



Conforto térmico de módulos experimentais sob diferentes tipos de telhados no período de verão

Thermal comfort of experimental modules under different types of roofs in the summer period

Milena De Sousa Vera¹, Flávia Gizele König Brun², Makerli Galvan Zanella³,

Carolina Pereira dos Santos⁴ Eleandro José Brun⁵

RESUMO

O presente trabalho objetiva avaliar o conforto térmico na estação de verão em diferentes tipos de telhados. Empregou-se uma bancada experimental com oito módulos, em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 02 tratamentos (telhado de fibrocimento e verde) e 04 repetições. A coleta de dados consistiu no levantamento temperaturas dentro dos módulos em 4 horários (9:00 h, 12:00 h, 15:00h e 18:00 h) por 03 dias consecutivos quinzenalmente e externamente a temperatura do ar (máxima e mínima) através de consulta dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Por meio de diagnose visual foi atribuída as condições do céu no momento da coleta. O processamento dos dados foi em planilha eletrônica Excel Microsoft® com o cálculo das médias térmicas e da temperatura de neutralidade. Com o Software SasmAgri® realizou-se Teste de Tukey a 5,0%. A condição de céu aberto ensolarado obteve 74,0% de ocorrência, elevando a temperatura nos módulos influenciando no conforto térmico, portanto, não havendo diferenças significativas nos tratamentos. Porém, nos períodos da manhã o telhado verde apresentou-se próximo a neutralidade térmica. Concluiu-se que as condições do céu interferem diretamente no potencial de redução de temperatura e de conforto térmico proporcionado no telhado verde.

Palavras-chave: Telhado verde, conforto térmico, condição do céu

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the thermal comfort in the summer season on different types of roofs. An experimental bench with eight modules was used, in a completely randomized experimental design with 02 treatments (fiber cement and green roof) and 04 repetitions. Data collection consisted of surveying temperatures inside the modules at 4 times (9:00 am, 12:00 pm, 3:00 pm and 6:00 pm) for 03 consecutive days every fortnight and externally the air temperature (maximum and minimum) through consultation of data from the National Institute of Meteorology (INMET). Through visual diagnosis, the conditions of the sky at the time of collection were attributed. Data processing was done in an Excel Microsoft® spreadsheet with the calculation of thermal averages and neutrality temperature. With the SasmAgri® Software, a 5.0% Tukey Test was performed. The sunny open sky condition had 74.0% of occurrence, raising the temperature in the modules influencing the thermal comfort, therefore, with no significant differences in the treatments. However, in the morning periods, the green roof was close to thermal neutrality. It was concluded that the sky conditions directly interfere in the potential for temperature reduction and thermal comfort provided on the green roof.

Keywords: Green roof, thermal comfort, word sky condition

¹Acad. Eng. Florestal, Bolsista PIBITI-CNPq, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos -PR, Brasil; milenavera@alunos.utfpr.edu.br

² Prof. Dr. Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Silvicultura e Ecologia Urbana, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos-PR, Brasil;flaviag@utfpr.edu.br

³Arq. Urbanista, MSc. Prof. Grupo de Pesquisa em Silvicultura e Ecologia Urbana, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos-PR, Brasil makerlizanella@utfpr.edu.br

⁴ Arq. Urbanista, MSc. em Eng. Civil, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos-PR, Brasil; capereiradossantos@hotmail.com

⁵Prof. Dr., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos- PR, Brasil; eleandrobrun@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

Atualmente 85,0% da população brasileira habita em áreas urbanas, conforme dados do IBGE (2010), e este processo de urbanização se caracteriza essencialmente, por lotes altamente impermeabilizados com pouca área para infiltração da água da chuva e conforto térmico no entorno da edificação, e onde os telhados contribuem com a impermeabilização de até 25,0% das superfícies das cidades (TUCCI, 1997; ROSE et al., 2003; STOVIN et al., 2013).

A contribuição destes para o aumento das ilhas de calor e baixo desempenho das edificações em termos de conforto térmico, e por conseguinte a eficiência energética das edificações, em especial em edificações populares, onde o tipo de telhado mais usado é o de fibrocimento devido seu baixo custo (COUTINHO, 2018).

Neste sentido para a melhoria do desempenho térmico das edificações de cunho popular e do entorno destas. Uma das medidas com potencial de adoção para tais finalidades são os telhados verdes. A utilização de telhados verdes como técnicas de minimização do problema citado, ainda garante a melhoria da paisagem visual urbana, reduzindo os efeitos da poluição visual.

