

TELHADOS VERDES PARA CONFORTO TÉRMICO

Fernando Bucar Moromizato¹, Júlia Costa Oliveira¹, Kainã Rodrigues Vieira¹, Maria Vitória Teodoro Abrão¹, Mariana Brito de Lima², Liliane Flávia Guimarães da Silva²

¹Graduandos do curso de Engenharia Civil - IFTO. e-mail: nandobucar@hotmail.com; juliacosta10@hotmail.com; kaina.rovi@gmail.com; m.vitoria.abrao@hotmail.com

²Docentes do curso de Engenharia Civil - IFTO. e-mail: mariana@ifto.edu.br; lilianeg@ifto.edu.br

Resumo: O objetivo deste estudo é demonstrar a técnica de telhado verde com ênfase nas vantagens em relação ao conforto térmico, através da análise de estudos prontos que validam os benefícios da mesma. O embasamento teórico deste artigo foi fundamentado na leitura e interpretação de artigos científicos já publicados, apresentando, portanto, os resultados, discussões e conclusões baseado no estudo do exercício de quatro artigos relacionados ao tema proposto. Dessa forma, foi possível comprovar a eficiência desta técnica não apenas no conforto térmico; que se demonstrou bastante eficaz visto que, ao utilizá-la, notou-se uma diminuição da temperatura de cerca de 4°C a 10°C em locais que possuem esse tipo de cobertura vegetal; como também obteve-se isolamento acústico, economia de energia, redução das ilhas de calor, dentre outras vantagens que validam sua viabilidade econômica em relação ao custo benefício de se praticar a técnica estudada.

Palavras-chave: telhado verde; conforto térmico; sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, as ilhas de calor, a impermeabilização do solo e o escoamento superficial de água, são alguns dos problemas relacionados à urbanização. Para tanto, faz-se necessário buscar novas tecnologias que auxiliem na redução ou na resolução dos impactos gerados devido à ocorrência de tais problemas. O telhado verde, tema da presente pesquisa, é uma dessas soluções. Segundo a Acomb; Clark; Lang (2008), telhado verde ou ecotelhado, também chamado de telhado vivo, telhado ecológico ou biocobertura, é uma espécie de jardim suspenso. Este método pode ser instalado tanto em casas como em grandes empresas e indústrias, contanto que haja cuidados referentes à impermeabilização e drenagem. Ele é construído através da aplicação de uma camada vegetal sobre uma camada impermeável, podendo ser um telhado convencional ou até mesmo uma laje impermeabilizada. Sua principal finalidade é a de conforto térmico, além de ser uma alternativa sustentável para a solução das ilhas de calor em ambientes urbanos.

Tal solução melhora a qualidade de vida nos centros urbanos, pois é capaz de reduzir ruídos externos e diminuir a temperatura do ambiente, funcionando como um isolamento acústico e térmico. Também auxilia na redução da poluição, além de aumentar a vegetação nos ambientes urbanos. Esses benefícios, além de manterem o local mais agradável, ainda economizam energia, pois diminuem o uso de climatizadores e ar condicionado. Segundo Tomaz (2008), o telhado verde possui diversas vantagens como: diminuição da ilha de calor; melhora da qualidade do ar; diminuição dos custos de refrigeração; e redução das expansões e contrações dos tetos em concreto armado. A aplicação de telhados verdes, além de todos os benefícios ambientais e de conforto para edificação, possui custo e peso inferior aos sistemas mais aplicados nas edificações no Brasil. Essa redução de custo pode ser ainda menor se considerado o ciclo de vida útil da cobertura.

Apesar de esse termo ser considerado moderno, a origem dos telhados verdes se deve aos tempos remotos. As primeiras referências de construções que comportavam jardins suspensos são do período de 4000 a 600 a.C., na antiga Mesopotâmia, atual região do Iraque; e eram chamadas de Zigurates. Os mais conhecidos são os chamados Jardins Suspensos da Babilônia, de acordo com Wark; Wark (2003). Posteriormente, a solução caiu em desuso, retornando na era moderna com preocupação voltada à sustentabilidade. Segundo Bock (2008),

“Com o desenvolvimento das cidades e das tecnologias modernas de calefação, as cabanas com telhados cobertos por feno desapareceram. A antiga tecnologia verde foi considerada obsoleta. Mas, com a urgência das mudanças climáticas, os arquitetos de hoje buscam todas as formas possíveis de reduzir o consumo de energia.”

