

Eixo Temático ET-03-018 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

TELHADOS VERDES COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A AMENIZAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO: UM ESTUDO COMPARATIVO EM COPACABANA, NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Sarka Konasova¹, Virginia M. N. de Vasconcellos²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

²Prof. Dr. Programa, de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

O Brasil presenciou um rápido crescimento econômico, acompanhado por uma acelerada urbanização. O crescimento urbano resultou, entre outros problemas, em um enorme aumento das áreas construídas, que, por sua vez, causam diversos transtornos às cidades, como alagamentos, aumento da temperatura, com formação de ilhas de calor e, por conseguinte, a deterioração da qualidade do meio ambiente. Uma das soluções para minimizar os efeitos negativos desse processo é a reintegração da vegetação nas cidades e, os telhados verdes vêm sendo apontados como uma saída para diminuir a temperatura do ar e ampliar as áreas urbanas permeáveis. O uso dos telhados verdes representa, ainda, a reintrodução da biodiversidade no ambiente construído. Esta reintrodução tem papel preponderante para o cotidiano da cidade. Este artigo tem o objetivo de apresentar os dados obtidos, por medições com instrumentos, em dois telhados, no Bairro de Copacabana, na Cidade do Rio de Janeiro, Brasil. Os dados foram aferidos através do monitoramento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura da superfície de um telhado verde extensivo e um telhado concretado, durante todo o mês de fevereiro de 2016. Os dados apresentados referem-se às médias obtidas, em uma semana típica (de 8 a 14 de fevereiro). Como resultados, pôde-se observar e comparar o comportamento das duas coberturas, o que permite avançar nos estudos sobre o papel dos telhados verdes na mitigação dos efeitos da formação das ilhas de calor nas cidades.

Palavras-chave: Telhado verde; Ilha de Calor Urbana; Clima Tropical

INTRODUÇÃO

De acordo com Getter e Rowe (2006), nos primórdios do desenvolvimento humano as habitações naturais, os solos e a vegetação formavam um ecossistema equilibrado. O Homem aprendia a lidar com as precipitações e com a energia solar de forma mais eficaz, pois as relações entre o Homem e a natureza, eram buscadas com maior cuidado.

Hoje, o mundo inteiro observa o acelerado crescimento de suas áreas urbanas e sabe-se que, em breve, mais da metade da população viverá em cidades. Como resultado evidente deste processo, as cidades estão perdendo suas árvores para o concreto e o asfalto, perdendo biodiversidade e qualidade de vida.

As cidades ocupam menos de 2% da área terrestre total do Planeta, mas em compensação, abrigam a maior concentração populacional. A proporção da população

que vive nas cidades continua a aumentar, enquanto a população rural declina. A maior parte deste crescimento ocorre e continuará ocorrendo, nas áreas de maior desenvolvimento econômico, principalmente na Zona Tropical, onde a infraestrutura não comporta mais o intenso crescimento urbano e precisa ser reestruturada ou implantada (Lehman, 2014). O fato é que, em um futuro próximo, a maior proporção da humanidade viverá em locais onde o meio ambiente foi profundamente modificado, seja por cidades que já estão construídas ou pelas que ainda serão construídas, desmatando áreas verdes e pavimentando o solo.

Sabe-se que, materiais como concreto e asfalto absorvem bem mais da energia solar do que espaço verde, um dos principais episódios de geração da ilha de calor urbana, e que, por isso, demandam maior consumo de energia. Da mesma forma, impedem a drenagem do solo, acarretando alagamentos e transtornos às cidades.

A integração da vegetação, no tecido urbano, sob a forma de telhado verde, pode oferecer muitos benefícios para moradores e para o meio ambiente. Alguns dos benefícios reconhecidos são: a melhoria da qualidade de vida e a possibilidade de conectar os edifícios a um ambiente local único. O telhado verde proporciona sombra e isolamento, reduz o consumo de energia, mitiga o efeito de ilha de calor urbana e protege contra o vento e contra temperaturas extremas, além de reduzir o barulho no interior dos edifícios.

