XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO TÉRMICO DE FORRO PVC E DE BAMBU PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO CLIMA SEMIÁRIDO

Eduardo S. Cadete (1); Ricardo V. R. Barbosa (2)
(1) Graduando, Curso de Arquitetura e Urbanismo, eduardo.cadete@arapiraca.ufal.br
(2) Doutor, Professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo, rvictor@arapiraca.ufal.br
Universidade Federal de Alagoas/*Campus* Arapiraca, Grupo de Estudo da Atmosfera Climática Urbana
Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, Arapiraca-AL, CEP 57306-005.

RESUMO
O objetivo da pesquisa foi analisar comparativamente o desempenho térmico de dois forros com potencial de aplicação em habitações de interesse social, sendo um convencional de Policloreto de Vinila (PVC) e outro com material alternativo, no contexto climático do semiárido alagoano. O forro de PVC foi escolhido como exemplar de forro convencional e o forro de bambu *Guadua paniculata,* popularmente conhecido por "taboca", foi escolhido como exemplar de forro com material alternativo. Trata-se de pesquisa experimental na qual foram monitoradas variáveis térmicas (temperatura do ar e superficial) em três células-teste construídas em alvenaria e sistema de cobertura com telha cerâmica, sendo duas com aplicação de forro (PVC e bambu) e uma sem aplicação de forro. O monitoramento foi realizado durante três dias consecutivos de verão (quente e seco). O registro da temperatura do ar foi realizado com *dataloggers*, com dados horários e contínuos, e o registro da temperatura superficial foi realizado com fotografias termográficas às 9:00h, 12:00h e 15:00h, nos três dias de monitoramento. Os resultados apontaram que ambos os forros apresentaram bom desempenho térmico, com redução da temperatura do ar interior na ordem de 3,0ºC (PVC) e 2,8ºC (bambu) em relação à temperatura do ar exterior, e redução em torno de 0,7ºC (ambos os forros) em relação à célula-teste sem forro. Quanto à temperatura superficial, o forro de bambu apresentou melhor desempenho térmico, com redução média de 3,9ºC em relação à telha cerâmica, ao meio-dia. Constatou-se, dessa forma, que o bambu *Guadua paniculata* é um material com potencialidade de uso como forros em habitações de interesse social no semiárido, com vistas ao conforto térmico na edificação.
Palavras-chave: conforto térmico, modelo reduzido experimental, imagens termográficas, Alagoas.

ABSTRACT
The aim of this analysis was to compare the thermal performance of two sets with potential application in social housing, being a conventional one, made of Polyvinyl chloride (PVC) and another of an alternative material, without climatic context of the semiarid in Alagoas - Brazil. PVC was selected as an example of conventional ceiling and the alternative was made of bamboo fodder. The paniculata of Guadua, popularly known as "taboca", was chosen as the example of alternative material. It is an experimental research in which thermal variables (air and surface temperature) were monitored in three test cells built in masonry and a roofing system with ceramic tiles, two of them with ceilings (PVC and bamboo) and one without ceiling application. Measurements were performed during three consecutive summer days (hot and dry). The air temperature was recorded with dataloggers, with hourly and continuous data, and the recording of the surface temperature was performed with thermographic photographs at 9.00 a.m., 12.00 p.m. and 3.00 p.m., during the three monitoring days. The results showed that both ceilings presented good thermal performance, with a reduction of the internal air temperature in the order of 3.0ºC (PVC) and 2.8ºC (bamboo) in relation to the outside air temperature, and reduction around 0.7ºC (both ceilings) in relation to the test cell without it. As for the surface temperature, the bamboo lining presented better thermal performance, with a mean reduction of 3.9ºC in relation to the ceramic tile, at noon. It was verified, therefore, that bamboo *Guadua paniculata* is a material potentially used as ceiling in dwellings of social interest in the semi-arid of Alagoas, with the purpose of a better thermal comfort in the buildings.
Key words: thermal comfort, experimental reduced model, thermographic images, Alagoas.

1. INTRODUÇÃO

As habitações de interesse social têm por finalidade a viabilização do acesso à moradia adequada aos segmentos populacionais com renda familiar mensal de até 3 salários mínimos, em localidades urbanas e rurais (CAIXA, 2005). A fim de melhor viabilizar o custo de construção, muitas dessas habitações são usualmente projetadas e executadas sem forro. Nos casos em que há aplicação de forros nas habitações, estes são de Policloreto de Vinila (PVC) rígido, na cor branca, devido ao baixo custo do material frente aos modelos industrializados disponíveis no mercado do agreste alagoano.

Na abordagem do desempenho térmico de edificações, o forro é um elemento importante a ser considerado, uma vez que se constituem em barreira de obstrução ao fluxo térmico originado pela radiação emitida pelas telhas da cobertura da edificação (FRANSOZO, 2003, p. 41). Dessa forma, o material usado na confecção do forro interfere na eficiência térmica da habitação. Assim, no caso das habitações de interesse social, além de serem acessíveis e de baixo custo, devem possuir bom desempenho térmico de forma a não comprometer o conforto térmico e o bem-estar dos moradores.

