

EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE VEGETAÇÃO EM TELHADOS DE ZONA URBANA EM CLIMA TROPICAL CONTINENTAL

VEGETATION INCORPORATION EFFECTS ON THE ROOFS IN URBAN AREA IN THE CONTINENTAL TROPICAL CLIMATE

Karyna de Andrade Carvalho Rosseti ¹

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil, karyna.rosseti@gmail.com

Luciane Cleonice Durante ²

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil, luciane.durante@hotmail.com

Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira ³

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil, mcjanp@gmail.com

Ivan Júlio Apolônio Callejas ⁴

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil, ivancallejas@ig.com.br

Igor Antonio Kuhnen ⁵

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil, igkuhnen@gmail.com

José de Souza Nogueira ⁶

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil, nogueira@ufmt.br

Resumo

Na maioria das áreas urbanizadas existem poucos espaços residuais para serem convertidos em áreas verdes. Uma possível solução para incorporação da vegetação na área urbana é a transformação dos telhados existentes em telhados vegetados. O objetivo desta pesquisa é avaliar se a incorporação de vegetação nos telhados de edificações localizadas em zonas urbanas de baixo adensamento construtivo altera as condições termo higrométricas ao nível do pedestre. A metodologia consiste de realização de simulação computacional de cenários, em zona urbana de cidade de clima Tropical Continental (Cuiabá-MT), com incorporação de vegetação com 10%, 50% e 100% dos telhados existentes na área pesquisada. Observa-se a existência de associação com interferência entre a densidade de ocupação dos telhados pela vegetação e o fenômeno de arrefecimento e umidificação do ar ao nível do pedestre, em condições urbanas de baixo adensamento construtivo. Os efeitos mais expressivos ocasionados pelo telhado vegetado na temperatura e umidade absoluta do ar estão contidos na região dos quintais a sotavento das casas que incorporaram a vegetação.

Palavras-chave: Microclima urbano. Modelo climático. ENVI-Met, Telhado vegetado.

Abstract

In most urban areas there are a few residual spaces left to be converted into green areas. A possible solution for the incorporation of vegetation in the urban area would be turning the existing roofs into green ones. The purpose of this research is to assess whether the incorporation of green roofs into existing building roofs in low-density urban areas could alter the thermo-hygrometric conditions to the pedestrian level. Methodology consists on the performing of computer simulations in urban area scenarios, located in a tropical climate city (Cuiabá-MT), by adding vegetation of 10%, 50% and 100% to the existing roofs in the research area. It is shown the existence of interference association between the occupation density of the roofs by vegetation and the cooling and humidification phenomenon of the air, to the pedestrian level, in low density condition urban areas. The most expressive effects caused by green roof in temperature and absolute humidity are contained in the yard area in the lee of the houses that added vegetation to the roofs.

Keywords: Urban microclimate. Climate model. ENVI-Met. Green roof.

How to cite this article:

ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho et al. Efeitos da incorporação de vegetação em telhados de zona urbana em clima tropical continental. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 2, p. 121-128, abr./jun. 2015. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8635011>>. Acesso em: 19 out. 2015..

Introdução

Diversos estudos relacionam ambientes densamente construídos ao aumento da temperatura do ar em cidades de climas quentes e, consequente formação do fenômeno de Ilha de Calor Urbana (ICU) (SANTAMOURIS, 2001; ADEBAYO, 1987). A ausência de espaços verdes é característica comum à maioria das áreas urbanas contemporâneas e é apontada como uma das principais causas da ICU (OKE, 1987).

A implementação de áreas verdes é uma das medidas de mitigação recomendadas para promover a redução da temperatura do ar no seu entorno (KIKEGAWA et al., 2006). No entanto, em áreas densamente urbanizadas, existem poucos espaços residuais com potencial para serem convertidos em áreas verdes e uma possível solução para incorporação da vegetação é a implementação das mesmas nos telhados das edificações. Akbari, Rose e Taha (2003) afirmam que os telhados constituem cerca 20 a 25% da superfície urbana, sendo que Oberndorfer et al., (2007) apontam que a sua utilização como área vegetada pode reduzir os efeitos da ICU.

Em trabalho realizado por Peng e Jim (2013) na cidade de Hong Kong, conhecida pela elevada densidade construtiva e gabarito dos edifícios, foi verificado, por meio de simulação, a interferência do telhado vegetado em diferentes configurações urbanas. Em uma área urbana com baixo adensamento construtivo e casas unifamiliares com altura de até 10m (Kowloon Tong), os autores constataram que telhados vegetados extensivos provocaram efeitos de resfriamento na temperatura do ar, ao nível do pedestre, de 0,1 C a 0,7 C.

