

ANÁLISE TÉRMICA DE INSTALAÇÕES RURAIS COM DIFERENTES COBERTURAS

CRISTIANE GUISELINI¹, THAISA ANTÃO CARNEIRO², LUIZ ANTÔNIO DE ALMEIDA NETO³, HÉLITON PANDORFI⁴, VIVIAN LOGES⁵

¹Engenheira Agrônoma, Prof.^a. Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco (Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 -Recife/PE) (81) 3320-6260, cguiseli@hotmail.com

²Engenheira Agrônoma, Mestre, UFRPE/Recife-PE, thaisacarneiro@yahoo.com.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFRPE/Recife -PE, luizz_antonio@hotmail.com

⁴Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, UFRPE/Recife -PE, pandorfi@deagri.ufrpe.br

⁵Engenheira Agrônoma, Prof.^a. Doutora, UFRPE/Recife-PE, vloges@yahoo.com

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o conforto térmico proporcionado por diferentes coberturas, com base nas imagens termográficas das instalações. A pesquisa foi realizada, no período de 20 de março a 29 de maio de 2014, na área experimental da UFRPE, no município de Recife, PE. Foram considerados: telha de fibrocimento (Tfib), telha reciclada (Trec), telhado verde, grama, *Zoysia japonica* (Tgra) e telhado verde, amendoim, *Arachis repens* (Tame), com quatro repetições. As variáveis meteorológicas, temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e temperatura de globo negro foram registradas no interior dos modelos reduzidos por meio de dataloggers e estação meteorológica automática para as variáveis externas. A análise térmica das coberturas foi realizada por meio de imagens termográficas. Os telhados verdes (Tame; Tgra) reduziram a temperatura da superfície interna das coberturas (5,3 e 4,4 °C), promoveram maior atenuação da temperatura dos ambientes (1,37 e 1,35 °C) e, contribuíram para maior conforto térmico, em comparação com a Tfib.

PALAVRAS-CHAVE: ambiência, conforto térmico, termografia.

THERMAL ANALYSIS OF RURAL FACILITIES THROUGH DIFFERENT ROOFINGS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the thermal comfort provided by different roofings in reduced and distorted scale models based on thermal analysis of facilities. Four types of coverage, cement tile (Tfib), recycled tile (Trec), green roof *Zoysia japonica* (Tgra) and green roof *Arachis repens* (Tame) were considered. The meteorological variables, dry bulb temperature, relative humidity and black globe temperature were recorded inside the reduced models by dataloggers, and the variables of the external environment, an automatic weather station was used. Thermographic images were used for thermal analysis of hedges. Green roofs (Tame; Tgra) reduced the surface temperature of roofing (5,3 e 4,4 °C) promoted greater attenuation of the internal temperature of the environment (1,37 e 1,35 °C) and hence contributed to higher comfort compared to Tfib.

KEYWORDS: environment, thermal comfort, thermography.

INTRODUÇÃO: Nos trópicos, o maior problema da ocupação de instalações agrícolas relaciona-se com a inadequação térmica, proporcionada pela ação dos elementos meteorológicos, dissipação de energia por máquinas, equipamentos, animais e pessoas que desenvolvem atividades nessas estruturas prediais (TORRES JÚNIOR et al., 2008). De acordo com BAETA & SOUZA (2010), o uso de abrigos com adequados materiais de cobertura promovem a redução de até 30% da carga térmica radiante quando comparado com situações de exposição à radiação solar direta. Uma alternativa possível de ser utilizada para adequação dos elementos meteorológicos no interior de instalações agrícolas é a utilização do telhado verde. Esses telhados ajudam na diminuição da temperatura no interior da instalação (PARIZOTTO & LAMBERTS, 2011), pois reduzem a amplitude térmica, promovendo melhor conforto térmico para o ambiente interno. Uma das possibilidades para a determinação de propriedades térmicas