Algumas pesquisas recentes tem analisado o uso de Espuma Vinílica Acetinada (EVA) na confecção de forros. Costa et. al. (2017), avaliaram o desempenho e eficiência térmica de forros a base de partículas EVA + resíduos na composição de placas sanduíche utilizadas em coberturas de modelos reduzidos para instalações avícolas. Os forros foram compostos por placas de EVA; EVA+ resíduos da indústria de papel e celulose (RPC); EVA + resíduos da indústria madeireira (RM) e EVA + resíduos cerâmicos (RC). Diante desses materiais citados, o forro mais indicado para aplicação em instalações avícolas, que foi o foco do trabalho, foi o composto apenas de EVA, apresentando maior atraso térmico entre os forros analisados, com 2,32h e a menor temperatura de globo negro, que é o resultado do efeito combinado entre a temperatura do ar, radiação e velocidade do ar no interior dos modelos reduzidos, principalmente na faixa de horário mais crítico do dia, respectivamente. Santos et. al. (2016), também fez análise de forros usando protótipos cobertos por telhas de fibrocimento, sendo os tratamentos sem forro (controle), forro à base de EVA e forro a base de embalagens longa vida. Os resultados obtidos pelos autores mostraram-se favoráveis também ao EVA, por proporcionar melhores condições de conforto no interior das instalações, com diminuição da temperatura interna de 0,5°C.

Nesse contexto, a presente pesquisa partiu da proposta de utilização do bambu *Guadua paniculata* (popularmente conhecido como "taboca") como forro, por ser um material disponível na região do agreste alagoano, com baixo custo de obtenção e manutenção. Além disso, trata-se de um material de origem vegetal que provoca menos impacto ao meio ambiente, seja na sua produção ou descarte. Os colmos do bambu são constituídos por nós e vazios no interior. Possuem, ainda, composição estrutural que lhes confere elevada resistência físico-mecânica, leveza e flexibilidade.

A pesquisa deu-se no contexto climático da região Nordeste do Brasil, mais especificamente no semiárido alagoano, com características de dias quentes e noites amenas. Nessa região, as edificações estão expostas à intensa radiação solar durante todo o ano, sendo a coberta a superfície que recebe a maior carga de radiação direta (considerando as edificações térreas).

O estudo foi realizado no município de Arapiraca, localizado na mesorregião do Agreste Alagoano, na parte central do Estado de Alagoas, entre a latitude 9°75'25'' Sul e longitude 36°60'11'' Oeste. Com base no estudo das características e das variantes climatológicas locais, Silva (2019) destaca que a cidade de Arapiraca possui um clima composto basicamente de duas estações, que podem ser descritas como: **úmida**, período em que a temperatura do ar são menos elevadas, a umidade relativa do ar é alta e a amplitude térmica apresenta pequena variação entre o período noturno e diurno; e **seca**, quando as temperaturas atingem níveis relativamente altos, a umidade do ar é menor e a amplitude térmica entre o período noturno e diurno é significativamente alta. A pesquisa teve como recorte temporal a estação quente e seca, característica do período de verão, com vistas a analisar o desempenho térmico dos forros frente ao calor.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente artigo foi analisar comparativamente o desempenho térmico de dois tipos de forro, com potencial de aplicação em habitações de interesse social, sendo um convencional (PVC) e outro com material alternativo (bambu) no contexto climático do semiárido alagoano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa consistiram no monitoramento de variáveis térmicas em células-teste construídas em alvenaria (modelos em escala reduzida) com sistema de cobertura de telha cerâmica, conforme os procedimentos descritos a seguir.

3.1 O bambu *Guadua paniculata*

O *Guadua paniculata* é uma espécie de bambu facilmente encontrado em uma variedade grande de habitats, desde ambientes úmidos a sazonalmente secos, abaixo de 1000 m. Assim, possui uma disposição geográfica desde o México até a Bolívia e o Brasil (amplamente distribuída no Brasil).

Munro (1868), aponta que a *Guadua paniculata* aproxima-se de *Guadua refracta,* porém as espiguetas são mais profundamente coloridas, mais curtas, estreitas e com poucas flores. É composto por ramos muito mais compostos e ramos divergentes, inclinando-se para cima, as folhas são ocasionalmente próximas e tão longas quanto em *Guadua refracta*, sendo mais atenuados e geralmente mais estreitos.

(A) (B)



Figura 1 - *Guadua paniculata*

Fonte: (A) Acervo do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (1992). (B) POPOVIKIN, 2013[5].

Normalmente esta espécie de bambu é usada em construções rústicas, coberturas e instrumentos musicais devido ao seu diâmetro reduzido (entre 1 a 4 cm) e grande altura, podendo chegar entre 5 a 10m (FAZENDA…, 2019).

3.2. Descrição das células-teste

O canteiro experimental com a construção de oito células-teste está localizado no *Campus* Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (Figura 2). As células-teste locadas a uma distância de 3,75 m entre si, de forma a não projetem sombras uma sobre as outras.



Legenda:
1 – *Campus* Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL);
2 – Ginásio Poliesportivo;
3 – Piscina semiolímpica;
4 – Canteiro experimental (células-teste);
5 – Acesso principal da Instituição.

Figura 2 - Localização dos protótipos na Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca.

Fonte: Adaptado de Google *Maps* (2019).

As células-teste foram constituídas em alvenaria de tijolo cerâmico de 6 furos, argamassa de areia e cimento e revestidas de ambos os lados e caiadas (pintadas a cal) na parte externa, sobre uma fundação radier e piso de concreto. Possui dimensões externas de 1,30m x 1,30m 1,35m, com volume interno de 1m³ e cobertura com inclinação de 20% orientada para fachada Norte. As portas são feitas de madeira medindo 0,45m por 0,85m, sendo a única abertura existente para acesso ao interior da célula-teste, porém a abertura permaneceu fechada durante todo o período de monitoramento.

[5] Imagem disponível em: https://www.flickr.com/photos/plants_of_russian_in_brazil/8703724237. Acesso em: 15 jun. 2019.

