

## DESEMPENHO DE DIFERENTES TIPOS DE TELHADO VERDE NO CONFORTO TÉRMICO URBANO NA CIDADE DE SANTA MARIA, RS<sup>1</sup>

### *PERFORMANCE OF DIFFERENT GREEN ROOFS IN THE URBAN THERMAL COMFORT IN THE CITY OF SANTA MARIA, RS*

André Gonçalves Panziera<sup>2</sup>, Vitor da Silva Calil<sup>2</sup>, Fabio Dischkaln do Amaral<sup>2</sup> e Alexandre Swarowsky<sup>3</sup>

#### RESUMO

O crescente adensamento urbano e seus incrementos estruturais vêm influenciando no aquecimento dos grandes centros e, conseqüentemente, no conforto térmico, essencial à qualidade de vida populacional. Assim, o telhado verde surge como uma alternativa para reduzir esses efeitos, mas ainda com um custo muito elevado. Portanto, objetivou-se, neste trabalho, determinar o desempenho térmico de dois tipos diferentes de telhados verdes e compará-los com um telhado convencional, no que se refere ao conforto térmico em Santa Maria, RS. A composição do primeiro telhado verde foi politereftalato de etileno (módulo A); do segundo, foi de policloreto de vinila (módulo B) e do telhado convencional foi fibrocimento (módulo C). Foram montados nove módulos de dimensões idênticas e, no interior de cada um, acoplou-se um sensor de temperatura, por meio do qual foram captados, diariamente, dados durante dez meses. No módulo A, a temperatura foi 0,5 e 3,0°C inferior à temperatura no módulo B e C, respectivamente, sendo que esse módulo foi 1,39 e 7,81% mais eficaz na redução do ganho de calor sensível nas temperaturas máximas. No mesmo módulo, constatou-se diminuição de 1,05 e 1,08% na perda de calor sensível comparado ao módulo B e C, respectivamente.

**Palavras-chave:** desconforto térmico, temperatura, urbano.

#### ABSTRACT

*The increasing urban density and its facilities have contributed to global warming, especially in big cities, and consequently to thermal comfort, which is essential to people's quality of life. Therefore, green roofs are an effective alternative to reduce these effects, although they may be still very expensive. The objective of this study was to investigate the thermal performance of two different types of green roofs by comparing them with a conventional roof in relation to thermal comfort in Santa Maria, RS. The first green roof was made of polyethylene terephthalate (module A), while the second one was made of polyvinyl chloride (module B), and the conventional roof was made of asbestos cement (module C). Nine modules of identical sizes were built, and a temperature sensor was attached to each one of them, through which data was daily collected for a period of ten months. In module A, the temperature was 0,5°C and 3,0°C below the temperature in modules B and C, respectively, being this module 1,39 and 7,81% more effective in reducing the sensible heat gain in the maximum temperature. Also, module A showed a decrease of 1,05 and 1,08% in the sensible heat loss when compared to modules B and C, respectively.*

**Keywords:** thermal comfort, temperature, urban area.

<sup>1</sup> Trabalho de Iniciação Científica.

<sup>2</sup> Acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano.

<sup>3</sup> Orientador.- Centro Universitário Franciscano. E-mail: alexandre@unifra.br

## INTRODUÇÃO

A cidade de Santa Maria, RS, tem sido densificada por edificações sem projeto de conforto ambiental. Grande parte dessas construções, por não serem providas de tecnologias ambientais, geram microclimas, o que exerce forte impacto na amplitude térmica do ambiente urbano. Silva e Streck (2014) evidenciaram em Santa Maria um aumento no Índice de Calor nos meses de janeiro no horário das 15 horas, tanto para o valor máximo absoluto mensal, como para a média mensal, com temperaturas máximas atingindo 39°C nessa época do ano.

O desconforto térmico, reflexo da ausência de um planejamento urbano de qualidade ambiental tem sido facilmente percebido pelo fenômeno das ilhas de calor (TAKEBAYASHI; MORIYAMA, 2007; ALEXANDRI; JONES, 2008; FACCO et al., 2012). O referido fenômeno se desenvolve em função da incidência da radiação solar combinada com baixo fluxo de ar, decorrente do adensamento, verticalização e fraca dissipação de energia térmica causada por edificações e estruturas similares (YAMAMOTO, 2006; ORTIZ; AMORIM, 2011). O fenômeno de ilhas de calor pode incrementar a temperatura do meio em até 10°C, o que pode causar estresse térmico e degradar a sanidade humana (LAZZARIN et al., 2005).