O efeito de arrefecimento das plantas também foi confirmado por Chen (2006), pela observação da temperatura do ar sobre telhados vegetados intensivos em Cingapura, tendo sido constatada diferença máxima de 4,2°C entre telhados com e sem vegetação.

Wong et al. (2003) observaram, em um estudo realizado na cidade de Toronto, que a laje de concreto, sem a vegetação, atinge temperatura superficial máxima de 57 C durante a tarde, apresentando uma amplitude diária em torno de 30°C. A temperatura máxima observada nas regiões vegetadas do telhado não ultrapassou 36 °C. Para a vegetação mais densa, a amplitude diária foi de 3°C e a temperatura superficial máxima 26°C, confirmando a proteção térmica provocada pela vegetação.

Bass et al. (2002) realizou simulações computacionais utilizando modelo climático de mesoescala, para explorar o papel de telhados vegetados na mitigação dos efeitos da ICU, em Toronto, Canadá. Observou redução

de 0,5 C na ICU quando 5% da área total de telhados foram substituídas por telhados vegetados. O impacto da utilização da vegetação nos telhados em uma área de alta densidade foi ainda mais pronunciado, apresentando redução de 1 C a 2 C.

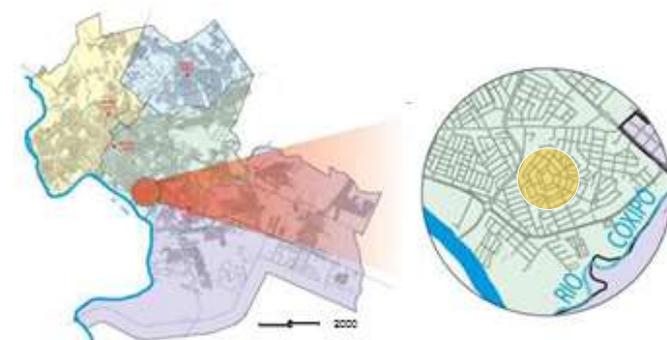
Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar se a incorporação de vegetação nos telhados de edificações localizadas em zonas urbanas de baixo adensamento construtivo altera as condições termo higrométricas ao nível do pedestre. Pretende-se ainda observar a distribuição espacial destes efeitos, ao nível dos pedestres (altura de 1,60m), no entorno das edificações cujos telhados receberam incorporação da vegetação

Metodologia

Este estudo foi realizado na cidade de Cuiabá, cujo clima é do tipo tropical continental, apresentando dois períodos distintos: o chuvoso, com duração de oito meses, e o seco, com duração de quatro meses (CUIABÁ, 2012). A temperatura máxima, média e mínima anual do ar é 32,8°C, 26,0°C e 21,5°C, respectivamente, com amplitude máxima ocorrendo no período seco, com valores de até 20°C. A umidade relativa média do ar é de 72,7% e, no período seco, desce a uma percentagem mínima que varia de 18% a 40%. A direção predominante dos ventos é a norte, nos meses de agosto a maio, com velocidade média de 1,7m/s, ocorrendo, também, ventos de oeste, noroeste e sul, nos meses de junho e julho, com velocidade média de 1,6m/s, com os quais se alternam condições de calma e ventos de norte.

Com base na classificação do uso e ocupação do solo desta cidade realizada por Callejas et al. (2011), selecionou-se uma área no interior do perímetro urbano (Figura 1), com baixa densidade construtiva (20% da área total ocupada por edificações e 33% por vegetação), padrão morfológico urbano no qual menos se percebem os efeitos da Ilha de Calor.

Figura 1 – Localização da área de estudo na região leste do perímetro urbano de Cuiabá-MT



Fonte: Adaptado de Rosseti (2013)

A metodologia baseou-se na elaboração de cenários preditivos por meio do software ENVI-Met (Versão 3.1)¹ (BRUSE; FLEER, 1998). Destaca-se que a área de estudo selecionada atendeu à premissa de regularidade altimétrica, condicionada pela impossibilidade de simulação do relevo pelo software.

