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 DE DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURA COM SISTEMA DE TETO VERDE NO SEMIÁRIDO ALAGOANO

Wellington S. Silva (1); Carlos E. Vieira (2); Ricardo V. R. Barbosa (3)
(1) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), wellington-souza94@hotmail.com
(2) Graduando, Curso de Arquitetura e Urbanismo, *Campus* Arapiraca, carloseduardo_vieira@live.com
(3) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), rvictor@arapiraca.ufal.br
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL, CEP 57072-900

RESUMO
Os tetos verdes são soluções vernaculares de cobertura que continuam sendo usadas devido as suas propriedades térmicas e demais benefícios, tanto para a edificação como para o microclima local. A instalação de tetos verdes promove o resfriamento evaporativo e o aumento da inércia térmica para o ambiente interno. Dessa maneira, o objetivo deste artigo é analisar o desempenho térmico do sistema de cobertura com teto verde comparando-o a cobertura com telha cerâmica, no clima semiárido da cidade de Arapiraca-AL. Para tanto, foram monitoradas as temperaturas superficiais internas e externas dos dois sistemas de cobertura, a partir de fotografias termográficas, em células-teste instaladas em canteiro experimental na Universidade Federal de Alagoas/*Campus* Arapiraca. Para análise de desempenho térmico adotou-se como parâmetro de comparação o amortecimento térmico. Os resultados mostraram que a diferença na temperatura superficial externa chegou a 10,2ºC entre o teto verde (menos aquecido) e a telha cerâmica (mais aquecida), e as temperaturas superficiais internas no teto verde menores em até 3,0ºC. Concluiu-se que os resultados obtidos mostraram melhor desempenho dos tetos verdes em relação à cobertura com telha cerâmica no contexto climático estudado.
Palavras-chave: tetos verdes, desempenho térmico, células teste, semiárido.

ABSTRACT
Green roofs are vernacular cover solutions that continue to be used due to their thermal properties and other benefits, both for the building and for the local microclimate. Its installation promotes evaporative cooling and thermal inertia for the internal environment. In this way, the objective of this paper is to analyse the thermal performance of the green roof system, compared to the roofing with ceramic tile, in the semi-arid climate of the city of Arapiraca-AL. The internal and external surface temperatures of the two coverage systems were monitored with thermographic photographs, in test cells installed in experimental beds at the Federal University of Alagoas / *Campus* Arapiraca. The thermal damping was adopted as a parameter of comparison. The results showed a difference in the external surface temperature that reached 10.2 ° C between the green roof (less heated) and the ceramic tile (more heated), and green roofs internal surface temperatures less in even 3,0ºC. It is concluded that the data obtained showed a better performance of the green roofs than the covering with ceramic tile in the studied context.
Keywords: green roofs, thermal performance, tests cells, semiarid.

1. INTRODUÇÃO

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 as temperaturas do ar são menos elevadas, a umidade relativa do ar é alta e a amplitude térmica apresenta pequena variação entre o período noturno e o 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 partir da Carta Bioclimática de Givoni, Silva (2019) identificou quatro estratégias bioclimáticas recomendadas para as edificações no clima semiárido da cidade em estudo, dentre as quais estão a inércia térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo.

O sistema de cobertura com teto verde se encaixa dentro dessas duas estratégias bioclimáticas, uma vez que a vegetação permite o sombreamento do solo, gerando, em consequência, menor ganho de calor em relação à cobertura convencional. Além disso, a água presente no solo permite a dissipação do calor e a massa térmica amortiza as variações de temperatura tanto no verão, como no inverno (PROJETEEE, 2019).

Os tetos verdes são "sistemas de cobertura constituídos por camadas especiais que proporcionam a sobrevivência e integridade física de uma massa de vegetação sobre a superfície superior da edificação" (PARIZOTTO FILHO, 2010, p. 89). Há registro desse sistema na Antiguidade com os povos da Mesopotâmia, nos Jardins Suspensos da Babilônia, um zigurate que possuía vegetação e água na cobertura (BEATRICE, 2011). Existem registros do uso de tetos verdes em diversos locais do globo, como Roma, Islândia, Canadá, Índia, Espanha, México, Moscou, Tanzânia etc., em diferentes períodos históricos (PECK et al, 1999; MINK, 2003; LOPES, 2007). Foi considerado uma prática da cultura popular até a metade do século XX e, por volta da década de 1970, na Alemanha e na Suíça, adquire técnicas de instalação modernas que permitiram difundir essa prática construtiva (PECK et al, 1999; LOPES, 2007). No Brasil, o projeto pioneiro de teto verde foi realizado pelo arquiteto e paisagista Roberto Burle Marx, em 1936, no terraço do Palácio Gustavo Capanema no Rio de Janeiro (BEATRICE, 2011). Atualmente são estimados que cerca de 200 mil m² de tetos verdes são instalados por ano no Brasil (ROCHA, 2016).