Uma alternativa para reduzir as ilhas de calor e melhorar o conforto térmico urbano são os telhados verdes, classificados em dois tipos, o extensivo e o intensivo (JAFFAL; OUDLBOUKHTINE; BELARDI, 2012; CALIL; BERNARDI; RIGHES, 2014). Ambas as classificações de telhados verdes são compostas de uma camada preparada de solo sobre um substrato, que consiste de uma superfície impermeável, com vegetação plantada e canais de drenagem para água pluvial (OLIVEIRA, 2009). Na cobertura extensiva, a pressão suportada situa-se entre 70 e 170 kg.m<sup>-2</sup>, e a camada de solo com substrato é de 5 a 15cm e geralmente gramíneas como vegetação (HENEINE, 2008). Já na cobertura intensiva, a pressão suportada situa-se entre 290 a 970 kg.m<sup>-2</sup>, a profundidade de substrato situa-se entre 15 a 21cm e a vegetação plantada requer mais manutenção, irrigação, poda e uso de fertilizantes (CORSINI, 2013).

Diversas pesquisas vêm demonstrando o desempenho de telhados verdes. Por exemplo, Castlelon et al. (2010) concluíram que a retenção térmica dos telhados verdes em construções depende do substrato do solo e da evapotranspiração. Niachou et al. (2001) demonstraram que, enquanto construções sem telhado verde bastante ensolaradas retinham de 0,26 a 0,40 Wm<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup> de retenção térmica, as que detinham a telhado verde situavam-se na faixa de 0,24 até 0,34W m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>, o que representa melhor reflexão da radiação. Diante do exposto, é possível com uso de telhados verdes, se obter um conforto térmico para as pessoas, perceptível no interior de construções com esse tipo de projeto. É possível economizar energia elétrica com o uso intenso desse tipo de cobertura, e os custos em financiamentos de instalação podem ser baixos (OLIVEIRA, 2009, BIANCHINI; HEWAGE, 2012).

Mesmo com uma variedade de estudos, os telhados verdes carecem de mais resultados referentes aos impactos na amplitude térmica, na temperatura do ar e no conforto térmico (ROWE, 2011; JAFFAL et al., 2012). Também são necessárias mais discussões de resultados direcionados a atenuação dos efeitos das ilhas calor no conforto térmico, visto que a escolha das características do telhado verde depende muito do microclima. O objetivo, neste trabalho, foi determinar o desempenho térmico de dois tipos diferentes de telhados verdes e compará-los com um telhado convencional, no que se refere ao conforto térmico em Santa Maria, RS.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **LOCAL DE ESTUDO**

O estudo ocorreu na cidade de Santa Maria, RS, com as coordenadas geográficas 29°43' de latitude Sul e 53,42' de longitude Oeste, com área territorial de 1.781,757 km<sup>2</sup>, e densidade demográfica de 145,98 hab.km<sup>-2</sup> (IBGE, 2015). O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, sendo subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes (MORENO, 1961; PAULA et al., 2012). A precipitação média anual é de 1.686 mm e a temperatura média anual mínima de 14,3°C (SILVA; STRECK, 2014).

O procedimento experimental foi realizado na área externa do Conjunto II do Centro Universitário Franciscano, cujas coordenadas geográficas são de 29°41'05,45" S e 53°48'46,48" W. Esse local foi escolhido porque suas adjacências são constituídas de uma elevada quantidade de edificações por unidade de área, o que simula um cenário de densificação urbana, apropriado para este estudo.

### **MÓDULOS**

Para os telhados, foram construídos nove módulos padronizados em forma de uma edificação. Todos os módulos foram confeccionados em forma cúbica, com 1m de aresta, compostas por madeira de 10mm de espessura. As paredes externas foram revestidas por uma manta de alumínio, com o intuito de refletir os raios solares, de modo que não influenciasses na temperatura interna dos módulos. Incluiu-se uma porta de 30cm de largura por 40cm de altura, em uma das faces de cada módulo, para acessar seu interior (Figura 1).

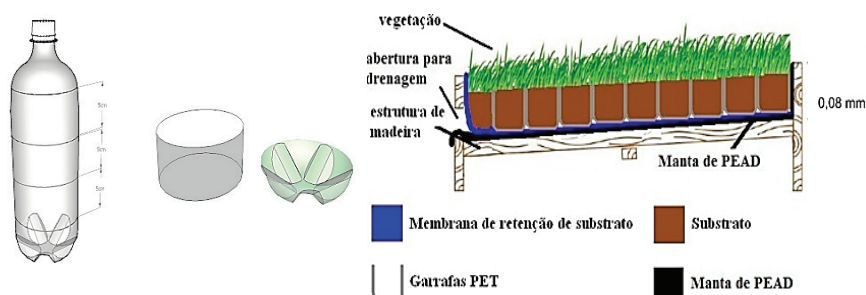
**Figura 1** - Módulos experimentais construídos e instalados nas dependências do Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, RS.



