

Análise de variação de temperatura e umidade em protótipos de telhado verde e telha cerâmica em Manaus

Analysis of temperature and humidity variation in green roof and ceramic tile prototypes in Manaus

Stephanie Pires Costa, graduando, Universidade do Estado do Amazonas.

stephaniepires.c@gmail.com

Samantha Coelho Pinheiro, Doutora, Universidade do Estado do Amazonas.

spinheiro@uea.edu.br

Lucas Carvalho Capobiango, graduado, Universidade do Estado do Amazonas.

lucas_capobiango@hotmail.com

Resumo

O sistema de coberturas verdes mostrou-se ao longo dos anos uma alternativa eficiente no condicionamento passivo de edificações. E este trabalho tem o objetivo comprovar a variação temperatura e umidade internas à protótipos com cobertura verde e cobertura em telha cerâmica numa região caracterizada pelos altos índices de umidades e elevadas temperaturas, com base no modelo estudado por Souza (2016). Os protótipos foram confeccionados em madeira naval cobertos por uma laje pré-moldada em concreto, com aplicação de módulos de cobertura, em telha cerâmica e telhado verde, com vegetação espécie *Zoysia*. No centro geométrico de cada protótipo foi instalado data loggers para o monitoramento dos parâmetros analisados durante um período de 3 meses. O registro de temperatura e umidade comprovaram uma redução média de 1,27° C e máxima de 5° C na temperatura interna ao telhado verde e redução média de 0,9% na umidade interna do protótipo.

Palavras-chave: Telhado Verde; Temperatura; Umidade.

Abstract

The green roofing system has proved to be an efficient alternative in the passive conditioning of buildings over the years. This work has the objective of proving the variation of temperature and humidity in the prototype with green cover and ceramic tile coverage in a region characterized by high humidity and high temperature, based on the model studied by Souza (2016). The prototypes were made of naval wood covered by a precast concrete slab with application of cover modules, in

ceramic tile and green roof, with Zoysia species vegetation. In the geometric center of each prototype was installed data loggers for the monitoring of the parameters analyzed during a period of 3 months. Temperature and humidity recorded a mean reduction of 1.27 ° C and maximum of 5 ° C in the internal temperature to the green roof and a mean reduction of 0.9% in the internal humidity of the prototype.

Keywords: *Green roof; Temperature; Moisture.*

1. Introdução

Shmid (2005) definiu que o conforto ambiental tem como objetivo adequar os princípios físicos envolvidos e as necessidades de caráter ambiental, higrômetra, térmicas, visuais acústicas e qualidade do ar, aos projetos construtivos. Onde estudos recentes mostram que a temperatura e umidade influenciam diretamente nos resultados de satisfação dos demais itens.

Atualmente, os edifícios habitacionais brasileiros, nos quais são empregados sistemas construtivos inovadores para condicionamento térmico, seguem as diretrizes apresentadas na Norma “NBR 15.220 – Desempenho térmico em edificações”(ABNT, 2008), qual na parte 3 define o zoneamento bioclimático brasileiro, dividindo-o em 8 zonas de homogeneidade climática, onde sugere diretrizes construtivas para estratégias de condicionamento térmico passivo para cada zona.

A NBR 15.220-3: 2008 define a zona 8 com os piores parâmetros para o condicionamento passivo, devido as elevadas temperaturas e taxa de umidade que intensificam a sensação térmica, a cidade de Manaus encontra-se inserida nesta zona, e segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2018) sua temperatura média é de 28 °C e caracteriza-se por possuir clima sempre úmido com temperatura e precipitação com pouca variação anual.

A população local para minimizar a elevada sensação térmica característica da cidade utiliza do artifício da refrigeração artificial para o condicionamento térmico das edificações, o que acarreta em maior consumo de energia, e degradação do meio ambiente. Assim estudos de alternativas de condicionamento passivo com possibilidade de aplicação nas áreas de zona 8, como Manaus, são necessários a fim de contribuir com os sistemas de condicionamento térmico utilizados.

Nesse sentido, os telhados verdes apresentam características de impacto positivo no microclima urbano, interceptando e absorvendo parte da energia solar e térmica que chega ao seu entorno. A vegetação ainda mantém processos físicos e fisiológicos que contribuem por meio da evapotranspiração e absorção da radiação solar para a diminuição temperatura interna nos ambientes (MINKE, 2004).

O uso desse tipo de coberturas ajuda a amenizar a temperatura do ar através de uma menor absorção da radiação solar e também, pela regulação da umidade, resultado da evapotranspiração das plantas, e o consumo de dióxido de carbono no processo de fotossíntese (BEATRICE,2011; MINKE, 2004).