A crescente preocupação com qualidade do meio ambiente e o início da ideia de sustentabilidade, o interesse nos telhados verdes se renovou e foi nomeado no norte da Europa como “solução verde”.

No Brasil, a aplicação de técnicas de áreas verdes em edificações foi iniciada a partir do período arquitetônico do modernismo, que trazia como um dos princípios a aplicação de terraços jardins (espaços que podem incluir jardins nos telhados) em sua cobertura. Um dos principais exemplares dessa época é o palácio do Gustavo Capanema no Rio de Janeiro. Já a aplicação de telhados verdes propriamente ditos no país, iniciaram nas cidades de Nova Petrópolis – RJ e de Canela – RS por volta do ano 2000.

Esta pesquisa realizou uma revisão de literatura do tema “telhados verdes” e suas vantagens ambientais e sociais comparadas ao método tradicional, enfatizando as suas propriedades relacionadas ao conforto térmico. Pretendeu-se, portanto, mostrar as vantagens do telhado verde para o conforto térmico, além de difundir esta alternativa sustentável no âmbito da construção civil, além de estimular futuras pesquisas sobre o tema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa baseou-se na revisão de literatura que consiste na análise, leitura e interpretação de artigos científicos, livros e imagens, dentre outras fontes de conhecimento. A revisão de literatura permite conhecer diferentes contribuições científicas de determinado tema a partir de pesquisas existentes, as quais dão suporte a todas as fases de qualquer tipo de estudo, pois é o primeiro processo de busca, análise e descrição de um corpo do conhecimento em busca de uma questão. Pode aparecer de diversas formas nos trabalhos acadêmicos: levantamento bibliográfico, revisão de literatura, revisão bibliográfica; estado da arte; estudo bibliométrico, entre outros.

Dentre os diversos tipos de revisão, esta pesquisa dedicou-se à revisão narrativa, por seu caráter exploratório, sem pretender esgotar as fontes de informações ou utilizar estratégias de busca exaustivas, pois não é o objetivo encerrar o tema, e sim dar um primeiro passo para estimular pesquisas futuras. Segundo Cordeiro et. al (2007), a revisão da literatura narrativa ou tradicional apresenta uma temática mais aberta, não exigindo um protocolo rígido para sua confecção. Optou-se nesta pesquisa por uma revisão baseada em autores voltados ao tema “telhado verde como melhoria

para o conforto térmico”, portanto todos os resultados, discussões e conclusões foram sistematizados a partir do estudo desses autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pesquisadores citados foram: Christopher G. Wark e Wendy W. Wark; Michael Laar e Friedrich Wilhelm Grimme; Glenn Acomb, Mark Clark e Slyvia Lang; Wen-Pin Huang, Hwang Ruey-Lung e Huang Kuo-Tsang. Com o intuito de melhor agrupar e comparar as características desses autores, esta pesquisa sistematizou os seguintes aspectos: sistema de montagem; custo; eficiência *versus* conforto; e outras vantagens, organizados em tabela.

3.1 Christopher G. Wark e Wendy W. Wark (WARK; WARK, 2003)

O telhado verde desenvolvido por Christopher G. Wark e Wendy W. Wark (WARK; WARK, 2003) é composto por oito camadas que garantem o quase total isolamento do meio externo à construção que usa esse sistema. A primeira é a camada de plantas, onde se encontra a vegetação que vai ser usada para cobrir o solo do telhado; a segunda é o recipiente de plantio onde se encontra o solo usado para fornecer os nutrientes para as plantas; a terceira camada é a camada de filtro que permite a passagem da água da chuva sem permitir que o solo escoe junto. Logo após vem a camada de drenagem, que direciona a água proveniente da chuva; em seguida, vem a camada de proteção ou impermeabilização, que impede que a água possa infiltrar na estrutura; e após essa, a membrana e o isolamento, ambos com a finalidade de promover uma maior impermeabilização para a estrutura. Por fim, tem-se a plataforma de aço do telhado, que serve como um reforço para suportar o peso das “camadas verdes” que estão em cima.