Os telhados verdes são estruturas que tem como principal característica a utilização de uma cobertura vegetal, sendo formados por uma camada de vegetação, uma camada de substrato, que auxilia na fixação da vegetação e na absorção da água, uma camada de drenagem que permite a saída de água (SANTOS, 2019)

Conforme Catuzzo (2013), a adoção de telhados verdes sobre os telhados de fibrocimento reduzem em média de 5,3°C a temperatura em edificações e um aumento de 15,7% da umidade do ar no interior desta, e por conseguinte, o desempenho energético da edificação, pois reduz o consumo de energia elétrica para o arrefecimento gerado pelas altas temperaturas, em relação as edificações que empregam somente o telhado de fibrocimento.

Um dos grandes gargalos para adoção desta tecnologia, é a falta de informações sobre quais espécies ou grupos de plantas que melhor se adaptam, visando a popularização dos telhados verdes, principalmente para edificações em conjuntos habitacionais populares, onde a densidade ocupacional do solo é mais elevada nos centros urbanos.

Dentro deste cenário o presente estudo objetiva avaliar o potencial de redução da temperatura na estação de verão de telhados verdes com cobertura da espécie Lambari (*Tradescantia zebrina* var. *Purpusii*) em relação ao telhado de fibrocimento convencional amplamente empregado em edificações populares no Brasil.

2 MÉTODO

O estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV) nas coordenadas geográfica 25°42'11,2'' S de latitude sul e 53°05'58,77'' W de longitude oeste de Greenwich, como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1: Localização da bancada experimental (destacado em vermelho) na área do Campus da UTFPR-Dois Vizinhos.

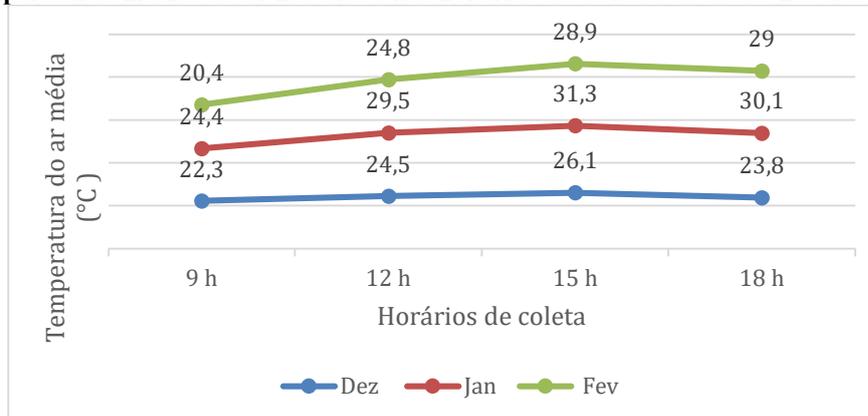


Fonte: Google Earth (2021).

O clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com média anual da precipitação pluviométrica entre 1900 a 2000mm, com distribuição uniforme (Alvares et al., 2013).

Conforme dados do INMET (2020), foi realizado o levantamento das temperaturas médias do ar de acordo com os meses em que ocorreu a coleta dos dados do estudo, como demonstra a figura 2.

Figura 2 – Temperaturas médias do ar nos dias e nos horários das coletas de dados nos tratamentos.



Fonte: Adaptado de INMET (2020).

Para o desenvolvimento do estudo foi construída uma bancada experimental dividida em oito módulos, com as dimensões de estrutura de 2,14 x 4,03 m, sendo cada módulo com 0,99 x 0,79 m, tendo uma área de 0,78 m² cada módulo, como pode ser observado na Figura 2.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Figura 3: Procedimento de construção, vedação e implantação da cobertura de vegetação nos módulos de telhado verde: A) Construção dos módulos experimentais; B) Instalação da manta bidim e do substrato para implantação do telhado verde com Lambari (*Tradescantia zebrina* var. *Purpusii*); C) Módulos do Telhado verde de Lambari recoberto e módulos de fibrocimento.



Fonte: Santos (2019); Brun (2019)

A bancada experimental foi construída e validada sua eficiência e confiabilidade de funcionamento no estudo de Santos (2019). O delineamento experimental foi de Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 02 tratamentos, construídos com telhas de fibrocimento de 6,0 mm de espessura em ambos os tratamentos (Telhado de fibrocimento e Telhado verde) com 04 repetições cada.