Utilizaram-se três tipos distintos de cobertura. O primeiro (módulo A) foi um telhado convencional de fibrocimento 6mm, porque é uma cobertura mais econômica e, portanto, a mais usada em prédios cujos projetos não optam por lajes impermeabilizadas. O segundo (módulo B) foi adquirido de uma empresa específica do ramo de construções sustentáveis. As camadas desse telhado foram constituídas por uma estrutura impermeável a base de policloreto de vinila (PVC), módulo alveolar, membrana de absorção, grelha de pavimento natural, substrato e vegetação rasteira. A estrutura do telhado do módulo B foi instalada conforme as especificações da empresa.

O terceiro telhado (módulo C) foi desenvolvido especificamente para este trabalho, denominado EcoPET, que se distingue do telhado verde anterior por utilizar na sua estrutura impermeável o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e partes de garrafa de politereftalato de etileno (PET). No telhado tipo EcoPET, a superfície do substrato foi composta de uma geomembrana, cuja finalidade foi impermeabilizar a cobertura. Sobre a manta, foi colocada uma membrana de retenção de nutrientes. Sobre essa membrana, foram colocados anéis de garrafas PET de 2,0 e 2,5L, produzidos a partir de cortes horizontais, a cada 5cm, devidamente alocados de modo a formar um quadrado de 1m de aresta, cuja função foi de armazenamento de água da chuva e aporte de substrato (Figura 2).

**Figura 2** - Partes de garrafa PET utilizadas e perfil do telhado verde proposto.



O módulo A correspondeu às unidades experimentais 1, 2 e 3, que foram revestidos pelos telhados EcoPET; o módulo B correspondeu às unidades 4, 5 e 6 e tiveram como revestimento as coberturas da empresa especializada; e os de números 7, 8 e 9 foram cobertos por telhados convencionais. A vegetação utilizada para os dois tipos de coberturas verdes foi a grama do gênero *Axonopus compressus*, comumente denominada Grama-são-carlos. A poda da vegetação foi realizada sempre de modo a mantê-la com altura não superior a 6cm e, a cada 5 dias, foi feita a irrigação da cobertura.

## DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA NOS MÓDULOS

A metodologia de coleta dos dados teve seus alicerces em medições da temperatura interna, máxima e mínima, em cada um dos módulos experimentais e do ambiente externo. Em cada unidade foi acoplado um termômetro digital, a 50cm da superfície do módulo. Tais termômetros possuíam a capacidade de coletar as temperaturas máximas e mínimas de cada dia, zerando sua memória após as 24h. A temperatura do ambiente externo também foi registrada, por intermédio de um termômetro situado em um abrigo meteorológico, suportado por um tripé, em uma altura de aproximadamente 1,6m em relação à superfície. A coleta dos dados de temperatura ocorreu diariamente às 18h, em função de que, nesse horário, a temperatura máxima e a mínima diária já haviam ocorrido. Os dados de temperatura foram coletados manualmente durante dez meses, no período de novembro de 2011 a setembro de 2012.

