

## TEMPERATURA SUPERFICIAL DA LAJE ANTES E APÓS A INSTALAÇÃO DO TELHADO VERDE POR MEIO DA TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHO

JOSÉ SANTINO DA SILVA JÚNIOR<sup>1</sup>, RENAN DA SILVA E SILVA<sup>2</sup>, MARIA EDUARDA BORGES DE ALMEIDA<sup>3</sup>, TAIZE CALVACANTE SANTANA<sup>4</sup>, SÁVIO DUARTE LOPES CAVALCANTI<sup>5</sup>, CRISTIANE GUISELINI<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, (81) 985731634, santinojunior09@gmail.com.

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

<sup>3</sup> Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE

<sup>4</sup> Enga Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

<sup>5</sup> Engo Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

<sup>6</sup> Profa Dra. Tutora Pet AgroEnergia, DEAGRI, 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 Termografia é uma técnica de medição da temperatura, não invasiva e não destrutiva capaz de detectar variações mínimas na temperatura superficial de um corpo com precisão. Objetivou-se com essa pesquisa avaliar a influência do telhado verde na redução da temperatura da laje por meio de imagens termográficas. A pesquisa foi conduzida no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, Rio Ave Empreendimentos, Recife, PE, em dois períodos, 2016 (sem telhado verde) e 2017 (com telhado verde). Na laje superior do edifício foi instalada uma estação meteorológica na qual foram registrados os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no interior do edifício em uma sala de compensado as mesmas variáveis foram registradas com auxílio de um mini datalogger. Para a análise térmica foi utilizada uma câmera infravermelha modelo FLIR I60, obtendo imagens da face interna (TSI) e externa (TSE) da cobertura. Após a implantação o do telhado verde ocorreram reduções na temperatura da superfície interna de 1,83 °C e externa de 5,14 °C. A utilização do telhado verde torna-se uma alternativa na diminuição da temperatura superficial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comportamento térmico, cobertura verde, microclima.

### GREEN ROOF AND WALL AND ITS MICROMETEOROLOGICAL INFLUENCE

**ABSTRACT:** Thermography is a non-invasive and non-destructive temperature measurement technique capable of detecting minimal variations in the surface temperature of a body accurately. The objective of this research was to evaluate the influence of the green roof on the reduction of the slab temperature by means of thermographic images. The research was conducted in the building of the corporate garage of Charles Darwin, Rio Ave Empreendimentos, Recife, PE, in two periods, 2016 (without green roof) and 2017 (with green roof). In the upper slab of the building was installed a meteorological station in which the data of air temperature and relative humidity were recorded, inside the building in a room of plywood the same variables were registered with the aid of a mini datalogger. For thermal analysis, an infrared camera model FLIR I60 was used, obtaining internal face (TSI) and external (TSE) images of the cover. After the implantation of the green roof there were

reductions in the internal surface temperature of 1.83 ° C and external of 5.14 ° C. The use of the green roof becomes an alternative to decrease the surface temperature.