Kane (2013) aponta que novos estudos mostram, também, que os telhados verdes podem minimizar a penetração de radiação eletromagnética. Além disso, eles criam um ambiente esteticamente mais agradável.

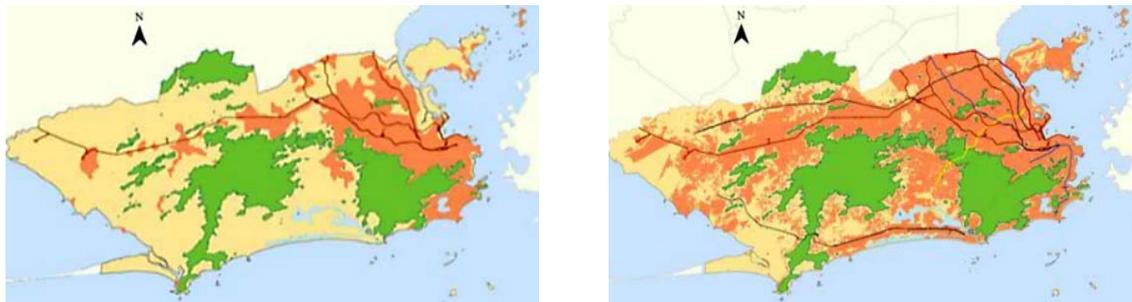
URBANIZAÇÃO E PERDA DO ESPAÇO VERDE NO RIO DE JANEIRO

O Rio de Janeiro, juntamente com muitas cidades do Brasil passou por um intenso processo de expansão urbana, nas últimas cinco décadas. Durante este processo, muitas árvores foram cortadas e a cobertura vegetal natural foi em grande parte substituída por superfícies pavimentadas.

A Cidade do Rio de Janeiro pode se orgulhar de ter a maior floresta urbana do mundo, mas o avanço das áreas construídas está, aos poucos, mudando o cenário da cobertura vegetal da Cidade. Durante os últimos 50 anos a Cidade perdeu milhares hectares de cobertura vegetal (Platonow, 2012).

As figuras 1 e 2 apresentam o crescimento urbano no Município do Rio de Janeiro, entre 1940 e 2009. Nas figuras pode ser observado o aumento da área urbana, representada pela cor vermelha; a cor verde representa a cota 100 m (acima do nível do mar), que pela legislação, é o limite permitido para novas edificações, e a cor bege representa as áreas sem edificação.

Figura 1 e 2: Município do Rio de Janeiro – 1940 e 2009



Fonte: <http://portalgeo.rio.rj.gov>

Como pode ser observado, o desenvolvimento urbano ocupou quase toda área não construída da Cidade. Esta perda de espaço verde tem um efeito significativo sobre a formação de ilhas de calor na Cidade do Rio de Janeiro, especialmente, no Centro e na Zona Norte da Cidade.

ILHA DE CALOR URBANA

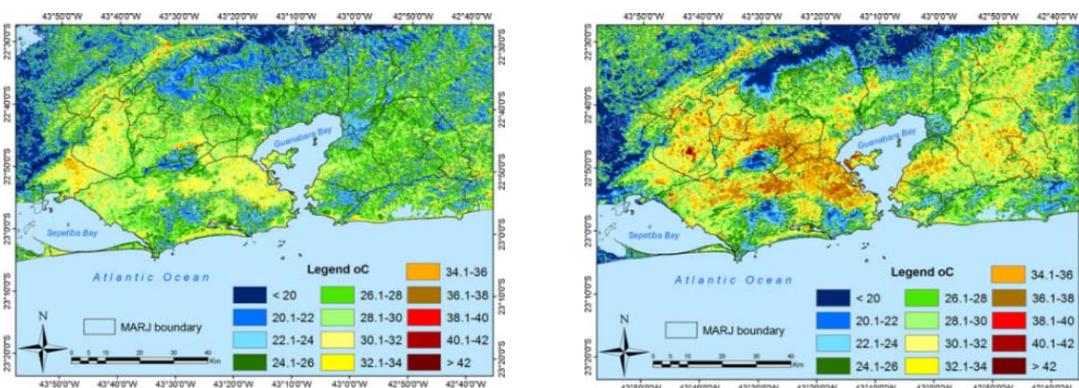
O efeito de ilha de calor urbana ocorre em cidades de todo o mundo e é resultado das diferentes propriedades térmicas de superfícies, em áreas urbanas.