A fim de averiguar as alterações térmicas em microescala providos pela utilização de telhados verdes, alguns estudos já foram realizados em diferentes situações, regiões e climas, dentre pesquisas realizadas no Brasil, Lopes (2007), verificou o comportamento térmico de coberturas verdes em diferentes sistemas de cobertura, Souza (2016), estudou a contribuição do telhado verde para redução da temperatura ambiente em construções em Cascavel, Catuzzo (2013) estudou a variação no microclima no entorno de 2 edifícios, sendo um com telhado verde, ambos no centro de São Paulo entre outros estudos realizados.

Desta forma a presente pesquisa visa estimular a utilização de telhados verdes em regiões com poucas opções de condicionamento passivo, determinando os efeitos da aplicação de telhado verde em uma região, dentro da zona bioclimática 8 definida pela NBR 15220-3: 2005, caracterizada pelos altos índices de umidades e elevadas temperaturas, podendo assim averiguar suas vantagens no desempenho térmico de uma estrutura em comparação com uma estrutura convencional na mesma região e estruturas similares estudadas em zonas bioclimáticas diferentes.

2. Metodologia

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2018), “Até o presente momento inexitem normas técnicas para a construção de telhados verdes, o que não fornece a orientação adequada a profissionais e limita a defesa do consumidor”. Desta forma, adotou-se a metodologia aplicada por Souza (2016) para balizar a metodologia aplicada neste trabalho.

2.1 Construção dos protótipos para o experimento

O trabalho foi realizado na cidade de Manaus dentro da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Com base no estudo anterior realizado por Souza (2016) em Cascavel no Paraná, foram reproduzidos os protótipos estudados por ela sendo estes constituídos por 2 protótipos idênticos em madeira naval com cobertura em laje pré-moldada em concreto.

Primeiramente foram cortadas placas de compensado naval com espessura de 0,025 m com as dimensões apresentadas no Quadro 1. Após a realização dos cortes as placas foram fixadas com 3 pregos em cada lateral e 8 pregos na parte inferior na base dos protótipos a fim de realizarem a vedação da estrutura, a placa frontal de cada protótipo recebeu um corte de 0,06 cm x 0.13 cm para encaixe do termômetro dentro da estrutura.

Mod.	Comp.	Altura	Quant.
1	0,95 m	0,40 m	4
2	0,92 m	0,40 m	4
3	1,10 m	1,10 m	2
Total:			10

Quadro 1: Dimensões das placas de compensado naval para confecção do protótipo. Fonte: Elaborado pelos autores.

As lajes pré-fabricadas foram moldadas dimensões de 0,95 x 0,95 x 0,02 m, com forma em madeira, espaçadores com altura de 1,0 cm para sustentação da tela metálica Q92 com trama de 15 x 15 cm e 4,2 mm de diâmetro, espaçadores de 2,0 cm nas bordas para garantir a espessura ideal da peça, a concretagem da peça respeitou todos os parâmetros para a execução de peças de concreto presente na NBR 14931:2004, e foi realizado com traços unitário de 30 Mpa aos 28 dias. A cura das peças foi de 15 dias, para encaixe das peças sobre os protótipos em madeira naval.

2.2. Construção do módulo de cobertura.

Baseado no modelo de Souza (2016) os módulos para a coberturas foram construídos com dimensões de 1 m de comprimento, 1 m de largura e 0,30 m de altura em aço galvanizado com espessura de 0,65 mm assemelhando-se a uma platibanda. As chapas foram adquiridas e cortadas em uma metalúrgica e soldadas com solda MIG-MAG alimentada por um Arame Aço Carbono AWS A5.18 ER70S-6 sendo a solda pontilhada, como pode-se observar nas figuras 1 a 3 para permitir escoamento da água proveniente da chuva.



Figura 1 2 e 3 - Processo de soldagem dos módulos dos protótipos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para instalação da telha cerâmica no módulo de cobertura foi construída uma estrutura em madeira para suporte encaixe das telhas, sendo utilizada a telha romana, com dimensões de 40 cm x 21 cm, como apresentado na Figura 4.