Os dados microclimáticos para configuração do arquivo de entrada do ENVI-Met foram obtidos na estação de referência 83362 (Tabelas 1 e 2). Para a validação dos dados gerados pelo ENVI-Met, foi realizado um levantamento microclimático na Subcamada Rugosa do Dossel Urbano, que permitiu verificar a sensibilidade do modelo em explicar as particularidades desta camada urbana. Os horários do levantamento foram às 06, 14 e 20h, nos dias 6, 9 e 12 de agosto e 9, 12 e 14 de março de 2013, das estações seca e úmida, respectivamente.

As variáveis medidas foram radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, sendo esta última convertida para umidade absoluta, por meio de cálculos psicrométricos. O levantamento foi realizado por meio de transecto com veículo automotivo em 9 pontos de medição (Figura 2).

Tabela 1 – Dados do Modelo de Simulação no ENVI-Met (Período Seco)

Parâmetro	Valor
Data da Simulação ^a :	05.08.2013
Hora de início:	20:00:00
Duração total:	48 horas
Intervalo de registro:	60 min
Velocidade do vento 10 m acima do solo:	2.46 m/s
Direção do vento:	170°
Rugosidade z0 no ponto de referência ^b :	0.1
Temperatura inicial da atmosfera:	298.33 K
Umidade específica em 2500 m ^c :	7.77 g/kg
Umidade relativa em 2m [%]:	56.21 %
Tipo de vegetação do telhado, altura e DAF ^d	Grama, 10cm, 3m ² /m ³

^a dia hipotético que representa o mês estudado. Os dados de velocidade do vento, temperatura inicial da atmosfera, umidade específica e relativa representam valores médios do mês de Agosto de 2013; ^b define a rugosidade da superfície no local onde a estação de referência está localizada; ^c define a umidade na parte superior do modelo; ^b e ^c são necessários para a iniciação do modelo e são mantidos constantes no decorrer da simulação; ^d densidade de área foliar (DAF) é um índice que descreve a estrutura do dossel da vegetação utilizada no telhado verde (área total das folhas por volume de copa). Fonte: Autores

Tabela 2 – Dados do Modelo de Simulação no ENVI-Met (Período Úmido)

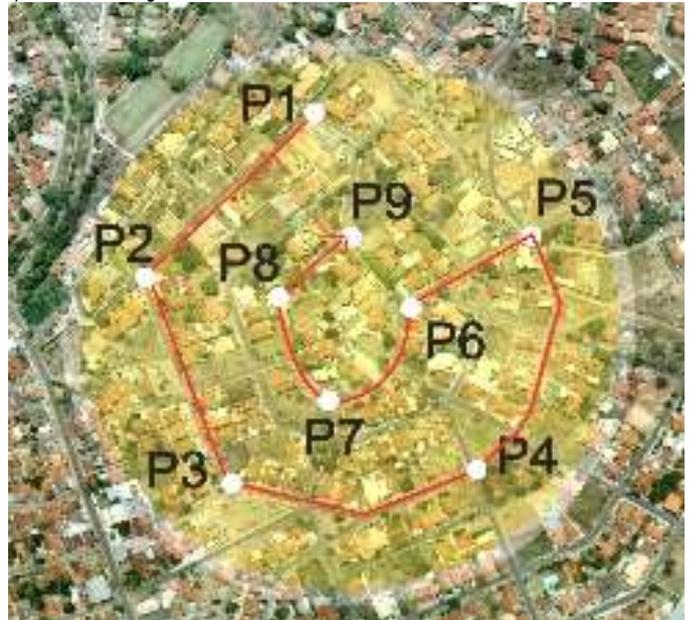
Parâmetro	Valor
Data da Simulação:	08.03.2013
Hora de início:	20:00:00
Duração total:	48 horas
Intervalo de registro:	60 min
Velocidade do vento 10 m acima do solo:	2.09 m/s
Direção do vento:	330°
Rugosidade z0 no ponto de referência:	0.1
Temperatura inicial da atmosfera:	298.47 K
Umidade específica em 2500 m:	10.67 g/kg
Umidade relativa em 2m [%]:	79.07 %
Tipo de vegetação do telhado, altura e DAF	Grama, 10cm, 3m ² /m ³

Fonte: Autores

O levantamento das variáveis espaciais foi realizado por meio de observações in loco e levantamento aerofotogramétrico na Estação Fotogramétrica Digital E-foto (BRITO; COELHO FILHO, 2007). A identificação das cores, opacidade, rugosidade e tipologia dos materiais, o albedo efetivo dos cânions e coberturas foram obtidos de Sailor e Fan (2002). A identificação das espécies, alturas e posição da vegetação existente basearam-se em Rosseti (2013).