O microclima urbano é influenciado pela forma urbana e suas superfícies. As cidades são caracterizadas por suas superfícies mais impermeáveis e por altas concentrações de atividades antropogênicas, levando a aumentos significativos das temperaturas do ar e da superfície, que são maiores do que as temperaturas na paisagem rural. Isso é reconhecido como o fenômeno "Ilha de Calor Urbana" - ICU (Oke, 1987), cuja magnitude depende principalmente do tamanho da cidade e das características climáticas locais.

De acordo com Rizwan et al. (2008), ilhas de calor urbanas são geradas por fatores que podem ser categorizados como controláveis e incontroláveis. Fatores controláveis incluem calor antropogênico, poluentes do ar, fator de visão do céu, áreas verdes e materiais de construção. Fatores incontroláveis incluem a cobertura de nuvens, velocidade do vento, estações do ano, condições diurnas e outras condições. Não é possível afirmar que um destes fatores é mais importante do que o outro no surgimento de ICU, porque sempre depende da configuração da cidade em questão, isto seu traçado e dos elementos da forma urbana que a compõe.

O Rio de Janeiro é uma das áreas mais urbanizadas do Brasil e, segundo Reynolds (2015), foi detectada uma diferença de 25°C, entre suas áreas urbanas e rurais. Filho et al. (2012) mapearam o campo térmico, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro- RMRJ para a compreensão das ilhas de calor urbanas. Os mapas térmicos foram feitos com base na recuperação de temperatura da superfície terrestre, a partir de dados de sensoriamento remoto em agosto de 1987 (Figura 3) e em agosto de 2010 (Figura 4).

Figuras 3,4: Representação da temperatura da superfície terrestre usando dados do Landsat TM-5 para a Área Metropolitana do Rio de Janeiro, agosto de 1987 e de 2010



Fonte: Filho, O. et al. (2012)

A comparação, entre 1987 e 2010, revela uma concentração de espaços mais quentes em áreas urbanas centrais, bem como algumas áreas mais quentes locais, na região suburbana. Áreas com temperaturas mais baixas correspondem a áreas de vegetação que ficam distantes, da parte central da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo pontos de áreas suburbanas.

A falta de vegetação significa que não há transpiração suficiente para resfriar o ar. Como os materiais de revestimento, em geral, acumulam muito calor e, as ilhas de calor causadas pela ampliação das áreas artificiais, aumentam a temperatura do ar nas grandes cidades, especialmente nas cidades tropicais, que ficam extremamente quentes durante o dia.

Além do mais, o concreto e o asfalto liberam o seu calor lentamente durante a noite também, o que leva a condições quentes tanto durante o dia quanto à noite (AKBARI et al., 2009) e, como o asfalto tem um albedo muito baixo e absorve uma grande quantidade de radiação solar, sua utilização intensiva aumenta o calor excessivo.

O efeito de ilha de calor urbana tem consequência direta ou indireta no aumento do consumo de energia (aparelhos de ventilação e ar condicionado), nos níveis de poluição do ar e, nas doenças relacionadas com a poluição.

Por outro lado, observa-se que os telhados e os pavimentos compreendem mais de 60% da área de superfície em algumas cidades.