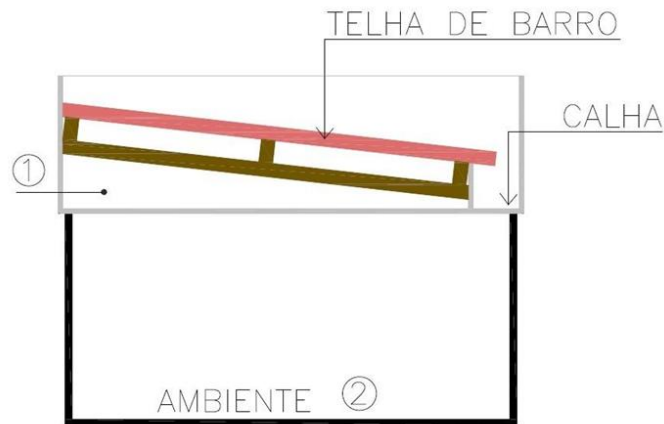


Figura 4 - Corte esquemático - telhado convencional. Fonte: Adaptado de Souza 2016.

Baseado no modelo de Souza (2016) o módulo para o telhado verde foi construído com dimensões de 1 m de comprimento, 1 m de largura e 0,30 m de altura em aço galvanizado assemelhando-se a uma platibanda, foi confeccionada uma estrutura em madeira com uma inclinação de 3% para sustentação de uma lamina em aço galvanizado a fim de simular impermeabilização e criar a base para instalações das camadas características ao telhado verde, como apresentado na figura abaixo (Figura 10).

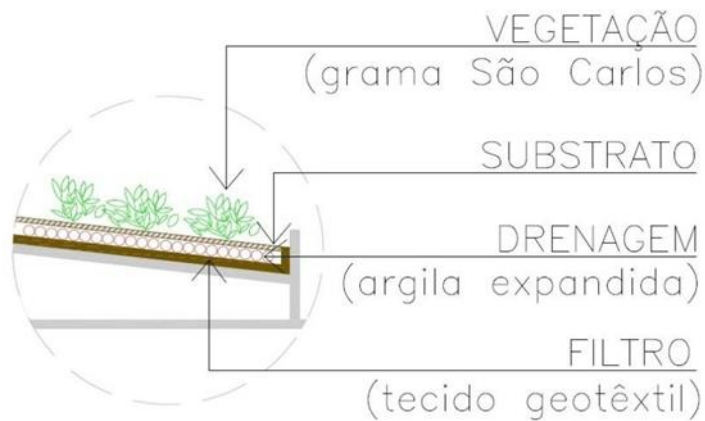


Figura 5 - Camadas componentes do telhado verde. Fonte: Adaptado de Souza, 2016.

Sobre a estrutura foi colocada uma camada de manta geotêxtil de 200 mg/m², seguida por uma camada de argila expandida de aproximadamente 3 cm, uma camada de substrato de 10 cm e a plantação da vegetação. A espécie de vegetal escolhida para a cobertura verde extensiva foi a *Zoysia japônica* da família Poaceae, também conhecida como grama Esmeralda sendo essa a espécie mais implantada em estudos sobre telhado verde, em virtude de sua alta resistência a intemperes, e ter sido utilizada no modelo de referência a este trabalho Souza (2016) e em outros trabalhos como Catuzzo (2013), Ferraz (2012), Lima (2009), e Vacilikio (2011)

2.4. Acompanhamento de temperatura e umidade

Assim como realizado em pesquisas anteriores como Souza (2016) e Ferraz (2012) a coleta dos dados foi feita de maneira manual com visitas semanais aos protótipos durante o período de 3 meses entre 15 de outubro de 2017 e 15 de janeiro de 2018, sendo o equipamento utilizado um data logger de temperatura e umidade, o qual era fixado no interior dos ambientes o mais próximo possível do centro geométrico de cada protótipo, e calibrado para medição com intervalos de 2 min.

A partir dos dados coletados, foram gerados gráficos através do software Excel 2013 com a análise estatística do valor modal, seus desvios padrões e média, com a finalidade de demonstrar e comparar a evolução das temperaturas e umidades nos respectivos protótipos.

3. Resultados

Ao longo dos 3 meses foram catalogadas as temperaturas e umidades internas aos protótipos com a utilização de data loggers, no Gráfico 1 observa-se as temperaturas máximas registradas ao longo dos 3 meses de estudo.