De forma a possibilitar a compreensão dos efeitos da vegetação em relação a proporção de telhados vegetados foram elaborados 3 diferentes cenários com 10%, 50% e 100% de ocupação dos telhados pela vegetação. Utilizou-se espécies gramíneas com metabolismo fotossintético do tipo C4 (melhor desempenho quando expostas a elevadas temperaturas), seguindo-se padrão apresentado por Peng e Jim (2013). Na estação seca, a quantidade de água disponível para a vegetação nos cenários simulados é equivalente à manutenção da sobrevivência das espécies do tipo C4, proveniente de sistemas de irrigação, visto a baixa ocorrência de precipitações neste período.

Figura 2 – Pontos de medição das variáveis microclimáticas na área de estudo, apresentada na Figura 1



Fonte: Adaptado de Rosseti (2013)

A fim de identificar os efeitos da incorporação da vegetação nos telhados, quantificou-se a diferença entre a temperatura e umidade absoluta do ar entre os cenários hipotéticos propostos e o real. Tendo como base os resultados observados por Peng e Jim (2013), em região residencial de baixo adensamento de Hong Kong, determinou-se como variação mínima inicial de estudo

0,1 C e 0,1 g/kg para as variáveis temperatura e umidade absoluta do ar, respectivamente.

Utilizou-se a estatística não paramétrica de Kruskal-Wallis (LEE; WANG, 2003) para verificar se a incorporação da vegetação nos telhados provoca alterações significativas ($\alpha=0,05$) nos valores de temperatura e umidade absoluta do ar.

Resultados

Pela análise de Kruskal-Wallis, os testes apresentaram p-value inferiores ao nível de significância (α) estabelecido, rejeitando-se a hipótese de que não existe diferença significativa entre os cenários. Isto indica que a incorporação da vegetação, em qualquer cenário (10%, 50% e 100%) provoca alterações nas variáveis estudadas.

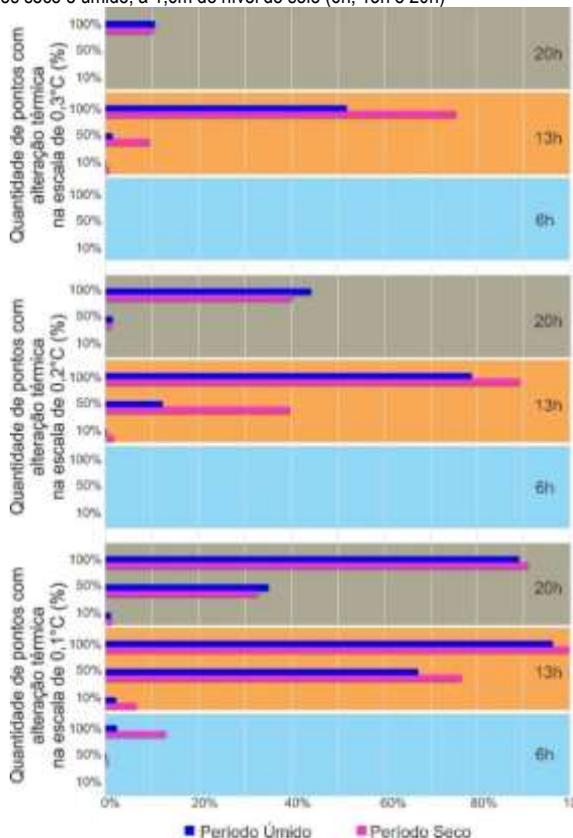
Sobre os efeitos provocados pela incorporação da vegetação em diferentes proporções dos telhados, às 13h observam-se alterações na temperatura e umidade absoluta do ar em maior quantidade de pontos se comparada aos demais horários estudados (Figuras 3 e 4). Quanto maior a área de telhado vegetado, maior é o número de pontos que sofrem alterações em suas

condições termo higrométricas, evidenciando que existe associação com interferência entre a densidade de ocupação dos telhados pela vegetação e o fenômeno de arrefecimento e umidificação do ar ao nível do pedestre. As escalas de temperatura do ar (Figura 3) e umidade absoluta do ar (Figura 4) foram definidas de forma a representar as maiores frequências de alterações nos pontos dos cenários estudados, sendo observadas alterações superiores às ilustradas, no entanto, com menores frequências.

Os efeitos da incorporação do telhado vegetado na temperatura do ar em escalas maiores que 0,1 C apresentam-se com maior frequência no período seco, principalmente às 6h e 13h (Figura 3). A umidade absoluta do ar apresenta variações semelhantes nos dois períodos do ano em todos os horários e cenários (Figura 4).