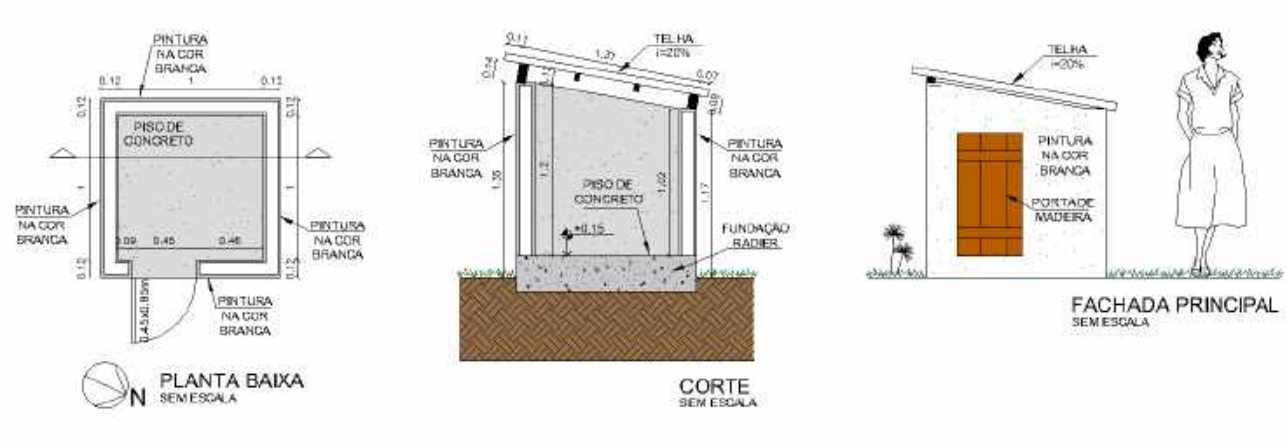


Figura 3 - Projeto dos protótipos.

Fonte: Autores (2019).

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foram usadas três células-teste cobertas com telhas cerâmicas tipo colonial canal, instaladas sobre uma estrutura de madeira composta apenas por caibros (3,0 x 5,0 cm) devido à reduzida dimensão do modelo, com beiral de 9 cm em todos os lados (Figura 3). Para análise do desempenho térmico de forros, uma célula-teste permaneceu sem aplicação de forro, com a telha exposta para o espaço interno, e as outras duas com aplicação de forros com materiais diferentes: PVC rígido frisado na cor branca (convencional) e bambu (*Guadua paniculata*), elemento natural biodegradável de fácil acesso, objetos de análise da presente pesquisa.



Figura 4 - cobertura com telha cerâmica.

Fonte: Autores (2019).

3.3. Aplicação dos forros nas células-teste

Os forros foram aplicados abaixo da estrutura de madeira que suportam as telhas cerâmicas, seguindo a mesma inclinação da coberta (20%) (Figura 5). O forro de PVC possui fichas com dimensões de 1,00 m x 0,22 m com encaixe macho-fêmea. Para fechamento da célula-teste foram usadas cinco fichas encaixadas entre si e instaladas em encaixes feito na parte interna da alvenaria. Os encaixes macho-fêmea impedem a troca de ar entre o volume abaixo do forro e entre forro e coberta.

O forro de bambu foi aplicado com a colocação das varas roliças de bambu cortadas na dimensão interna das células-teste, apoiadas, lado a lado, em encaixes feito na parte interna da alvenaria. As varas de bambu foram aplicadas *in natura*, sem fixação entre si. O alinhamento irregular das tiras de bambu proporciona frestas no forro, permitindo a troca de ar entre o volume abaixo do forro e entre forro e coberta.

(A) (B)



Figura 5 – Aplicação de forro de PVC rígido frisado branco (A) e de bambu *Guadua paniculata* (B) nas células-teste.

Fonte: Autores (2019).

3.4. Registro das variáveis térmicas

Foram feitos registros dos valores da temperatura do ar no interior das células-testes e da temperatura superficial abaixo dos forros (interior) e sobre as telhas cerâmicas (exterior) durante três dias consecutivos, no período de 26 a 28 de fevereiro de 2019.

3.4.1 Monitoramento da temperatura do ar

O monitoramento da temperatura do ar no interior das células-testes foi feito com *dataloggers* da marca Hobo®, modelo UX100-003, com acurácia de ±0,21°C de 0° a 50°C e resolução de 0,024°C à 25°C (Figura 6). Os equipamentos foram instalados no centro geométrico do espaço interno das células-teste, localizados a 50 cm do piso e programados para registrar dados contínuos em intervalos de 60 minutos. O mesmo foi pendurado por um barbante na parte inferior dos forros e coberta (Figura 7).



Figura 6: *Datalogger* HOBO®, modelo UX100-003.

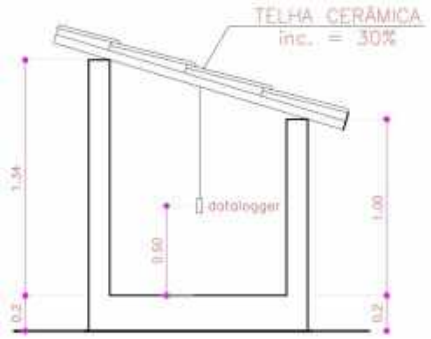


Figura 7: Localização do datalogger HOBO®, modelo UX100-003 no centro geométrico dos protótipos.

3.4.2 Monitoramento da temperatura superficial interna e externa

O monitoramento da temperatura superficial dos forros e das telhas cerâmicas foi realizado com câmera termográfica da marca FLIR, modelo i7, com resolução 140x140 e lente FOL 7mm (Figura 8). As imagens termográficas foram obtidas durante os três dias consecutivos, nos horários de 09:00h, 12:00h e 15:00h. Para obtenção das imagens termográficas no interior das células-teste, a câmera foi posicionada no centro geométrico do piso, distante 1m da parte inferior dos forros e da cobertura. Para obtenção das imagens termográficas das telhas cerâmicas na parte externa, a câmera foi posicionada a 3m do solo, com distância de 2,84m do ponto central da coberta (Figura 8). Os valores de temperatura superficial foram extraídos das imagens termográficas com auxílio do *software* FLIR Tools.