Reintroduzir vegetação no espaço urbano, utilizando telhados é uma das soluções mais promissoras para o problema de ilhas de calor urbanas. Os telhados verdes reduzem as temperaturas do ar de verão diretamente acima do telhado. De acordo com a GSA (2011), telhados verdes podem influenciar as ilhas de calor nas seguintes formas: (i) pelo resfriamento dos edifícios através dos processos naturais de plantas (ato físico de sombreamento, fotossíntese e evapotranspiração); (ii) pelo aumento da quantidade de energia solar que é refletida em vez de absorvida; (iii) por aquecimento mais lento quanto exposto à luz solar do que telhados convencionais.

Os telhados verdes têm os mesmos fornecedores de energia que os telhados convencionais, mas eles têm os consumidores de energia adicionais de sombreamento, fotossíntese e evapotranspiração que o distinguem como um sistema vivo (MOL, 2008).

No verão, geralmente 70% a 90% da energia do sol é absorvida pelas folhas para a fotossíntese e o resto é refletido de volta para a atmosfera (EPA, 2008). A

evapotranspiração ocorre através de processos de evaporação e transpiração, o que é importante em climas urbanos para avaliar os benefícios ambientais, inclusive a atenuação do escoamento de águas pluviais e mitigação de ilhas de calor urbanas.

ÁREA DE ESTUDO

A Cidade do Rio de Janeiro (22° 54' 10" S e 43° 12'8" O) é um município brasileiro, situado na Região Sudeste do País, numa altitude de cerca de 10 m, em relação ao nível médio do mar. O Rio de Janeiro é a segunda maior cidade do Brasil, a sexta maior cidade das Américas e trigésima quinta maior cidade do mundo, em população. O Rio de Janeiro é a capital do Estado do Rio de Janeiro, o terceiro estado mais populoso do Brasil.

A cidade tem uma área de 1197 km² e, de acordo com o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), em 2016 a população urbana do Rio de Janeiro é de 6.320.446 hab.

Espremida entre o mar e a montanha, a Cidade do Rio de Janeiro, apresenta uma rica e diversificada paisagem, que tem como limites físicos, ao sul, o Oceano Atlântico, com a Baía de Guanabara a leste e a Baía de Sepetiba a oeste; ao norte, pelo Maciço da Tijuca e pelo Maciço do Gericinó, com a Serra da Mendanha, e, a oeste, pelo Maciço da Pedra Branca. Esta configuração territorial, afeta as variáveis climáticas, que se alteram em função da localização na Cidade.

De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen-Geiger, o clima do Rio de Janeiro é Tropical Atlântico, com a média anual das temperaturas variando entre 23°C e 24°C; a média mensal mais alta ocorre durante o verão, em fevereiro (28,7°C) e a média mensal mais baixa, ocorre durante o inverno em julho (21,3°C). A temperatura máxima média anual é de 28°C a 30°C, com a maior máxima média em fevereiro (34,4°C) e a menor máxima média em julho (25,2°C). A temperatura mínima média anual está entre 21°C e 22°C, com a menor mínima média de 18,4°C em julho, e a maior mínima média de 26,2°C em janeiro e fevereiro (INMET, 2015).

Copacabana: área de estudo

Copacabana é um bairro localizado na Zona Sul da Cidade do Rio de Janeiro e é conhecida por sua praia que é uma das mais famosas do mundo. Em 1892, a inauguração do Túnel Velho, que a conectou ao bairro Botafogo, permitiu integrar Copacabana ao restante da Cidade, pois o bairro ainda se mantinha como parte de um grande areal (KAZ, 2010).

Com a ocupação do bairro e sua valorização, iniciou-se um processo de verticalização do Bairro, para atender à demanda crescente por moradia, pela classe média local. De acordo com o IBGE (2014), população total de Copacabana chegou a 147,021 habitantes, em 2014.