Para a instalação do telhado verde optou-se pelo tipo extensivo que foi construído sobre a telha de fibrocimento com a implantação de uma manta bidim recobrimdo a telha e as paredes dos módulos, esta serve como filtro da água percolada no módulo para evitar que obstrua o cano de PVC conectado ao módulo para coleta da água da chuva escorrida neste.

Após a manta bidim, foi implantada uma camada de 10,0 cm de substrato por módulo para fixação das plantas. Empregou-se uma mistura de partes iguais de fibra de coco, moinha de carvão, substrato comercial e vermiculita, para garantir uma cobertura leve e uma boa retenção de umidade para as plantas.

Foi também adicionada uma adubação de 300,0 g m⁻² de módulo de NPK 09:33:12 no momento do plantio e após a primeira poda da cobertura aos 03 meses pós-implantação em igual quantidade. Para que se garantisse o pegamento das estacas realizou-se duas irrigações diárias durante o período de uma semana.

A espécie empregada para o estudo foi o Lambari (*Tradescantia zebrina* var. *Purpusii*) pertencente à Família Commelinaceae, espécie originária do México, apresenta como características folhas ovaladas, brilhantes, de coloração verde escura, com duas listras de variação prateadas na face superior, e na face inferior sua coloração é completamente arroxeadas. É uma planta de fácil adaptação climática, podendo ser cultivada em ambientes de meia sombra e em sol pleno, é uma planta alastrante, muito empregada como forração, multiplica-se facilmente por estacas ou pela divisão da ramagem enraizada. (Prefeitura de São Paulo, 2009).

Para a coleta de dados térmicos para a verificação da eficiência climática e conforto térmico em cada tratamento foram realizadas coletas quinzenais no mês de dezembro de 2020 e nos meses de janeiro e fevereiro de 2021, por 03 dias consecutivos nos horários das 09 h, 12h, 15 h.

Internamente nos módulos de cada tratamento foram coletadas a temperatura do ar (°C) máxima e mínima dentro do módulo, por meio da instalação de termômetros analógicos de temperaturas máximas e mínimas, e visando a comparação e verificação da eficiência dos tratamentos avaliados no conforto climático interno dos módulos experimentais, estas variáveis foram comparadas com as temperaturas do ar máximas e mínimas em ambiente aberto obtidas pela estação automática do INMET/UTFPR-DV para verificar a eficiência dos tratamentos na melhoria do desempenho térmico dos módulos, e por conseguinte das edificações.



De acordo com Givoni (1976) o clima de uma determinada região pode ser caracterizado pelo padrão das variações dos elementos e suas combinações, destacando que os principais elementos climáticos que devem ser considerados em relação ao conforto térmico humano são: radiação solar, comprimento de onda por radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações. Levando isso em consideração para esse estudo, registrou-se por meio de realização de diagnose visual as condições do céu nos períodos em que se realizava as coletas, tais condições foram classificadas com: Céu aberto ensolarado, céu nublado com vento, céu nublado com ocorrência de chuva fraca, céu nublado e abafado sem circulação de ventos.

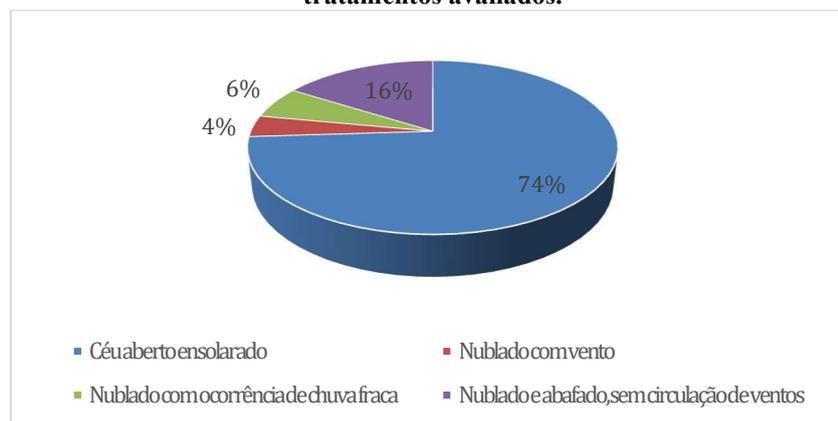
Além destas variáveis foram calculadas a Temperatura de Neutralidade Térmica (TN), visando estabelecer a faixa de conforto térmico humano nos tratamentos avaliados dentro dos módulos experimentais visando simular em qual condição telhado de edificação um indivíduo atinge a referida neutralidade, pois conforme Roriz (2008), esta variável representa a média entre as temperaturas do ar sob as quais a maioria das pessoas não sente nem calor nem frio (neutralidade térmica), e que devido à aclimação e hábitos culturais, esta varia entre climas distintos e se relacionando com a Temperatura Média Exterior (TMExt).

