

## XII-032 – A LITERATURA CIENTÍFICA E “TELHADOS VERDES”

### **Thaís Camila Vacari<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental e mestranda do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

### **Fabiola Teixeira Solé**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMT.

### **Zoraidy Marques de Lima**

Graduada em Ciências Biológicas/UEPB, mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT, doutora em Microbiologia/UFRJ. Técnica de nível superior do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e professora do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos/UFMT.

### **Eduardo Beraldo de Moraes**

Graduado em Ciências Biológicas, mestre e doutor em Ciências Biológicas - Área de Concentração em Microbiologia Aplicada, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos/UFMT.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos Bloco E - Sala 152 B. Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança CEP: 78060-900 Cuiabá – MT. Tel: (65) 3615-8752 - e-mail: [engcamilavacari@gmail.com](mailto:engcamilavacari@gmail.com)

### **RESUMO**

Nas últimas décadas o aumento da população urbana alterou as características das cidades provocando problemas que podem ser minimizados pela implantação das chamadas infraestruturas verdes, das quais fazem parte os telhados verdes. Estes são formados por uma membrana impermeável, um sistema de drenagem e uma camada de solo para vegetação. Alguns dos seus benefícios são: redução do escoamento superficial; diminuição da poluição urbana; minimização das flutuações de temperatura; abatimento do consumo de energia; redução de ilhas de calor; melhoria da qualidade do ar; redução de CO<sub>2</sub>; redução sonora entre outros. Em vista disso, esta tecnologia passou a ser mais estudada pela comunidade científica e uma das ferramentas que auxiliam a pesquisa científica é a cienciometria. Deste modo o objetivo deste trabalho foi identificar o panorama atual da literatura científica mundial publicada sobre “telhados verdes”. Para isso foi realizada na base “Scopus” uma busca adotando “Green Roofs” de títulos, resumos e/ou palavras-chaves, contabilizando todos os trabalhos encontrados sobre o tema até 2013. Foram extraídas das publicações: o ano de publicação do artigo, o tipo das publicações e os países em que foram realizados os estudos. Foi possível observar que na década de 1980 iniciaram as publicações sobre telhados verdes, no entanto com poucos trabalhos. Foi a partir de 2001 que houve um aumento significativo na quantidade de publicações científicas sobre o tema. Os tipos de publicações que se destacam são em forma de artigos e o país que mais publica é os Estados Unidos. Essa análise mostra que o estudo sobre telhados verdes ainda requerer muitas contribuições, sendo uma área bastante vasta para a pesquisa científica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cienciometria, infraestrutura verde, produção científica, tetos verdes.

### **INTRODUÇÃO**

Nos países em desenvolvimento, particularmente na América Latina, o rápido crescimento das áreas urbanas tem levado a problemas complexos, incluindo a exploração de recursos naturais, a poluição ambiental e as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Estruturas maciças estão sendo construídas para atender a demanda habitacional (PALMA et al. 2013). Estas estruturas aumentaram a impermeabilização do solo urbano causando problemas como enxurradas e alagamentos. Além disso, com a formação de ilhas de calor o uso excessivo de aparelhos como ar condicionado e aquecedores aumentaram os gastos com energia.

Um meio de minimizar estes inconvenientes é o uso dos telhados verdes, uma vez que para Rowe (2011) que oferecem benefícios que podem auxiliar a compensar os aspectos negativos da urbanização. Segundo Teemusk

e Mander (2009), os telhados verdes consistem em telhados compostos por uma membrana impermeável, um sistema de drenagem e uma camada de solo para vegetação.

Durante um evento chuvoso um telhado verde pode retardar o escoamento de pico da água da chuva (BERNDTSSON 2010). Isso ocorre porque certo volume da água da chuva é retido pelo telhado, e posteriormente, parte será absorvida e parte escoada lentamente.

Devido a estas características os telhados verdes podem ser usados na minimização de fenômenos como alagamentos embora, conforme Carter e Jackson (2007), isoladamente não ofereçam um gerenciamento completo de águas pluviais. No entanto se sabe que a qualidade do escoamento a partir de um telhado verde depende do tipo do telhado (a espessura da camada de substrato, a sua composição, a vegetação e o tipo de drenagem), a idade do telhado, a sua manutenção (BERNDTSSON et al. 2006).