O gabarito médio de Copacabana varia entre dez a doze andares construídos sem afastamentos laterais, embora muitos possuam espaços livres em suas áreas internas. Atualmente, edifícios de dois ou três andares são raros.

Os poucos espaços verdes, a densidade, a forma de ocupação dos lotes e a excessiva pavimentação de Copacabana são fortes elementos para o surgimento de ilhas de calor, no bairro. Este fato e a possibilidade de testar o comportamento de telhados verdes na área foram critérios determinantes para a escolha do Bairro para os experimentos desenvolvidos nesta pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro passo do trabalho foi definir a materialidade dos telhados de Copacabana, para seleção dos estudos de caso. Este levantamento foi realizado com auxílio da ferramenta Google Earth.

Através das imagens de satélite foram definidos três sistemas para telhados convencionais; telhado plano de concreto armado, telhado inclinado de telha cerâmica e telhado de telha de metal. Três áreas representativas do bairro foram sujeitas a uma análise proporcional de sistemas construtivos, levando em consideração a cor e a forma da cobertura. Essa análise resultou em uma conclusão que estima que 85% dos telhados são de concreto, 12% são telhados de telha cerâmica e 3% apresentam telhados de telha metálica.

Telhado verde ou cobertura vegetada não foi encontrado através das Google Earth em nenhuma das áreas aleatoriamente selecionadas. Em alguns casos foi possível encontrar coberturas com tratamento paisagístico, mas não telhados verdes. No processo de busca por um telhado verde para o estudo de caso foi analisada, por percursos pelo bairro, toda a área de Copacabana e foi encontrado um prédio que se enquadrava nesses critérios. Na Rua Dias da Rocha 29, Copacabana, se localiza supermercado Zona Sul, onde foi recentemente instalado um telhado verde durante a reforma do prédio (Figura 6). Na época da busca a reforma do prédio foi tão recente que não era possível detectar o telhado verde pelas imagens de satélite.

A partir da identificação do único telhado verde existente no bairro, partiu-se para a busca de um edifício com algum tipo de revestimento convencional (Figura 7), que pudesse ser usado como referencial para comparação das medições. Com base no levantamento das coberturas, procedeu-se a passeios a pé a fim de selecionar edifícios com as mesmas características do edifício com telhado verde, isto é, localização e gabarito, para comparação dos resultados. No entanto, dadas as dificuldades de acesso às coberturas, foi necessário trabalhar com uma edificação próxima à primeira, com o mesmo gabarito, porém, de esquina, em rua transversal. A distância entre os dois edifícios é cerca de 200 metros. Ambos os edifícios têm características geométricas semelhantes; o número de andares, lado da rua, meio ambiente, e direção do sol.

Figura 6: Telhado verde



Fonte: Acervo dos autores

Figura 7: Telhado convencional



Fonte: Acervo dos autores

O gabarito do edifício que possui o telhado verde extensivo, coberto por grama e herbáceas é baixo (três andares, num total, aproximadamente de 12 metros). O conjunto

do telhado verde consiste em sistema de irrigação e sistema de drenagem, que conduz a água pluvial para os tanques que guardam a água para reuso em sistema de irrigação.

A vegetação mais próxima do telhado verde é a fachada verde do supermercado e as árvores da calçada, cujas coroas estão em nível mais baixo do que o telhado. A estação meteorológica foi instalada um metro acima da superfície do telhado e foi localizado a três metros de distância, a partir das bordas do edifício.

O prédio com telhado convencional é residencial e tem dois andares (aproximadamente 10 metros) e fica na esquina das ruas Barata Ribeiro e Raimundo Corrêa.

O telhado do prédio tem acabamento de telhas de cimento sobre uma laje de concreto. A estação meteorológica foi instalada a um metro acima da superfície do telhado e está localizada a, aproximadamente, três metros de distância, a partir da borda do edifício.