Os dados foram processados em planilha eletrônica Microsoft Excel®, sendo realizadas análises estatísticas de teste de normalidade por Kolmogorov Smirnov, teste de comparação de médias por Teste de Tukey a 5,0% de probabilidade de erro, e verificou-se a eficiência dos tratamentos para as variáveis mensuradas no Software estatístico SASMAgri®.

3 RESULTADOS

Durante o período de avaliação observou-se que a condição de céu aberto e ensolarado obteve maior porcentagem de ocorrência, tendo está representado o percentual de 74%. Como mostra a figura 3.

Figura 3 – Condições do céu nos dias de coleta de dados climáticos nos módulos experimentais, e seus efeitos nos tratamentos avaliados.



Fonte: Autoria própria (2021).

As demais condições ocorreram em menor porcentagem, céu nublado e abafado sem circulação de ventos representou 16%, pelo fato de não ocorrer circulação de vento essa situação interfere na sensação de conforto térmico dentro dos módulos, dando uma sensação de maior temperatura. Para as condições de céu nublado com ocorrência de chuva obteve um percentual de 6%, essa condição proporciona uma diminuição na temperatura do ar que também acaba interferindo no ponto de neutralidade térmica dentro dos módulos. Céu nublado com vento representou 4%, pelo fato de ocorrer circulação de vento essa situação favorece em uma melhor sensação de conforto térmico dentro dos módulos.



A partir dos dados referentes as observações das condições do céu constataram-se que as temperaturas nos períodos de dezembro a janeiro foram constantes. Conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Valores das temperaturas de mínima, máxima e média nos tratamentos dos telhados verdes e de fibrocimento nos módulos experimentais.

Tratamento	Temperaturas dentro dos módulos (°C)		
	mínima	máxima	média
T. de fibrocimento	25,2 a	32,6a	28,3a
T. verde	24,9 a	31,7a	27,6a
CV(%)	7,1	15,5	15,2

Fonte: Autoria própria (2021).

Valores seguidos pela letra (a) demonstra que não apresentam diferença significativa pelo Teste de Comparação de Médias de Tukey a um nível de significância de 5,0%.

Na tabela 1, podemos observar que os valores das temperaturas foram altos tanto para o telhado verde quanto para o telhado de fibrocimento, isso pode ser associado pelo fato de nesse período ter ocorrido mais condições de céu aberto e ensolarado, essa condição favorece no aumento da temperatura pois os telhados ficam expostos a períodos de radiação solar, a umidade do ar nessa condição é reduzida, e isso afeta na capacidade térmica dos telhados, o que faz com que a temperatura de dentro dos módulos aumente, e isso acaba influenciando na taxa de neutralidade e conforto térmico dentro dos módulos.

Em relação a eficiência do telhado verde para redução de temperatura dentro dos módulos os resultados não demonstraram diferenças significativas quando comparado com o telhado de fibrocimento. Ambos tratamentos apresentarem temperaturas com valores próximos.

Já quando observado o efeito do telhados verde sobre os horários de coletas percebe-se que nos períodos da manhã o telhado verde apresentou valores próximos a neutralidade térmica, se mostrando mais confortável em comparação ao telhado de fibrocimento.

Nos horários da tarde nem o telhado verde nem a de fibrocimento se apresentaram confortáveis, ambos apresentaram temperaturas superiores a temperatura de neutralidade térmica, isso novamente pode ser devido as condições do céu durante boa parte do período de coleta dos dados terem sido de céu aberto e ensolarado, o que proporciona exposição dos telhados a radiação solar constante, deixando-os mais quentes nesse período. Mas observa-se que as temperaturas do telhado verde são menores, sendo isso um fator positivo, pois evidencia a capacidade de isolamento térmico deste tipo de cobertura, mesmo não tendo diferenciado estatisticamente, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Valores das temperaturas de mínima, máxima e média nos tratamentos nos horários das coletas de dados dos telhados verdes e de fibrocimento.