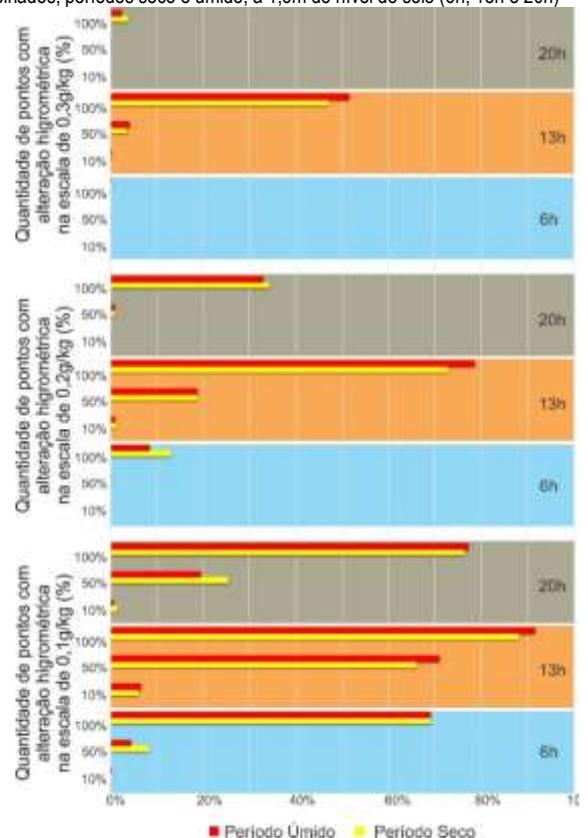
Destacam-se reduções máximas de 0,55 C, 0,88 C e 1,07 C, nos cenários com 10%, 50% e 100% de ocupação dos telhados por vegetação, respectivamente, no período seco, às 13h (Figura 5). No período úmido, as reduções

Figura 3 - Quantidade de pontos com redução de 0,1°C, 0,2°C e 0,3°C na temperatura do ar pela incorporação de vegetação em 10%, 50% e 100% da área dos telhados, períodos seco e úmido, a 1,6m do nível do solo (6h, 13h e 20h)



Fonte: Autores

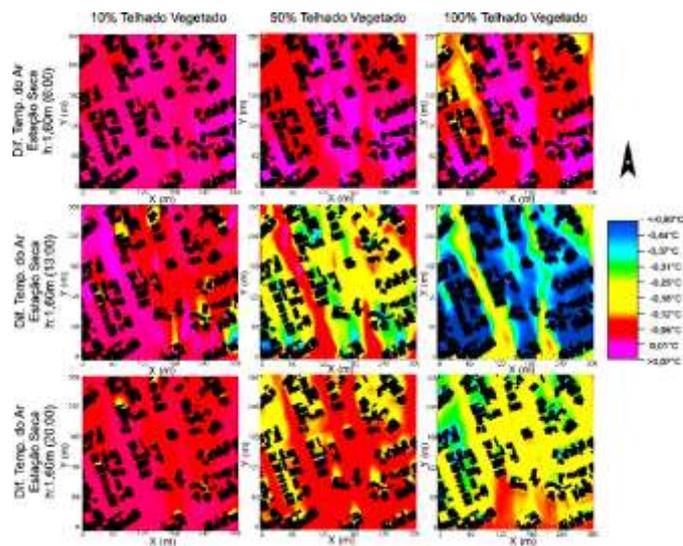
Figura 4 - Quantidade de pontos com elevação de 0,1g/kg, 0,2g/kg e 0,3 g/kg na umidade absoluta do ar pela incorporação de vegetação em 10%, 50% e 100% da área dos telhados, períodos seco e úmido, a 1,6m do nível do solo (6h, 13h e 20h)