(A) (B) (C)

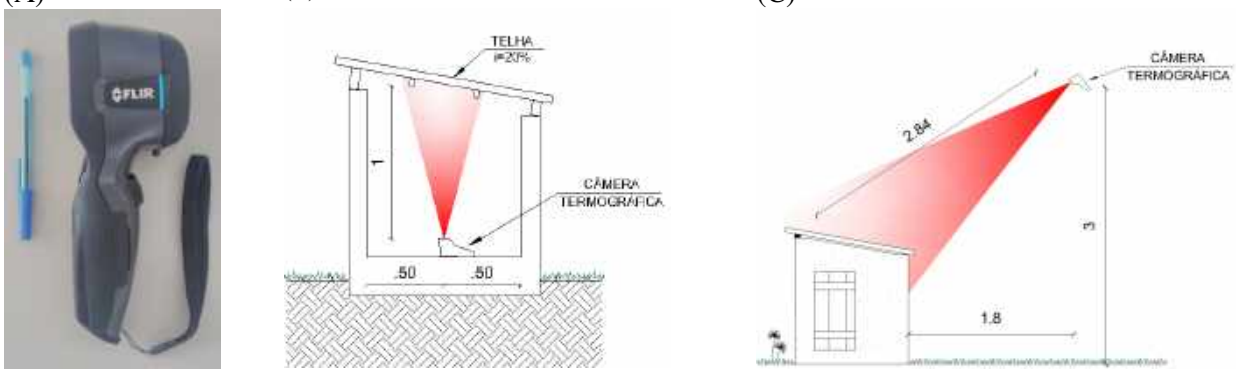


Figura 8 – (A) Câmera termográfica da marca FLIR, modelo i7; (B) Posicionamento da câmera termográfica para obtenção da temperatura superficial interna; e (C) Posicionamento da câmera termográfica para obtenção da temperatura superficial externa.

Fonte: Autores, 2019.

3.4.3 Condições climáticas no período de monitoramento

A campanha de monitoramento do comportamento térmico foi realizada simultaneamente nas três células-testes no período de 26 a 28 de fevereiro de 2019, marcado por dias quentes e extremamente secos, com elevada amplitude térmica diária – características típicas do período de verão no contexto climático do semiárido alagoano, conforme observado na Figura 9. No período da campanha, a temperatura máxima diária chegou a 37,2ºC, no dia 26/02/2019, às 15:00h, e a umidade relativa do ar atingiu a mínima de 13% neste mesmo dia, às 14:00h, conforme a Tabela 1.

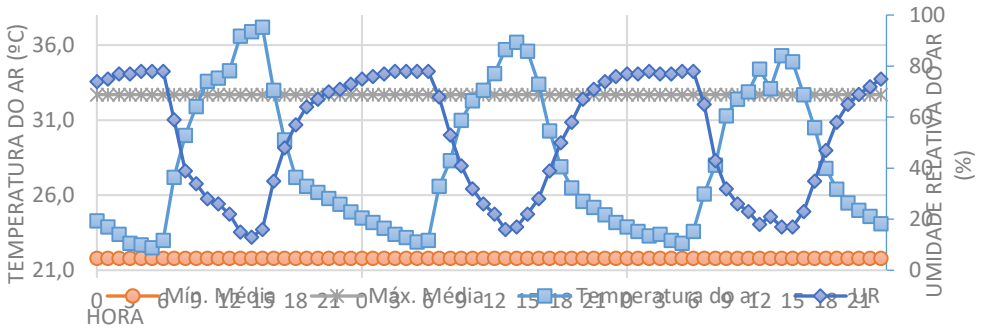


Figura 9 – Comportamento horário dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar registrados pela estação automática do INMET no município de Arapiraca-AL, nos dias 26 a 28 de fevereiro de 2019, e média das temperaturas mínima e máxima diária para o mês de fevereiro, de acordo com Silva (2019).

Tabela 1 – Valores mínimos e máximos diários registrados pela estação automática do INMET no município de Arapiraca-AL, nos dias 26 a 28 de fevereiro de 2019.

	26/02/2019		27/02/2019		28/02/2019	
	Temp. (ºC)	UR (%)	Temp. (ºC)	UR (%)	Temp. (ºC)	UR (%)
Mínima	22,5	13	22,9	16	22,8	17
Máxima	37,2	78	36,2	78	35,3	78
Amplitude	14,7	-	13,3	-	12,5	-

Fonte: Adaptado de INMET (2019).

Destaca-se, assim, que os três dias de monitoramento podem ser caracterizados como dias secos de extremo calor, uma vez que os horários de maior aquecimento alcançaram valores de temperatura do ar superiores à média da temperatura máxima (32,7ºC) para o mês de fevereiro e a umidade relativa mínima registrada foi bastante inferior à média da umidade relativa do ar (39%) para o mesmo mês, de acordo com Silva (2019).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados é apresentada a partir das duas variáveis térmicas registradas: temperatura do ar e temperatura superficial abaixo do forro e telha cerâmica.

4.1. Análise do desempenho térmico a partir da temperatura do ar

A figura 10 mostra o comportamento horário dos valores de temperatura do ar nas três células-testes monitoradas e sua comparação com o comportamento da temperatura do ar registrada pela estação automática do INMET nos três dias de análise.