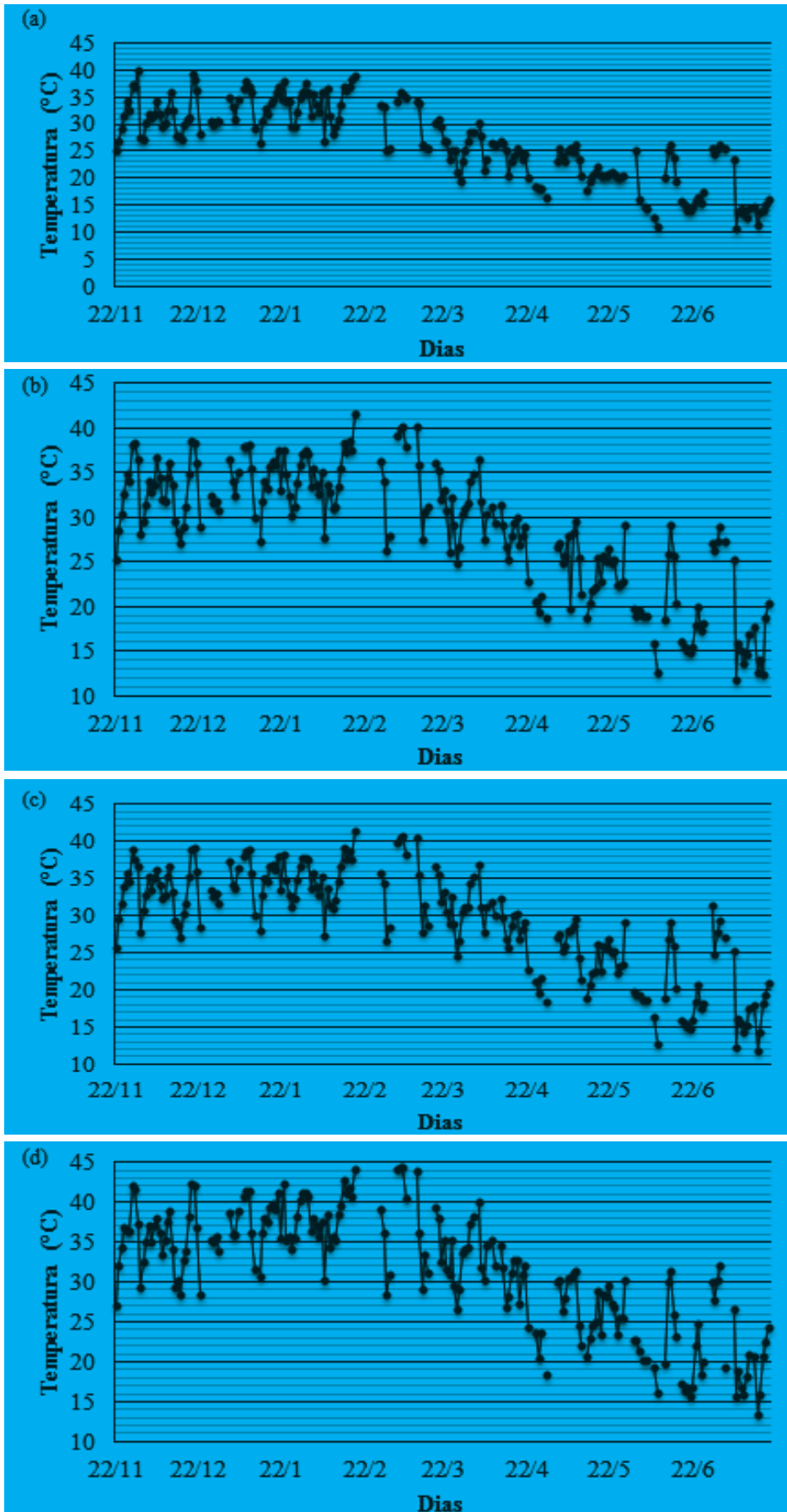
## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. Foi aplicado o teste Tukey para comparar as médias das temperaturas entre os telhados e o ambiente, com todos os dados, bem como para cada telhado. Adotou-se o nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a figura 3, no dia 2 de dezembro de 2011, observou-se a maior temperatura ambiente do período de monitoramento, perfazendo 40°C. Nesse dia, no módulo A, a temperatura máxima foi de 38,8°C; no módulo B, de 39,9°C; e no módulo C, de 42,8°C. Contudo as maiores temperaturas registradas sobre os telhados foi em 17 de fevereiro de 2012, quando no módulo A constatou-se 41,6°C; no módulo B, 41,8°C; e no módulo C, 44,7°C. Em ambas as datas, as temperaturas do módulo A, cobertura formada por PET, foram menores que nos outros módulos. Isso indica que o telhado verde tem características que melhor restringem a transmissão de energia térmica para o interior de sua estrutura, quando comparado com as demais coberturas monitoradas.

Figura 3 - Variação das temperaturas máximas diárias do período de 22/11/2011 a 22/07/2012 do ambiente (a) e dos módulos A (b), B (c) e C (d).