Os componentes básicos desse sistema construtivo são distribuídos em cinco camadas: (1) **impermeabilização** da estrutura de suporte, para garantir a estanqueidade da construção; (2) camada de **drenagem**, destinada a escoar, drenar e armazenar água para futuras necessidades do sistema; (3) camada de **filtragem**, para reter as partículas do solo, permitindo que ocorra a circulação livre de ar e água na camada inferior (drenagem); (4) **substrato**, que providencia os nutrientes e a estrutura de suporte às plantas; e (5) **vegetação**, com espécies adequadas a tipologia do teto verde (RAPOSO, 2013; KOZMHINSKY, PINHEIRO, EL-DEIR, 2016).

Classificados principalmente pela espessura do substrato, os tetos verdes podem ser **extensivo** quando possuírem pequenas espessuras de solo (0,05m a 0,15m), que implica em baixo peso (72,6kg/m² a 169.4kg/m²) e baixa variedade vegetal (plantas rústicas ou rasteiras); **intensivo** quando a profundidade do substrato é entre 0,20m e 1,20m, em consequência maior peso (290,0kg/m² a 967,7kg/m²) e grande variedade de espécies (gramíneas, arbusto e árvores); e **semi-extensivo** ou **semi-intensivo**, um meio termo entre os dois tipos descritos anteriormente (PECK et. al., 1999; MINK, 2003; LOPES, 2007; BEATRICE, 2011; FERRAZ, 2012; KOZMHINSKY, PINHEIRO, EL-DEIR, 2016).

Os benefícios do uso desse sistema vão desde a escala do edifício ao microclima local. Dentre eles estão o aumento as áreas verdes nas cidades, regulação da temperatura no interior da edificação, aumento da vida útil para a estrutura da coberta, retenção das águas pluviais, contribuição para a eficiência energética, atenuação das ilhas de calor, além de efeitos estéticos e sociais devido seu caráter paisagístico. Diante de tantas qualidades, a principal barreira para o amplo uso dos tetos verdes é econômica, mas o seu alto custo inicial pode ser considerado investimento pois eles podem reduzir em 14,5% o consumo anual de energia de um edifício (LOPES, 2007).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o desempenho térmico de um sistema de cobertura com teto verde, considerando o contexto climático do semiárido alagoano, com pesquisa experimental na cidade de Arapiraca-AL.

3. MÉTODO

A partir dos estudos de desempenho térmico de tetos verdes realizados por Vecchia (2005), Lopes (2007), Lohmann e Barth (2009), Ferraz (2012) e Santos (2016), os procedimentos metodológicos adotados nesta

pesquisa consistiram no monitoramento das temperaturas superficiais internas e externas em duas células teste (modelos em escala reduzida) com sistemas de cobertura distintos, conforme os procedimentos descritos a seguir.

3.1. Descrição das células teste

As células teste foram construídas em um canteiro experimental no *Campus* Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como mostra a Figura 1. Possuindo um volume de 1m³ de ar no interior do modelo, as células teste são similares quanto as dimensões, aberturas, elementos construtivos e orientação solar, variando apenas o sistema de cobertura. São análogas às edificações utilizadas por Costa, Silva e Barbosa (2015) quando analisaram o desempenho térmico de subcoberturas alternativas, no mesmo contexto climático, e também semelhantes aos modelos utilizados por Silva e Bogo (2011) e Wilkinson e Feitosa (2015). As características e dimensões das células teste podem ser visualizadas na Figura 2.



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

Figura 1 - Localização das células teste na Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca.
Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

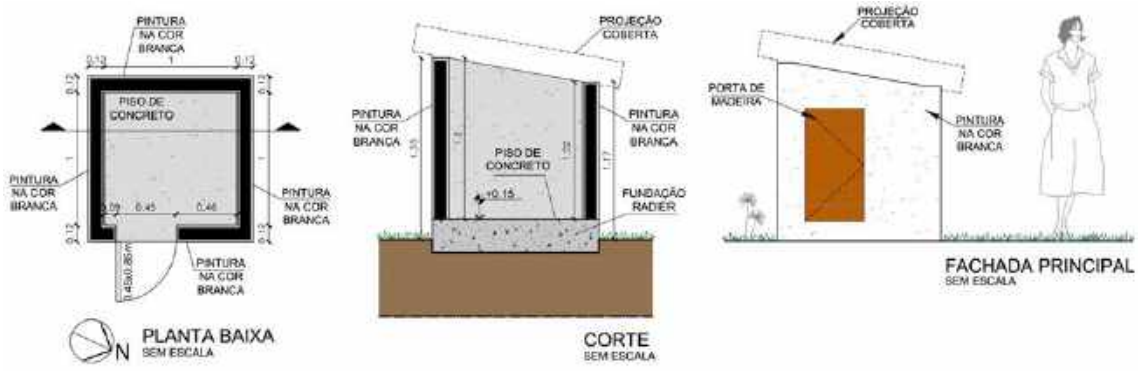


Figura 2 - Projeto das células teste.

Fonte: Autores (2019).

No canteiro experimental, as células foram construídas a uma distância mínima de 3,20m e máxima de 4,00m entre si, dispostas intercaladas de modo que uma não influencie a outra, considerando a trajetória solar e a predominância dos ventos na região, que se alternam entre Leste (outubro a abril) e Sudeste (maio a setembro), conforme Silva (2019). Todas as células possuem fundação tipo radier, piso de concreto, paredes em alvenaria de tijolo cerâmico 6 furos, assentados com argamassa de cimento e areia média, rebocadas (chapisco e emboço) em ambos os lados das paredes (20mm de espessura do reboco) e caiadas (pintadas de cor branca com cal) externamente. As portas são feitas de madeira medindo 0,45m por 0,85m.