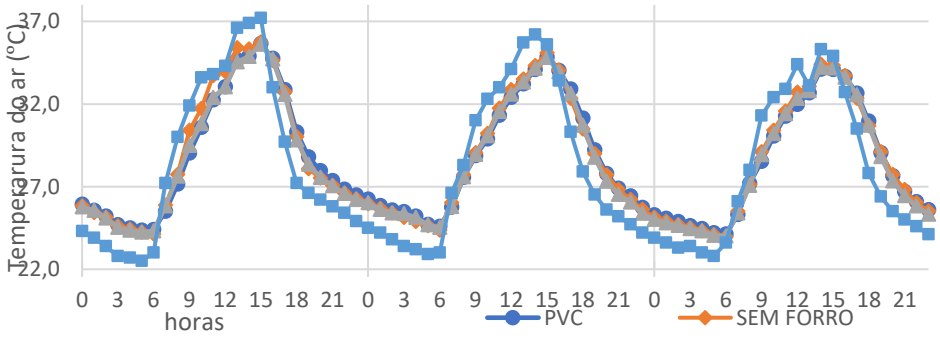


Figura 10 – Comportamento da temperatura do ar (ºC) registradas nas três células-testes monitoradas e valores de temperatura do ar (ºC) registrados pela estação automática do INMET no município de Arapiraca-AL, nos dias 26 a 28 de fevereiro de 2019.

A partir dos dados monitorados, observa-se reduzido atraso térmico nas três células-teste nos horários de aquecimento do ar externo, ou seja, o ar é menos aquecido no período compreendido poucas horas após o nascer do Sol até o horário de maior aquecimento (15:00h). A partir das 16:00h, a temperatura do ar no interior das células-teste apresentou-se um pouco mais elevada que o ar exterior, apresentando resfriamento lento independente da aplicação de forros. Vale destacar que as células-teste não possuem aberturas que permitam a circulação de fluxo de ar em seu interior, evitando a dissipação do calor por convecção

favorecida pela ventilação natural, uma vez que o objetivo da pesquisa experimental foi analisar o ganho de calor pela cobertura.

Nesse sentido, observou-se que as células-teste com instalação de forros apresentou desempenho térmico um pouco melhor em relação à célula-teste sem forro. As maiores diferenças entre os valores de temperatura do ar no interior das células-teste e os valores registrados pela estação do INMET ocorreram às 8:00h na célula-teste sem forro e às 10:00h nas células-teste com aplicação de forros, evidenciando que a aplicação dos forros, independente do material, proporcionou atraso térmico de 2 horas, nos três dias analisados.

Em termos absolutos, a diferença do comportamento da temperatura do ar entre as células-teste com forro de PVC e forro de bambu foi semelhante. A célula-teste com forro de PVC apresentou redução de 3,0ºC em relação à temperatura do ar externa, no dia 26/02/2019, às 10:00h; enquanto a célula-teste com forro de bambu apresentou redução de 2,8ºC no mesmo dia e horário. Na célula-teste sem o forro pode-se perceber uma diferença de 2,3°C em relação à temperatura do ar externa no dia 26/02/2019, às 8:00h.

No horário de maior aquecimento do ar externo (15:00h), dentre as três células-teste destacam-se maiores diferenças registradas no dia 26/02/2019, tendo uma redução de 1,4ºC na célula-teste sem forro, enquanto que nas células-teste com forro (PVC e bambu) tiveram uma redução de 1,6ºC em relação a temperatura do ar externa.

A figura 11 mostra as diferenças de temperatura do ar registradas no interior das três células-teste em relação aos valores do ar externo registrado pela estação automática do INMET nos três dias analisados.

