TELHADOS E FACHADAS VERDES SÃO ELEMENTOS DE ABSORÇÃO ACÚSTICA?[1]

RUOCCO, P. P., Universidade de São Paulo, e-mail: ppruocco@gmail.com; SILVA, P. W. S., Universidade de São Paulo, e-mail: priscila.stark@usp.br; MICHALSKI, R. L. X. N., Universidade de São Paulo, e-mail: rannym@usp.br

ABSTRACT

The vegetation incorporated into buildings, as green walls and green facades, has a very significant effect on the urban microclimate, and it has also an importance on the acoustic absorption of the urban noise. There are some variables which interfere on this capacity of sound absorption: the vegetation, the substrate and the moisture, for example. To better understand the real impacts of the sound absorption through these greenery elements, it was done an extensive bibliographic review and it was possible to conclude the indeed ability of the green roofs and the green facades to absorb the noise, resulting in an acoustic gain for the urban mesh. Other studies will be conducted to measure and compare the acoustic absorption capacity of these greenery systems, in order to show up its influence and benefits.

***Keywords**: Green walls. Green roofs. Noise. Sound absorption. Sound absorption coefficient. Urban mesh.*

1 INTRODUÇÃO

A vegetação incorporada às edificações apresenta diversas contribuições para a malha urbana, como a diminuição das superfícies expostas à radiação solar, redução dos efeitos da ilha de calor urbana como resultado do efeito de evapotranspiração das folhas, sombreamento das edificações e pavimentos, redução no consumo de energia para condicionamento artificial e, não menos importante, proporciona beleza estética única e diferenciada (CHIANG *et al*., 2009; PÉREZ *et al*., 2016; CONELLY e HODGSON, 2015). Tais benefícios comprovam a importância da inserção da vegetação por meio de telhados verdes, fachadas verdes ou jardins suspensos.

Outro benefício da vegetação incorporada à malha urbana é a diminuição da poluição sonora, proporcionada por absorção ou isolamento (CHIANG *et al*., 2009; CONELLY e HODGSON, 2015; AZKORRA *et al*., 2015). No contexto arquitetônico, com foco no conforto humano em espaços públicos e abertos, a absorção acústica pode se apresentar como alternativa para proporcionar conforto em ruas e avenidas, áreas constantemente afetadas pelo ruído dos veículos (PÉREZ *et al*., 2016; RENTERGHEM *et al*., 2013; YANG *et al*., 2012; RENTERGHEM e BOTTELDOOREN, 2009). Fachadas verdes são apresentadas como uma alternativa economicamente favorável para a atenuação dos ruídos urbanos (AZKORRA *et al*., 2015). Entretanto, é necessário um questionamento se essa absorção é realmente significativa e se essas estruturas são, de fato, capazes de atenuar a poluição sonora à qual somos

[1] RUOCCO, P. P., SILVA, P. W. S., MICHALSKI, R. L. X. N. Telhados e fachadas verdes são elementos de absorção acústica? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

submetidos diariamente.

2 VEGETAÇÃO INCORPORADA À EDIFICAÇÃO

A vegetação incorporada à edificação pode ser classificada e diferenciada em duas categorias: telhados e fachadas verdes. Para cada configuração, existem diferentes métodos de instalação e infraestrutura e diferentes indicações de espécies, dependendo da sua aplicação e utilização. Tais variações impactam diretamente nos benefícios observados.

Telhados verdes são usualmente divididos em duas categorias: extensivos e intensivos, dependendo da sua área e estrutura. Eles contribuem para o isolamento térmico, proteção da laje e drenagem dos revestimentos. Favorecem também o aumento da área disponível para o paisagismo da edificação (CHIANG *et al*., 2009).