Foram comparados dois sistemas de cobertura: laje impermeabilizada com aplicação de teto verde e cobertura com telha cerâmica, ambas com inclinação de 11º (20%). Optou-se pela instalação de um sistema simples de telhado verde extensivo, por ser de fácil aplicação, utilizando a grama esmeralda (*Zoysia japônica*) como espécie vegetal (fácil aplicação e adaptação, uma vez que o seu plantio ocorre por meio de tapetes pré-cultivados), plantada sobre uma camada de 6cm de substrato (terra preparada), inserida sobre uma manta de jardim, instalada sobre uma camada de 2cm de material drenante (argila expandida). O outro sistema de coberta analisado é constituído por telhas cerâmicas tipo colonial capa e canal, instaladas sobre uma estrutura de madeira composta apenas por caibros (3,0 x 5,0cm), devido à dimensão do modelo, com beiral de 9cm em todos os lados. Apenas o teto verde necessitou de manutenção, que consistiu na rega diária realizada no final do dia (16:30h). As Figuras 4A e 4B apresentam os sistemas instalados.

(A) (B)



Figura 3 - (A) laje impermeabilizada com teto verde; (B) cobertura com telha cerâmica.
Fonte: Autores (2019).

3.2. Monitoramento da temperatura superficial *in loco*

As temperaturas superficiais internas e externas foram obtidas por meio de fotografias termográficas com câmera termográfica FLIR, modelo i7 com resolução 140x140 e lente FOL 7mm, cujos valores de temperatura superficial foram extraídos das imagens com auxílio do *software* FLIR Tools®, o qual possibilitou a análise das temperaturas específica nos materiais componentes da cobertura (Figura 4).

Os registros termográficos foram coletados a cada 3 horas iniciando às 0h, durante dois dias consecutivos.

(A) (B)

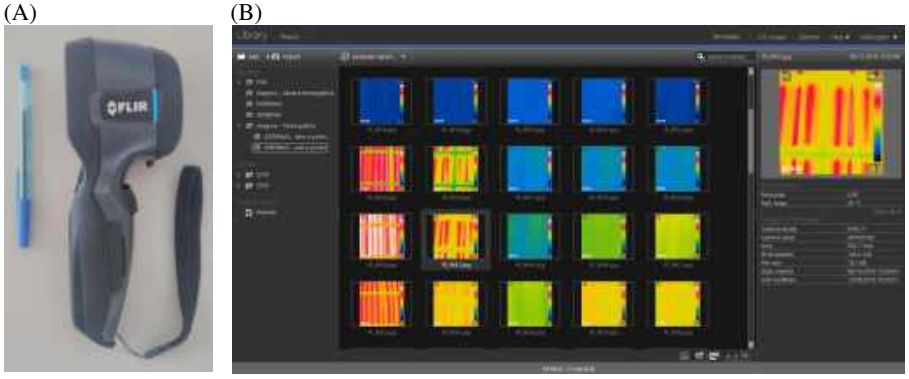


Figura 4 - (A) Câmera termográfica FLIR i7; (B) Área de trabalho do software FLIR Tools®.
Fonte: Autores (2019).

Para o registro termográfico da face interna da cobertura, a câmera foi posicionada no centro da célula teste, distante aproximadamente 1m da face interna da cobertura. Na célula com teto verde, a face interna da laje não estava recoberta por reboco, o que possibilitou a análise da temperatura superficial na lajota e na vigota, calculando-se uma média ponderada da temperatura superficial em função da área de cada elemento na face interna da laje. No caso da cobertura com telha cerâmica, o valor considerado da temperatura superficial foi o da telha que estava posicionada como calha, por ser a porção com maior área exposta. As fotografias termográficas externas foram registradas a uma distância de aproximadamente 2,72m do ponto central da face externa da cobertura. A Figura 5 ilustra o posicionamento do equipamento para o registro fotográfico de ambas as superfícies (temperatura superficial interna e externa).

(A) (B)

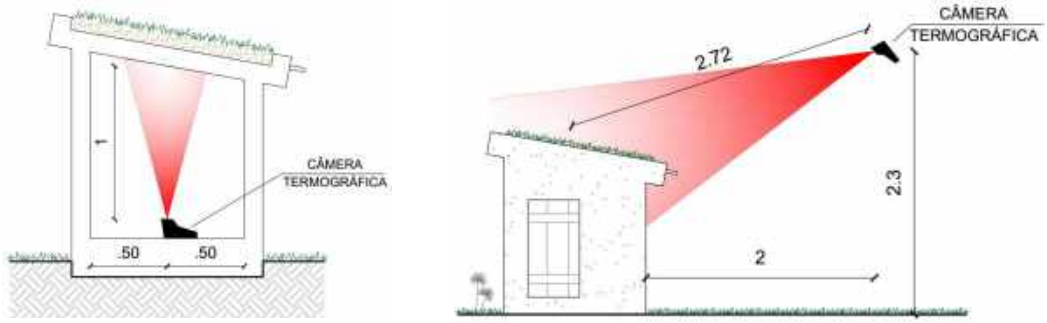


Figura 5 - Disposição da câmera termográfica para o registro fotográfico da (A) face interna da cobertura e da (B) face externa.