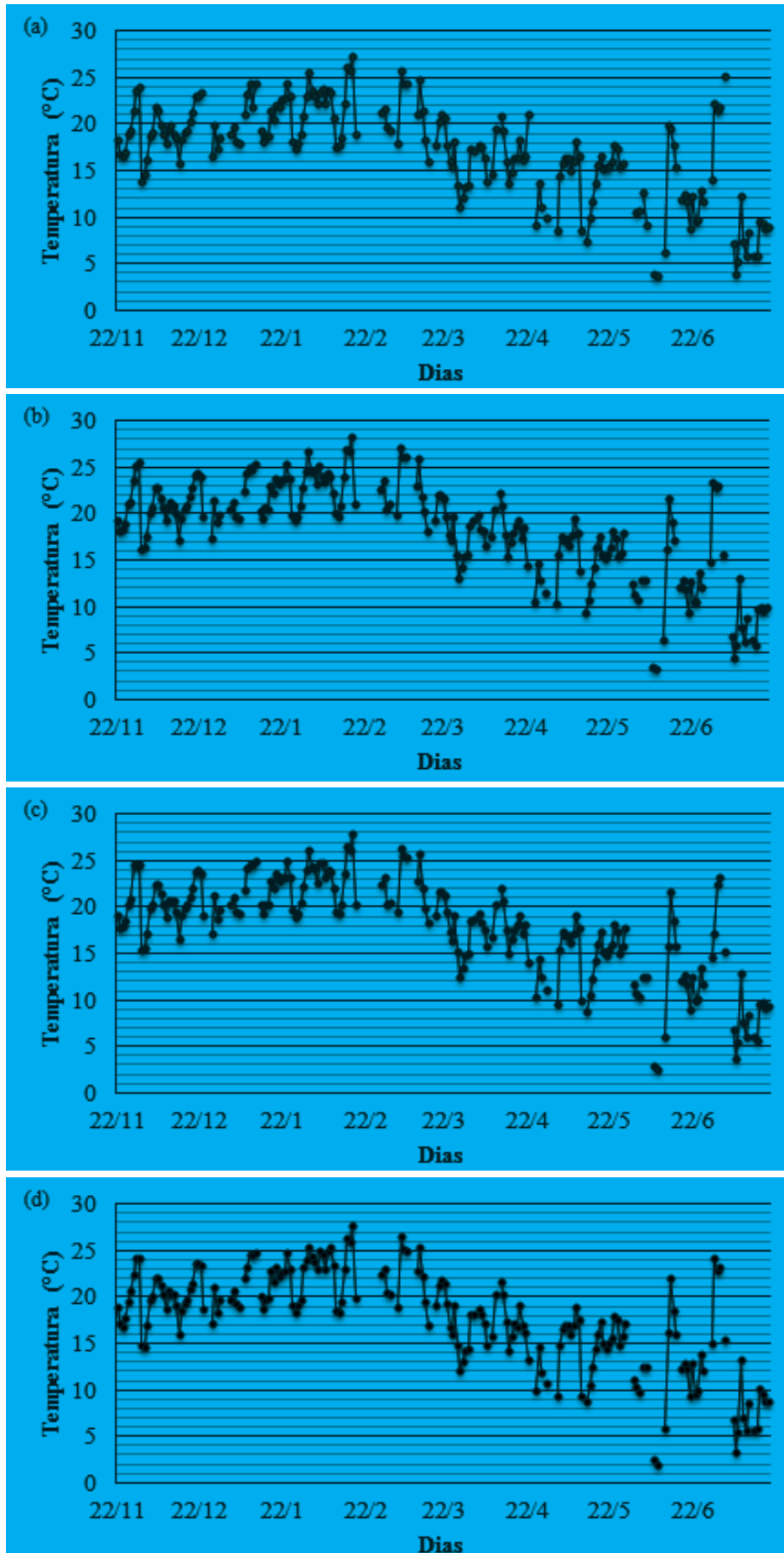
Em praticamente todo o período de monitoramento, as temperaturas no módulo C, telhado convencional, foram superiores em comparação aos demais módulos. Isso indica que no módulo C, o fluxo de calor sensível no seu interior é maior que os demais, provavelmente pela composição de seu telhado ser tradicional, ou seja, de fibrocimento e não ter isolamento térmico.

Conforme a figura 4, o menor registro da temperatura ambiente foi de 3,8°C no dia 8 de julho, com temperaturas médias mínimas nos telhados de 4,4°C no módulo A, 3,8°C no módulo B e 3,3°C no módulo C. As mínimas dos telhados e do ambiente coincidiram, sendo que no módulo A foi registrado o maior valor de média mínima geral, devido a menor perda de energia térmica pelo substrato. Pouey et al. (1998), ao monitorarem a variação térmica de uma cobertura verde e de uma laje exposta, na cidade de Pelotas, RS, observaram que as temperaturas do ar interno da cobertura verde foram mais amenas no verão e iguais ou mais elevadas no inverno do que as temperaturas do ar interno da cobertura de laje. Analogamente, o módulo A apresentou temperatura mínima mais elevada nos dias mais frios, indicando melhor conservação de energia em relação aos demais tratamentos.

Quando a temperatura máxima ambiente superou os 30°C, o módulo A, telhado verde composto de PET, apresentou temperatura de 0,5°C inferior ao módulo B e 3°C inferior ao módulo C. Nas temperaturas mínimas ambientes menores que 10°C, a temperatura do módulo A foi 0,5°C superior ao módulo B, e 0,7°C superior ao módulo C. O telhado verde do módulo A, composto de PET, desempenhou melhor a redução de perda de energia térmica do que os demais. Uma explicação para esse desempenho pode ser o acúmulo de ar nas concavidades do conjunto da base de garrafas PET utilizados. Esse acúmulo de ar pode ter exercido um tamponamento na transmissão de energia térmica de dentro para fora do módulo A, provocando os resultados constatados.