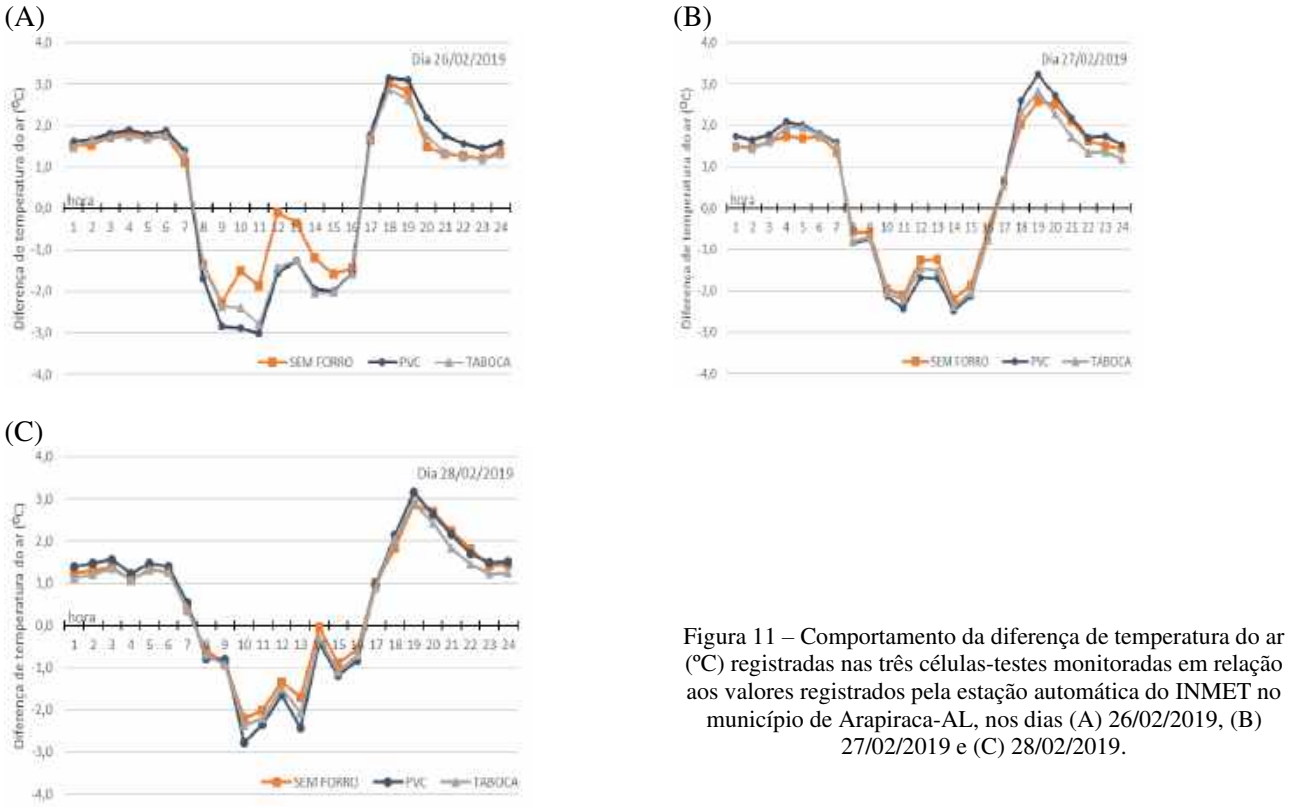


Figura 11 – Comportamento da diferença de temperatura do ar (ºC) registradas nas três células-testes monitoradas em relação aos valores registrados pela estação automática do INMET no município de Arapiraca-AL, nos dias (A) 26/02/2019, (B) 27/02/2019 e (C) 28/02/2019.

Podemos observar que o comportamento da temperatura do ar no interior das três células-teste apresentou-se análogo nos três dias analisados, permitindo, assim, analisar o desempenho térmico das células-teste a partir da média horária dos valores de temperatura do ar. Para tanto, tomou-se a célula-teste sem forro como referência para análise.

A figura 12 mostra a diferença térmica da média horária dos valores de temperatura do ar registradas no interior das células-teste com aplicação de forro de PVC e bambu em relação à célula-teste sem forro.

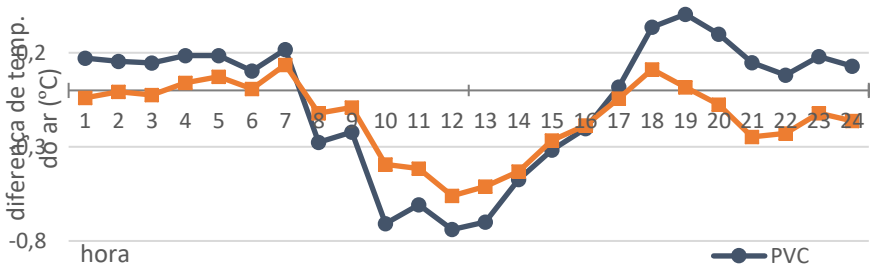


Figura 12 – Diferença média horária de temperatura do ar (ºC) registradas nas células-testes com forro de PVC e com forro de bambu tomando-se como referência a célula-teste testemunho (sem forro).

A análise do gráfico permite observar uma pequena diferença positiva na temperatura do ar no período noturno, possivelmente favorecido pelo bolsão de ar aquecido entre o forro de PVC e a coberta. O mesmo não ocorreu com a aplicação do forro de bambu devido o alinhamento irregular das tiras de bambu que proporciona frestas no forro, permitindo a troca de ar entre o volume abaixo do forro e entre forro e coberta, contribuindo para que a aplicação do forro de bambu não se constituísse em barreira para perda de calor no interior do espaço durante o período noturno.

No período diurno, quando há incidência de radiação solar sobre a coberta de telha cerâmica, a aplicação dos forros proporcionou menor aquecimento do ar interno, com redução de até 0,7ºC, com forro de PVC, e 0,6ºC, com forro de bambu, nos horários próximos ao meio-dia. Entretanto, destaca-se que o desempenho de ambos os forros no período diurno foi considerado igual, uma vez que a diferença de temperatura do ar entre ambos está dentro da acurácia do equipamento usado na pesquisa (± 0,21ºC).

4.2. Análise do desempenho térmico a partir da temperatura superficial

O Quadro 1 mostra as imagens termais registradas nos horários de 09:00h, 12:00h e 15:00h, na superfície inferior dos forros e da telha cerâmica, nos três dias de monitoramento.

A partir da análise dos valores de temperatura superficial extraídos das imagens termográficas foi possível observar que os forros apresentam menor aquecimento superficial em comparação às telhas cerâmicas, como já era esperado, uma vez que as telhas cerâmicas recebem radiação solar direta (Tabela 2). Esse fato favoreceu ao menor aquecimento do ar interno, como já observado, e a menor emissão de calor por radiação provinda da cobertura.

Tabela 2 – Valores absolutos de temperatura superficial na superfície inferior da telha cerâmica e dos forros nas células-testes, extraído das imagens termográficas, às 09:00h, 12:00h e 15:00h, e média da temperatura superficial considerando os três dias de monitoramento.