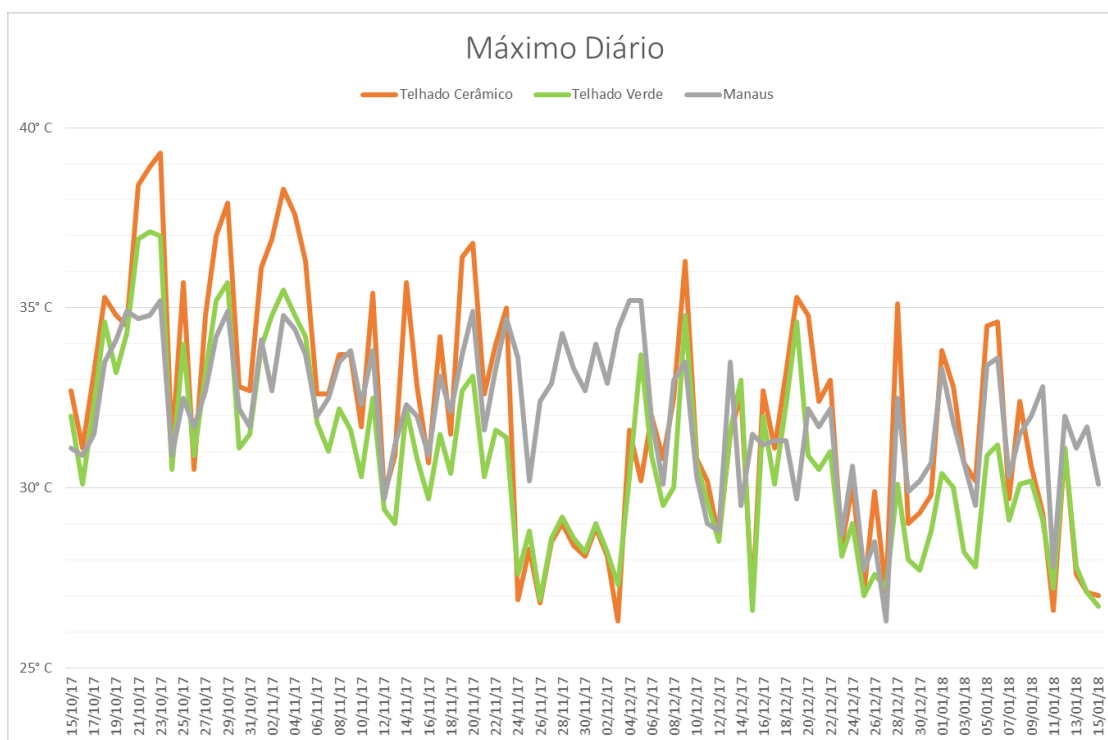


Gráfico 1: Temperaturas máximas diárias. Fonte: Elaborado pelos Autores.

Analisando as temperaturas máximas diárias observou-se que estas ocorrem próximas as 12 horas com temperaturas menos acentuadas no protótipo de telhado verde quando em comparação com o telhado convencional, com uma média $-1,27^{\circ}\text{C}$ ao telhado convencional,

chegando à uma diferença de temperatura de -5°C no interior do protótipo verde no dia 28 de dezembro de 2017. Para temperaturas mais amenas pode-se verificar no Gráfico 2 as temperaturas mínimas ao longo dos 3 meses de estudo.

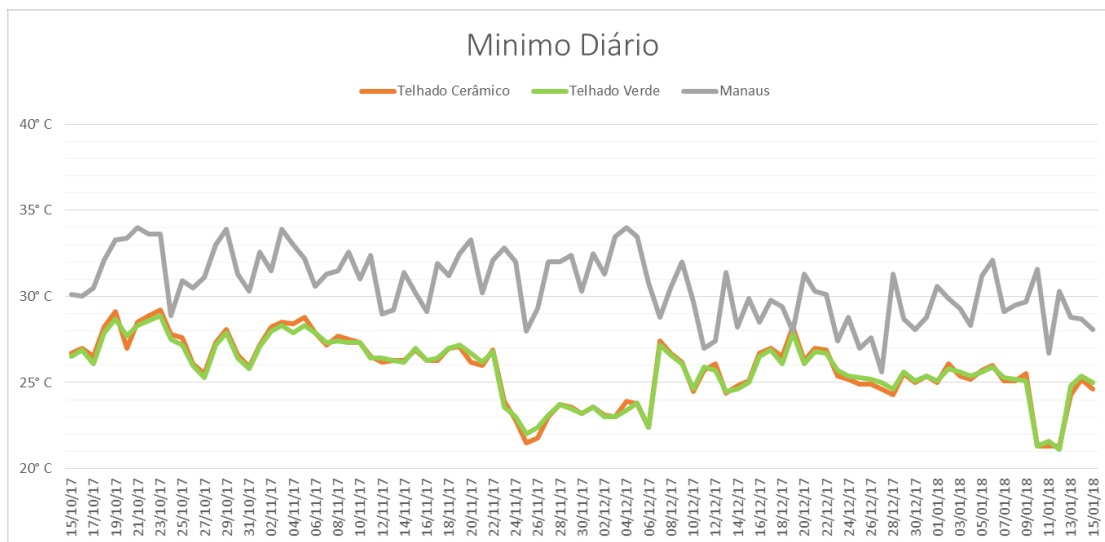


Gráfico 2: Temperaturas mínimas diárias. Fonte :Elaborado pelos Autores.