Fonte: Autores

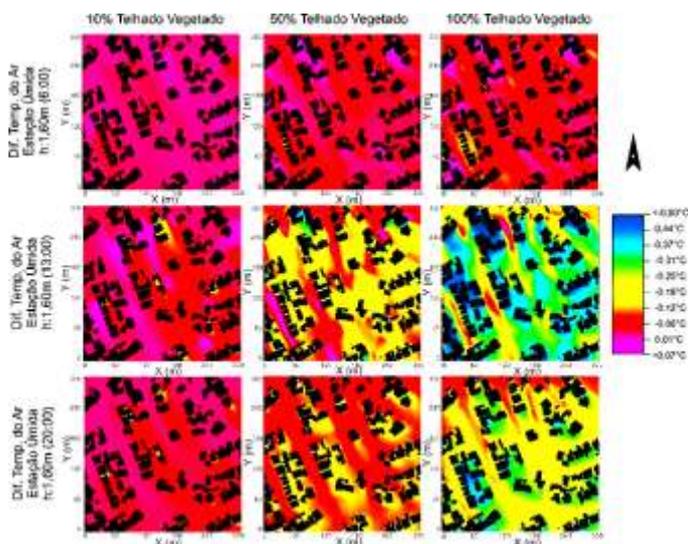
máximas foram menores, alcançando variações de 0,43 C, 0,59 C e 0,76 C, também às 13h, representadas pelos pontos em azul escuro (Figura 6). As maiores interferências da vegetação na temperatura do ar durante o período seco justificam-se pelo fato do fenômeno de arrefecimento do ar por evaporação (calor latente) ser particularmente eficaz quando a temperatura do ar for elevada, a umidade for baixa e as plantas estiverem bem supridas de água (OMETTO, 1981).

Figura 5 - Efeitos da incorporação de vegetação em 10%, 50% e 100% da área dos telhados, na temperatura do ar, período seco, a 1,6m do nível do solo, às 6h, 13h e 20h.



Fonte: Autores

Figura 6 - Efeitos da incorporação de vegetação em 10%, 50% e 100% da área dos telhados, na temperatura do ar, período úmido, a 1,6m do nível do solo, às 6h, 13h e 20h



Fonte: Autores

A ocorrência das maiores reduções na temperatura do ar pela incorporação de vegetação nos telhados às 13h pode ser justificada com base em Oke (1987). Este autor descreve o comportamento de pico da taxa de evapotranspiração em torno deste horário devido à maior

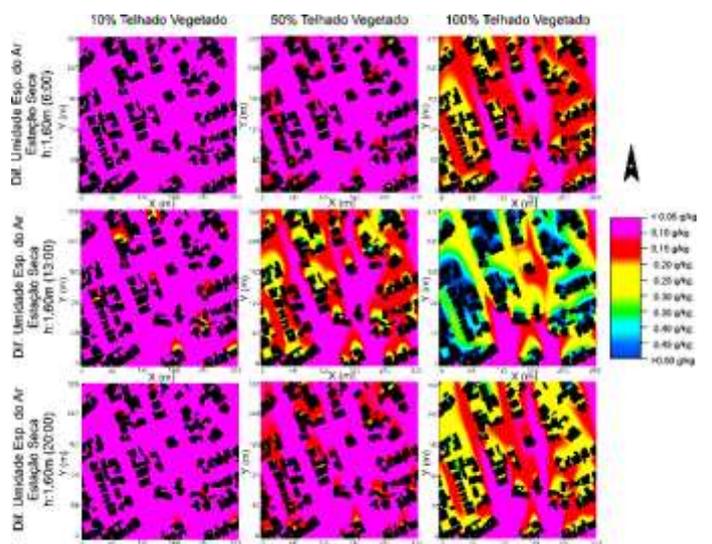
incidência de radiação solar e maior temperatura do ar envolvente, uma vez que haja disponibilidade constante de água no sistema pela irrigação.

O processo de evapotranspiração permite que uma grande quantidade de energia absorvida no solo possa ser lançada para o ambiente externo na forma de dissipação do calor latente (TSANG; JIM, 2011). Os autores afirmam que o telhado desprovido de vegetação não armazena água e, conseqüentemente, não possibilita a dissipação de calor latente, o que justifica a elevação da temperatura do ar envolvente.

Quanto à variável umidade absoluta do ar (Figuras 7 e 8), destacam-se elevações máximas de 0,55g/kg, 0,83g/kg e 0,88g/kg, nos cenários com 10%, 50% e 100% de ocupação dos telhados por vegetação, respectivamente, no período seco, às 13h.