Fachadas verdes, por sua vez, podem ser divididas em sistemas diretos e indiretos, nos quais as fachadas verdes diretas são aquelas em que as plantas são unidas diretamente à parede, a exemplo das fachadas revestidas por trepadeiras, e as fachadas verdes indiretas, por sua vez, incluem uma estrutura de suporte para a vegetação e o substrato, estes são sistemas de maior impacto, pois auxiliam no sombreamento, na retenção de água e no isolamento térmico (MANSO *et al*., 2015).

3 ABSORÇÃO ACÚSTICA

Através do método de revisão e análise bibliográfica, foi possível concluir que cada sistema analisado apresenta propriedades específicas de absorção acústica, onde as variáveis mais impactantes são o tipo de vegetação, o substrato utilizado em cada sistema, e a umidade do solo (YANG *et al*., 2012; CONELLY e HODGSON, 2015; AZKORRA *et al*., 2015).

O impacto da vegetação na redução do ruído é maior em altas frequências, devido ao espalhamento do som proporcionado pela folhagem e ramos (THOMAZELLI *et al*., 2016; LUNAIN *et al*., 2016; AZKORRA *et al*., 2015). O substrato, por sua vez, contribui na absorção de ruído em frequências mais baixas (THOMAZELLI *et al*., 2016; RENTERGHEM *et al*., 2013; LUNAIN *et al*., 2016; CONELLY e HODGSON, 2015; AZKORRA *et al*., 2015). Considerando que o ruído do tráfego urbano é caracterizado principalmente por componentes de baixa frequência (RENTERGHEM e BOTTELDOOREN, 2009), as estruturas desenvolvidas com a utilização de substratos apresentam maior capacidade de absorção acústica na malha urbana.

É importante salientar a existência de outras variáveis relevantes na absorção sonora: a espessura da camada de vegetação e do substrato, sua porosidade e sua umidade (PÉREZ *et al*., 2016; CONELLY e HODGSON, 2015). Assim, um incremento na espessura e porosidade do substrato, também proporciona um aumenta na absorção acústica, ao tornar o solo mais macio (PÉREZ *et al*., 2016; CONELLY e HODGSON, 2015; AZKORRA *et al*., 2015). Entretanto, o aumento da umidade reflete na redução da absorção do ruído, uma vez que

o aumento da saturação resulta em aumento da rigidez física do solo (CONELLY e HODGSON, 2015).

4 ANÁLISE E PERCEPÇÃO

Na maioria dos estudos analisados, não foram apresentados dados padronizados, referentes às variáveis impactantes no desempenho acústico de telhados e fachadas verdes, dificultando o trabalho de compilação dos dados como apresentados na Tabela 1.

Cada sistema ensaiado possui composições próprias de substrato, estrutura, e vegetação, assim como diferentes métodos de medição, apresentando resultados experimentais diferentes e específicos em cada configuração, mesmo quando considerado o mesmo tipo de vegetação, como pode ser observado no caso da vegetação do tipo *Nephrolepsis* (DAVIS *et al*., 2017; WONG *et al*., 2010). Portanto, cada variável possui influência específica na absorção sonora de cada configuração analisada, o que a torna relevante para a compreensão dos dados apresentados em cada estudo, influenciando na análise do seu impacto e capacidade de absorção sonora em paredes e telhados verdes.

Tabela 1 - Análise da absorção sonora de diferentes sistemas de estruturas verdes obtidos em laboratório (câmaras reverberantes).

Autor	**Localização**	**Propriedades do substrato**	**Espécie**	**Freq. (Hz)**	**Coef. de absorção (α)**
AZKORRA, Z. *et al*.	Espanha	- Composição do solo: fibras de coco com perlita e polímero de retenção de água.	*Helichrysum thianschanicum*	250	0,42
				500	0,36
				1000	0,37
DAVIS, M. J. M. *et al*.	Equador	- Composição do solo: solo comum (50%), fibras de coco (33%) e musgo esfagno (17%).	*Nephrolepsis*	250	1,01
				500	1,06
				1000	0,99
WONG, N. H. *et al*.	Singapura	- Não mencionado.	*Nephrolepis exaltata*	250	0,23
				500	0,49
				1000	0,48
THOMAZELLI, R. *et al*.	Brasil	- Composição do solo: fibra de coco com perlita; - Porosidade 87%; - Densidade aparente 71 kg/m³.	*Callisia repens*	250	0,25
				500	0,75
				1000	0,98

Fonte: Adaptado pelos autores.