As medições foram realizadas de 8 de fevereiro a 14 de fevereiro de 2016, utilizando duas estações meteorológicas emprestadas do Laboratório de Meteorologia Aplicada da UFRJ. A estação meteorológica é composta por um abrigo feito de aglomerado furado, instalado sobre um tripé, abrigando um termômetro e um termopar. Para medir temperatura do ar e umidade relativa é usado aparelho com sensor à prova d'água HOBO Pro Series que tem data logger integrado e é completamente automatizado. O data logger é programado para medir temperatura do ar e umidade relativa de 10 em 10 minutos. O data logger com bateria completamente carregada consegue fazer as gravações dos dados por 151 dias. Os dados coletados são analisados a partir do software Box Car, que também programada o aparelho, para as medições seguintes.

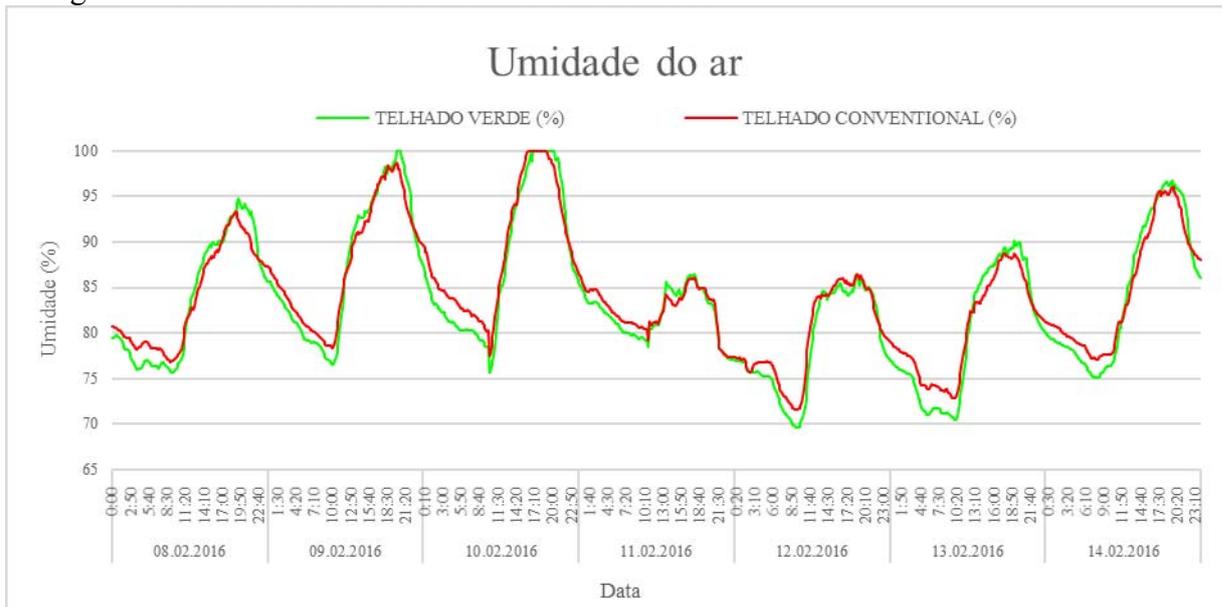
Para medir a temperatura da superfície é usado fio de termopar com data logger Log Box Novus. O sensor no extremo do fio de termopar foi calibrado, usando o método da água quente e gelada, através da utilização de um outro termômetro.

O data logger Log Box é programado para medir temperatura da superfície, também cada 10 minutos. O data logger consegue gravar os dados por 227 dias, sendo importante baixar todos os dados através de software Log Chart II e fazer nova programação, porque todos os dados anteriores são removidos. Ambos os data loggers são colocados dentro do abrigo, garantindo, assim, o sombreamento dos aparelhos. Apenas o sensor do fio de termopar é mantido em contato com a superfície de telhado.