Ainda os telhados verdes podem reduzir a poluição das águas pluviais urbanas, absorvendo e filtrando poluentes (ROWE 2011). Teemusk e Mander (2009) observaram que os telhados verdes têm um papel importante na melhoria da qualidade do ambiente urbanizado. Segundo Wong et al. (2003), o telhado verde pode proporcionar conforto térmico a um edifício, pois reduz a variação de temperatura do telhado e essa redução propicia a economia com gasto de energia, uma vez que diminui uso de aparelhos como ar condicionado e aquecedor.

Além disso, os telhados verdes podem auxiliar no isolamento acústico de um edifício, já que a sua estrutura possui potencial de redução de ondas acústicas sobre imóveis (RENTERGHEM e BOTTELDOOREN 2008). Outro benefício desta tecnologia verde é a melhoria da qualidade do ar urbano. Segundo Yang et al. (2008) o telhado verde pode ser usado no controle de poluição do ar, para remover uma grande quantidade de poluentes presentes no ar das cidades.

Por causa deste grande número de vantagens, nas últimas décadas os telhados verdes passaram a serem estudados mais profundamente pela comunidade científica. Uma das ferramentas que auxiliam a pesquisa científica é a cienciometria, visto que segundo Noronha et al. (2000), esta é conhecida como a pesquisa quantitativa da produção científica que permite entender melhor a amplitude e a natureza das atividades de pesquisa desenvolvidas nas diferentes áreas do conhecimento, de diversos países, instituições e pesquisadores. Devido a essa capacidade panorâmica de análise é extremamente útil para estudar o cenário científico das publicações.

Neste contexto o presente estudo tem por objetivo identificar as possíveis tendências temporais das publicações, nesta área específica, com o intuito de elaborar um panorama atual do nível de desenvolvimento da literatura científica mundial publicada sobre “telhados verdes”.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A coleta dos dados foi realizada na base de dados bibliográficos Scopus em maio de 2014. O termo de busca adotado foi “Green Roofs”, entre aspas. A busca foi realizada nos títulos, resumos e/ou palavras-chaves dos trabalhos indexados no Scopus. Não foi definido um período de pesquisa específico, pois foram contabilizados todos os artigos encontrados sobre o tema pesquisado independente do ano de publicação, sendo que o levantamento foi realizado até 2013.

Após a busca foram extraídas das publicações as seguintes informações: ano de publicação do artigo, tipo das publicações e os países em que foram realizados os estudos. A distribuição temporal do número de publicações sobre os “telhados verdes” foi avaliada por meio de uma análise de regressão simples. Nesta análise, a variável número de publicações foi usada como variável resposta e a variável ano das publicações foi usada como variável explanatória.

## RESULTADOS

É importante salientar que desde os primórdios do século vinte os telhados verdes têm sido amplamente utilizados nos Estados Unidos, Canadá e em países europeus, principalmente na Alemanha, entretanto foi somente a partir da década de 1980 que passaram a serem estudados pela comunidade científica, mas ainda timidamente.

Ao analisar a estatística dos trabalhos científicos foi possível identificar 1004 publicações, sendo que o primeiro trabalho publicado foi no ano de 1984 (Figura 1), no entanto poucos trabalhos foram publicados até o ano de 2001, quando passou a haver um aumento no numero de publicações nessa área. Salienta-se que a partir de 2001, quando as publicações eram inferiores a vinte por ano, o número de trabalhos publicados vem crescendo ao longo nos anos atingindo 150 publicações no ano de 2013.

