

TETOS VERDES: Aspectos Econômicos e Ambientais na Construção Civil

Carlos Heitor de Campos Vallim ¹

Raphaela Caroline Marrara Jorge ²

Lia Lorena Pimentel ³

Lia Toledo Moreira Mota ⁴

Valoração e Economia Ambiental

Resumo

O grande crescimento dos centros urbanos e a falta de permeabilidade dos solos têm gerado o aquecimento e a elevação das ilhas de calor, um dos grandes problemas ambientais urbanos, devido à radiação solar e à poluição do ar. O presente artigo aborda os benefícios econômicos e ambientais dos tetos verdes ou *green roofs* (GR). Tais benefícios são valorizados em decorrência das consequências ambientais geradas pelo crescimento urbano acelerado, no qual a cobertura vegetal foi retirada para dar lugar a construções. Com o objetivo de elaborar uma revisão sistemática de literatura e analisar os documentos publicados nos últimos anos relativos ao tema proposto, os autores buscam salientar um estudo a respeito dos GR como uma técnica construtiva eficiente nos projetos arquitetônicos. O foco foi pesquisar os telhados verdes; seus aspectos econômicos e a contribuição ambiental da adoção dos mesmos nas construções a fim de reduzir a sensação térmica, melhorar a oxigenação, a qualidade do ar e reduzir os níveis de dióxido de carbono.

Palavras-chave: teto verde; técnica construtiva; conforto térmico; sustentabilidade.

Abstract

The large-growth of urban centres and the lack of soil permeability have generated heating and the rise of heat islands, one of the great urban environmental problems, due to solar radiation and air pollution. This paper addresses the economic and environmental benefits of green roofs (GR). Such benefits are valued because the consequences generated by accelerated urban growth to environment, in which the vegetation cover was removed to make room for construction. In order to prepare a systematic literature review and analyze the documents published in recent years relating to the proposed theme, the authors seeks to highlight a study on GR as an efficient construction technique in architectural projects. The focus was research on green roofs; their economic aspects and the environmental contribution of adopting them in buildings in order to reduce thermal sensation, improve oxygenation, air quality and reduce carbon dioxide levels.

Keywords: green ceiling; constructive technique; thermal comfort; sustainability.

¹Aluno do programa de mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana, PUC - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, carlos.chv@puccampinas.edu.br.

²Aluna do programa de mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana, PUC - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, raphaela.cmj@puccampinas.edu.br.

³Professora e coordenadora do curso de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana PUC - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, lialp@puc-campinas.edu.br.

⁴Professora e pesquisadora em dedicação integral do curso de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana PUC - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, lia.mota@puc-campinas.edu.br.



INTRODUÇÃO

Com o crescimento das cidades e a falta de permeabilidade do solo, um dos problemas que os cidadãos enfrentam nos centros urbanos é o aquecimento e a elevação das ilhas de calor. Este artigo trata-se de uma revisão de sistemática de literatura, com foco na pesquisa em telhados verdes, e a contribuição da adoção dos telhados verdes nas construções, para reduzir a sensação térmica, melhorar a oxigenação e a qualidade do ar e reduzir os níveis de poluentes.

Comparações de resultados, podem ser estudados apontando substancial redução de custos com energia em arefação de salas e residências em assentamentos urbanos de alta densidade. Os autores buscaram o estado da arte em telhados verdes, e os percursos para que sejam adotadas políticas públicas, que incentivem os construtores e cidadãos a contribuírem com a adoção em suas construções, demonstrando as vantagens que cidades que adotaram estas políticas vem se beneficiando, em termos de redução de custos, e melhora do ecossistema e da sensação térmica.

Segundo Weiler (2009), em termos de construção tradicional, o telhado é considerado a tampa ou topo de uma estrutura habitável que mantém os elementos climáticos indesejados do lado de fora e ajuda a manter as condições e temperaturas mais confortáveis para a habitação humana no seu interior. Ainda segundo o autor, ao longo dos anos essa estrutura evoluiu de materiais naturais como folhas, palha e grama para materiais mais duráveis, e.g. ardósia, telhas de madeira, telhas de asfalto, membranas de etileno-propileno-dieno (EPDM), e sistemas contemporâneos de telhado verde.

O teto verde pode ser definido como uma técnica na qual se cultiva vegetações diversas sobre superfícies, fachadas ou coberturas. Provinda dos ancestrais, essa técnica construtiva utiliza grama ou jardim em substituição das habituais lajes ou telhas. (FERREIRA, 2007).

Segundo Minke (2004), o telhado verde é composto basicamente por: uma camada superior de solo, a vegetação escolhida e uma subcamada inferior drenante, apoiada na cobertura ou laje e efetuando a devida impermeabilização necessária entre ambas.