Segundo Wark; Wark (2003), a principal vantagem dos telhados verdes é o isolamento térmico, pois com tantas camadas antes de chegar ao meio interno da edificação, a energia vai se dissipando, deixando o ambiente interno bem mais agradável que o externo, com uma variação de temperatura que pode chegar a até 10°C. Além disso, as plantas, ao se alimentarem por meio da fotossíntese proveniente da radiação solar, impedem a passagem de raios UV, que são os principais causadores de câncer de pele.

Segundo os autores, esse tipo de cobertura possui outras vantagens, a exemplo, propriedades de isolamento acústico, que em grandes centros é de enorme valia. Outro aspecto é a drenagem onde a água é absorvida em sua grande maioria pelas plantas, o que pode evitar enchentes aos arredores das estruturas que recebem essa cobertura, e acaba promovendo uma maior umidade do ar nos lugares próximos à edificação, pela grande propriedade absorptiva que a cobertura tem.

Analisando o conjunto desses aspectos, os autores induzem que esse tipo de telhado influencia diretamente na economia de energia, além de levar em conta a eficiência energética, acústica e principalmente térmica. Esses aspectos levam a um atraso térmico de cerca de 4 horas em relação ao ambiente externo, possibilitando que o ambiente interno não sofra variações bruscas de temperatura, exigindo menos dos aparelhos de ar-condicionado, quando não torna o seu uso desnecessário. Esses aspectos proporcionam um local de trabalho e convivência ideal e sem a interferência de ruídos externos.

3.2 Michael Laar e Friedrich Wilhelm Grimme (LAAR; GRIMME, 2006)

Os pesquisadores Michael Laar e Friedrich Wilhelm Grimme (LAAR; GRIMME, 2006) realizaram experimento por meio de quatro ensaios instalados no início de 2004, na cidade do Rio de Janeiro. Dois desses ensaios simularam telhados de fibrocimento e os outros dois simularam um telhado de concreto com uma espessura de 9 cm (Figura 1).

Cada tipo de cobertura foi então recoberta com um meio de crescimento: o telhado de concreto com uma folha de plástico à prova de água, enquanto a cobertura de fibrocimento foi selada com silicone na sobreposição. O substrato utilizado foi composto principalmente de areia, com uma pequena porção de material orgânico. A sua espessura era de 10,2 cm sobre o telhado de concreto e em média 8,9 cm no telhado de fibrocimento. Cada cobertura possuía 1,0 m de largura e 4,0 m de comprimento. A inclinação para todos os telhados era de 2%.



Figura 1 - Experimento de um telhado verde no Rio de Janeiro desenvolvido pelos pesquisadores Michael Laar e Friedrich Wilhelm Grimme

Fonte: Laar; Grimme (2006)

Quanto ao albedo, o telhado verde apresenta baixos valores. O albedo é a razão entre quantidade de luz difundida sobre uma superfície pela quantidade de luz incidente sobre a mesma. Nos ensaios dos pesquisadores, enquanto o concreto e o fibrocimento apresentaram albedo de 0,31 e 0,41, respectivamente, o concreto e o fibrocimento com substrato apresentaram albedo de 0,13 e 0,18 (LAAR; GRIMME, 2006). Normalmente, um valor baixo albedo em telhados convencionais representa desconforto térmico, no entanto, nos telhados verdes, apesar de possuir valores ainda mais baixos de albedo, esses não representam problemas de conforto térmico. A Figura 2, a seguir, mostra as temperaturas do ar interior, da superfície interna do concreto, superfície interna do concreto com grama (telhado verde) e do substrato em um dia típico do verão do Rio de Janeiro.