Fonte: Autores, 2019.

3.3. Avaliação do comportamento térmico dos sistemas de cobertura

Os dados coletados foram tratados estatisticamente após a finalização do monitoramento nas células. As informações do desempenho térmico dos dois sistemas foram dispostas em gráficos e tabelas, considerando como parâmetro de análise o amortecimento térmico promovidos pelos sistemas. Lopes (2007) afirma que os materiais empregados no fechamento da edificação podem ser utilizados de forma favorável para melhorar as condições térmicas, visto que pela inércia térmica, o calor externo ganho durante o dia é armazenado na massa dos elementos da envoltória e parte desse calor é transmitido para o interior dos ambiente. Nesse aspecto o amortecimento do calor é um importante parâmetro para a análise da inércia térmica.

3.4. Condições climáticas no período de monitoramento

Os registros termográficos foram tomados nas duas células-testes nos dias de 06 e 07 de dezembro de 2018, 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 6. Nos dias de monitoramento, a temperatura máxima diária chegou a 36,0ºC, às 13:00h, no dia 06/12/2018, e 34,9ºC, às 14:00h, no dia 07/12/2018. A umidade relativa do ar atingiu a mínima de 11%, às 13:00h e 14:00h, no dia 06/12/2018, e 17%, às 14:00h, no dia 07/12/2018, conforme a Figura 6 e Tabela 1.

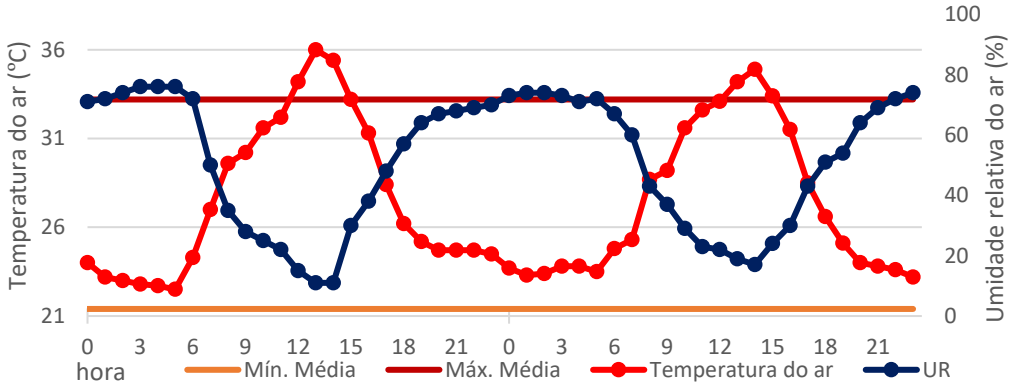


Figura 6 – Comportamento horário dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar registrados pela estação automática do INMET no município de Arapiraca-AL, nos dias 06 a 07 de dezembro de 2018, e média das temperaturas mínima e máxima diária para o mês de dezembro, de acordo com Silva (2019).

Tabela 1 – Valores mínimos e máximos diários registrados pela estação automática do INMET no município de Arapiraca-AL, nos dias 06 a 07 de dezembro de 2018.

	06/12/2018		**07/12/2018**		**Média mensal (SILVA, 2019)**	
	Temp. (ºC)	UR (%)	Temp. (ºC)	UR (%)	Temp. (ºC)	UR (%)
Mínima	22,5	11	23,2	17	21,4	33
Máxima	36,0	76	34,9	74	33,2	88
Amplitude	13,5	-	11,7	-	11,8	-

Fonte: Adaptado de INMET (2019).

Destaca-se, assim, que os dois 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 (33,2ºC) para o mês de dezembro e a umidade relativa mínima registrada foi bastante inferior à média da umidade relativa do ar (33%) para o mesmo mês, de acordo com Silva (2019).

