

DESEMPENHO DO TELHADO VERDE NA REDUÇÃO DA TEMPERATURA EFETIVA

EDUARDA BORGES DE ALMEIDA¹, RENAN DA SILVA E SILVA², CRISTIANE GUISELINI³, JOSÉ SANTINO DA SILVA JÚNIOR⁴, TAIZE CALVACANTE SANTANA⁵, SÁVIO DUARTE LOPES CAVALCANTI⁶

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, (81)983183728, eduardaeu01@gmail.com

² Engo Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

³ Prof. (a) Associado (a), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

⁵ Enga Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

⁶ Engo Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A implantação do telhado verde em edifícios pode trazer benefícios para o condicionamento térmico. Assim, objetivou-se com este estudo determinar o Índice de Temperatura Efetiva, antes e após a instalação de um telhado verde. A pesquisa foi desenvolvida no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, construtora Rio Ave Empreendimentos, Recife, PE. Foram realizados registros das variáveis meteorológicas na face externa da laje através de uma plataforma automática de registro de dados e na face interna no interior do edifício por meio de um sensor HOBO U12-012 instalado em uma sala totalmente fechada, os dados foram registrados de 10 em 10 minutos ao longo de todo período experimental. O cálculo da temperatura efetiva (TE) foi realizado com base nos dias de maior temperatura, e foram comparados os valores do ambiente externo e interno. Após a implantação do telhado verde ocorreu uma redução de 0,85 °C no índice de Temperatura Efetiva. A variação térmica em comparação ao ambiente externo para o ano com telhado verde foi de 0,94 °C; enquanto, que no ano sem o telhado verde essa variação foi de 1,24 °C. A implantação do telhado verde proporcionou uma atenuação no Índice de Temperatura Efetiva no interior do ambiente estudado.

PALAVRAS-CHAVE: conforto térmico; cobertura verde; índice de conforto.

GREEN ROOF EFFECT IN THE EFFECTIVE TEMPERATURE INDEX REDUCTION

ABSTRACT: The implementation of the green roof in buildings can bring benefits to the thermal conditioning. Thus, this study aimed to determine the Effective Temperature Index, before and after the installation of a green roof. The research was developed in the Charles Darwin Entrepreneurial Garage Building, Rio Ave Empreendimentos construction company,

Recife, PE. Meteorological variables were recorded on the external face of the slab through an automatic data logging platform and on the inside of the building by means of a HOBO U12-012 sensor installed in a fully enclosed room, data were recorded from 10 in 10 minutes throughout the experimental period. The calculation of the effective temperature (TE) was performed based on the days of higher temperature, and the values of the external and internal environment were compared. After the implantation of the green roof there was a reduction of 0.85 °C in the Effective Temperature index. The thermal variation compared to the external environment for the year with green roof was 0,94 °C; while in the year without the roof this variation was 1.24 °C. The implementation of green roof provided an easing in the rate of effective temperature within the studied environment.

KEYWORDS: thermal comfort; green cover; comfort index

INTRODUÇÃO:

O conforto térmico demonstra a satisfação térmica de um indivíduo com o ambiente em que se encontra. O ser humano é um animal homeotérmico e tem temperatura interna constante normalmente em torno de 37° C, com limite inferior de 32,0 °C e superior em 42 °C, quando acusa um estado de enfermidade (RUPP et al., 2017). A interação com o ambiente externo induz respostas fisiológicas a fim de manter o equilíbrio térmico do organismo. O corpo humano atinge o equilíbrio térmico quando as trocas de calor, juntamente com o calor metabólico se anulam (BURIOL et al., 2015).

As condições de conforto térmico dependem da atividade desenvolvida pelo indivíduo, vestimenta e variáveis do ambiente. Assim, quando a temperatura ambiente e a umidade relativa afetam as trocas de calor, o rendimento no trabalho também é afetado. Logo, a relação entre o ambiente e a edificação é importante, pois o conhecimento das variáveis meteorológicas possibilita a construção de projetos arquitetônicos que visem uma perfeita interação entre esses dois fatores (FROTA, 2003; BAÊTA, 2010).

Em um levantamento micrometeorológico da temperatura e umidade relativa do ar é possível concluir que as áreas mais densas correspondiam aos pontos mais quentes e as zonas mais agradáveis eram as que estavam sobre massas de vegetação e áreas livres. Resultado semelhante foi obtido em uma análise dos impactos da urbanização na cidade do Recife. Relatou-se que quanto maior a urbanização e menos áreas verdes há um aumento significativo da temperatura (DEBIAZI, 2017; SANTOS et al. 2013).