	09:00h			12:00h			15:00h		
	Sem forro	Bambu	PVC	Sem forro	Bambu	PVC	Sem forro	Bambu	PVC
26/02/2019	33.1	28.4	30.5	41.5	36.7	36.5	38.3	36.6	36.3
27/02/2019	32.9	31.4	29.9	37.3	34.1	37.1	37.6	34.2	34.4
28/02/2019	32.1	30.1	30.9	37.0	33.3	35.2	37.1	35.4	35.1
Média	**32.7**	**30.0**	**30.4**	**38.6**	**34.7**	**36.3**	**37.7**	**35.4**	**35.3**

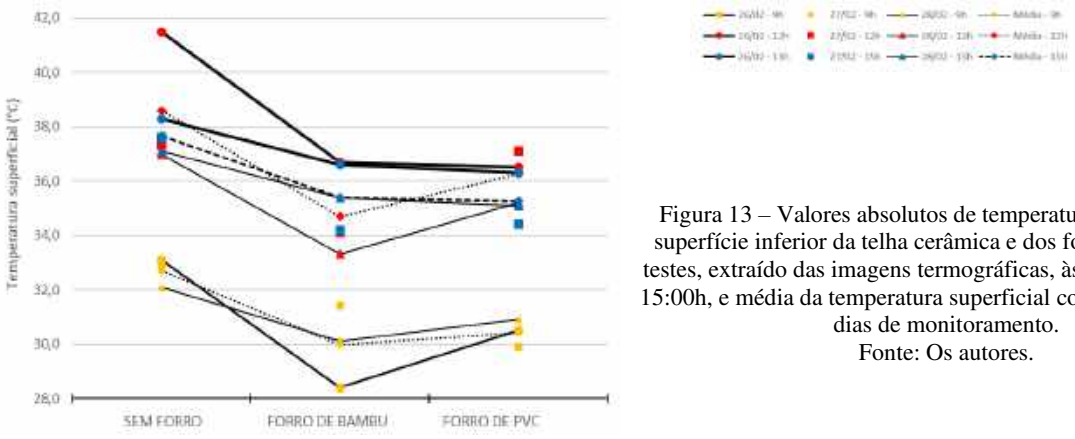
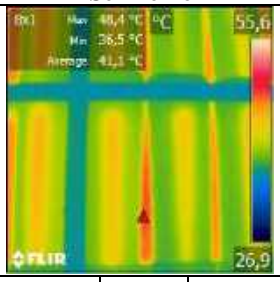
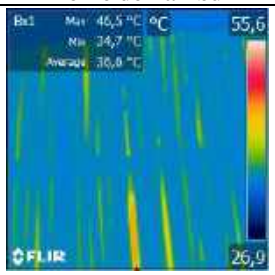
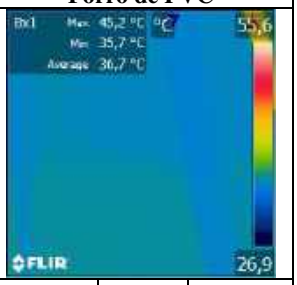
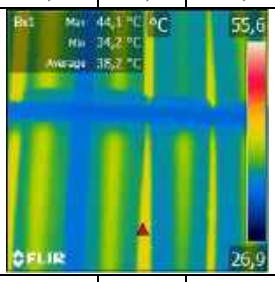
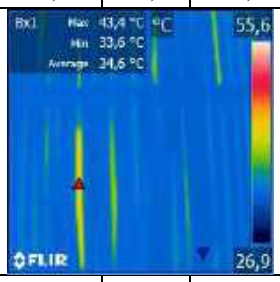
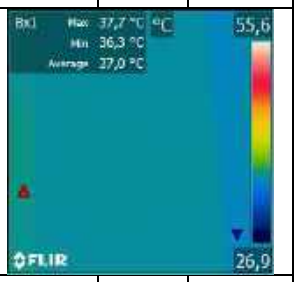
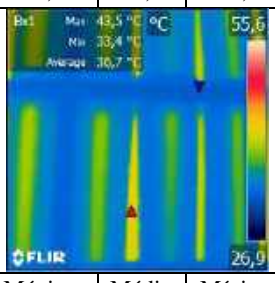
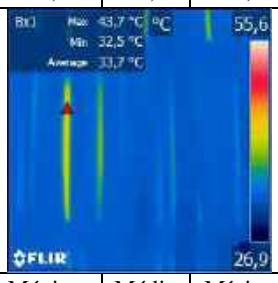
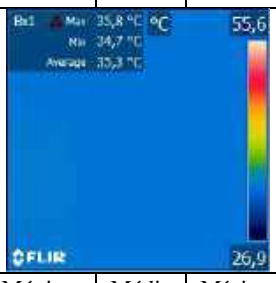
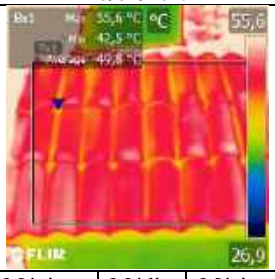
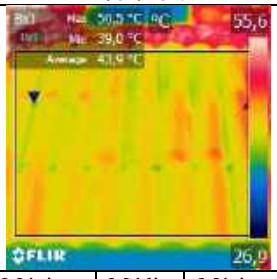
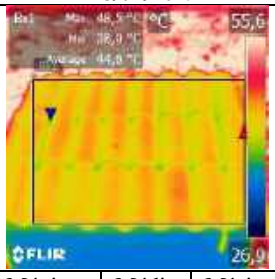


Figura 13 – Valores absolutos de temperatura superficial na superfície inferior da telha cerâmica e dos forros nas células-testes, extraído das imagens termográficas, às 09:00h, 12:00h e 15:00h, e média da temperatura superficial considerando os três dias de monitoramento.
Fonte: Os autores.

Quadro 1 - Imagens termográficas internas e externas das três células-testes, às 12:00h, nos três dias de monitoramento.