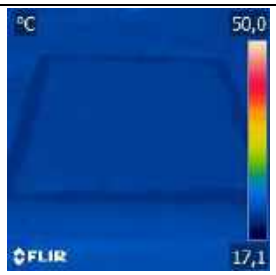
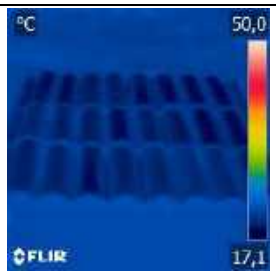
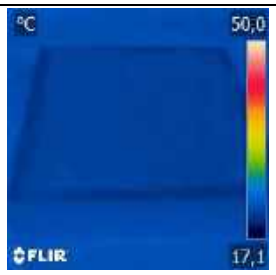
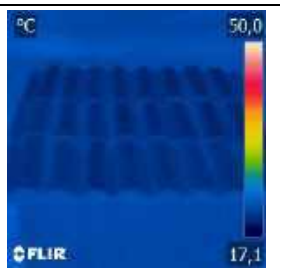
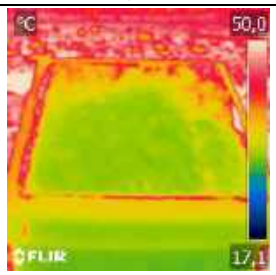
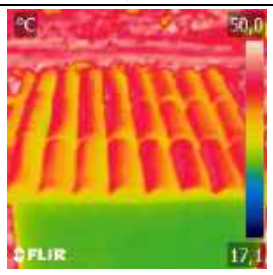
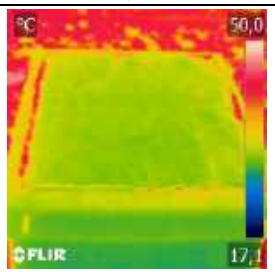
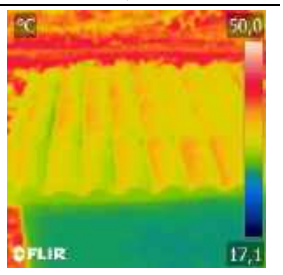
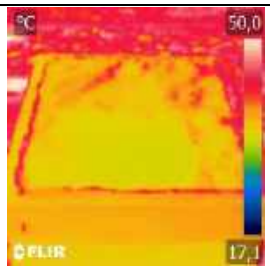
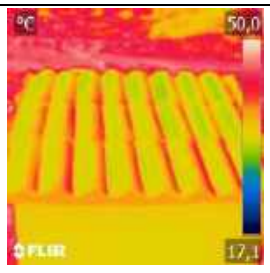
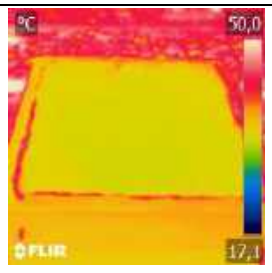
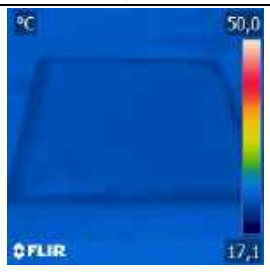
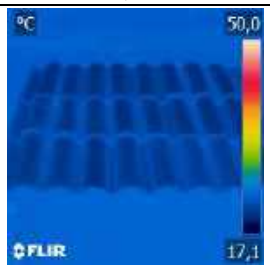
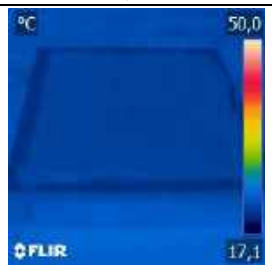
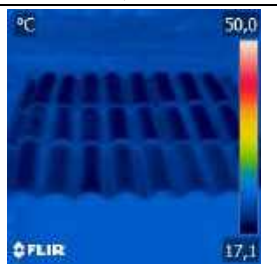
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta fotografias termográficas das faces externas das coberturas em alguns horários.

Quadro 1 – Fotografias termográficas externas das coberturas às 03h, 09h, 15h e 21h nos dois dias de análise.

Fonte: Autores (2019).

06/12/2018			**07/12/2018**		
H	**Teto verde**	**Telha cerâmica**	**H**	**Teto verde**	**Telha cerâmica**

03:00h			03:00h		
	21,7 ºC	19,3 ºC		21,8 ºC	20,0 ºC
09:00h			09:00h		
	32,0 ºC	41,2 ºC		31,3 ºC	26,9 ºC
15:00h			15:00h		
	35,0 ºC	37,8 ºC		34,2 ºC	37,6 ºC
21:00h			21:00h		
	23,0 ºC	21,2 ºC		21,9 ºC	19,1 ºC