Segundo os experimentos feitos pelos autores, a temperatura máxima atingida pela superfície interna do telhado de concreto durante o dia foi de 50°C, enquanto a do telhado verde chegou a 38°C, mais baixa do que a temperatura do ar de 39,5°C. A superfície da vedação protegida por substrato alcançou o valor de 40,8°C. Isso significa que, mesmo com um telhado de concreto relativamente novo com um albedo de 0,31, o que representa um alto valor, houve uma diferença de temperatura de até 12°C.

No entanto, à noite, ocorreu o inverso. A temperatura mínima atingida pelo telhado de concreto foi de 29°C, enquanto a do telhado verde chegou a 31°C. Segundo os autores, isso ocorre porque o substrato bloqueia as ondas longas no telhado verde. Sendo assim, o concreto não fica mais frio durante a noite e essa é uma desvantagem que o telhado verde apresenta.

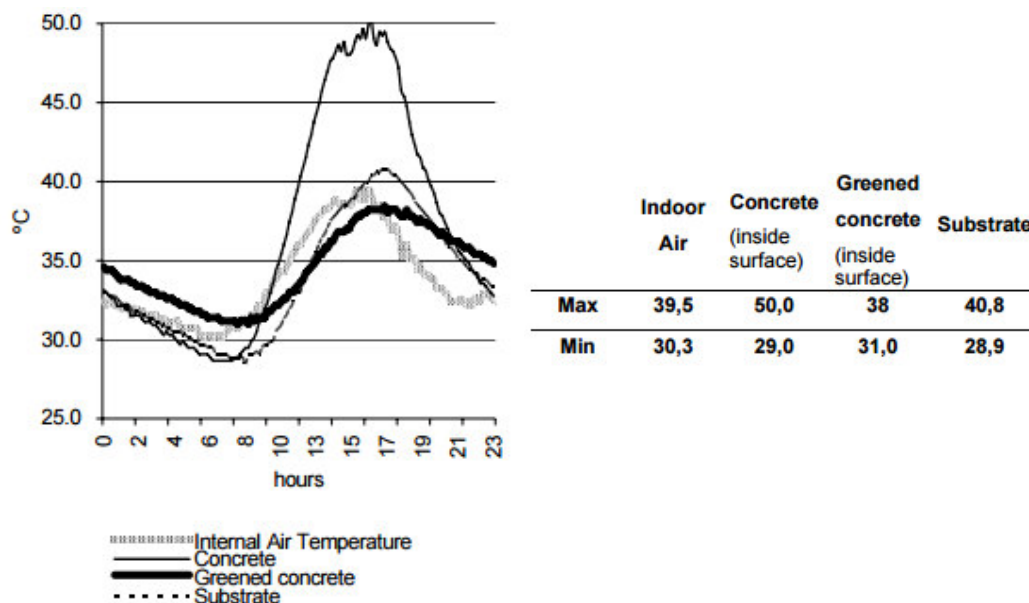


Figura 2 – Temperaturas do experimento de concreto ao longo do dia 9 de janeiro de 2005.
Fonte: Laar; Grimme (2006).

Em relação às outras vantagens além do conforto térmico, os autores citam a diminuição das ilhas de calor e o melhor aproveitamento da evaporação da água das chuvas, causado pela retenção de água nos telhados, o que possibilita um maior refrescamento.

3.3 Glenn Acomb, Mark Clark e Slyvia Lang (ACOMB; CLARK; LANG, 2008)

A primeira pesquisa analisada foi realizada por Glenn Acomb, Mark Clark e Slyvia Lang na *University of Florida* (ACOMB; CLARK; LANG, 2008). Eles classificaram os telhados verdes em dois tipos: intensivos e extensivos. Os intensivos podem incluir pequenas árvores, semelhante a um parque, acarretando em um custo mais elevado além de possibilitar o aumento do peso do telhado. As limitações quanto ao uso de árvores e arbustos são determinadas pelas condições estruturais da obra em questão e são altamente dependentes de irrigação e da manutenção e adubação frequentes. Já o extensivo é menos profundo que o intensivo, possui estruturas leves que cobrem grandes extensões de telhados, exigindo menos cuidados periódicos (Figura 3).