Tetos verdes são eficazes, resilientes e adaptáveis, já que fornecem vários serviços de ecossistema quando implementados em um ambiente urbano. Nos últimos anos, esforços de pesquisa têm sido feitos para entender o valor real dessas soluções. No entanto, ainda falta um cálculo abrangente do mérito econômico de tetos verdes, o que tem restringido o processo de tomada de decisão. (Teotónio et al., 2021)

No Brasil, algumas cidades como Salvador, Guarulhos e Santos oferecem benefícios como desconto no imposto predial, no entanto, outras cidades oferecem apenas créditos que se encontram com saque suspenso, uma solução pertinente que contribui para melhorar os indicadores econômicos de retorno de investimento (ROI) e o total de dinheiro gasto sobre o ciclo de vida de um projeto (LCC). Tendo em vista a falta de informações e incentivos por parte dos órgãos públicos, principalmente em países como o Brasil, onde a falta de profissionais com conhecimento neste tipo de técnica construtiva predomina, é indispensável o incentivo por políticas públicas relacionadas a fatores essenciais à manutenção da existência humana.

Verificou-se que o Período de Retorno de Investimento ou *PayBack Period* (PBP) está em torno 8,8 anos (o que foi considerado uma aplicação financeiramente viável) enquanto que, para algumas cidades, o PBP poderia ser superior a 20 anos devido à pequena quantidade de desempenho GR em economia de energia nessas cidades, isto é, vale ressaltar que nesta pesquisa o tempo de vida do GR foi considerado em 20 anos; no entanto, na maioria das pesquisas relacionadas, a vida útil dos GRs foi entre 40 e 55 anos. Como resultado, os GRs podem ser economicamente viáveis nas cidades com menor potencial de economia de energia se uma maior vida útil for considerada viável (Ávila-Hernandez et al, 2020).

Este artigo apresenta a viabilidade econômica e sustentável dos telhados verdes, e o percursos políticas públicas, incentivem os construtores e os cidadãos a adotarem esta solução em suas construções, e demonstrando as vantagens obtidas por cidades que adotaram estas políticas, e que estão se beneficiando, em redução de custos, em infraestrutura de escoamento de água pluvial, melhora da sensação térmica, contribuindo para redução de emissão de gás CO² e melhora do visual no cenário urbano.



METODOLOGIA

A proposta metodológica iniciou-se com o desenvolvimento de uma análise bibliográfica, de caráter exploratório e explicativo, sobre o tema Tetos Verdes a fim de proporcionar uma ampla visão sobre a área de pesquisa e levantar o histórico de produções sobre o tema, analisando, os documentos científicos no período de 2017 a 2021. Para tanto, foram consultadas quatro bases de dados onde foram realizadas as buscas: SciELO, ScienceDirect, Scopus e Web of Science. Foi considerado uma quantidade relevante de artigos da área, na Plataforma de Periódicos da CAPES no dia 03 de abril de 2021. A busca permitiu o levantamento de publicações internacionais e nacionais no assunto de interesse e, para tanto, utilizou-se o termo de busca *“ROOF” AND “GREEN” AND “CONSTRUCTION”*. Optou-se por filtrar os resultados por documentos de acesso aberto ou texto completo, publicados em simpósios ou periódicos revisados por pares. Levantou-se informação a respeito dos seguintes aspectos: ambientais e econômicos.

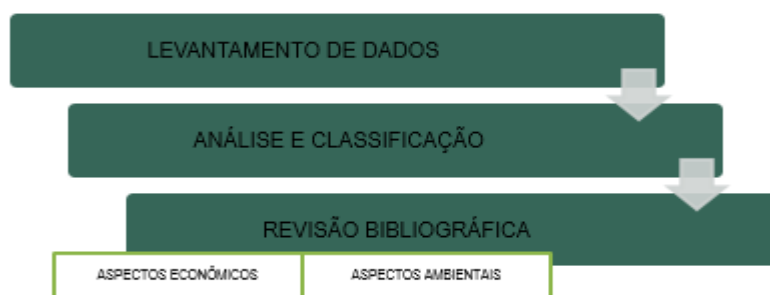


Figura 01: Fases da Revisão Bibliográfica. Fonte: Própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A) Aspectos Ambientais

Sabe-se que a infraestrutura verde tem sido cada vez mais utilizada como forma de mitigar os impactos de áreas urbanas densas, contribuindo para a naturalização do ambiente construído, além de proporcionar diversos benefícios ecológicos, econômicos e sociais e à humanidade.

A infraestrutura verde inclui, entre outras soluções, a integração de superfícies vegetadas em edifícios, como em telhados (telhados verdes). Telhados verdes, também conhecidos como tetos verdes, têm grande potencial para mitigar os impactos de áreas urbanas densas, trazendo benefícios nos níveis social, econômico e ambiental (Teotônio et al., 2018).