Analisando os dados da tabela 1, não foi observada diferença significativa para todos os telhados e para o geral, exceto as temperaturas mínimas dos telhados do módulo C. A média das temperaturas mínimas do telhado de fibrocimento (módulo C) são estatisticamente iguais à média das temperaturas ambientes. Isto demonstra que sua estrutura não foi planejada para atenuar a incidência da radiação solar, mas sim, exercer proteção e escoamento de água em eventos de precipitações pluviais. Sendo assim, esse tipo de telhado é uma potencial causa incrementadora de ilhas de calor nas cidades.

**Figura 4** - Variação das temperaturas mínimas diárias do período de 22/11/2011 a 22/07/2012 do ambiente (a) e dos módulos A (b), B (c) e C (d).





**Tabela 1** - Média das temperaturas máximas e mínimas dos módulos e ambiente externo durante o período de novembro de 2011 a julho de 2012.

Tratamento	Temperaturas máximas		Temperaturas mínimas	
	Telhado	Ambiente	Telhado	Ambiente
Módulo A	35,4 Aa*	34,2 b	8,9 Aa	7,9 b
Módulo B	35,9 Ba	34,2 b	8,4 Ba	7,9 b
Módulo C	38,4 Ca	34,2 b	8,2 Ba	7,9 a
Geral	36,1 a	34,2 b	8,5 a	7,9 b

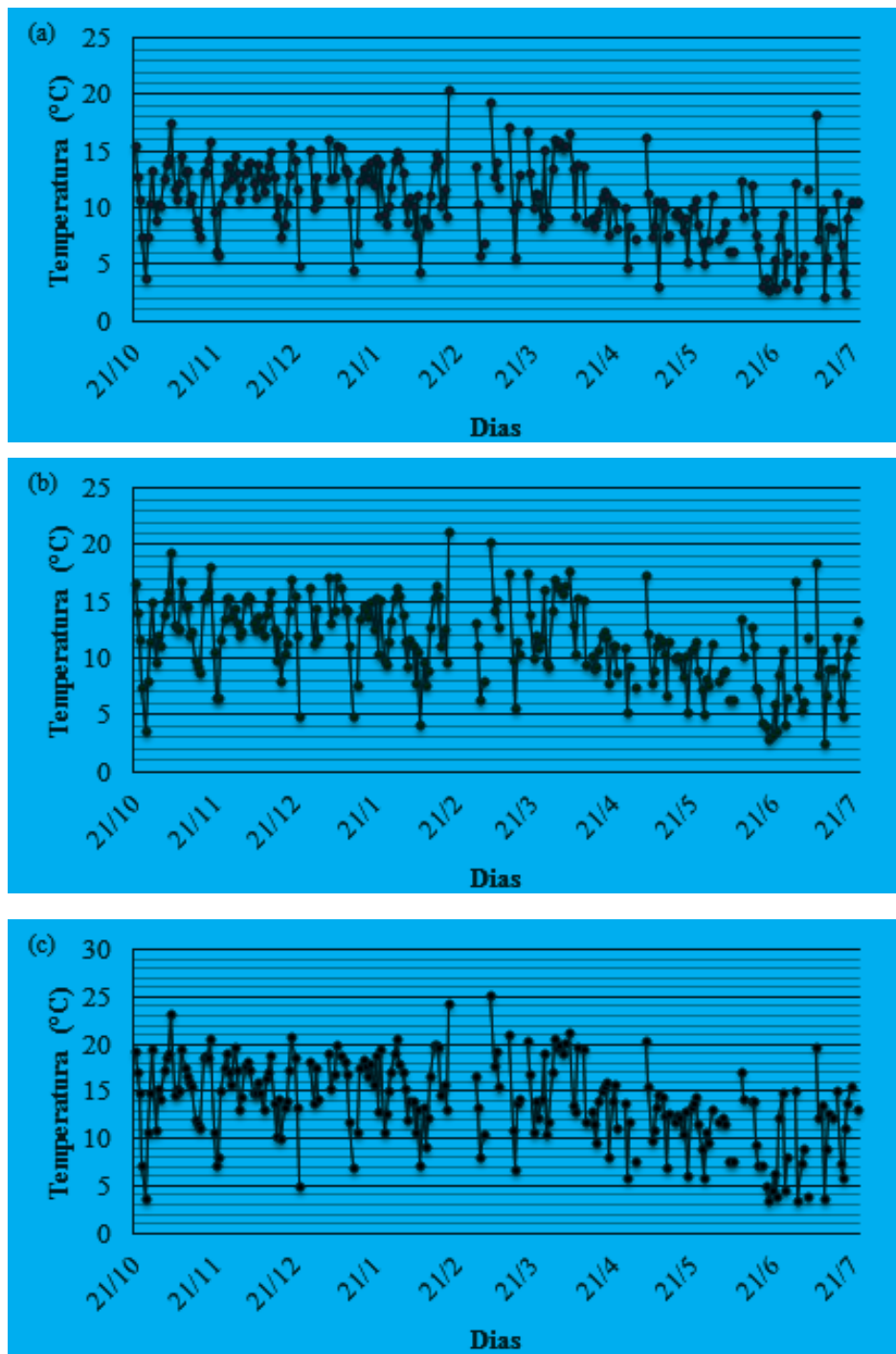
\* As médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5 %.