O exemplo de aplicação citado por Acomb; Clark; Lang (2008) foi um Balcão de Armazenamento de 2400 ft² (223 m²) da comunidade *Shadow Wood Preserve (Lee Country)*, na Flórida. Os pesquisadores da *University of Florida* monitoraram os poluentes da água filtrada de um telhado verde e descobriram que, comparado ao método tradicional, houve uma redução dos poluentes, incluindo nitrato de amônia.

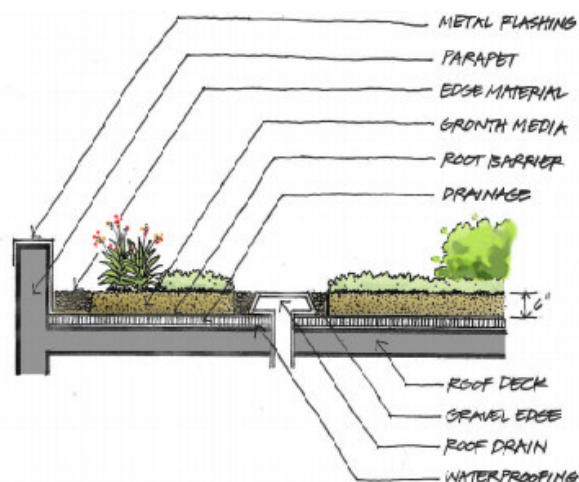


Figura 3 - Diagrama ilustrativo das camadas dos componentes típicos de um telhado verde desenvolvido pelos pesquisadores Glenn Acomb, Mark Clark e Slyvia Lang

Fonte: Acomb; Clark; Lang (2008).

Segundo essa pesquisa, os materiais e a instalação de um telhado verde nos EUA custam entre \$15 e \$20 por ft² (0,093 m²), o substrato de solo, meio de cultura e plantio de materiais, representam a maioria da parcela destes custos. Ao se demonstrar o custo deste método é necessário compará-lo ao método convencional e considerar a redução dos custos de energia. Analisando, portanto, o conforto térmico com o custo, tem-se como resultado a melhoria das propriedades isolantes do telhado, e pode-se esperar que esta inovação diminua cerca de 20% a 30% o custo de refrigeração comparado aos telhados de concreto. Os pesquisadores listaram outras vantagens desse método de cobertura de telhados, que estão listados abaixo:

- Armazena água através da colheita da chuva;
- Reduz os efeitos das ilhas de calor;
- Reduz as temperaturas de 50°F a 40°F (4,4°C a 10°C);
- Proporciona economia de energia de 15% a 30%;
- Possibilita conforto acústico;
- Aumenta a vida útil do telhado e reduz os custos de manutenção do telhado;
- Contribui para a biodiversidade e cria habitats para pássaros e invertebrados;
- Filtra os poluentes atmosféricos.

Por fim, os pesquisadores alertam que para utilizar este método é necessário que o terreno tenha uma inclinação mínima de 2%, pois aqueles inferiores a este percentual exigiriam novas medidas de drenagem, a fim de evitar a acumulação de água na estrutura.

3.4 Wen-Pin Huang, Hwang Ruey-Lung e Huang Kuo-Tsang (HUANG; RUEY-LUNG; KUO-TSANG, 2014)

O estudo de Wen-Pin Huang, Hwang Ruey-Lung e Huang Kuo-Tsang (HUANG; RUEY-LUNG; KUO-TSANG, 2014) foi conduzido na fachada sudoeste de uma escola em Taichung, Taiwan. A coleta de dados foi realizada em duas salas de aula sob dois diferentes tipos telhados: um

telhado verde e o outro, um telhado nu. O tamanho de cada ambiente foi de 9,0m x 8,0m. Esta pesquisa foi conduzida em ambas as salas de aula do dia 07 de setembro a 25 de outubro do ano de 2014. Depois de toda a análise, os pesquisadores fizeram um levantamento dos resultados obtidos e foram tiradas as devidas conclusões. A utilização do telhado verde, de acordo com os autores, contribuiu para:

- Reduzir o calor que adentra no edifício;
- Possibilita que a radiação solar seja absorvida e transformada pela fotossíntese;
- Tornar os edifícios menos propenso ao superaquecimento no verão;
- Aumentar a inércia térmica pelo aumento de teor de água do solo.