Analisando as temperaturas mínimas diárias observou-se que estas ocorrem próximas as 00 horas com temperaturas um pouco mais elevadas protótipo de telhado verde quando em comparação com o telhado convencional, com uma média $+0,03^{\circ}\text{C}$ em comparação telhado convencional, chegando à uma diferença de temperatura de $+0,07^{\circ}\text{C}$ no interior do protótipo verde no dia 20 de outubro de 2017 e $-0,05^{\circ}\text{C}$ nos dias 4 de novembro e 5 de dezembro de 2017. A umidade relativa do ar nos protótipos pode ser visualizada no Gráfico 3.

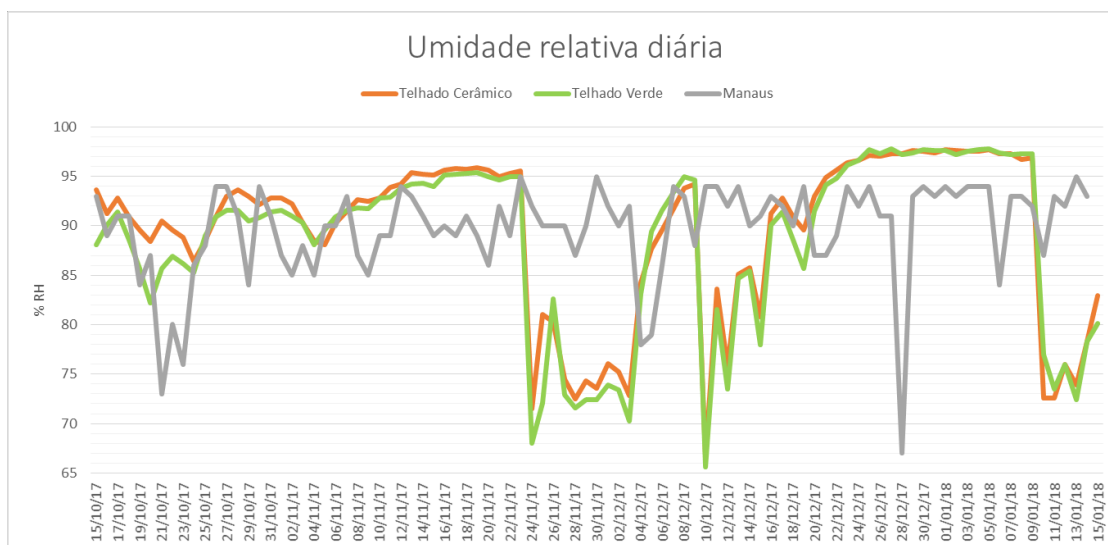


Gráfico 3: Umidade relativa do ar no interior dos protótipos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando a umidade percebe-se que em ambos os protótipos a umidade interna em geral se mantém maior que a umidade relativa da cidade de Manaus, porém quando comparamos os protótipos entre si percebemos uma menor umidade no protótipo com telhado verde à qual podemos relacionar com a fotossíntese realizada pela espécie vegetal que utiliza parte da água que iria ao ambiente.

Se sobrepor os gráficos de umidade e temperatura pode-se relacionar os dias com menor aproveitamento térmico do telhado verde com uma alta umidade relativa proveniente de precipitações. Nos dias com maior incidência de chuvas o telhado convencional apresentou temperaturas inferiores às temperaturas internas ao telhado verde, podendo-se relacionar tal fato a maior suscetibilidade do telhado cerâmico ao clima exterior firmada por Sousa (2016) ou a maior umidade do ar dentro do telhado verde aumentando assim o tempo de dissipação de temperatura.

Visando uma análise mais detalhada do comportamento dos telhados os Gráficos 5 a 8 apresentam a temperatura e umidade ao longo do dia 23 de outubro de 2017 e 27 de dezembro de 2017, os quais são respectivamente o dia mais quente e mais frio registrados ao longo do estudo.