Os resultados estatisticamente diferentes entre os módulos A e B, ambos telhados verdes, e destes dois em relação ao ambiente externo, indicam que as suas características propostas foram preponderantes na menor variação de temperatura, com melhor desempenho o módulo A. Em estudo comparativo entre telhado verde, cerâmico e metálico, no sul do Brasil, Parizotto e Lamberts (2011) evidenciaram, na estação quente, uma redução no ganho de calor entre 92 e 97%, e de frio entre 20 e 49%. Em estação fria, esses autores observaram uma diminuição no ganho de calor entre 70 e 84%, e uma redução na perda entre 44 a 52%.

No presente estudo, o módulo A foi 1,39 e 7,81% mais eficaz na redução do ganho de calor sensível nas temperaturas máximas. O módulo A diminuiu 1,05 e 1,08% a perda de calor sensível comparado ao módulo B e C, respectivamente, nas temperaturas mínimas. Logo, pelas temperaturas máximas do módulo A serem as menores, é possível inferir que o telhado verde desenvolvido com PET atenuou melhor o fluxo de calor sensível quando comparado ao ambiente externo e aos outros tipos de telhados analisados neste estudo.

A média das temperaturas máximas e mínimas do módulo A foi estatisticamente diferente em comparação aos demais tratamentos. Isso expressa que o módulo A foi mais eficaz que os demais telhados na suavização das temperaturas do ambiente interno de seus módulos. Tal resultado condiz com a revisão sobre controle de poluição realizada por Rowe (2011), estando diretamente associado ao conforto térmico. As temperaturas mínimas do módulo A foram significativamente diferentes em relação aos módulos B e C, que foram estatisticamente iguais entre si.

Nota-se, na figura 5, que o módulo C obteve a maior amplitude térmica, ou seja, a temperatura média máxima foi mais alta e a temperatura média mínima mais baixa. Outros autores destacaram que a superfície de telhados de fibrocimento em residências domésticas, no verão, pode atingir valores muito elevados, chegando até 90°C (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010; JAFFAL; OULDBOUKHTINE; BELARDI, 2012). Dessa forma, a partir dos resultados do presente trabalho pode-se afirmar que as estruturas convencionais não estão tecnologicamente preparadas para incrementar o conforto térmico humano, e que, com a implantação de novas tecnologias, como o telhado verde, é possível reduzir os efeitos das ilhas de calor, bem como melhorar o conforto térmico humano, especialmente no interior de residências.

**Figura 5** - Variação da amplitude térmica diária do período de 21/10/2011 a 22/07/2012 dos módulos A (a), B (b) e C (c).

No dia 4 de novembro de 2011, obteve-se o registro da maior amplitude térmica da temperatura ambiente, com valor de  $19,8^{\circ}\text{C}$ . Nesse mesmo dia, foram também registradas as maiores variações de temperaturas no interior dos módulos A, B e C, cujos valores foram de  $17,5^{\circ}\text{C}$ ,  $19,2^{\circ}\text{C}$  e  $23,3^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Vecchia (2005) comparou amplitudes térmicas com máximas, médias e mínimas temperaturas internas do ar de distintos sistemas de cobertura, incluindo um telhado verde e um de fibrocimento. Como resultado, encontrou uma diferença de temperatura máxima entre estes de aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$ . Teemusk e Mander (2008) compararam a amplitude térmica entre um telhado

betuminoso e outro composto por agregados leves com 100mm de substrato natural. Esses autores concluíram que, com 80% da superfície do telhado coberta com plantas, pode-se reduzir a amplitude térmica do ar em cidades.