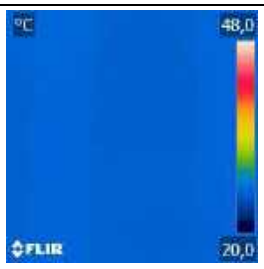
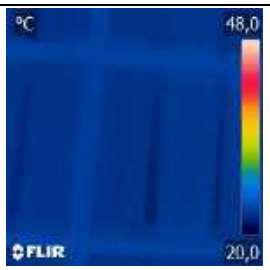
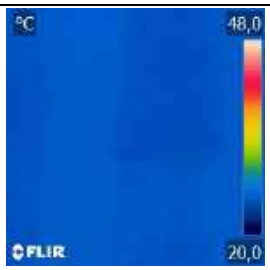
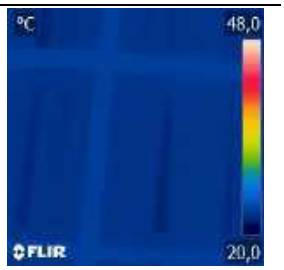
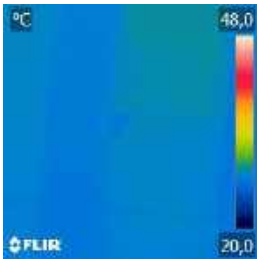
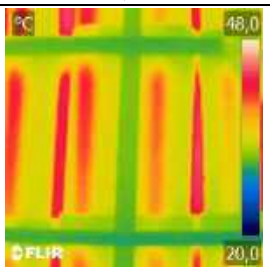
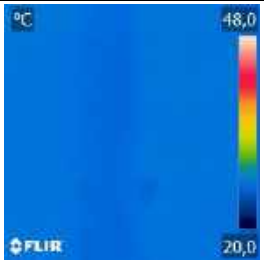
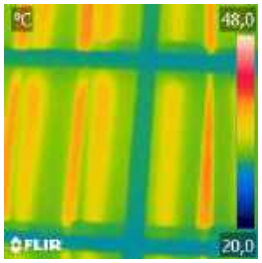
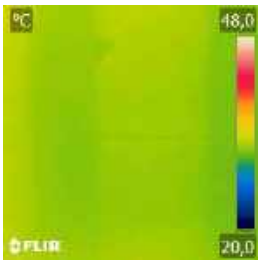
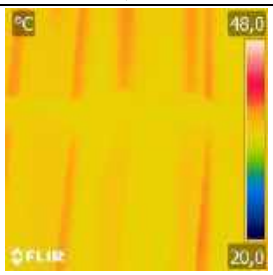
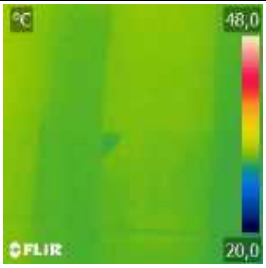
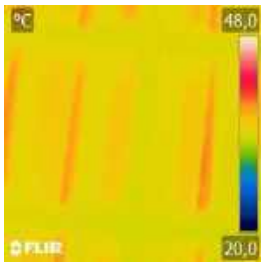
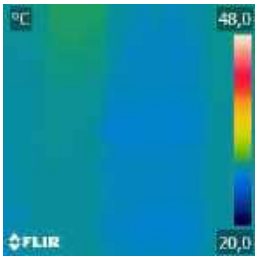
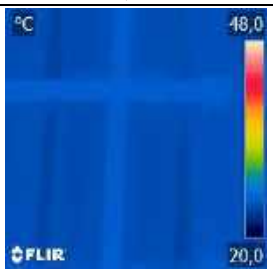
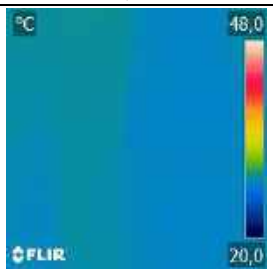
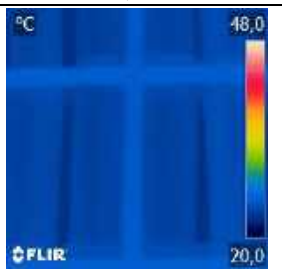
As imagens termográficas permitem distinguir claramente a influência da radiação solar no aquecimento da cobertura. No período noturno, a variação entre as temperaturas superficiais do teto verde e da telha cerâmica foram pequenas, chegando a 2,8ºC as 21h do dia 07/12. Já durante o dia, a diferença de comportamento térmico entre os sistemas é mais evidente, principalmente no período da manhã, como mostra as imagens às 09h no Quadro 3, atingindo diferença máxima de 10,2ºC, às 12h do dia 07/12 e mínima de 0,1ºC as 18h do dia 07/12. Esse efeito é possivelmente influenciado pelo albedo dos materiais, uma vez que essa propriedade relaciona a parcela de radiação solar que é absorvida e a que é refletida pelo material. Comparando os sistemas às 09h e às 15h é possível perceber indícios do atraso térmico promovido pelo teto verde, pois, no primeiro horário, o telhado com vegetação apresenta em sua maior parte, temperaturas superficiais mais baixas que a telha cerâmica, já no segundo horário, o teto verde possui temperatura superficial próxima aos valores apresentados pela telha cerâmica, enquanto que essa já apresenta indícios de resfriamento devido a distribuição da temperatura na coberta.

Apesar da semelhança no comportamento térmico na superfície externa entre os sistemas de cobertura analisados em determinados horários, o comportamento interno da temperatura superficial é bastante diferente, como pode ser visualizado nas imagens do Quadro 2.

Quadro 2 - Fotografias termográficas internas das coberturas às 03h, 09h, 15h e 21h nos dois dias de análise.

Fonte: Autores (2019).

06/12/2018			**07/12/2018**		
H	**Teto verde**	**Telha cerâmica**	**H**	**Teto verde**	**Telha cerâmica**

03:00h				
	26,2 ºC	22,8 ºC	25,2 ºC	23,0 ºC
09:00h				
	28,4 ºC	36,0 ºC	27,3 ºC	33,7 ºC
15:00h				
	32,7 ºC	36,1 ºC	31,6 ºC	35,9 ºC
21:00h				
	28,6 ºC	24,9 ºC	28,5 ºC	24,2 ºC

A partir das imagens termográficas, foi possível observar que, durante o período noturno, o teto verde possuiu temperatura superficiais mais elevadas que a telha cerâmica, chegando a uma diferença de 4,4ºC, às 21h, do dia 07/12/2018. Entretanto, durante o período, quando a radiação solar atinge a cobertura (06h às 18h) esse comportamento inverte-se, como esperado, e o teto verde apresenta valores de temperatura superficiais inferiores à cobertura com telha cerâmica, chegando a uma diferença de 9,5ºC, às 12h, no dia 07/12/2018. Destaca-se, também, a inércia térmica promovida pelo sistema com vegetação, com diferença de temperatura na ordem de 7,6ºC e 6,7ºC, às 9h, nos dois dias analisados, respectivamente.