de materiais é a termografia por infravermelho, considerada como ensaio não invasivo que pode ser utilizado para determinar a temperatura superficial de objetos (ALTOÉ & OLIVEIRA FILHO, 2012). Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar o conforto térmico proporcionado por diferentes coberturas, com base nas análises térmicas das instalações.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi realizada, na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Recife, PE, latitude de 8° 04'03" S, longitude de 34° 55'00" W e altitude 4 m. O clima da região é caracterizado como megatérmico (As') segundo classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2002). O experimento foi dividido em dois períodos: período baixa pluviosidade (PBP), compreendido entre os dias 20/3 a 25/4 e período alta pluviosidade (PAP) compreendido entre os dias 26/4 a 29/5. Os modelos reduzidos e distorcidos das instalações foram construídos nas escalas de 1:10 nas dimensões horizontais e 1:2 nas dimensões verticais, de acordo com metodologia utilizada por SAMPAIO et al. (2011). Foram considerados quatro tipos de cobertura, telha de fibrocimento (Tfib), telha reciclada (Trec), telhado verde, grama, *Zoysia japonica* (Tgra) e telhado verde, amendoim, *Arachis repens* (Tame), com quatro repetições cada, totalizando 16 modelos em escala reduzida e distorcida, dispostos aleatoriamente. As variáveis meteorológicas, temperatura de bulbo seco (Tbs, °C), umidade relativa do ar (UR%) e temperatura de globo negro (Tgn, °C) foram registradas no interior dos modelos reduzidos por meio de dataloggers modelo HOBO U12-12. Para as variáveis do ambiente externo foi utilizada uma estação meteorológica automática, localizada próxima à área do experimento (50 m). Para análise térmica da cobertura dos modelos foram utilizadas imagens termográficas, obtidas por uma câmera termográfica modelo FLIR E60, feitas da face interna das coberturas, no centro geométrico dos modelos e em paralelo à superfície, registradas nos horários das 9, 12 e 15 h, analisadas diariamente por uma semana durante o período experimental. As imagens foram processadas pelo programa computacional FLIR QuickReport em que foram ajustados os valores da emissividade em função do tipo de material avaliado, sendo 0,92 para cobertura de telha de fibrocimento e 0,65 para cobertura de telha reciclada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 observa-se, no decorrer de todo o período experimental, que os valores médios da temperatura do ar no interior dos abrigos Tame (27,75 °C), Tgra (27,70 °C), Tfib (28,40 °C), Trec (28,28 °C), foram maiores que no ambiente externo (26,07 °C), com diferenças da ordem de 1,68; 1,63; 2,34 e 2,21 °C, respectivamente.

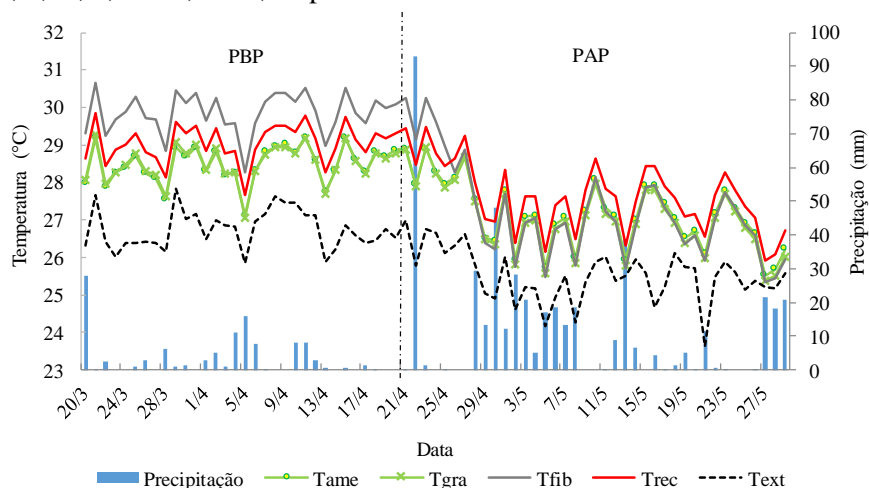


Figura 1. Variação média diária da precipitação (mm) e da temperatura do ar (°C) nos modelos reduzidos e no ambiente externo. Recife, PE, 2014.

