção. Com a finalidade de analisar os dados estatisticamente, foram elaborados diagramas de dispersão para as variáveis ambientais, de modo a relacionar os dados de temperatura do ar obtidos através dos sensores sem abrigos meteorológicos com os dados obtidos por meio dos sensores com abrigos meteorológicos. Foi também estabelecida uma margem de erro de 0,5ºC no gráfico (Figura 9).

É possível identificar que os valores de temperatura do ar obtidos através dos sensores que fizeram uso dos abrigos meteorológicos se mantiveram uniformes, sempre apresentando valores próximos à faixa de identidade e a maioria dentro da margem de erro calculada. Por outro lado, os dados de temperatura do ar obtidos por meio dos sensores sem proteção apresentaram uma heterogeneidade em seus valores, dispersando de 20ºC até 45ºC, o que significa cerca de aproximadamente 30ºC fora da margem de erro.

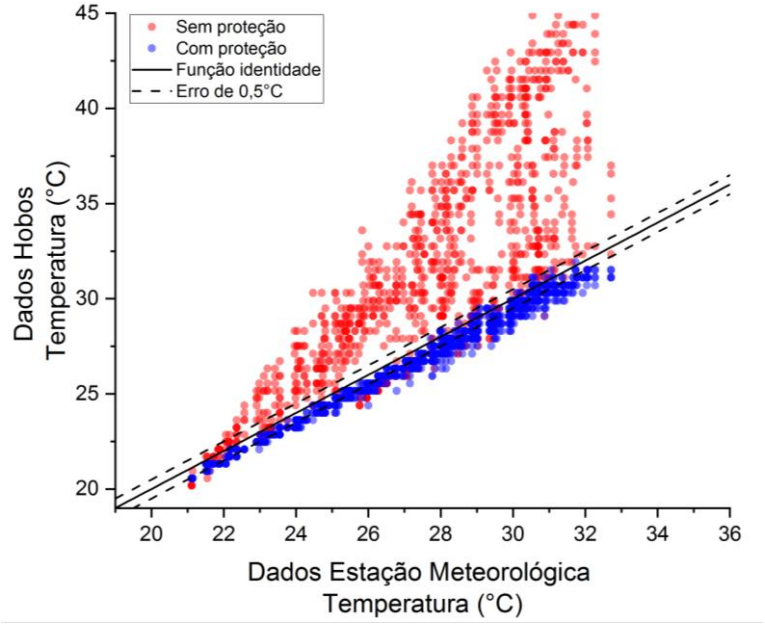

Figura 9 - Gráfico de temperatura do ar.

Quanto aos valores de umidade relativa do ar, pode-se perceber que os resultados demonstraram coerentes aos dados de temperatura do ar analisados anteriormente. Os dados de umidade relativa do ar obtidos através dos sensores com abrigos meteorológicos estiveram concentrados de forma uniforme próximos da função identidade. Em contrapartida, os dados obtidos por meio dos sensores sem abrigos meteorológicos se apresentaram mais dispersos, tendo uma concentração de valores distante da função identidade (Figura 10).

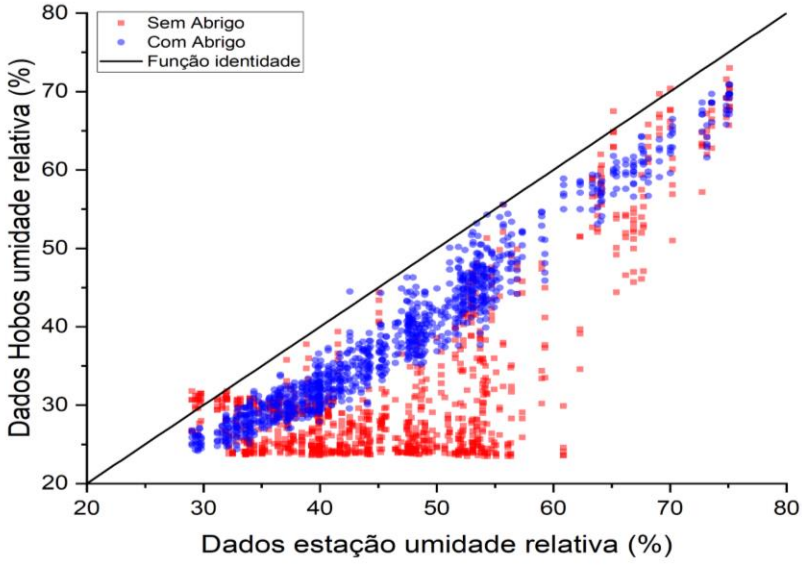

Figura 10 - Gráfico de umidade relativa do ar.

Os dados coletados pela estação meteorológica foram comparados com os dados dos sensores, considerando tanto os que estavam protegidos pelos abrigos quanto os que não estavam. Para essa análise, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson, representados pelo valor R^2 quando elevado ao quadrado. Quando o valor de R^2 se aproxima de 1, indica que a variável analisada tem capacidade de predizer a variável preditora. Na tabela 2, estão apresentados os valores dos coeficientes de correlação de Pearson para os dados de temperatura e umidade relativa, tanto para os equipamentos protegidos pelos abrigos meteorológicos quanto para os que não possuíam essa proteção.