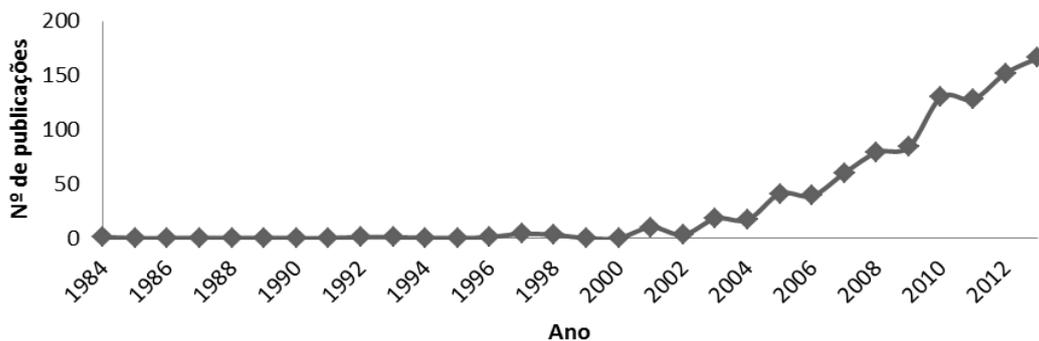


Figura 1. Números de trabalhos publicados por ano na base Scopus sobre telhados verdes.

Na Figura 1 é possível observar que somente entre 2001 e 2013 foram encontradas 927 publicações, ou seja, mais de 92% de todas as publicações até então. Além dos benefícios, já citados, que os telhados verdes proporcionam credita-se este aumento das publicações, principalmente, à universalização do tema após grandes conferências do clima como a RIO-92 em 1992, COP 1 e COP 2 que ocorreram em 1995 e 1996, respectivamente e, ao Protocolo de Quioto que aconteceu em 1997. Essas conferências trouxeram à mídia os problemas mundiais relacionados ao meio ambiente e a preocupação global com o planeta Terra.

Na Figura 2 é possível observar que entre os meios de publicações utilizados mais de 88% se apresentam em forma de Artigos e Anais de Eventos. Apenas duas publicações em capítulo de livro foram encontradas e nenhum livro que trate exclusivamente sobre o assunto foi identificado.

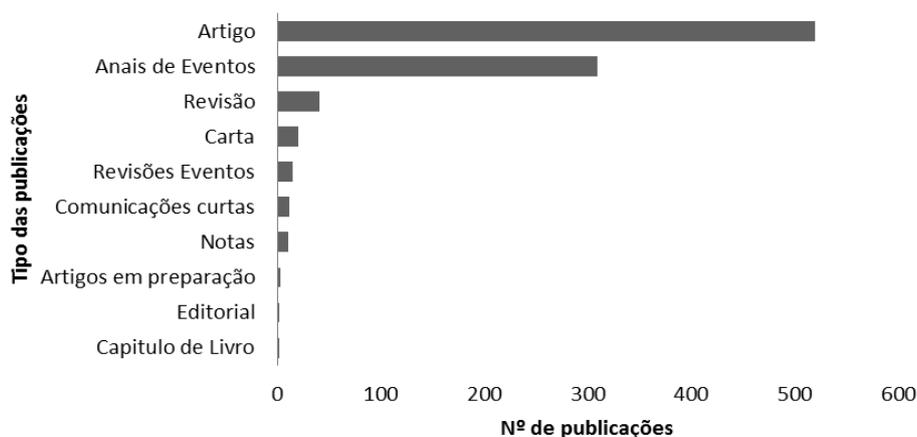
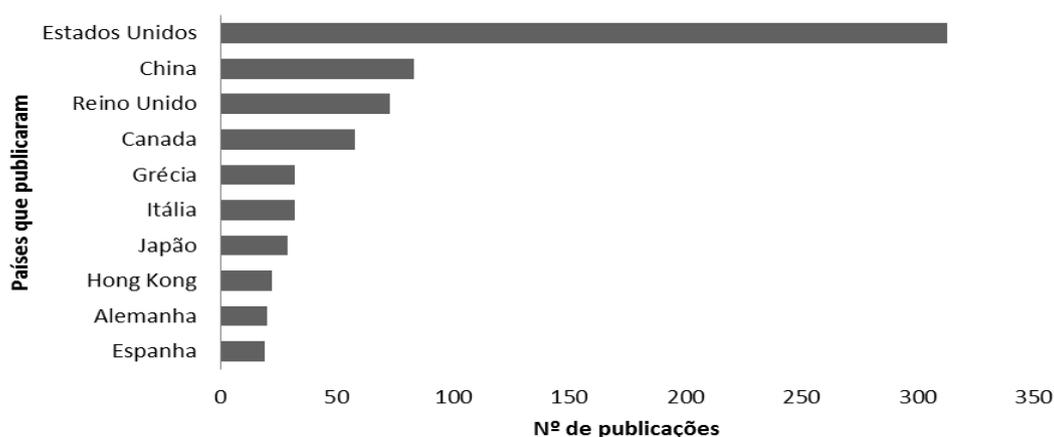


Figura 2. Tipo das publicações a sobre telhados verdes indexadas na base Scopus.