No período em que foi realizada a pesquisa foi verificada uma grande variação da temperatura na cidade de Taichung, o que poderia comprometer o conforto nas residências e instituições de ensino. Essa variação demanda de estruturas e meios importantíssimos para alcançar um ambiente agradável e, ao mesmo tempo, não cair seu rendimento.

Nos resultados obtidos pelos autores, mostrado na Figura 4 a seguir, pode-se observar que a temperatura no telhado verde foi menor que a temperatura no telhado nu em todos os dias medidos, em praticamente todo o tempo. Verificou-se uma grande eficiência no conforto buscado para as salas de aula.

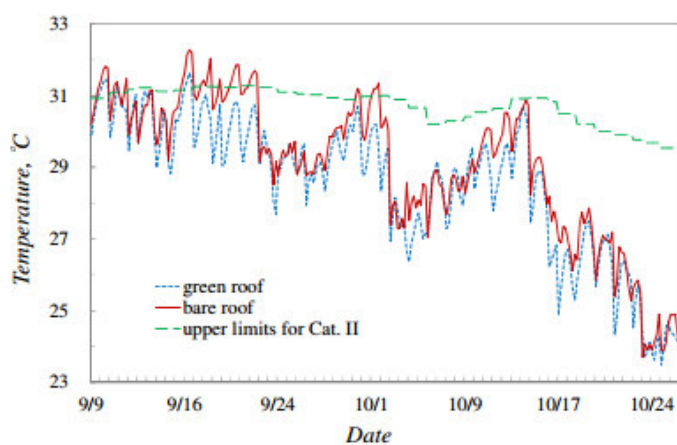


Figura 4 – Gráfico da temperatura para o telhado verde (*green roof*) e para o telhado nu (*bare roof*) em função da data (mês/dia).

Fonte: Huang; Ruey-Lung; Kuo-Tsang (2014).

3.5 Síntese das características nas pesquisas analisadas

Na tabela 1, pode-se observar os resultados de quatro pesquisas realizadas sobre telhados verdes e suas principais características, onde nota-se uma grande semelhança nos resultados ligados ao conforto térmico e economia de energia. Os tópicos abordados na tabela são: autores, o sistema de montagem do ensaio, o seu respectivo custo, relação eficiência *versus* conforto, além de outras vantagens relacionadas.

Conforme demonstrado abaixo, pode-se perceber que há semelhança no sistema de montagem, cuja estrutura consiste em um substrato orgânico sobre um telhado impermeabilizado. Além disso, os autores também apresentaram resultados semelhantes no item eficiência *versus* conforto. Todos apresentaram redução da temperatura, por vezes, bastante significativa de até 12°C. Em relação ao custo de construção, apenas Acomb; Clark; Lang (2008) informou o valor, no entanto, sem comparativos com a construção convencional, nem o retorno do investimento a curto e a longo prazo. Além disso, o custo refere-se ao período da publicação, carecendo de atualização.

Tabela 1 – Síntese das características nas pesquisas analisadas

Autores	Sistema de montagem	Custo	Eficiência <i>versus</i> Conforto	Outras vantagens
Glenn Acomb; Mark Clark; Sylvia Lang.	Substrato orgânico acima de uma superfície de drenagem sobre um telhado metálico.	Entre \$15 e \$20 ft ² .	Reduz as temperaturas de 50°C a 40°F (4,4 a 10°C).	Economia de energia de 15% a 30%; Conforto acústico; aumenta a vida útil do telhado.
Michael Laar e Friedrich Wilhelm Grimme	Substrato composto de areia e material orgânico	Não informado	Diminuição de até 12°C da temperatura durante o dia em relação ao telhado nu.	Diminuição das ilhas de calor; Retenção de água nos telhados, refrescamento de ambientes internos.
Christopher G. Wark e Wendy W. Wark	Camada vegetal em um recipiente de plantio acima de um sistema de drenagem separado do telhado por uma membrana isolante.	Não informado	Boa eficiência em retenção de água e calor; Diferença de temperatura externa/interna em até 10°C.	Desempenho térmico e hidrológico; Drenagem e isolamento térmico e acústico; Economia de energia e retenção de raios UV.
Wen-Pin Huang; Hwang Ruey-Lung; Huang Kuo-Tsang.	Não informado	Não informado	Inércia térmica pela absorção de água, mantendo o ambiente com temperatura agradável	Concepção ecológica Arborização das cidades