**KEYWORDS:** Thermal behavior, green coverage, microclimate.

**INTRODUÇÃO:** O processo de urbanização ocorreu de forma intensa e desorganizada, o que fez com que grande parte das áreas verdes fossem desmatadas para construções industriais. Este processo gerou consequências nas condições microclimáticas das cidades, contribuindo para a formação de ilhas de calor (Teixeira et al., 2015). Segundo Nakata-Osaki et al. (2016) a alteração da geometria urbana pode ocasionar aumento ou diminuição da temperatura do ar no centro em relação aos arredores da cidade. Devido à falta de vegetação nos centros urbanos, se fez necessário a utilização de ferramentas que minimizem os problemas ocasionados pela urbanização, nesse sentido o telhado verde atua como uma ferramenta eficiente para criação de espaços vegetados, que consistem em um sistema construtivo de cobertura vegetal feita com grama ou plantas, instalados sobre telhados, paredes ou calçadas (Rangel et al., 2015). Para confirmar a eficácia do desempenho do telhado verde são utilizadas ferramentas para medição da temperatura da superfície, uma dessas ferramentas é a termografia por infravermelho que é uma técnica não destrutiva e não invasiva que tem como base a detecção da radiação infravermelha, visto que objetos com temperatura acima de zero grau absoluto, emitem alguma radiação infravermelha (Rocha et al., 2017). Logo, a utilização de telhado verde se torna uma alternativa sustentável para amenizar os efeitos negativos microclimáticos causados pela urbanização, através da redução de temperatura nesses ambientes e melhorando a qualidade do ar (Martelli & Santos Júnior, 2015). Objetivou-se com essa pesquisa avaliar a influência do telhado verde na redução da temperatura de uma laje por meio de imagens termográficas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa foi conduzida no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, construtora Rio Ave Empreendimentos, no Recife, PE (8° 03' 57" S e 34° 53' 46" W), onde foi implantado um telhado verde extensivo com 2.800 m<sup>2</sup> de área. O clima da região é do tipo As', tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen (Pereira et al., 2002). A temperatura média anual é de 25,5 °C e 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 ocorreu em dois períodos. O primeiro, sem telhado verde, que compreendeu de 24/05 a 30/09/2016 e o segundo, com telhado verde de 24/05 a 30/09/2017. Para esses dois períodos foram registrados dados da temperatura do ar (Tar, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e precipitação (P, mm), por meio de uma estação meteorológica automática instalada na laje externa do edifício. No ambiente interno, com o auxílio de um mini datalogger HOBO U12-012, fixado no centro geométrico de uma sala de compensado, registrou-se dados da Tar e UR, ao longo do período experimental os dados foram lidos a cada segundo e armazenado a cada 10 minutos. Para o registro da temperatura superficial da face externa e interna da laje na sala de compensado foi utilizada uma câmera termográfica modelo FLIR I60, antes e após a instalação do telhado verde, uma vez por semana, de uma em uma hora das 08h00min às 17h00min, durante o período experimental. Os valores de temperatura da face interna e externa foram relacionados com a estação meteorológica usada como padrão por meio de equações lineares e diferenças médias dos valores, bem como a relação entre elas. Para processamento e correção das imagens foi utilizado o software FLIR QuickReport, ajustados de acordo com a temperatura e umidade relativa do ar e emissividade, para a laje sem vegetação e posteriormente com vegetação. Na qual se utilizou emissividade de 0.93 para laje de concreto e 0,98 para laje com vegetação (Rocha et al., 2017). No momento da obtenção das imagens foram registradas as variáveis termo higrométricas (temperatura e umidade do ar), para as correções na fase de análise das imagens.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nota-se que os valores das temperaturas da superfície interna (TSI, °C) e externa (TSE, °C), ficaram acima das temperaturas do ar do ambiente externo (Tar Ext, °C) e interno (Tar, °C), sendo que durante o período de baixa precipitação a Tar Ext ficou ainda mais elevada (figura 1A). No entanto, após implantar o telhado verde, nota-se uma redução na TSE do ambiente interno, ficando próxima da Tar e Tar ext, tanto no período de alta, quanto no de baixa pluviosidade. Além disso, os valores médios da Tar aproximaram-se dos valores médios da Tar Ext (Figura 1B).