Horário/Tratamento	Temperaturas dentro dos módulos (°C)		
	mínima	máxima	média
9:00 h			
T. de fibrocimento	21,2 a	29,0 a	25,4a
T. verde	21,8 a	28,8 a	25,4a
CV (%)	9,5	16,8	12,3
12:00 h			
T. de fibrocimento	24,5a	31,5a	26,9a
T. verde	24,3a	30,5a	26,4a
CV (%)	11,3	17,9	20,5



15:00 h			
T. de fibrocimento	27,5a	34,9a	30,1a
T. verde	26,7a	33,4a	28,9a
CV (%)	5,6	12,7	15,1
18:00 h			
T. de fibrocimento	27,8a	34,8a	30,6a
T. verde	27,0a	34,0a	29,8a
CV (%)	7,3	16,2	15,7

Fonte: Autoria própria (2021).

Valores seguidos pela letra (a) demonstra que não apresentam diferença significativa pelo Teste de Comparação de Médias de Tukey a um nível de significância de 5,0%.

Em relação ao conforto térmico, realizou-se o cálculo da temperatura de neutralidade térmica (TN), através das médias das temperaturas do ar, conforme Roriz (2008). Nesse caso a taxa de neutralidade muda entre o telhado de fibrocimento e os telhados verde, tendo o telhado verde apresentado temperaturas mais próximas do grau de conforto térmico humano.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados verificou-se que as condições do céu interferem diretamente no potencial de redução de temperatura e na capacidade de conforto térmico do telhado verde, pelo fato delas causarem variações na temperatura do ar, na umidade, na radiação solar e na circulação dos ventos. Aumentando assim a temperatura interna dos módulos.

Com isso concluímos que na estação verão somente o telhado verde não se mostra eficiente na redução de temperatura e melhoria do conforto térmico, sendo recomendado inserir arborização urbana como ferramenta nas vias, para a redução da temperatura e melhoria do conforto térmico das edificações com telhado verde e de fibrocimento, e também dentro dos lotes utilizar superfícies que garantam o conforto climático, uma alternativa seria utilizar gramados e também arborização dentro dos lotes.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária pela concessão de bolsa de Iniciação Tecnológica (PIBITI) a primeira autora. E ao escritório de arquitetura Contemporânea Arco pela parceria na construção da bancada experimental.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- FERNANDES, A.; MATTOS, A.; QUINTÃO, C. **Comércio prevê prejuízo de 110 milhões com impacto das chuvas em SP.** 2020, 9 p. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2020/02/10/chuvas-afetam-comrcio-de-sp-em-ms-marcado-por-menos-dias-teis.ghtml>. Acessado em: 21 de março de 2020.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Planilha sobre populações residentes.** 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estati.xls>. Acesso em: 15 junho de 2012.



- PEDRON, I. T; KLOSOWSKY, E. S. Distribuição de frequência de chuvas diárias no Estado do Paraná. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, v.07, n. 01-02, 2008, 9 p.
- PINHO, M. **Enchentes em SP causam prejuízo anual de 762 milhões, diz pesquisa**. 2013, 13 p. Disponível:<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/03/enchentes-em-sp-causam-prejuizo-anual-de-r-762-milhoes-diz-pesquisa.html>. Acessado em: 23 de março de 2020.
- PINTO, E. M. A gestão de recursos hídricos e as interferências do sistema urbano: município de Queimados-RJ. **Revista da Universidade Rural de Seropédica**, p. 125-131, 2007. Prefeitura de São Paulo. **Herbáceas**, 2009, 8 p. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/servicos/viveiros/index.php?p=3971. Acessado em: 20/05/2020.
- GIVONI, B. **Climate and Architecture**. 2ª ed. London: Applied Science, 1976 (reprinted 1981). Architectural Science Series.
- ROSE, L. S.; Akbari, H.; Taha, H. **Characterizing the fabric of the urban environment: a case study of greater Houston**, Texas, 2003, U.S. Environmental Protection Agency under the Urban Heat Island Project, 66 p.
- SANTOS, C. P. **Análise de retenção do escoamento superficial e desempenho térmico de telhado verde extensivo sobre telhado de fibrocimento**. 2019. 111 f. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, Pato Branco.
- STOVIN, V.; POE, S.; BERRETTA, C. A modelling study of long term green roof retention performance. **Environmental Management**, v. 131, 2013, p 206 – 215.
- TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: **Água Doce**, UFRGS, 1997, 40 p.
- RORIZ, M. **Conforto e desempenho térmico de edificações**. São Carlos. 2008