Carneiro et al. (2015), realizaram uma pesquisa no nordeste brasileiro para avaliar os impactos de diferentes tipos de coberturas em um ambiente interno. O experimento foi realizado durante os períodos de baixa pluviosidade (PBP) e de alta pluviosidade (PAP). Os modelos construídos representavam uma instalação zootécnica, assim como seu efeito sobre os trabalhadores humanos. As coberturas das instalações foram feitas por quatro tipos de materiais. As coberturas com telhado verde demonstraram melhor desempenho térmico com relação aos demais materiais, pois neles observou-se a diminuição nos Índice de Temperatura de Globo Negro de Umidade (ITGU), Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Conforto Humano (ICH) e Temperatura Efetiva (TE). Os valores encontrados foram, Tgra: 24,12 (ICH) e 26,20 °C (TE); e Tame: 24,18 (ICH) e 26,28 °C (TE).

Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos do telhado verde quanto a sua contribuição na atenuação da Temperatura Efetiva, relacionado ao conforto térmico de um ambiente interno (sala de compensado) para os anos de 2016 e 2017, sem e com telhado, respectivamente.

MATERIAL E MÉTODOS:

A presente pesquisa foi desenvolvida no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, construtora Rio Ave Empreendimentos, Recife, PE (latitude -8,05°, longitude -34,95°). O clima da região é do tipo As', tropical chuvoso, de acordo com Köppen (PEREIRA et al., 2002). A temperatura média anual é de 25,5 °C; as temperaturas mais elevadas ocorrem em janeiro, com média de 27 °C e julho é o mês mais frio, com média de 24 °C (CARNEIRO et al., 2015).

A pesquisa foi realizada num telhado verde extensivo: manta de impermeabilização (anti-raiz), drenagem com 3 cm de espessura e com brita reciclada (84 m²), substrato com 7 cm de espessura (200 m³) e a grama do tipo esmeralda (2.800 m²). Para drenagem utilizou-se um (1) dreno a cada 30 m², e quanto a irrigação, a mesma era realizada 3 vezes ao dia, durante 15 minutos.

Os dados meteorológicos externos foram coletados na laje superior do edifício garagem por meio de uma plataforma automática de registro de dados CAMPBELL® SCIENTIFIC modelo CR800, no qual foram acoplados sensores específicos que permitiram os registros de temperatura do ar (Tar, °C) e a umidade relativa do ar (UR, %) foram realizadas em dois níveis acima do solo (20 cm e 160 cm), os dados foram aferidos a cada segundo e registrados em intervalos de 10 min. Para registro dos dados meteorológicos internos, foi instalada uma mini datalogger ONSET modelo, HOBO U12-12 a 1,6 m de altura no centro geométrico de uma sala totalmente fechada, por vedação de compensado nas laterais, laje sem forro e porta de compensado.

A pesquisa foi realizada do ano de 2016 (sem telhado verde) à 2017 (com telhado verde). O efeito do telhado verde foi avaliado quanto ao Índice Temperatura Efetiva, proposto por Missenard (1937) (Eq. 1), posteriormente os dados calculados no ambiente interno foram comparados com aqueles calculados externamente. Neste caso, foram determinadas as diferenças médias dos valores entre o ambiente interno e a condição externa.

$$TE = T - 0,4 \times \left[\left(1 - \frac{UR}{100} \right) \right] \times (T - 10) \quad (1)$$

em que,

TE - Temperatura efetiva, °C;

T - Temperatura do ar, °C;

UR - Umidade relativa do ar, %.

Os dados calculados no ambiente interno foram comparados com aqueles calculados externamente, por meio das diferenças médias dos valores, bem como a relação entre elas, a qual foi estabelecida por análise de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir dos dados da temperatura do ar externa, determinou-se o dia crítico, dia com maior temperatura do ar, para os dois períodos estudados, 08/06/2016 e 07/06/2017, período antes e após a instalação do telhado verde, respectivamente. No ambiente interno, para o período sem telhado verde, a diferença da temperatura do ar entre ambiente interno e externo foi de 7,75 °C ou -2,71%, ou seja, o ambiente interno ficou com a temperatura do ar acima da média da temperatura do ar do ambiente externo em 2016 e abaixo em 2017.