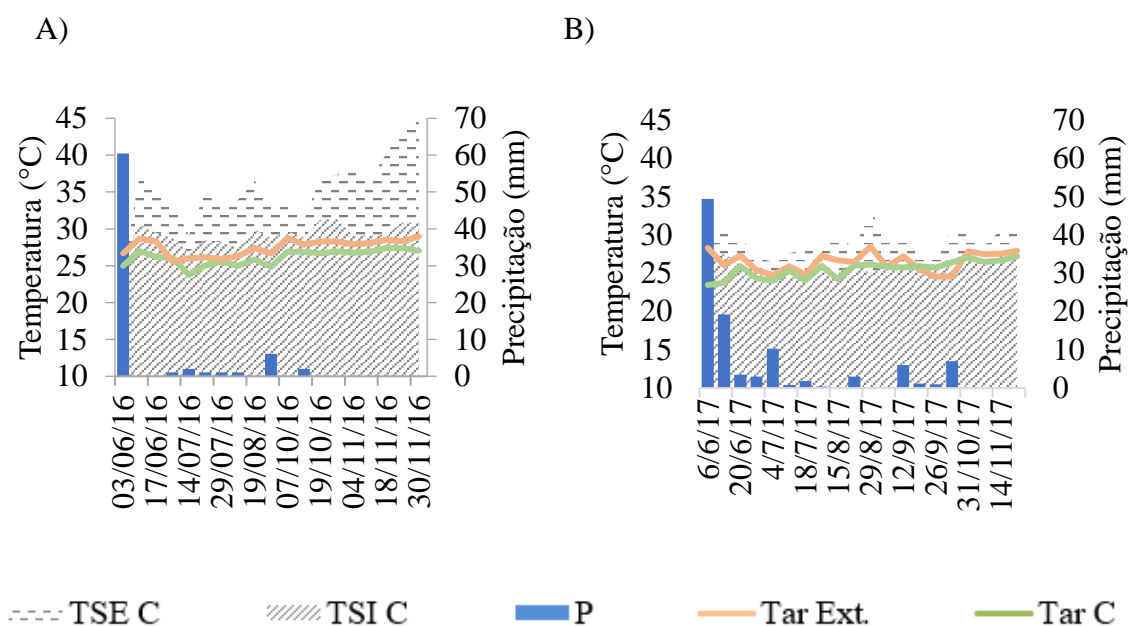


Figura 1: Precipitação acumulada (P), média diária da temperatura superficial externa e interna da cobertura da sala de compensado (TSE C e TSI C), temperatura do ar do ambiente externo (Tar Ext.) e temperatura do ar interna da sala de compensado (Tar C), para o período (A) sem telhado verde; (B) com telhado verde.

A diferença de temperatura da superfície externa e temperatura do ar foi 9,32 °C, com valores médios de 35,48 °C e 26,16 °C, respectivamente. No entanto, ao implantar o telhado verde houve uma redução na temperatura da superfície aproximando-se da temperatura do ar, cuja diferença entre as temperaturas foi de 3,38 °C (Tabela 1). Estudos realizados por Schettini et al. (2016), demonstrou que a aplicação das paredes verdes permitiu cortar o ganho de calor devido à radiação solar, e reduziu a temperatura da superfície em até 4,4 °C.

--	Tar Ext. (°C)	TSE C (°C)	TSI C (°C)
Sem Telhado Verde	26,16	35,48	29,19
Com Telhado Verde	25,90	29,28	26,02

Tabela 1: Valores médios da temperatura superficial da face externa e interna da cobertura e valores médios da temperatura do ar no ambiente externo, para a cobertura sem e com telhado verde.

A diferença de temperatura da superfície interna da cobertura e temperatura do ar do ambiente externo foi 3,03 °C, com valores médios de 29,19°C e 26,16 °C, respectivamente, para o período sem telhado verde. No entanto, ao implantar o telhado verde a diferença entre as temperaturas

foi de 0,12 °C, com valores médios de 26,02 °C para a temperatura interna da sala e 25,90°C para a temperatura do ar do ambiente externo. Carneiro et al. (2015) ao estudarem o condicionamento térmico primário de instalações rurais com base em diferentes tipos de cobertura, verificaram uma redução nas temperaturas superficiais medidas na face interna das coberturas, de 5,3 e 4,4 °C.

Em um estudo de Foustalieraki et al., (2017) na cidade de Atenas na Grécia, o telhado verde funcionou satisfatoriamente como uma camada isolante para um edifício, contribuindo para a redução das temperaturas do ar interior que variou de 0,1 K a 1,1 K, melhorando o conforto térmico no edifício não climatizado, especialmente no último andar, que interage diretamente com o telhado verde.

**CONCLUSÕES:** Após implantação do telhado verde ocorreu uma redução na temperatura superficial externa e interna da cobertura, indicando melhor desempenho térmico utilizando a vegetação em comparação com a cobertura convencional. A utilização do telhado verde torna-se uma alternativa na diminuição da temperatura superficial.

#### **REFERÊNCIAS:**

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.

FOUSTALIERAKI, M. et al. Energy performance of a medium scale green roof system installed on a commercial building using numerical and experimental data recorded during the cold period of the year. **Energy and Buildings**, v. 135, p. 33-38, 2017.

MARTELLI, Anderson; SANTOS JÚNIOR, A. R. Arborização Urbana do município de Itapira–SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **REGET/UFSM**, v. 19, n. 2, p. 1018-31, 2015.

NAKATA-OSAKI, Camila Mayumi; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; RODRIGUES, Daniel Souto. Uma ferramenta para análise do potencial de formação de ilhas de calor. In: **Pluris 2016–7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Viva** Editora, 2016. p. 1-12.

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

RANGEL da Costa, Ana Celecina Lucena; ARANHA, Kaline Cunha; DA SILVA, Maria Cristina Basílio Crispim. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, 2015.

ROCHA, Joaquin Humberto Aquino et al. Análise da Profundidade de Fissuras em Concreto com Termografia Infravermelha. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 3, 2017.

SCHETTINI, Evelia et al. Green control of microclimate in buildings. **Agriculture and agricultural science procedia**, v. 8, p. 576-582, 2016.

TEIXEIRA, Danielle Cardozo Frasca; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **GEOUSP: Espaço E Tempo (Online)**, v. 21, n. 1, p. 239-256, 2015.