RESULTADOS

Os resultados apontam que a temperatura média do ar do telhado verde foi mais baixa do que do telhado convencional durante a semana representativa de fevereiro. Os resultados da temperatura média do ar para o período inteiro do mês de fevereiro demonstram que a temperatura média do ar do telhado verde do supermercado foi de 27,36°C e a do telhado convencional do edifício residencial foi de 29,18°C. A diferença de temperatura média do ar é 1,82°C (Figura 8).

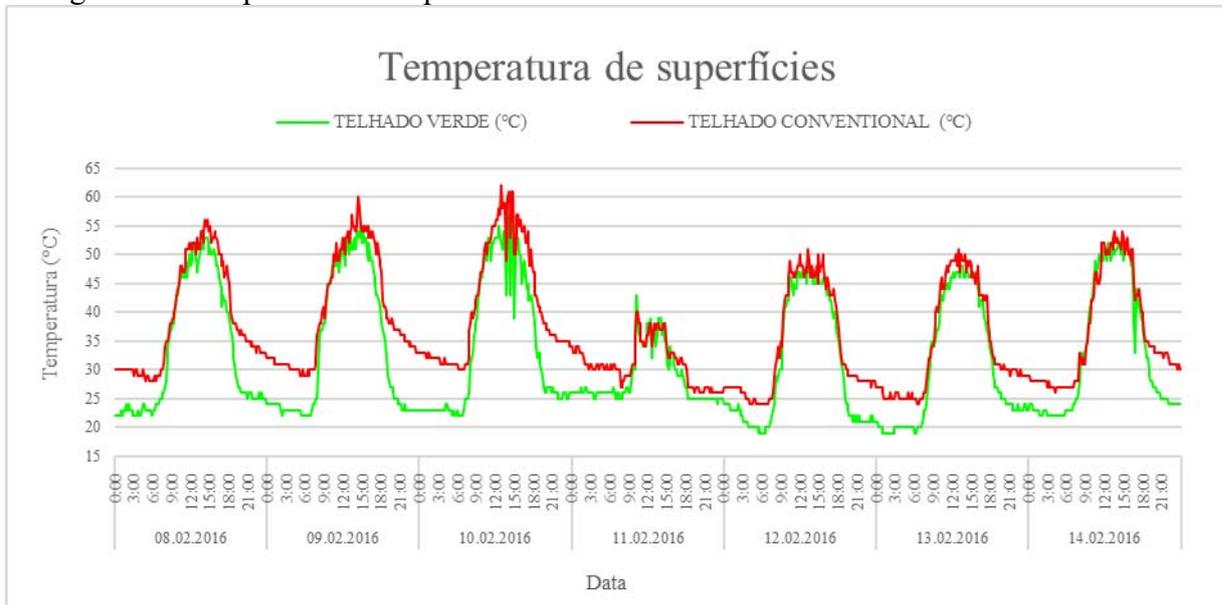
Figura 9: Umidade relativa do ar entre dois telhados



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 10 demonstra as temperaturas da superfície que foram obtidas de termopar durante o mesmo período do verão. Como pode ser visto no gráfico, a temperatura média da superfície do telhado verde foi 32,13°C e do telhado convencional foi de 36,72°C. A diferença da temperatura média da superfície é 4,59°C. As diferenças máximas ocorreram entre 19:00h e 7:00 h e chegou até as 13° C às 20:42 h.

Figura 10: Temperatura da superfície entre dois telhados



Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados mostrados provam que telhado verde pode reduzir, significativamente, a temperatura da superfície o que sustenta o fato que o concreto, em contraste com a vegetação do telhado verde, absorve e retém mais energia solar e que também não liberta rapidamente o calor para a atmosfera, porém o acumula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos telhados verdes pode ser uma ferramenta importante para reduzir os impactos das ilhas de calor, que são formadas principalmente nas grandes áreas urbanas. A comparação das medições obtidas de dois prédios em Copacabana, um com o telhado verde e outro com superfície de concreto, mostra que a temperatura média do ar acima da cobertura verde foi de 1,82°C mais baixa. Houve também um positivo ganho de 0,59% da umidade relativa do ar. Estas diferenças nas temperaturas e umidade fazem uma significativa variação no microclima em torno do edifício, mesmo no interior do edifício.