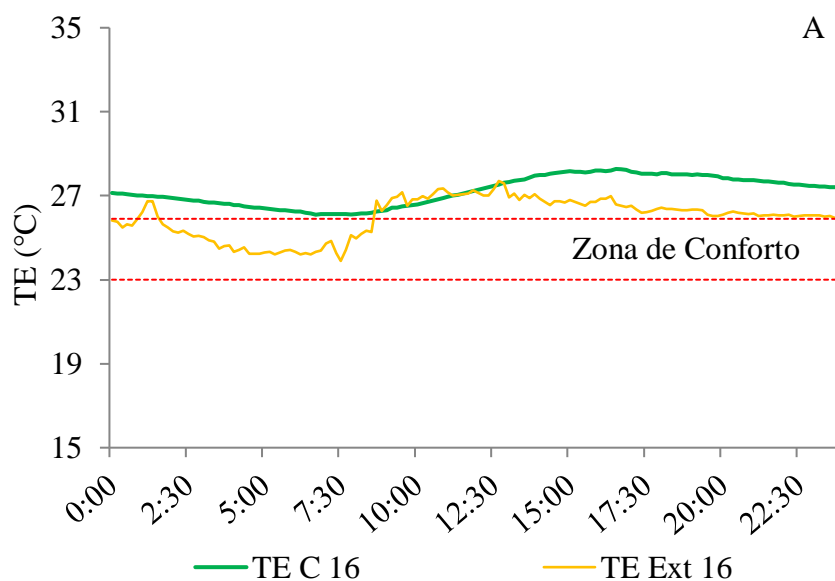
Além disso, a amplitude térmica no interior do ambiente foi de 2,95 °C (2016), no entanto, após implantação do telhado verde essa diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo foi de -0,77 °C e amplitude térmica de 1,58 °C (Tabela 1), indicando que o ambiente interno, após a implantação do telhado verde mostrou-se menos influenciado pelo ambiente externo. Em um estudo de caso realizado por Jesus et al. (2016) na cidade de Madri, Espanha, demonstrou que o telhado verde permitiu uma redução de temperatura entre 2,5 °C e 2,9 °C em um dia de verão quente e seco e reduções de 1,5 °C, durante o outono. Nas pesquisas realizadas por Gagliano et al. (2015) também foi possível identificar uma redução de 2,5 °C na temperatura interna do ar quando se utilizou a cobertura verde.

Sala de Compensado	Tar Int. (°C)	Tar Ext. (°C)	Δ (°C)	Δ (%)	AT (°C)
2016 - Sem telhado verde	29,32	27,21	2,11	7,75	2,95
2017 - Com telhado verde	27,55	28,32	-0,77	-2,71	1,58

Tabela 1: Média da temperatura do ar interna (Tar Int., °C) e externa (Tar Ext., °C), diferença de temperatura do ar (Δ , °C e %) e amplitude térmica (AT, °C) para os dias críticos de maior temperatura, 08/06/2016 e 06/06/2017.

Quanto ao índice de Temperatura Efetiva, considerando que valores entre 23 °C e 25,9 °C indicam condições de conforto térmico (ASHRAE, 1972), pode-se observar que na sala de compensado, para o período antes e após a instalação do telhado verde, o ambiente ficou ligeiramente desconfortável, com TE médio de 27,22 e 26,37 °C, respectivamente.

A variação no Índice de TE ao longo do dia crítico mostrou que para o ano sem o telhado verde (2016), manteve-se fora da zona de conforto, em situação de desconforto térmico (Figura 1A). No entanto, ao observar o ano com o telhado verde (2017), a aplicação do telhado proporcionou a diminuição no valor de TE. De maneira que se manteve o índice de TE dentro da zona de conforto durante a maior parte do dia, mas ainda sim houve alguns momentos pontuais com situação de desconforto térmico (Figura 1.B).