De forma geral, é possível estimar-se, baseado nas referências bibliográficas analisadas, que os ganhos podem alcançar 6 dB em baixas frequências e 10 dB em altas frequências, tanto para os telhados como para as fachadas verdes (THOMAZELLI *et al*., 2016; WONG *et al*., 2010; RENTERGHEM *et al*., 2013; LUNAIN *et al*., 2016).

Para efeitos qualitativos da percepção humana ao ruído, contudo, a vegetação incorporada às edificações não resulta em mudanças muito

significativas nos cânions, que representam a configuração da maioria das avenidas. O efeito da absorção, entretanto, é notado nas ruas adjacentes aos cânions que apresentam a vegetação incorporada às edificações (RENTERGHEM *et al.*, 2013; RENTERGHEM e BOTTELDOOREN, 2009). Assim, a utilização de fachadas verdes e telhados verdes pode se apresentar como alternativa para a diminuição da poluição sonora, especialmente na escala dos bairros.

5 MEDIÇÕES EM CAMPO

Após a pesquisa bibliográfica e os resultados obtidos, decidiu-se realizar medições *in situ*, de forma a obter uma análise mais precisa dos efeitos de absorção sonora das paredes e telhados verdes.

Embasada na norma ISO 13472-1 (ISO, 2002), foi desenvolvida uma metodologia de ensaio em campo, que consiste em três etapas: Escolha do local de medição, realização das medições e análise dos resultados obtidos.

A norma ISO 13472-1 (ISO, 2002) descreve um método de medição, em campo e não destrutivo, do coeficiente de absorção sonora de superfícies de estrada (asfalto), podendo ser utilizado também para superfícies de outros materiais acústicos. O método é baseado na propagação sonora em campo livre do sinal sonoro a partir de uma fonte sonora até a superfície em teste e de volta a um microfone, após reflexão na superfície. O conjunto de medição deve conter um gerador de sinais, um amplificador de potência, um alto falante, um microfone com amplificador e um computador e/ou analisador de sinais para o processamento dos sinais. Os resultados das medições são comparáveis com os obtidos em tubos de impedância; ISO 10534-1 (ISO, 1996) e ISO 10534-2 (ISO, 1998); e não com aqueles obtidos em câmaras reverberantes; ISO 354 (ISO, 2003). Um dispositivo para posicionar os equipamentos (fonte sonora e microfone) de acordo com o procedimento da norma está em fase de elaboração, de forma a ser adaptado para medição de superfícies verticais.

A escolha do local de medição é uma etapa importante ao buscar um ambiente em que seja possível observar um grande impacto na redução do ruído, a partir da capacidade de absorção acústica das paredes verdes. Para isso, foi selecionado um edifício comercial do centro de São Paulo, localizado na Avenida Nove de Julho, que possui uma extensa fachada com cobertura vegetal. Esse edifício é direto e intensamente impactado pelo ruído sonoro, principalmente oriundo do tráfego de veículos constantes da rotina paulistana. Mostra-se, portanto, como um bom local para se observar os efeitos da vegetação na acústica da malha urbana.

A ideia do ensaio consiste na medição de duas fachadas de edifícios diferentes localizadas na mesma avenida, sujeitas ao tráfego de veículos e pessoas semelhantes. Assim, busca-se efetuar a comparação dos valores observados e identificar possíveis efeitos da vegetação na absorção acústica. Essa medição em campo deverá ser realizada no período de uma semana, durante os principais horários do dia, em ambos os edifícios, com

equipamentos semelhantes, evitando influências negativas nos resultados. Buscar-se-á, portanto, a real influência das coberturas verdes incorporadas ao edifício no auxílio do conforto acústico de ambientes abertos.