Tabela 2 – Valores estatísticos de correção entre os dados coletados

	Temperatura		**Umidade Relativa**	
	Pearson	**R^2**	**Pearson**	**R^2**
Sem abrigos meteorológicos	0,779385	0,607441	0,695604	0,483865
Com abrigos meteorológicos	0,99519	0,985093	0,970577	0,94202

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a utilização dos abrigos meteorológicos de baixo custo é viável para medições de variáveis ambientais. Os resultados obtidos também comprovam a viabilidade do uso do poliestireno para a confecção de abrigos meteorológicos, tendo em vista a equivalência dos dados obtidos com os dados registrados na estação meteorológica de referência. Além disso, os abrigos meteorológicos desenvolvidos nesta pesquisa apresentam baixo custo, sendo mais acessível aos pesquisadores da área, especialmente em comparação aos abrigos meteorológicos industrializados. Os resultados dos equipamentos que estavam inseridos dentro dos abrigos melhoraram a correlação com os valores obtidos na estação meteorológica, isso quando comparados aos valores sem as proteções dos abrigos. Neste caso destaca-se a variável temperatura do ar, cujo R^2 foi de 0,98, expressando uma excelente correlação com a estação meteorológica calibrada. Em trabalhos futuros, pretende-se analisar o impacto da radiação de forma direta e indireta, além de fatores que interferem no desempenho do abrigo internamente, como por exemplo a ventilação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, D. M.; COSTA, D. DOS S.; CARVALHO, P. G. S. DE; GARRIDO, M. DA S.; GONÇALVES, I. C. M. Comparação de dados obtidos a partir de sensores de temperatura e umidade relativa do ar protegidos em um abrigo meteorológico de PVC. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 119-124, abr./jun. 2015. DOI: https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n2p119-124. Disponível em: http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1665. Acesso em: 20 out. 2019.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 14, n. 116-122, p. 40, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16.401-2 Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários**. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.220-3 Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BARATTO, J.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Perfomance de abrigo de baixo custo para registros de temperatura e umidade relativa do ar em condição de campo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18, 2019, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: UFC, 2019. p. 1-14.

BARROS, Marcelo Paes de. **Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas**: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano. 2012. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

COSTA, A.; LABAKI, L.; ARAÚJO, V. A methodology to study the urban distribution of air temperature in fixed points. In: 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, 2007, Grécia, p. 227-230.

COX, Elisa Pagliarini. **Interação entre clima e superfície urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande/MT**. 2008. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Univerdade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

FRANCO, F.M. **Análise do comportamento termo-higrométrico urbano sob a ótica do uso e ocupação do solo em Cuiabá-MT**. 2013. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

FRANCO, F.M. **Configuração Urbana e sua Interferência no Microclima Local**: Estudo de caso no Bairro do Porto em Cuiabá-MT. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**, Applied Science Publishers, London, 2nd. 1976.

HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C.; SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 37, p. 132-137, 2015.

HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A.; BARATTO, J. **Performance de um novo modelo de abrigo meteorológico de baixo custo**, Revista Caminhos da Geografia, Urberlândia, v. 23, n. 86, p. 71-84, abr, 2022.

MILANESI, M. A.; GALVANI, E. Pluviômetro Experimental Para Localidades Remotas. In.: Climatologia Aplicada: Resgate aos Estudos de Caso. Galvani, E.; Lima, N. G. B. (Orgs.). Curitiba: Editora CRV, 2012. v. 1. 192 p. 1 ed.

NINCE, Paulo Celso do Couto. Vegetação e revestimentos urbanos: implicações na sensação térmica dos usuários do campus da UFMT em Cuiabá-MT. 2013. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

OLIVEIRA, Angela Santana de. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia em residências na cidade de Cuiabá/MT**: estudo de caso. 2007. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

OLIVEIRA, L. G. B.; PALÁCIOS, R. DA S.; ROTHMUND, L. D.; CURADO, L. F. A.; MORAES, T. J. DE; MARQUES, J. B.; NOGUEIRA, J. DE S. Desenvolvimento e validação de abrigos termo-higrométricos. Pesquisas Agrárias e Ambientais, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 169-173, mar./abr. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6227. Disponível em: http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6227. Acesso em: 20 out. 2019.

RIBEIRO, K. F. A.; VALIN JR, M. DE O.; SANTOS, F. M. DE M.; NOGUEIRA, M. C. DE J. A.; NOGUEIRA, J. DE S.; MUSIS, C. R. DE. Análise da temperatura interna e superficial em diferentes sombreamentos arbóreos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 40-60, 2015. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/63214/pdf. Acesso em: 20 out. 2019.

SANTOS, F. M. M. **Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

TOLENTINO, Mario. **Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos**. São Carlos: edUFSCAR; São Paulo, 76 p., 2007.

VALIN JR, M. DE O.; SANTOS, F. M. DE M.; NOGUEIRA, M. C. DE J. A.; MUSIS, C. R. DE; NOGUEIRA, J. DE S. Utilização de abrigos termo-higrométricos alternativos. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n.57, p. 79-91, mar./2016. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG175705. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/30905. Acesso em: 20 out. 2019.

VALIN JR, M. DE O.; SANTOS, F. M. DE M.; RIBEIRO, K. F. A.; NOGUEIRA, M. C. DE J. A.; NOGUEIRA, J. DE S. Análise da relação entre abrigos meteorológicos alternativos para pontos fixos e o comportamento de variáveis termo-higrométricas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 157-179, jan./jun. 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.45146. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/45146. Acesso em: 20 out. 2019.

WMO. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. WHO – Nº8. Seventh edition. 2008.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio institucional proporcionado pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU/USP), especialmente através do Laboratório de Conforto Ambiental, ao técnico Renato Dibo por todo apoio na confecção dos moldes e montagem dos protetores, e ao apoio financeiro oferecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).