O modelo reduzido apresenta apenas uma entrada de ventilação, o que propiciou a redução das transferências de calor por convecção. A redução da temperatura do ar nos abrigos com telhado verde (Tame e Tgra) comparativamente com Tfib foi de 0,65 e 0,67 °C, respectivamente. Isso se deve a modificação dos elementos meteorológicos, na microescala, ocasionada pela vegetação, intimamente associada à presença de água, utilizada no processo de evapotranspiração (ROSSETI et al., 2013). No PBP os valores médios da temperatura do ar no interior dos abrigos Tame (28,50 °C), Tgra (28,52 °C),

Tfib (29,87 °C) e Trec (29,07 °C) foram maiores que no ambiente externo (26,75 °C), com diferenças da ordem de 1,75; 1,77; 3,12; 2,32 °C, respectivamente. A redução da temperatura do ar nos abrigos com telhado verde (Tame e Tgra) comparativamente com Tfib foi de 1,37 e 1,35 °C, respectivamente. Resultado semelhante foi encontrado por ROSSETI et al. (2013), em clima tropical com estação seca (Aw), na cidade de Cuiabá-MT, em que verificaram menor temperatura para o telhado vegetado, com diferença de 4,7 °C. No PAP os valores médios da temperatura do ar no interior dos abrigos Tame (27,09 °C), Tgra (26,98 °C), Tfib (27,12 °C) e Trec (27,59 °C) foram maiores que no ambiente externo (25,47 °C), com diferenças da ordem de 1,62; 1,51; 1,65; 2,12 °C, respectivamente. A redução da temperatura do ar nos abrigos com telhado verde (Tame e Tgra) comparativamente com Tfib foi de 0,03 e 0,14 °C, respectivamente. Observa-se que nesse período que os valores de temperatura do ar no interior dos abrigos cobertos com Tfib se assemelha àqueles encontrados nos abrigos com telhado verde, ocasionado pela alteração dos elementos meteorológicos no entorno, decorrente das chuvas e pelas características do material que compõe as telhas de fibrocimento, conferindo a elas a capacidade de absorver umidade. Nota-se que os ambientes cobertos com telha reciclada registraram temperatura média superior à telha de fibrocimento, devido a menor capacidade de absorção e retenção de umidade do material, o que explica a discordância de resultados encontrados por BARNABÉ et al. (2014) no município de Pesqueira-PE (Cw), semiárido, baixa precipitação, onde a telha reciclada registrou temperatura média de 1,3 °C inferior à telha de fibrocimento. Na Figura 2 nota-se que a temperatura da superfície interna da cobertura de telhas recicladas apresentou valor médio superior às demais, 35,78 °C, enquanto as coberturas Tame, Tgra e Tfib apresentaram valores de 29,47 °C, 30,33 °C e 34,73 °C, respectivamente, diferença de 6,31 e 5,45 °C, entre Tame, Tgra e telha reciclada.

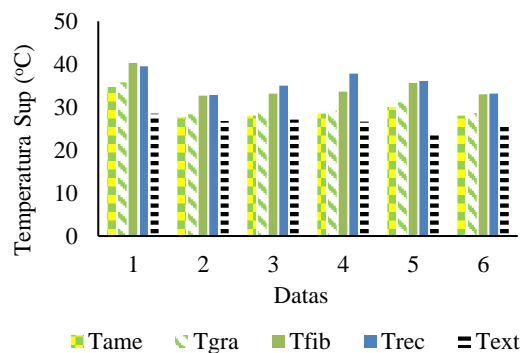


Figura 2. Temperatura superficial da face interna das coberturas, registradas instantaneamente através de câmera termográfica e temperatura externa. Recife, PE, 2014.

Os menores valores de temperatura das superfícies das coberturas Tame e Tgra não significam, necessariamente, que tenha ocorrido uma situação de conforto térmico. Esta condição deve ser confirmada por meio da avaliação dos índices de conforto, por considerar o efeito da transferência de calor sensível e latente (ABREU et al., 2011).