Os tetos verdes, ou telhados verdes, são considerados uma contribuição efetiva para solucionar diversos problemas ambientais urbanos, uma vez que melhoram a gestão e o escoamento da água pluvial devido à sua capacidade de reter e filtrar água, a qualidade do ar urbano, reduzem os efeitos das ilhas de calor urbano, e previnem a poluição sonora. Além disso, os tetos verdes são conhecidos por melhorar a eficiência energética da construção, reduzindo a energia usada para resfriamento e aquecimento. (Schade; Lidelöw; Lönnqvist, 2021).

Em se tratando de números, segundo Mohapatra et al. (2020), os tetos verdes são capazes de minimizar o ganho de calor em 95% e a perda de calor em 26%. Em relação ao isolamento térmico, os tetos verdes, com retenção de água suficiente, são capazes de reduzir efetivamente a temperatura da camada do telhado em 20° durante os meses de verão, o que causa um bom isolamento térmico. Além disso, eles são capazes de resfriar o edifício em até 16,3 °C.

Segundo Rodriguez e Baltazar (2015), quando as variações de temperatura externa e interna não são elevadas, o isolamento em edifícios torna-se impraticável e muito caro, porém normas mexicanas para construção de moradias começam a ser mais favoráveis especialmente nas residências com características populares que podem enfatizar a necessidade de proteção contra condições climáticas adversas. Neste cenário a diminuição geral da temperatura média interna não é muito alta, comparando-se à temperatura externa, geralmente não excede 2,6° C. Diferenças maiores foram encontradas considerando a temperatura máxima histórica no ano, perfazendo uma diferença de 3,9 °C.

Dessa forma, os tetos verdes contribuem para o conforto térmico ambiental, principalmente para a redução das temperaturas ambientes, melhorando a ventilação interna e mantendo o interior da edificação mais confortável.



B) Aspectos Econômicos

Segundo Liberalesso et al. (2020), o imposto sobre a propriedade, também conhecido como IPTU – Imposto sobre propriedade territorial urbana, é o valor anual pago por um proprietário de uma propriedade ao governo municipal. Esta carga tributária sobre a propriedade pode ter uma significativa redução em alguns municípios quando a Administração Local promove políticas específicas, por exemplo, para incentivar a aplicação de infraestrutura verde, como telhados verdes e paredes verdes. Em algumas cidades da América do Sul, a redução do imposto sobre a propriedade é mais comum quando inserida nas políticas de incentivo à infraestrutura verde. No Brasil, cidades como Goiânia / GO, Guarulhos / SP, Salvador / BA e Santos /SP são bons exemplos de redução do imposto sobre a propriedade na América do Sul. Especificamente Goiânia e Guarulhos oferecem descontos fiscais para estimular a adoção de práticas sustentáveis. Oferecendo uma redução máxima do imposto sobre a propriedade de até 20% aplicada aos proprietários que adotam as Melhores Práticas de Gestão (BMPs). Os telhados verdes contribuem com até 3% do total permitido de desconto. Proprietários de terrenos podem beneficiar-se do desconto por um período máximo de 5 anos, nos municípios de Goiânia/GO e Guarulhos/SP, desde o ano de 2012. Da mesma forma, a cidade de Santos / SP oferece redução do IPTU entre 1,5 e 3%, de acordo com a área total de cobertura do telhado verde, para um prazo máximo de 3 anos, cujos dados podem contribuir para um estudo de retorno de investimento, de forma que o valor do investimento pode ser amortizado com a redução do imposto predial.

Outro ponto positivo é o de proporcionar uma redução da sensação térmica de 0,5 a 2,0°C e o de contribuir também, para economia de energia elétrica gasta com arefação em cidades de clima quente, ou ainda o substrato do telhado verde pode contribuir para manter a temperatura interna da construção em cidades de clima gelado, reduzindo os gastos em energia para aquecimento interno.

Outra cidade que oferece um sistema de crédito embora, esteja momentaneamente sem possibilidade de saque, é Austin, nos Estados Unidos (THE CITY OF AUSTIN, 2021). Segundo este projeto, os proprietários de edifícios ou construções que adotarem tetos

verdes, podem receber uma bonificação que pode ser classificada de acordo com os critérios de classificação de edifícios ecológicos de Austin Energy. Os telhados verdes podem ajudar a atingir um requisito básico e até quatro pontos adicionais sob o sistema de classificação Construção Sustentável (*Green Building*), incluindo:

- Cobertura verde para redução de Ilha de Calor (BR3);
- Desenvolvimento do sítio de proteção ou restauração de Áreas Abertas (S6a);
- Desenvolvimento do sítio de maximização da Área Aberta Vegetada (S6b);
- Redução adicional da Ilha de Calor por Telhados (S7b); e
- Inovação - Pontos de crédito extras possíveis para inovações demonstradas.