Dia	Sem forro			Forro de Bambu			Forro de PVC		
26/02/2019									
T(Cº)	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima
	48,4	41,1	36,5	46,5	36,6	34,7	45,2	36,7	35,7
27/02/2019									
T(Cº)	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima
	44,1	38,2	34,2	43,4	34,6	33,6	37,7	37,0	36,3
28/02/2019									
T(Cº)	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima
	43,5	36,7	33,4	43,7	33,7	32,5	35,8	35,3	34,7
Fotos externas									
H	26/02/2019			27/02/2019			28/02/2019		
12:00h									
T(Cº)	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima
	55,6	49,8	42,5	50,5	43,9	39,0	48,5	44,6	38,0

A análise comparativa entre as células-testes evidencia que o forro de bambu apresenta menor aquecimento superficial, sobretudo às 09:00h e 12:00h. No primeiro horário analisado, o forro de bambu apresenta redução média de temperatura superficial na ordem de 2,7ºC, em relação à telha cerâmica exposta, e 0,4ºC, em relação ao forro de PVC. Ao meio-dia essa diferença média é ainda maior, na ordem de 3,9ºC, em relação à telha cerâmica exposta, e 1,5ºC, em relação ao forro de PVC. No horário de 15:00h, ambos os forros apresentam temperatura superficial semelhante, com redução média de 2,3ºC em relação à telha cerâmica exposta.

No que se refere a temperatura superficial externa, no horário de 12:00h apresenta maior aquecimento da telha cerâmica capa canal, enquanto no horário de 09:00h possui uma temperatura mais estável principalmente nos dias 27 e 28 de fevereiro com diferença de menos de um grau de temperatura. No horário das 15h nos três últimos dias ouve uma queda de temperatura em mais de um grau.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o período dos três dias consecutivos, o forro de bambu e o PVC possuíram desempenho semelhantes durante o período da madrugada e durante o dia, o que mostrou a importância do uso do forro para esse tipo de habitação (Figura 11), principalmente no dia 26/02/19 às 12:00horas com diferença de quase 1°C. Já partir do pôr do sol o forro de bambu apresentou um desempenho melhor que o de PVC quando comparado a temperatura interna da edificação (Figura 12), uma vez que o alinhamento irregular das tiras de bambu permitiu a troca de ar entre o volume abaixo do forro e entre forro e coberta resultando em um resfriamento interno da edificação mais rápido durante o período da noite. O PVC por ter um sistema de vedação mais eficiente, forma um bolsão de ar quente entre o forro e a coberta, que mais tarde permitirá uma troca de ar com o volume abaixo do forro com um atraso térmico, tornando o ambiente mais aquecido durante a parte da noite. A Figura 13 comprova o desempenho da temperatura superficial do bambu com destaque nos dias 27 e 28/02/2019 nos horários mais quentes do dia (12:00 e 15:00 horas), com diferenças de quase 1°C em relação ao PVC.

O forro de bambu se apresentou favorável, pois tem desempenho semelhante ao de PVC, tem vantagem de ser elemento natural, vegetal, biodegradável, de baixo custo, e não requer mão de obra especializada. A sua utilização em habitações de interesse social que são executadas sem forro é de grande relevância, já que se demonstrou a sua semelhança no desempenho térmico com o forro de PVC durante algumas partes do dia, porém com eficiência térmica ainda melhor no período da noite promovendo o resfriamento interno da habitação, enquanto que o PVC necessita de mão de obra especializada para sua instalação e exige um custo maior quando comparado ao bambu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A.H.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, A.B.; SANTIAGO, G.A.C.F. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Solos. Recife, 2012, p. 32. ISSN 1678-0892.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Habitação de interesse social**. s/a. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_de_repasse_do_OGU/habitacao_interesse_social.asp>. Acesso em: 25 abr. 2019.

COSTA, R.F.; DINIZ, M.J.; MEIRA, A.S.; BATISTA, R.O; PEREIRA, J.O. Desempenho e eficiência térmica de forros de cobertura composto de EVA + resíduos para instalações avícolas. **Revista Espacios.** v. 38, n. 46, 2017. ISSN 0798 1015.

COSTA, K.M.S.; SILVA, M.N.; BARBOSA, R.V.B. Reaproveitamento das caixas acartonadas (Tetra pak®) para subcoberturas (forros) como elemento de estratégia de conforto térmico em edificações em Arapiraca – AL. In: ENCONTRO NACIONAL, 13., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2015. **Anais...** [Campinas]: 2015. CD-ROM

FAZENDA EXPERIMENTAL DA RESSACADA. **Bambu**. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, SC. Disponível em: < http://fazenda.ufsc.br/descricao-fisica/areas-didaticas-experimentais/silvicultura/bambu/>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FRANSOZO, H.L. **Avaliação de desempenho térmico de habitações de baixo custo estruturadas em aço**. 2003. 274f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 mar. 2019.

RIBEIRO, L.P. **Conforto Térmico e a Prática do Projeto de Edificações:** recomendações para Ribeirão Preto. 2008. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SANTOS, L. F. D.; FURTADO, D.A.; NETO, J. P. L.; COSTA, J. H. S.; BARBOSA, E. B. Desempenho térmico de instalações para ovinos providas de forros térmicos confeccionados com materiais alternativos. In: Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia – CONTECC 2016. **Anais…** Foz do Iguaçu – PR, 2016.

SANTOS, M. **A urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO; SECRETARIA AJUNTA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. **Atlas solarimétrico**. Setembro 2007 a agosto de 2008. Vol. 1. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/dataset/atlas-solarimetrico>. Acesso em: 01 mai. 2019.

SILVA, M. F. **Estratégias bioclimáticas para seis cidades alagoanas:** contribuições para adequação da arquitetura ao clima local. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao prof. Dr. Tobyas Maia Albuquerque Mariz, Laboratório de Fisiologia e Parasitologia Animal do Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas/*Campus* Arapiraca, pelo empréstimo da câmera termográfica.