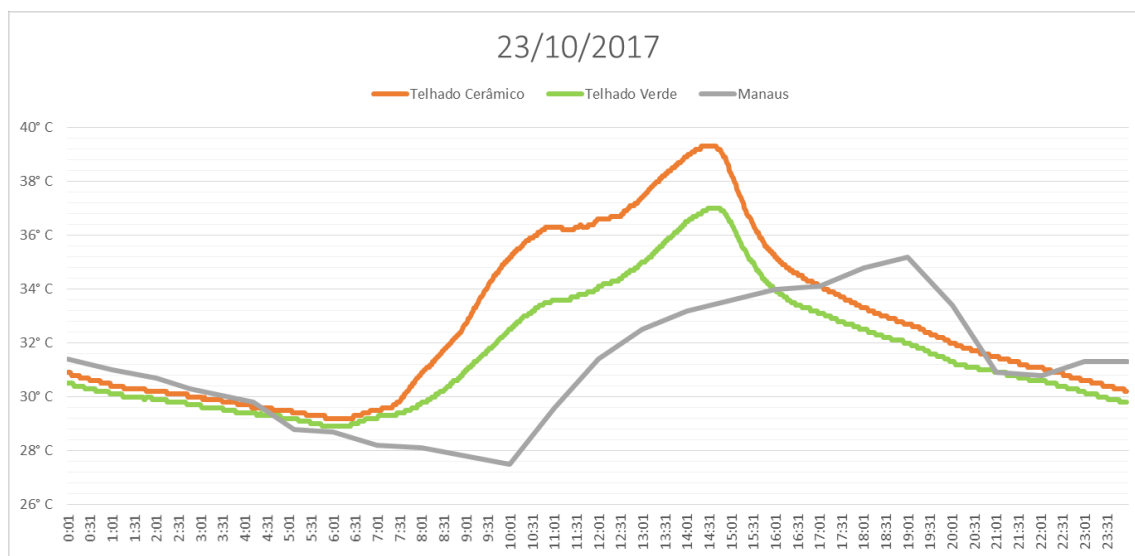


Gráfico 4 : Temperatura dia mais quente. Fonte: Elaborado pelos autores.

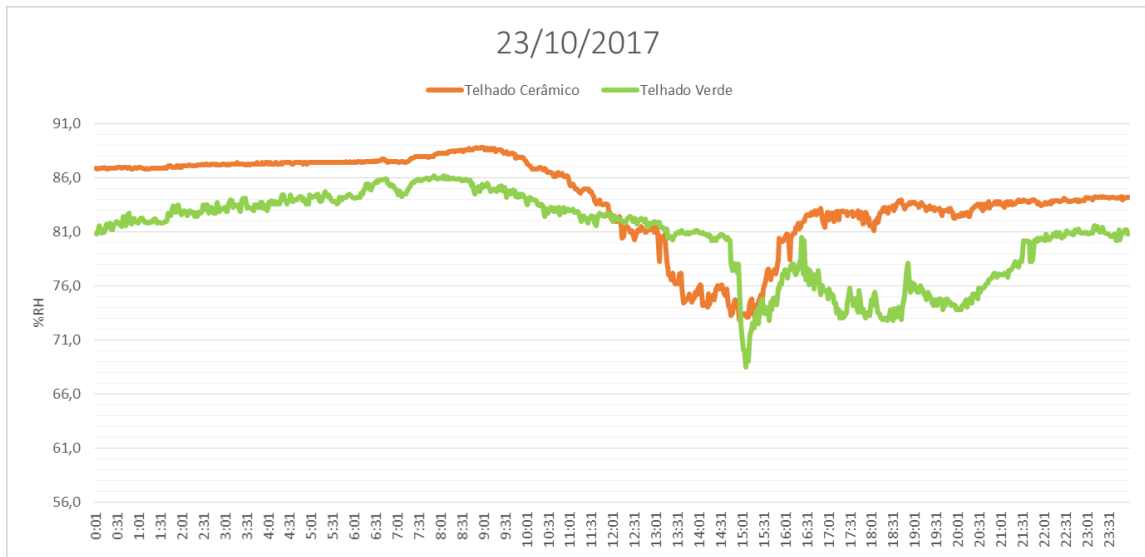


Gráfico 5: Umidade dia mais quente. Fonte: Elaborado pelos autores.