6 CONCLUSÕES

É possível concluir que a utilização da vegetação incorporada aos edifícios proporciona uma série de benefícios ao microclima, bem como à estética e à diversidade das cidades, contribuindo ainda na eficiência energética das edificações. Apresenta, também, propriedades capazes de contribuir na redução dos efeitos da poluição sonora, através da absorção de ruídos. Embora exista muita informação sobre as propriedades acústicas de vegetações, existe pouca informação sobre as propriedades acústicas de vegetações incorporadas às edificações, o que se mostra como uma ampla e desafiadora possibilidade de estudo. É fato que a vegetação é capaz de proporcionar impacto no conforto ambiental humano em espaços abertos, o que deve ser considerado. No que se refere ao âmbito da acústica, os ensaios em campo são fundamentais para se observar os efeitos concretos da incorporação dessas espécies vegetais aos edifícios na amenização do ruído sonoro das malhas urbanas. É notória a influência da vegetação, do substrato e da umidade, por exemplo, nessa capacidade de absorção sonora. Contudo, sugere-se o desenvolvimento de mais estudos (em campo e em laboratório) alterando e correlacionando essas diferentes variáveis, visando, então, a uma melhor comparação da capacidade de absorção e isolamento acústicos proporcionados pelos telhados e fachadas verdes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela Bolsa de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

REFERÊNCIAS

AZKORRA, Z. *et al*. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. **Applied Acoustics**, Vol. 89: p. 46-56. 2015.

CHIANG, W. N. *et al*. Vertical Greenery. **National University of Singapore,** Singapore. 2009.

CONELLY, M.; HODGSON, M. Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. **Building Environment**, Vol. 92: p. 335-346. 2015.

DAVIS, M. J. M. *et al*. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants. **Building and Environment**, Vol. 116: p. 64-72. 2017.

HOROSHENKOV, K. V. *et al*. Acoustic properties of low growing plants. **The Journal of the Acoustical Society of America**, Vol 133(5): p. 2554-2565. 2013.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 354:** Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room. 2003.

_____. **ISO 10534-1:** Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 1: Method using standing wave ratio. 1996.

_____. **ISO 10534-2:** Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 2 Transfer-function method. 1998.

_____. **ISO 13472-1:** Acoustics – Measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ – Part 1: Extended surface method. 2002.

LACASTA, A. M. *et al*. Acoustic evaluation of modular greenery noise barriers. **Urban Forestry & Urban Greening**, Vol. 20: p. 172-179. 2016.

LUNAIN, D. *et al*. In-situ evaluation of the acoustic efficiency of a green wall in urban area. **Conference Paper, Internoise, Hamburgo**. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310464586. Acesso em: 15 set. 2016.

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 863–871, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>.

PÉREZ, G. *et al*. Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings. **Applied Acoustics**, Vol. 110: p. 218-226. 2016.

RENTERGHEM, T. *et al*. The potential of building envelope greening to achieve quietness. **Building and Environment**, Vol. 61: p. 34-44. 2013.

RENTERGHEM, T. V.; BOTTELDOOREN, D. Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. **Building and Environment**, Vol. 44: p. 1081-1087. 2009.

THOMAZELLI, R. *et al*. Absorção Sonora de painéis modulares para muros vivos. In: **XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2016, São Paulo. Anais..., **p. 1795-1805.**

VEISTEN, K. *et al*. Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: Including monetised amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Vol. 9, n. 11: p. 3770–3778. 2012.
WONG, N. H. *et al*. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. ***Building and Environment***, Vol. 45: p. 411-420. 2010.

YANG, H. S. *et al*. Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. **Building and Environment**, Vol. 50: p. 44-55. 2012.