O baixo número de publicações que compreendam o tema de uma forma mais completa, também evidencia que os estudos sobre telhados verdes estão no começo, assim muito ainda há para ser pesquisado e melhorado nesta tecnologia.

Entre os países que mais publicaram se observa que são na maior parte nações consideradas desenvolvidas, demonstrando um provável maior investimento em ciência e pesquisa nesses países o que acaba gerando um maior número de publicações e maiores avanços na área.

Na Figura 3 é possível observar a predominância de publicações dos Estados Unidos, que sozinho representa cerca de 45% das publicações. O segundo país que mais publica sobre telhados verdes é a China, país com grande extensão territorial e detentora da maior população do mundo. O Reino Unido aparece como terceiro maior publicador com 10% das publicações e é seguido por Canadá, Grécia e Itália, ranking em que o Brasil ocupa a 19<sup>a</sup> colocação.



**Figura 3. Países que mais publicaram trabalhos sobre telhados verdes.**

Segundo Vergara et al. (2009) em países como Alemanha, Áustria e Noruega, o conceito de telhado verde já é amplamente difundido, tendo inclusive empresas especializadas no assunto. Sobretudo, devido ao antigo interesse desses países em combater a degradação ambiental e a rápida devastação dos espaços verdes em áreas de acelerado desenvolvimento urbano.

A Prefeitura de Chicago em Illinois, nos Estados Unidos desde 2001 expõe a intenção de mostrar os benefícios dos telhados verdes no controle da temperatura, a fim de promover um microclima urbano agradável com baixo gasto de energia (VERGARA et al. 2009).

Sabe-se que cidades como Copenhague (Dinamarca) e Toronto (Canadá) possuem legislações sobre telhados verdes. Em março de 2015 a França aprovou uma lei que obriga todos os novos edifícios comerciais a instalarem telhados ecológicos ou painéis solares a fim de reduzir a dependência das usinas nucleares (BARBOSA 2015).

Em algumas cidades da Suíça os telhados verdes são obrigatórios em todos os edifícios novos. Dentre os benefícios dos telhados verdes a principal preocupação destes países é com a economia de energia que propiciam, pois estabilizam a temperatura dos ambientes (KUSSAMA 2015).

Este conforto térmico é devido ao isolamento adicional proporcionado por meio do crescimento da vegetação, diminuindo a temperatura e o fluxo de calor no período quente e a refrigeração por meio da evaporação da água retida na vegetação e mantendo a temperatura estável no inverno (PARIZOTTO e LAMBERTS 2011), consequentemente pode diminuir o uso de ar condicionado e aquecedores.

Os benefícios dos telhados verdes também são importantes para países como o Brasil, no entanto dos 1004 trabalhos encontrados apenas nove foram publicados por brasileiros, sendo que ao ler as publicações se percebe que apenas quatro tratam de telhados verdes especificamente. As publicações não se encontram

concentradas somente em uma região do país, pois os estudos foram efetivados em Mato Grosso, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Pernambuco.

Apesar do número pequeno de publicações o uso dos telhados verdes vem crescendo no país, como na cidade de Curitiba que já possui um Projeto de Lei a ser aprovado para a implantação dos telhados verdes em seus edifícios.

Em decreto publicado no dia 11 de março de 2015 no Diário Oficial da Cidade de São Paulo, o prefeito por meio de uma mudança no artigo que regulamenta o Termo de Compromisso Ambiental (TCA), incluiu entre as possibilidades de compensação ambiental a instalação de telhados verdes e/ou jardins verticais na cidade (REOLOM 2015).

No entanto, ainda é preciso tornar a implantação dos telhados mais dinâmica e acessível para a população, expondo os benefícios da técnica, intensificando estudos e pesquisas que aprimorem a tecnologia, criar e rever alguns critérios de legislação e aumentar a participação dos governos na difusão desta tecnologia.