Por esse motivo, os telhados verdes podem melhorar as questões climáticas e ambientais das zonas construídas, no Rio de Janeiro. As ilhas de calor elevam a temperatura da superfície até 13°C na região, durante o verão.

O concreto, o asfalto e as atividades antropogênicas tornam o espaço urbano mais quente do que em outras áreas. Grande parte do calor absorvido pelos materiais artificiais é transmitida para o ar e para o interior do edifício. Já a vegetação absorve o calor e emite uma parcela muito menor para o ar circundante e para o interior da edificação. Portanto, o uso de telhados verdes tanto pode resolver o problema da falta de espaços verdes, especialmente no centro do Rio de Janeiro, que se caracteriza por uma concentração elevada dos edifícios e pavimentos, quanto contribuir para a redução da formação de ilhas de calor, auxiliando na redução do uso de energia e, conseqüentemente, reduzindo custos.

REFERÊNCIAS

AKBARI, H.; MENON, S. & ROSENFELD, A. Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO₂, **Climatic Change**, n 94. 2009. pp. 275-286.

BOUTELIGIER, S. **Cities, Networks, and Global Environmental Governance: Spaces of Innovation, Places of Leadership**, Routledge, New York, 2012. ISBN-13: 978-0415537513.

EPA, Environment Protection Agency. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies: Green Roofs**, EPA Report, 2008. [Online], Disponível em: <http://www.epa.gov/heatisd/resources/pdf/GreenRoofsCompendium.pdf>

FILHO, O.; FRANCA, J., PERES, L, LUCENA, A., & XAVIER, L. Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro, **Theor Appl Climatol**, 2012. pp. 497–511, ISSN 0177-798X.

GETTER, K., L. & ROWE, D., B. The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development, **HortScience**, n 41 (5), 2006. pp. 1276–1285.

GSA – United States General Services Administration. **The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings**, ARUP, Report, 2011, Disponível em: http://www.gsa.gov/portal/mediaId/158783/fileName/The_Benefits_and_Challenges_of_Green_Roofs_on_Public_and_Commercial_Buildings.action

IBGE. **População residente em 2000 e população residente em 2010**. IBGE Report. 2010. Disponível: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=33&dados=29>, 2010.

INMET. **Weather information for the Olympic and Paralympics Games in Rio de Janeiro 2016**, RIO 2016, 2015.

LEAL, M. **Boletim meteorológico para o Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Meteorologia**. INMET Report, 2013. p.2.

KANE, A. **Green roofs reduce electromagnetic radiation penetration**, Green Roof, Eco Brooklyn, 2013.

KAZ, S. **Um jeito Copacabana de ser: o discurso do mito em O Cruzeiro e Sombra**, Tese de Doutorado, Departamento de Artes e Design da PUC- Rio, 2010. p. 249.

MOL, **Living Roofs and Walls**, Mayor of London. 2008. Technical Report: Supporting London Plan Policy, Greater London Authority, 2008.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**, London: Routledge, ISBN 0-203-71545-4, 1987.

PLATONOW, V. **Área verde por habitante cai 26% no Rio com avanço de favelas e especulação imobiliária**, Meio Ambiente, Agência Brasil, 2012.

REYNOLDS, L. Rio de Janeiro's Urban Heat Islands: A Primer, International Observers, Research & Analysis, **Sustainability**, Solutions, Understanding Rio, 2015.

RIZWAN A.; M., DENNIS Y., C., L. & LIO, C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, **Journal of Environmental Sciences**, n. 20, 2008. pp. 120–128.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat, **Energy and Buildings**, n. 25(96). 1997. pp. 99 – 103.