A cobertura de telhas de fibrocimento apresentou valor entre 30,05 °C e 40,26 °C (Figura 2). O valor máximo é semelhante ao máximo encontrado por SAMPAIO et al. (2011), de 34,27 °C para telhas de fibrocimento em experimento realizado em Lages-SC, durante o verão. A Figura 3 apresenta as imagens termográficas da superfície interna das coberturas, no horário mais quente (13:30 h) do dia 24/03/2014, em que a temperatura da superfície interna da Tame (Figura 3A) foi 34,2 °C, Tgra (Figura 3B) foi 36,7 °C, Tfib (Figura 3C) foi 40,2 °C e Trec (Figura 3D) foi 39,1 °C. As coberturas verdes reduziram as temperaturas superficiais medidas na face interna das coberturas, em 5,3 e 4,4 °C, o que confirma que a vegetação promove redução da transmissão da irradiação solar para o interior do abrigo, em que se verificam temperaturas inferiores na superfície interna dos abrigos com coberturas verdes. A cobertura verde reduziu a temperatura da superfície do telhado, por acrescentar camadas de isolamento que desaceleraram o fluxo de calor através da cobertura. Com isso, menor energia térmica é transferida do telhado para o interior do abrigo (GARTLAND, 2010).

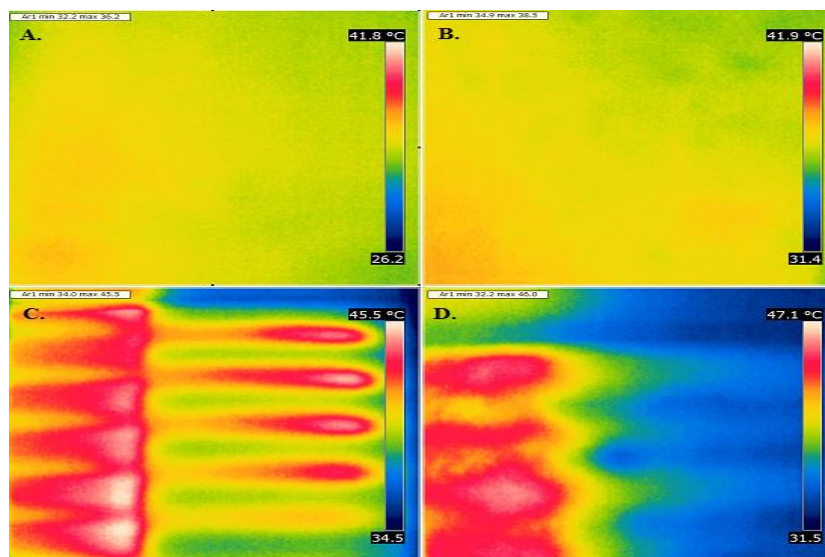


Figura 3. Imagens termográficas da superfície interna das coberturas, no horário mais quente do dia 24/03/2014. (1A) Tame, (1B) Tgra, (1C) Tfib e (1D) Trec.

CONCLUSÕES: Os modelos reduzidos cobertos com telhado verde mostraram melhor desempenho térmico em relação às coberturas de fibrocimento e telha reciclada. Em relação ao conforto térmico, os telhados verdes obtiveram melhores resultados em comparação às outras coberturas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. **Análise termográfica da temperatura superficial de telhas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.11, p.1193–1198, 2011.
- ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D. **Termografia infravermelha aplicada à inspeção de edifícios.** Acta Tecnológica, v.7, p.55-59, 2012.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal.** 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269 p.
- BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. **Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerreiros.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. v.18, n.5, p.545–550, 2014.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** Silvia Helena Gonçalves (Trad.). São Paulo: Oficina de Textos. 2010. 243 p.
- 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.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.
- ROSSETI, K. A. C.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; FRANCO, F. M.; NOGUEIRA, J. S. **Análise da interferência da cobertura verde na temperatura e umidade relativa do ar do entorno da edificação - estudo de caso em protótipo no município de Cuiabá, MT.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 9, p. 1959-1970, 2013.
- SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. **Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.2, p.230-236, 2011.
- TORRES JÚNIOR, J. R. S.; PIRES, M. F. A.; SÁ, W. F.; FERREIRA, A. M.; VIANNA, J. H. M.; CAMARGO, L. S. A.; RAMOS, A. A.; FOLHADELLA, I. M.; POLISSENI, J.; FREITAS, C.; CLEMENTE, C. A. A.; SÁ FILHO, M. F.; PAULA, L. F. F.; BARUSELLI, P. S. **Effect of maternal heatstress on follicular growth and oocyte competence in Bos indicus cattle.** Theriogenology, v.69, p.155-166, 2008.