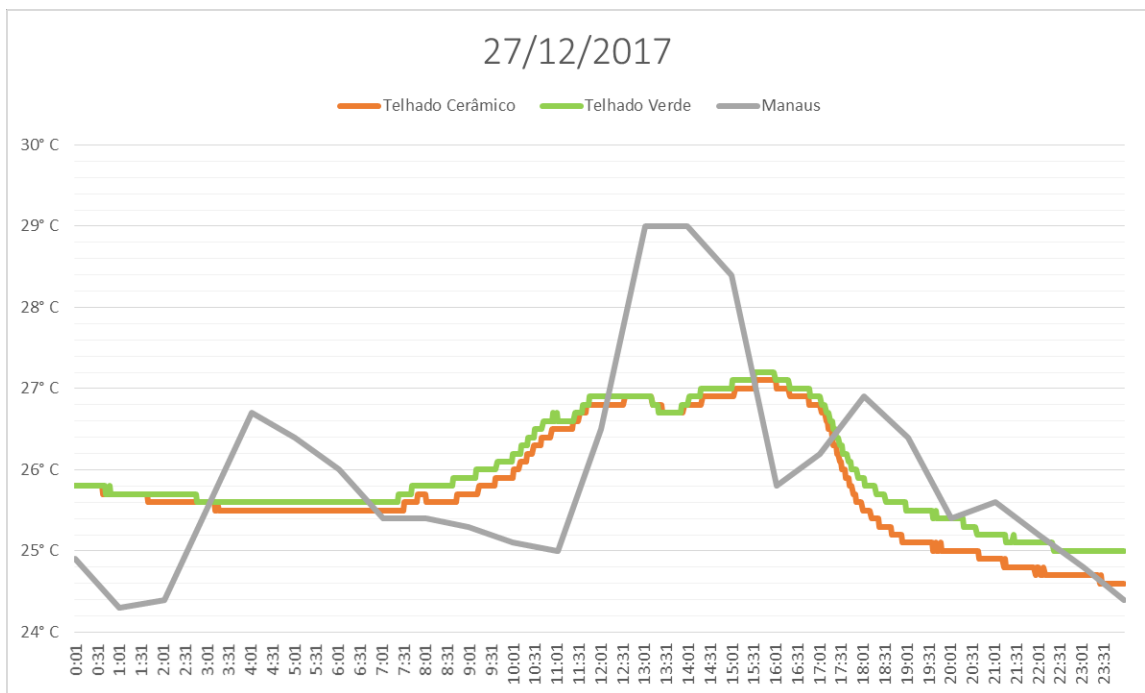


Gráfico 6: Temperatura dia mais frio. Fonte: Elaborado pelos autores.