## CONCLUSÕES

Os telhados verdes fazem parte da chamada infraestrutura verde que a cada dia vem crescendo em número e importância. Pelo fato de serem tecnologias simples e práticas, e ainda apresentarem diversos benefícios aos seus empreendedores os telhados verdes necessitam de mais estudos em diversas áreas e aspectos.

Por meio da literatura científica se observou que os estudos sobre telhados verdes ainda são poucos, podendo ser considerados bastante recentes, pois começaram a partir da década de 1980 com algumas poucas publicações na década de 1990, sendo que a partir do ano de 2001 é que os estudos sobre o tema têm aumentado significativamente. Os tipos de publicações que se destacam são em forma de artigos e anais de eventos, somando juntos 88%. O país que mais publica sobre o tema é os Estados Unidos, representando 45% das publicações, seguido por China, Reino Unido e Canadá.

Ainda foi possível perceber a escassez de pesquisas sobre telhados verdes, sugerindo um campo bastante amplo nesta área de pesquisa que é de extrema importância para aliar qualidade de vida, a minimização de impactos ambientais e a sustentabilidade econômica.

## AGRADECIMENTO

À FAPEMAT – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (Processo nº 331673/2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, V. Reportagem da Revista Exame, dia 30 de março de 2015. “Prédios na França deverão ter telhado verde ou painel solar”. Visualizado dia 31 de março de 2015. Edição online disponível em: <http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/predios-novos-na-franca-deverao-ter-telhado-verde-ou-solar>
2. BERNDTSSON, J. C., EMILSSON, T., BENGTTSSON, L. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Sci. Total Environ.* 355 (1–3), 48–63, 2006.
3. BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* 36 (2010) 351–360, 2010.
4. CARTER, T., JACKSON, C.R. Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales. *Landscape Urban Plan.* 80, 84–94, 2007.
5. KUSSAMA, D. Reportagem da revista eletrônica Mundo Sustentável, dia 26 de setembro de 2014. “Copenhague é segunda cidade no mundo a tornar obrigatórios os telhados verdes”. Visualizado dia 28 de Abril de 2015. Edição online disponível em: <http://www.mundosustentavel.com.br/2014/09/copenhague-e-segunda-cidade-no-mundo-a-tornar-obrigatorios-os-telhados-verdes/>

6. NORONHA, D. P. POBLACIÓN, D. A. SANTOS, C. B. Produção científica: análise cienciométrica das comunicações apresentadas nos SNBUs 1978-1998. In: XI Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: UFSC-BU, 2000. p. 1- 12, 2000.
7. PALMA, I. C. MENGUAL, E. S. SOLÀ, J. O. MONTERO, J. I. CABALLERO, C. P. RIERADEVALL, J. Towards a green sustainable strategy for social neighbourhoods in Latin America: Case from social housing in Merida, Yucatan, Mexico. *Habitat International* 38 - 47 e 56, 2013.
8. PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. *Energy and Buildings*, v.43, p.1712–1722, 2011.
9. RENTERGHEM, T. V. BOTTELDOOREN, D. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment* 44 (2009) 1081–1087, 2008.
10. REOLOM, M. Reportagem do jornal O Estado de São Paulo, dia 12 de março de 2015. “Jardins verticais e telhados verdes vão servir em SP como compensação ambiental”. Visualizado dia 05 de abril de 2015. Edição online disponível em: <http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,jardins-verticais-e-telhados-verdes-vaoservir-em-sp-como-compensacao-ambiental,1648993>
11. ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, v.159, p.2100-2110, 2011.
12. SCOPUS. Base de dados bibliográficos. Disponível em: <<http://www.scopus.com>> Acesso maio de 2014.
13. TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment*, v.44, p.643– 650, 2009.
14. VERGARA, L.G. PIPPI, L.G.A. BARBOSA, A.R. Experiência de execução de telhado verde: maior integração da edificação à paisagem natural. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Recife, 2009.
15. WONG, N. H. CHEN, Y. ONG, C. L. SIA, A. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment* 38, 261 – 270, 2003.
16. YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, v.42, n.31, p.7266–7273, 2008.