Figura 02: Adaptada de Guz Architects.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários estudos estimam que os telhados verdes colaboram para a redução das ilhas de calor e melhoram a sensação térmica, mas um dos fatores fundamentais é colaborar com o tema ecológico, pois os telhados verdes vivos oferecem vantagens ecológicas, estéticas e econômicas. Do ponto de vista ecológico, um grande benefício de um telhado verde vivo é que ele retarda e detém o escoamento da tempestade, fornecendo uma superfície permeável



com vegetação, preservando assim os recursos hídricos e eliminando a necessidade de sistemas monetários e ambientais dispendiosos de gerenciamento de águas pluviais dispendiosos. O meio de cultivo e a cobertura vegetal também ajudam a proteger a superfície do telhado, evitando ganho ou perda de calor solar e, assim, reduzindo o consumo de energia para aquecer e resfriar o prédio. A transpiração da vegetação fornece um efeito de resfriamento evaporativo que pode diminuir a temperatura do ar localmente para abaixo da temperatura ambiente, ajudando a reduzir o efeito da ilha de calor urbana localmente com implicações globais. Telhados verdes economicamente vivos podem satisfazer os requisitos de gestão de águas pluviais dos governos locais, o que reduzirá o custo dos métodos convencionais de transporte de drenos de telhados de águas pluviais até o emissário final. Isso reduz não apenas os custos de construção do proprietário, mas também os enormes custos para os municípios de infraestrutura e operações associadas à gestão de águas pluviais. É por isso que hoje muitos municípios oferecem subsídios de acordo com o tamanho e custo de construção necessário para adoção de um telhado verde.

A AGRADECIMENTOS

Os autores fazem um agradecimento aos professores do Curso Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana – Mestrado da Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUCCAMP por todo o apoio e suporte prestado.

R REFERÊNCIAS

ABOELATA Amir. Assessment of green roof benefits on buildings' energy saving by cooling outdoor spaces in different urban densities in arid cities. Energy Volume 219, 15 March 2021, 119514 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119514> disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220326219?via%3Dihub>

ÁVILA-HERNANDEZ, A., SIMÁ, E., XANAM, J., HERNÁNDEZ-PÉREZ, I., TELLEZ-VELÁZQUEZ, E., CHAGOLLA-ARANDA, M.A., 2020. Test box experiment and simulations of a green-roof: thermal and energy performance of a residential building standard for Mexico. Energy Build. 209. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109709>.

LIBERALESSO, Tiago. CRUZ, Carlos Oliveira. SILVA, Cristina Matos. MANSO, Maria. Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. Volume 96, July 2020, 104693 disponível em <https://www-sciencedirect.ez128.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0264837719310543>

MINKE, G., 2004, Techos Verdes, Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos, Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay, 85p.

MOHAPATRA, Subhashree. VERMA, Shrey. CHOWDHURYA, Subhankar. DWIVEDIA, Gaurav. HARISHB, V.S.K.V. A critical appraisal of green vegetated roofs: Energy and environment in focus. Contents lists available at Science Direct Materials Today: Proceedings journal homepage: www.elsevier.com/locate/matpr disponível em <https://www-sciencedirect.ez128.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2214785320377762>

MOTLAGH, S. Hamed Banirazi. PONS, Oriol. HOSSEINI, S. M. Amin. Sustainability model to assess the suitability of green roof alternatives for urban air pollution reduction applied in Tehran. Building and Environment Volume 194, May 2021, 107683
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107683> disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321000949?via%3Dihub>

RODRIGUEZ, Juan Manuel. BALTAZAR, Juan-Carlos (2015). Analysis of the Thermal Behavior of Architectural Covers with Semi - Insulation and an Overlaid Green Layer System In Temperate Climates. / SWC 2015/ ISES Conference Proceedings (2015)

SCHADE Jutta, LIDELow Sofia, LONNQVIST Joel. The thermal performance of a green roof on a highly insulated building in a sub-arctic climate. Construction Management and Building Technology, Department of Civil, Environmental and Journal homepage: www.elsevier.com/locate/enb <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110961>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821002450?via%3Dihub>

TEOTÓNIO, Inês. SILVA, Cristina Matos. CRUZ, Carlos Oliveira. Economics of green roofs and green walls: A literature review. Sustainable Cities and Society Volume 69, June 2021, 102781
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102781> disponível em <https://www-sciencedirect.ez128.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2210670721000731>

THE CITY OF AUSTIN, 2021 Existing Credits for Green Roof Projects in Austing. Disponível em https://www.austintexas.gov/sites/default/files/files/Sustainability/GR_Existing_Credit_Fact_Sheet_Revised_2014.pdf, acesso em 10.05.2021

WEISLER, S. K., SCHOLZ-BARTH, K. Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Roof Green. Hoboken-New Jersey: John Wesley and Sons, 2009.