Para o presente trabalho, uma das explicações para o melhor desempenho do módulo A em relação aos demais tem seus alicerces na base das garrafas PET, utilizada na confecção das coberturas. Isso porque elas detêm diversas concavidades na sua base, que reduziram a área de contato com outras partes da estrutura. Diferentemente dos dois outros tipos de telhado, que entravam inteiramente conectados com a estrutura, a diminuição da área de contato do módulo A pode ter restringido a transmissão de energia térmica para o seu interior. Combinado a isso, o ar retido nas concavidades da base de garrafas PET utilizadas também absorveu parte da energia térmica que estava sendo transmitida. Em função disso, a amplitude térmica do módulo A foi inferior e, então, melhor, quando comparado aos outros dois módulos.

## CONCLUSÕES

O telhado verde desenvolvido com PET, denominado módulo A, foi 1,39 e 7,81% mais eficaz na redução do ganho de calor sensível nas temperaturas máximas. Nos telhados compostos de PVC e fibrocimento, módulos B e C, respectivamente, as amplitudes térmicas foram menores quando comparadas às encontradas no módulo A e, por isso, conclui-se que seus desempenhos foram inferiores. A menor área de contato exercida pelas bases de garrafas PET utilizadas no telhado denominado módulo A foi o fator diferencial na obtenção do melhor desempenho comparado aos demais tratamentos.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRI, E.; JONES, P. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. **Build and Environment**, v. 43, p. 480-493, 2008.

BIANCHINI, F.; HEWAGE, K. Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: a lifecycle approach. **Building and Environment**, v. 58, p. 152-162, 2012.

CASTLELON, H. F. et al. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. **Energy and Buildings**, v. 42, p. 1582-1591, 2010.

CALIL, V. S.; BERNARDI, E. C. S.; RIGHES, A. A. Impacto da utilização de telhados verdes no escoamento superficial do Arroio Esperança em Santa Maria, RS. **Revista Disciplinarum Scientia: Série Naturais e Tecnológicas**, v. 15, n. 1, p. 1-16, 2014.

CORSINI, R. **Telhado verde**. 2013. Disponível em: <<http://bit.ly/1xtUjIL>>. Acesso em: 28 nov. 2015.

FACCO, R.; NASCIMENTO, V. B. do; WERLANG, M. K. Variabilidade de temperaturas médias mensais em Santa Maria/RS no período de 2004/2011. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1103-1110, 2012.

HENEINE, M. C. A. de S. **Cobertura verde**. 2008. 16 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2015. Disponível em: <<http://bit.ly/1QmEITL>>. Acesso em: 28 nov. 2015.

JAFFAL, I.; OUDLBOUKHTINE, S. E.; BELARDI, R. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. **Renewable Energy**, v. 43, p. 157-164, 2012.

LAZZARIN, R. M.; CASTELLOTTI, F.; BUSATO, F. Experimental measurements and numerical modelling of a green roof. **Energy and Buildings**, v. 37, p. 1260-1267, 2005.

MORENO, J. A. **Clima no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.

NIACHOU, A. et al., Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. **Energy and Buildings**, v. 33, p. 719-729, 2001.

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. 2009. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Cândido Mota/SP: Algumas considerações. **Revista Formação Online**, v. 1, p. 238-257, 2011.

PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 1712-1722, 2011.

PAULA, G. M. de et al. **Tendência histórica e variabilidade do brilho solar e modelagem da radiação solar em Santa Maria, RS**. 2012. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

POUEY, M. T. F.et.al. Coberturas verdes: análise de desempenho térmico. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis. **Anais...** NPC/UFSC, 1998.

ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. **Environmental Pollution**, v. 159, p. 2100-2110, 2011.

SILVA, S. D.; STRECK, N. A. Tendências das séries históricas do índice de calor no município de Santa Maria – RS. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1360-1366, 2014.

TAKEBAYASHI, H.; MORIYAMA, M.; Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. **Build and Environment**, v. 42, p. 2971-2979, 2007.

TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. **Building and Environment**, v. 44, p. 643-650, 2008.

VECCHIA, F. Cobertura verde leve (CVL): Ensaio Experimental. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO / ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC/ELACAC. 8, 6, Maceió, 2005. **Anais...** Maceió, ANTAC, 2005.

WILLIAMS, N. S. G.; RAYNER, J. P.; RAYNOR, K. J. Green roofs for a wide brown land: opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. **Urban Forest Urban Green**, v. 9, p. 245-251, 2010.

YAMAMOTO, Y. Measures to mitigate Urban Heat Island. **Quartely Review**, n. 18, p. 65-80, 2006.