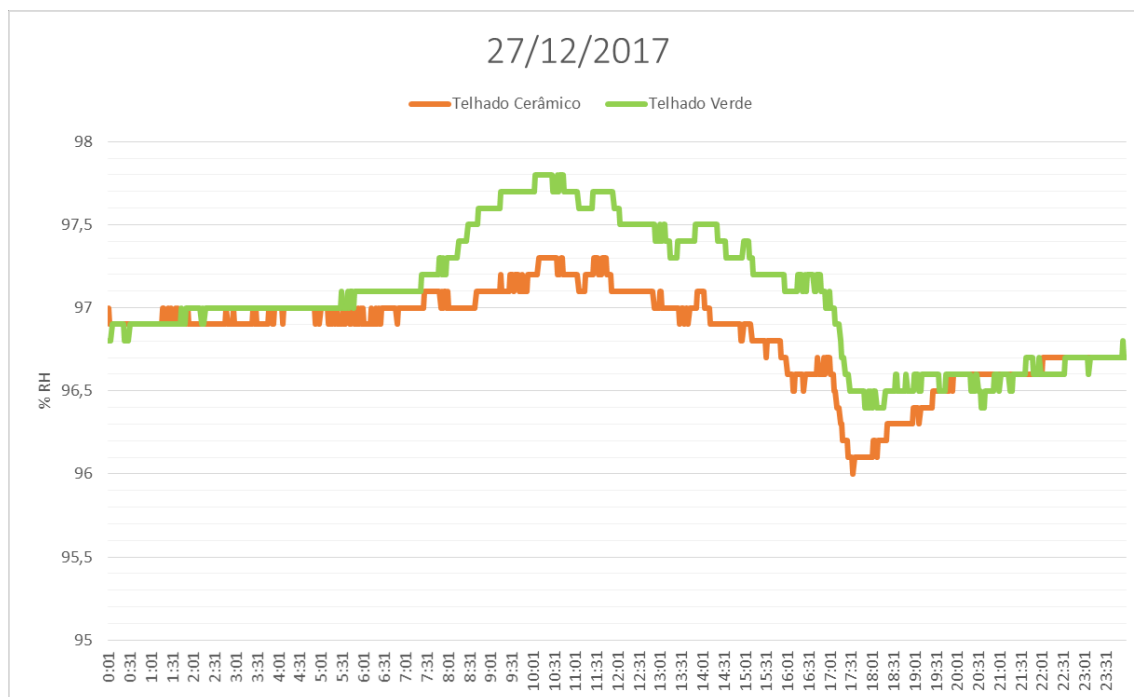


Gráfico 7: Umidade dia mais frio. Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante o dia 23 de outubro observa-se uma menor temperatura dentro do protótipo de telhado verde ao longo de todo o dia com diferença de temperatura mais acentuada as 14:30, com $-2,3^{\circ}\text{C}$ no interior do telhado verde, no mesmo horário pode-se observar a menor umidade do dia, mas ao longo de todo o dia a umidade do telhado verde encontra-se inferior, ressalta-se que neste dia não houve precipitação, quando analisada a temperatura e umidade do dia 27 de dezembro registrou-se taxas de umidade superiores no telhado verde, consequência da precipitação de 0,6 mm no dia e 1,8 mm no dia anterior, a qual fica retida no substrato. Ao longo do dia o telhado verde possui temperatura mais elevada em comparação ao telhado convencional, porém com baixa variabilidade onde o registro máximo de variação foi de $+0,4^{\circ}\text{C}$ próximo as 19:30.

4. Conclusões

Após a análise dos dados registrados, conclui-se que há uma queda na temperatura interna de ambientes com telhado verde em relação a telhados convencionais em temperaturas de pico, onde observou-se maior variação entre os valores máximo de temperatura, porém verificou-se em dias de temperatura inferior a 29°C o telhado verde apresenta valores de temperatura superiores.

Pode-se correlacionar tal efeito ao fato de a planta ser um ser endotérmico que possui temperatura média de 32°C , desta forma a amplitude térmica se torna menor devido aos processos inerentes a vegetação para se manter viva.

Em dias com temperatura muito elevada houve diminuição de até 5°C da temperatura interna do protótipo com aplicação do telhado verde em relação ao protótipo com telha

cerâmica, e a diferença de temperatura média entre os ambientes foi de $-1,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ do telhado verde em comparação à telha cerâmica, mostrando o benefício da aplicação dessa tecnologia.

A umidade relativa do ar interna aos ambientes não apresentou variação tão expressiva, havendo diminuição de até 16,4% em momentos esporádicos, e uma média de 1,01% ao longo dos dias estudados. Tal circunstância pode ser justificada pelo fato de o substrato reter água, mantendo uma taxa de umidade alta nessa camada. Mas ressalta-se que mesmo com esse fator e os altos índices pluviométricos na cidade, ainda houve redução na umidade relativa do ar dentro do ambiente estudado.

Com os resultados apresentados, conclui-se que a aplicação do telhado verde pode ser vantajosa nas construções da cidade de Manaus por diminuírem a temperatura interna dos ambientes nos momentos de maior temperatura, no qual em geral se utiliza mais métodos de refrigeração ativos como ar condicionado, ainda constatando de que quando bem instalado o telhado verde não aumenta a possibilidade de infiltrações ou desenvolvimentos de fungos uma vez que a umidade do ambiente sofre uma redução em comparação ao telhado cerâmico convencional.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:2005. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.** Rio de Janeiro, 2008;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:2004. Execução de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004;
- BEATRICE, Caio Cury. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- CATUZZO, Humberto. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo.** 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.8.2013.tde-18122013-123812. Acesso em: 2017-11-10.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/>>. Acesso em: 15 jan. 2018;
- FERRAZ, Iara. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura em telha cerâmica.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 15 jan. 2018;

LIMA, Igor. Influência do telhado ecológico com plantas verdes no conforto ambiental. In: **Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**, 2009, Maringá, out. 2009.

LOPES, D. A. R. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura**. 2007, Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

MINKE, G. (2004). **Techos verdes**. planificación, ejecución, consejos prácticos. Editora Fin del Siglo; Montevideo, Uruguay.

SHMID, Alísio Leoni. O significado de conforto. **A ideia de conforto: Reflexão sobre o ambiente construído**. Capítulo 1, Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SOUZA, Cássia Rafaela Brum. **Telhado verde e sua contribuição para a redução da temperatura ambiente em construções para Cascavel - PR**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

VACILIKIO, Douglas Vaciliev. Comparação entre telhado Verde Convencional nas Temperaturas Internas de Ambientes. In: **Simpósio Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Curitiba, 2011.