A Figura 7 apresenta os valores de temperatura superficiais internas e externas das coberturas nos dois dias monitorados.

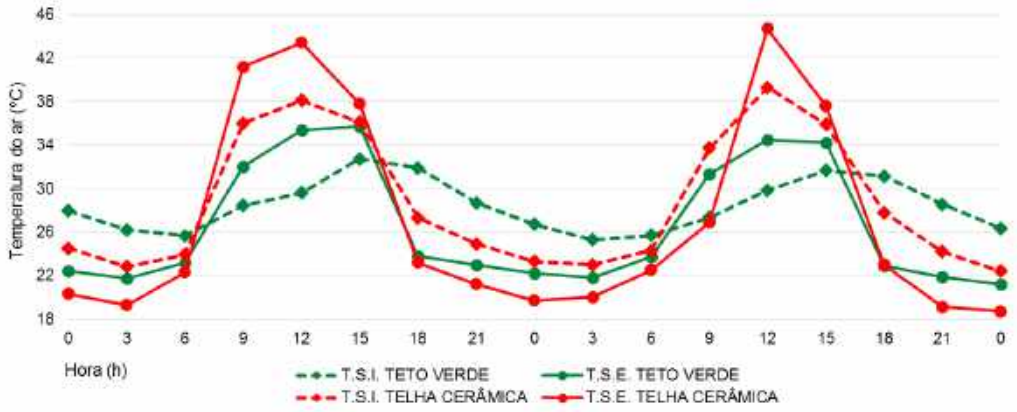


Figura 7 - Gráfico do comportamento da temperatura superficial externa e interna nas células teste durante os dois dias analisados. Fonte: Autores (2019).

Quanto as temperaturas superficiais internas, a célula teste com teto verde apresentou valores abaixo da temperatura do ar durante horários de maior radiação, às 9h, 12h e 15h (diferença máxima de 3,0ºC as 12h do dia 06/12/2018) e superiores durante os demais horários (diferença máxima de 5,6ºC as 18h do dia 06/12/2018). Enquanto que a célula teste com a telha cerâmica durante ao período noturno acompanhou as variações da temperatura do ar externo, mas durante o dia foi bastante influenciada pela radiação solar, chegando a ultrapassar em 7,4ºC as 12h do dia 07/12/2018 do valor de temperatura do ar nesse mesmo horário. Vale destacar ainda que em nenhum horário durante o dia, a temperatura superficial interna da telha foi menor que a temperatura do ar externo. A diferença das amplitudes térmica entre os sistemas de cobertura fica bastante evidente quando se analisa comportamento da temperatura superficial externa. A Tabela 1 apresenta um quadro geral da amplitude térmica e atraso térmico dos sistemas.

Tabela 2 - Comparação das amplitudes térmicas, do atraso térmico e dos valores máximos e mínimos das temperaturas coletadas nas células teste nos dois dias de análise.

DIA 06/12/2018				
Variável	**T.S.I (ºC) Teto verde**	**T.S.E (ºC) Teto verde**	**T.S.I (ºC) Telha cerâmica**	**T.S.E (ºC) Telha cerâmica**
Mínima	25,6 (06h)	21,7 (03h)	22,8 (03h)	19,3 (03h)
Máxima	32,7 (15h)	35,7 (15h)	38,1 (12h)	43,2 (12h)
Amplitude térmica	7,1	14,0	15,3	23,9
DIA 07/12/2018				
Variável	**T.S.I (ºC) Teto verde**	**T.S.E (ºC) Teto verde**	**T.S.I (ºC) Telha cerâmica**	**T.S.E (ºC) Telha cerâmica**
Mínima	25,2 (03h)	21,8 (03h)	23,0 (03h)	19,1 (21h)
Máxima	31,6 (15h)	34,5 (12h)	39,3 (12h)	44,7 (12h)
Amplitude térmica	6,4	12,7	16,3	25,6

Os valores de amplitude térmica mostrados nesta tabela mostram que a célula teste com teto verde apresentou amplitudes térmicas menores que a telha cerâmica nos dois dias analisados, onde as amplitudes internas foram menores que a variação de temperatura externa nos dias 06/12 e 07/12, 4,0ºC e 3,7ºC respectivamente. O sistema de teto verde conseguiu atenuar as temperaturas externas enquanto a telha cerâmica apresentou todas as amplitudes (internas e externas) maiores que a variação térmica do ar externo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise termográfica das coberturas permitiu identificar a influência das propriedades dos materiais no aquecimento dessas estruturas, resultando em uma diferença de 10,2ºC entre as temperaturas superficiais externas, na qual o telhado com vegetação apresentou menores valores em horários de radiação solar mais intensa. Quanto ao comportamento interno, o teto verde apresentou menores temperaturas superficiais durante o dia e valores acima dos encontrados na telha cerâmica no período noturno. A amplitude térmica do teto verde, também foi menor que a encontrada no sistema com telha cerâmica em ambos os dias de análise, chegando a uma diferença de 9,9ºC internamente e 12,9ºC externamente.