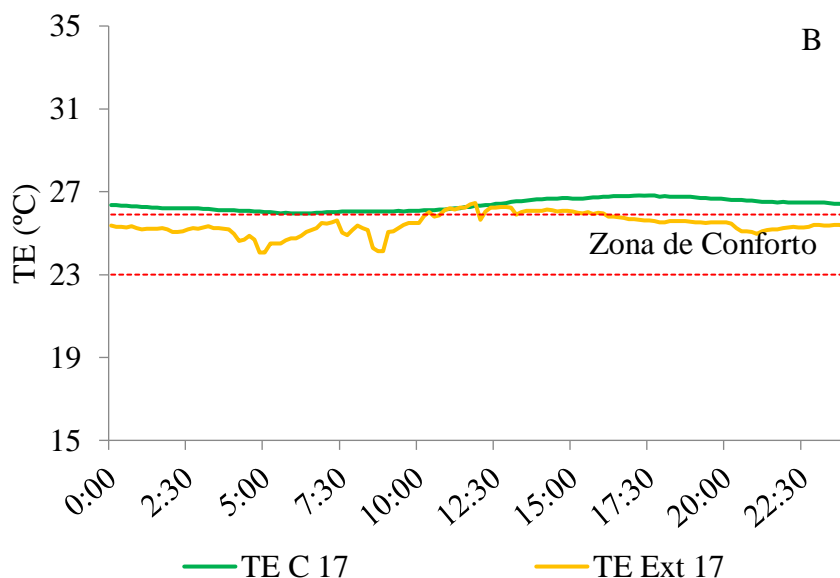


Figura 1: Variação diária do índice de TE no interior das salas e no ambiente externo para o dia crítico de maior temperatura, antes e após implantação do telhado verde, 08/06/2016 (A) e 07/06/2017 (B), respectivamente.

Em estudos realizados por Carneiro et al. (2015) foi possível verificar uma diferença de TE, entre o uso de cobertura convencional e a cobertura verde, com valores de 26,28 e 26,20 °C para os telhados vegetados e de 27,00 e 26,78 °C para os tetos convencionais. Para o dia crítico de maior temperatura, no ambiente sem telhado verde houve uma correlação positiva baixa a moderada com valores entre 0,550 (Tar C x Tar Ext) e 0,622 (TE C x TE Ext). Porém após implantação do telhado verde a correlação variou de positiva baixa a correlação insignificante, com valores entre 0,439 (Tar C x Tar Ext) e 0,514 (TE C x TE Ext).

Esses valores indicam menor dependência das variáveis do ambiente interno em relação ao ambiente externo, após implantação do telhado verde. Santos et al. (2014) ao analisarem o conforto humano no município de Arapiraca-AL, observaram valores de TE com sensação de calor moderado o que permitiu perceber uma elevação na velocidade de perda de calor por meio da sudorese, e eventuais incômodos e mal-estar.

CONCLUSÕES:

A implantação do telhado verde proporcionou a atenuação no Índice de Temperatura Efetiva no interior do ambiente, assim como a diminuição na variação térmica quando comparada ao ambiente externo.

REFERÊNCIAS:

ADELI BURIOL, Galileo et al. Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, 2015.

ASHRAE, ASHRAE handbook of fundamentals American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, New York, p 688, 1972.

BAETA, F. da C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em Edificações Rurais: conforto animal*. 2ª edição. **Editora UFV. Viçosa**, 2010.

BURIOL GA, ESTEFANEL V, RIGHI EZ, BRESSAN VC conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Catarina, RS, Brasil. **Ciência Rural** 45(2):223-230, 2015.

CARNEIRO, Thaisa A. et al. Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 2015.

DEBIAZI, Pedro Renan; DE SOUZA, Léa Cristina Lucas. Contribuição de parâmetros do entorno urbano sobre o ambiente térmico de um campus universitário. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 215-232, 2017.

FROTA, Anésia Barros. SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**, v. 4, 2003. Gagliano A, Detommaso M, Nocera F, Evola G. (2015). A multi-criteria methodology for comparing the energy and environmental behavior of cool, green and traditional roofs. *Building and Environment*, 90: 71-81.

Gagliano A, Detommaso M, Nocera F, Evola G (2015). A multi-criteria methodology for comparing the energy and environmental behavior of cool, **green and traditional roofs**. *Building and Environment*, 90: 71-81.

Jesus MP de, Lourenço JM, Ruiz RMA (2016) Fachadas verdes e comportamento térmico urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 9(7): 2364-2376. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160169>

MISSENARD, André. **L'homme et le climat**. Plon, 1937.

PEREIRA, Antônio Roberto; ANGELOCCI, Luiz Roberto; SENTELHAS, Paulo César. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 2002.

SANTOS, Taciana O. dos et al. Influence of urbanization on land surface temperature in Recife city. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1234-1244, 2014.

RUPP, Ricardo Forgiarini; DE VECCHI, R., ASMUS, B. F., CANDIDO, C., & GHISI, E. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 111-123, 2017.