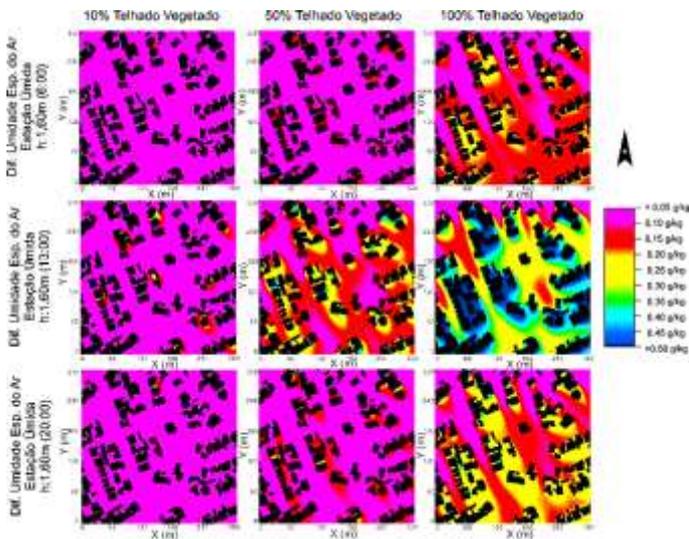
As alterações na temperatura e umidade absoluta do ar, decorrentes da incorporação da vegetação nos telhados, causam reflexos na sensação térmica do pedestre, constatado por Rosseti et al. (2014). Estes autores identificaram, para a mesma área de estudo, reduções na escala de até 1 ponto no Predictian Mean Vote (PMV), o que significa uma variação na sensação térmica de “muito quente” para “ligeiramente quente”, em regiões próximas aos telhados com vegetação, nos cenários de 50% e 100% de telhados vegetados, às 13h e 20h. No cenário com 10% de telhados vegetados não foram observadas melhorias na sensação térmica do pedestre.

Figura 7 - Efeitos da incorporação de vegetação em 10%, 50% e 100% da área dos telhados, na umidade absoluta do ar, no período seco, a 1,6m do nível do solo, às 6h, 13h e 20h



Fonte: Autores

Figura 8 - Efeitos da incorporação de vegetação em 10%, 50% e 100% da área dos telhados, na umidade absoluta do ar, no período úmido, a 1,6m do nível do solo, às 6h, 13h e 20h



Fonte: Autores

Conclusão

Observa-se a existência de associação com interferência entre a densidade de ocupação dos telhados pela vegetação e o fenômeno de arrefecimento e umidificação do ar ao nível do pedestre, em condições urbanas de baixo adensamento construtivo.

Às 13h, as alterações na temperatura e umidade absoluta do ar apresentam-se em maior quantidade de pontos e com maior intensidade, se comparado aos demais horários estudados.

Os maiores efeitos gerados pela incorporação do telhado vegetado, estão contidos na região dos quintais a sota-vento das casas que receberam a vegetação, sendo observados, com menor intensidade, nas áreas das ruas e calçadas.

O telhado vegetado provoca maiores interferências na temperatura do ar no período seco, sendo este resultado condicionado à manutenção da disponibilidade de água no sistema.

Os efeitos dos telhados vegetados, neste trabalho, foram abordados em relação ao microclima. No entanto, podem ser estendidos, de forma qualitativa, à sensação térmica do pedestre, observando-se que a alteração nas variáveis climáticas, provocadas pela estratégia do telhado vegetado, pode melhorar a sensação térmica de “muito quente” para “ligeiramente quente” nos cenários de 50% e 100% de telhados vegetados.

Os resultados deste estudo comprovam o potencial dos telhados vegetados como estratégia passiva de condicionamento termo higrométrico de espaços urbanos. Por este motivo, recomenda-se a realização de estudos que considerem áreas urbanas com diferentes adensamentos construtivos e morfologia, bem como variações na densidade de área foliar da vegetação incorporada nos cenários. Considera-se ainda a relevância de se estudar a viabilidade técnica e econômica, apresentando parâmetros que orientem alterações na legislação urbanística.

Notas

- (1) Modelo numérico tridimensional microclimático, não hidrostático, criado por Michael Bruse como parte de sua tese de doutorado, realizada na Alemanha (BRUSE; FLEER, 1998). Disponível em: <https://www.envi-met.com>.

Referências

- ADEBAYO, Y. R. A note on the effect of urbanization on temperature in Ibadan. *Journal Climatol*, v. 7, p. 185-192, 1987. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522011000300013>. Acesso em: fev. 2015.
- AKBARI, H.; ROSE, S.L.; TAHA, H. Analyzing the land cover of an urban environment using high-resolution orthophotos. *Landscape and Urban Planning*, v. 63, n. 1, p. 1-14, 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00165-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00165-2). Acesso em: mai. 2015.
- BASS, B.; KRAYENHOFF, S.; MARTILLI, A.; STULL, R.. Mitigating the Urban Heat Island with Green Roof Infrastructure. *Urban Heat Island Summit*: Toronto, 2002. Disponível em: http://www.coolroof toolkit.org/wp-content/uploads/2012/04/finalpaper_bass.pdf. Acesso em: jun. 2015.
- BRITO, J. L. N. S.; COELHO FILHO, L. C. T. *Fotogrametria Digital*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2007. 196p.

- BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modeling & Software**, v.13, n. 3-4, p. 373-384, out. 1998. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5). Acesso em: set. 2014.
- CALLEJAS, I. J. A.; OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, F. M. M.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; ZEILHOFER, P. Relationship between land use/cover and surface temperatures in the urban agglomeration of Cuiabá-Várzea Grande, Central Brazil. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 5, n. 1, January 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1117/1.3666044>. Acesso em: mai. 2015.
- CHEN, Y. **The Intervention of plants in the conflicts between buildings and climate: A case study in Singapore**. 2006. 315p. Thesis (Doctor of Philosophy) –Department of Building, National University of Singapore, 2006. Disponível em: <http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/15511>. Acesso em: mai. 2015.
- CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU. Diretoria de Urbanismo e Pesquisa – DUP. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**, volume V. Cuiabá, MT: Central de Texto, 2012. Disponível em: <http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/20130117130637.zip>. Acesso em: mai. 2015.
- KIKEGAWA, Y.; GENCHI, Y.; KONDO, H.; HANAKI, K. Impacts of city-block-scale counter Measures against urban heat island phenomena upon a building's energy consumption for air conditioning. **Applied Energy**, v. 83, n. 6, p. 649–668, Jun. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2005.06.001>. Acesso em: jun. 2015.
- LEE, E. T., WANG, J. W. **Statistical methods for survival data analysis**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981.
- OBERNDORFER, E.; LUNDHOLM, J.; BASS, B.; COFFMAN, R. R.; DOSHI, H.; DUNNETT, N.; GAFFIN, S. R.; KÖHLER, M.; LIU, K. K. Y.; ROWE, B. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions and services. **BioScience**, v. 57, n. 10, p. 823-833, nov. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1641/B571005>. Acesso em: mai. 2015.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. Nova York: Routledge, Taylor & Francis Group, 1987.
- PENG, L. L. H.; JIM, C. Y. Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation. **Energies**, v. 6, n. 2, p. 598-618, jan. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/en6020598>. Acesso em: mai. 2015.
- ROSSETI, K. A. C. **Efeitos do uso de telhados vegetados em ilhas de calor urbanas com simulação pelo software ENVI-met**. 2013. 253 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013. Disponível em: http://www.pgfa.ufmt.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=279&Itemid=246. Acesso em: fev. 2015.
- ROSSETI, K. A. C.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; KUHNEN, I. A.; NOGUEIRA, J. S. Efeitos de telhados vegetados no conforto térmico de pedestres: simulação pelo software ENVI-Met. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014. p. 332-341. Disponível em: <http://doi.org/10.17012/entac2014.228>. Acesso em: out. 2015.
- SAILOR, D. J.; FAN, H. Modeling the diurnal variability of effective albedo for cities. **Atmospheric Environment**, v. 36, n. 4, p. 713-725, fev. 2002. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00452-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00452-6). Acesso em: abr. 2015.
- SANTAMOURIS, M. **Energy and climate in the urban built environment**. London: Routledge, 2001.
- TSANG, S. W.; JIM, C. Y. Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical green roofs. **Energy**, v. 36, n. 5, p. 3590-3598, Mai. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.072>. Acesso em: mai. 2015.
- WONG, N. H.; CHEN, Y.; ONG, C. L.; SIA, A. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. **Building and Environment**, v. 38, n. 2, p. 261-270, Fev. 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00066-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00066-5). Acesso em: mai. 2015.

¹ Karyna de Andrade Carvalho Rosseti

Arquiteta e Urbanista. Doutora. Endereço postal: Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil, CEP 78060-900

² Luciane Cleonice Durante

Engenheira Civil. Doutora. Endereço postal: Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil, CEP 78060-900

³ Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira

Engenheira Civil. Doutora. Endereço postal: Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil, CEP 78060-900

⁴ Ivan Julio Apolônio Callejas

Engenheiro Civil. Doutor. Endereço postal: Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil, CEP 78060-900

⁵ Igor Antonio Kuhnen

Computação. Especialista. Endereço postal: Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil, CEP 78060-900

⁶ José de Souza Nogueira

Físico. Doutor. Endereço postal: Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil, CEP 78060-900