Pode-se concluir que a cobertura em teto verde apresentou comportamento térmico satisfatório no período diurno quando comparada a telha cerâmica, pois conseguiu reduzir a amplitude térmica e

temperaturas superficiais internas em horários mais intensos quanto a radiação solar. Os dados superficiais apresentados nessa pesquisa permitiram uma análise voltada ao comportamento do sistema e a transferência de calor da face externa para a face interna da cobertura porém, uma análise específica da temperatura do ar interno nas células teste permitirá um estudo mais amplo da influência do teto verde no ambiente interno, como o estudo de Carvalho (2018), que utilizou sensores para a coleta de temperatura do ar no interior da célula teste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEATRICE, Caio Cury**. Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22092011-151752/pt-br.php>. Acesso em: 10 abr. 2019.

CARVALHO, Gustavo de Castro. **Avaliação de sistemas de telhados verdes: análise térmica e hídrica nos diferentes sistemas cultivados com *Callisia repens***. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (*Campus* de Sorocaba), Sorocaba, 2018. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154781>. Acesso em: 12 jul. 2019.

COSTA, Kátryson M. S.; SILVA, Maria N.; BARBOSA, Ricardo 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

FERRAZ, Iara Lima. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7842/JOBIM,%20ALAN%20LAMBERTI.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 abr. 2019.

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

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia e Estatística. **Consulta Dados da Estação Automática:** Arapiraca (AL). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 12 jul. 2019.

KOZMHINSKY, Marcelo; PINHEIRO, Sara Maria Gomes, EL-DEIR, Soraya Giovanetti. **Telhados verdes**: uma iniciativa sustentável. Recife: EDUFRPE, 2016. 65p.

LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; DUTRA, Luciano. **Eficiência energética na Arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2004. 192p.

LOHMANN, Alberto; BARTH, Fernando. Análise comparativa de desempenho térmico em coberturas na região de Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL, 10., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 6., 2009. [Natal]. **Anais eletrônicos...** [Natal], 2009. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/2009/ENCAC09_0971_977.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

LOPES, Daniele Arantes Rodrigues. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura**. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-11122007-093813/pt-br.php>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MINK, Gernot. **Techos verdes**: planificación, ejecución, consejos prácticos. Montecideo. Fin de Siglo, [2003?]. 86p.

PARIZOTTO FILHO, Sergio. Telhado vegetado. In: LAMBERTS et al. **Casa eficiente**: bioclimatologia e desempenho térmico. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010, v. 1. p. 89-122. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I_WEB.pdf >. Acesso em: 10 abr. 2019.

PECK, Steven W. et. al. **Greenbacks from green roofs**: forcing a new industry in Canada status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden techno-logy diffusion. Canadá: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999. Disponível em:<https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/peck-sm.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PROJETEEE - **Projetando Edificações Energeticamente Eficientes.** Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/> Acessado em 10 abr. 2019.

RAPOSO, Fausto Miguel Ferreira**. Manual de boas práticas de coberturas verdes**. Análises de casos de estudo. 2013. 187 f. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação) – Técnico Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146020357/Dissertacao_CobVerdes_FRaposo_R01.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ROCHA, Sérgio. Os números do mercado de telhado verde no mundo. **Instituto Cidade Jardim. Website**. [S.I.: s.n.], 2016. Disponível em: <http://institutocidadejardim.com.br/2016/09/13/um-telhado-verde-nao-faz-verao-2-os-numeros-do-mercado-de-telhados-verdes-no-mundo/>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SANTOS, Gilles Chaves dos. **Desempenho térmico de telhados verdes no agreste pernambucano**. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/ppgecam/images/documentos/Dissertacoes/2016/dissertacao%20gilles.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

SILVA, Marina Deichmann; BOGO, Amilcar José. Análise do comportamento térmico de coberturas no clima de Blumenau SC. In: ENCONTRO NACIONAL, 11., E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2011. Búzios. **Anais eletrônicos...** Búzios, 2011. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/2011/Top4art09.pdf>. Acesso em: 14 abr. 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.

VECCHIA, Francisco. Cobertura verde leve (CVL): ensaio experimental. In: ENCONTRO NACIONAL, 8., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005. Maceió. **Anais eletrônicos...** Maceió, 2005. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/2005/ENCAC05_2146_2155.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

WILKINSON, Sara; FEITOSA, Renato Castiglia. Retrofitting housing with lightweight green roof technology in Sydney, Australia, and Rio de Janeiro, Brazil. **Sustainability:** Basel, v. 7, p. 1081-1098, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276238057_Retrofitting_Housing_with_Lightweight_Green_Roof_Technology_in_Sydney_Australia_and_Rio_de_Janeiro_Brazil>. Acesso em: 16 abr. 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao CNPQ pelo apoio a este trabalho através da concessão de bolsa de mestrado, assim como 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 e ao Grupo de Estudos em Atmosfera Climática Urbana (GATU) pelo fornecimento dos *dataloggers* para a realização da pesquisa.