Fonte: Acomb; Clark; Lang (2008); Huang; Ruey-Lung; Kuo-Tsang (2014); Laar; Grimme (2006); Wark; Wark (2003). Org. os autores.

4. CONCLUSÕES

Nesse estudo, foi possível observar que locais que possuem a cobertura de telhados verdes evitam consideravelmente o superaquecimento nos ambientes fechados. De acordo com os artigos analisados, percebeu-se que a diferença de temperatura dos locais que recebem esse tipo de cobertura para o ambiente externo varia consideravelmente e em média, de 4°C a 10°C, o que faz uma grande diferença tanto com a percepção térmica das pessoas como em relação ao custo de energia, pois, em ambientes mais frescos, os aparelhos de ar-condicionado são utilizados em menor frequência e com menor consumo de energia elétrica.

Isso ocorre pela diferença de aquecimento entre o telhado verde e a estrutura de concreto ou cerâmica que são geralmente usadas na cobertura. Essa diferença chega a média de 20°C da temperatura superficial do material, dependendo do clima local e da quantidade de radiação solar que essa cobertura recebe.

Por fim, concluiu-se que, segundo os autores pesquisados, as vantagens do telhado verde vão muito além do conforto térmico. Constatou-se que tais telhados influenciam diretamente no isolamento acústico, na redução das ilhas de calor, na economia de energia e, conseqüentemente, na diminuição de custos, sendo uma alternativa para quem procura um meio de cortar gastos de consumo principalmente em cidades de clima tropical. Além disso, o telhado verde tem também uma função sustentável, já que proporciona uma maior arborização nos centros urbanos.

Sugere-se ainda, continuidade em pesquisas com telhados verdes, tanto de revisão bibliográfica, como de estudos de campo, comparativos com métodos tradicionais, análise de custos entre outros, como forma também de divulgar as vantagens do uso do material.

REFERÊNCIAS

ACOMB, Glenn; CLARK, Mark; LANG, Slyvia. Green roofs/eco roofs. In: **Florida Field Guide to Low Impact Development**. Florida, USA: University of Flórida, 2008. Disponível em: <http://buildgreen.ufl.edu/Fact_sheet_Green_Roofs_Eco_roofs.pdf> Acesso em 03 mar 2016.

BOCK, Lia. O jardim subiu no telhado: Arquitetos resgatam técnica antiga de cultivar tetos verdes para economizar energia e água. **Revista Época**, São Paulo, v. 505, ed. 523, 25 maio 2008.

CORDEIRO, Alexander Magno et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 34, n. 6, p.428-431, 2007.

HUANG, Wen-Pin; RUEY-LUNG, Hwang; KUO-TSANG, Huang. The Effect of a green roof on thermal comfort and learning performance in a naturally ventilated classroom in a hot and humid climate. World SB 14, Barcelona, Espanha, set. 2014. **Anais...** Barcelona, Espanha, 2014.

LAAR, Michael; GRIMME, Friedrich Wilhelm. Thermal comfort and reduced flood risk through green roofs in the Tropics. Conference on Passive and Low Energy Architecture, 23, Genebra, Suíça, set. 2006. **Anais...** Genebra, Suíça: 2006.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de águas pluviais**. Guarulhos, SP: [s.n.], 2008.

WARK, Christopher G.; WARK, Wendy W. Green Roof Specifications and Standards: establishing an emerging technology. **The Construction Specifier**, v. 56, n. 8, 2003.