2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INFLUÊNCIA DA CAMADA DE DRENAGEM NA RETENÇÃO DE ESCOAMENTO DE TELHADOS VERDES [1]

BÄR, Bruna V. (1); TAVARES, Sergio F. (2); CONCEIÇÃO, Milena DA C. (3); LACERDA, Sofia DE M. (4)

(1) UFPR, bruna.vogt@outlook.com
(2) UFPR, sergioftavares@gmail.com
(3) UFPR, milenac.conceicao@gmail.com
(4) UFPR, sofiamoresca2012@gmail.com

RESUMO

Telhados verdes têm emergido como uma tecnologia construtiva capaz de proporcionar uma série de benefícios ambientais, sendo usualmente ligados à sustentabilidade do ambiente construído. Embora tenha aumentado o número de pesquisas científicas acerca dessas coberturas, pesquisas voltadas ao estudo específico da camada de drenagem ainda são pontuais. Nesse contexto, neste trabalho, cinco protótipos de telhado verde com diferentes tipos de camada de drenagem foram monitorados durante as estações de inverno e verão (2018/2019) em Curitiba – PR, com um total de 19 eventos de chuva analisados, a fim de avaliar a influência da camada de drenagem quanto sua capacidade de retenção de escoamento pluvial. Os materiais drenantes utilizados na construção dos telhados verdes foram: (TV1) painel modular, (TV2) sem camada de drenagem, (TV3) argila expandida, (TV4) brita graduada e (TV5) tapete drenante. Através dos resultados observa-se que cada tipo de material drenante apresentou um desempenho singular, podendo ser utilizados para otimizar o desempenho dos telhados verdes para determinada região e clima, assim, fazem-se necessárias mais pesquisas que busquem compreender a adaptação e o desempenho de diferentes sistemas em diferentes condições climáticas, além da busca por materiais mais eco eficientes e com menor impacto ambiental.

Palavras-chave: *Gestão de águas. Coberturas verdes. Materiais drenantes. Sustentabilidade.*

ABSTRACT

Green roofs have emerged as a constructive technology capable of providing a series of environmental benefits, usually linked to the sustainability of the built environment. Although there has been an increase in the number of scientific papers on these coverages, papers aimed at the specific study of the drainage layer is still punctual. In this context, in this work, five green roof prototypes with different types of drainage layer were monitored during the winter and summer seasons (2018/2019) in Curitiba - PR, with a total of 19 rain events analyzed, in order to evaluate the influence of the drainage layer in terms of its capacity to retain rain runoff. The drainage materials used in the construction of the green roofs were: (TV1) modular panel, (TV2) without drainage layer, (TV3) expanded clay, (TV4) graduated gravel and (TV5) draining carpet. Through the results, it is observed that each type of draining material presented a unique performance, which can be used to optimize the performance of green

[1]BÄR, Bruna V.; et al. Influência da camada de drenagem na retenção de escoamento de telhados verdes. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

roofs for a given region and climate, thus, more research is necessary to understand the adaptation and performance of different systems in different climatic conditions, in addition to the search for more eco-efficient materials with less environmental impact.

***Keywords**: Water management. Green roofs. Drainage materials. Sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação acerca da sustentabilidade impulsiona o setor da construção civil a mudanças inovadoras. Políticas, legislações e regulamentações pelo mundo têm exigido que esse setor adote tecnologias mais eco eficientes em termo de produtos e processos para encorajar construções mais sustentáveis. Esta atenção para o setor da construção civil surge do seu porcentual de consumo de energia elétrica e aquecimento, que, segundo o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) de 2014, gera 24% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) globais. (BERARDI, 2011; IPCC, 2014). Além disso, as edificações alteram o fluxo de energia e matéria entre os ecossistemas urbanos, geralmente causando problemas ambientais. Esses problemas podem ser parcialmente mitigados pela alteração dos revestimentos superficiais das edificações. Nesse sentido, telhados podem representar até 32% da superfície horizontal em áreas construídas, e são importantes determinantes do fluxo de energia e águas pluviais que interagem com as edificações. (OBERNDORFER et al., 2007). Assim, a instalação de telhados verdes tem surgido como uma opção capaz de minimizar alguns dos impactos negativos do desenvolvimento urbano, proporcionando inúmeros benefícios econômicos e sociais, além de vantagens ambientais, como a gestão das águas pluviais, diminuição do consumo de energia dos edifícios, melhora da qualidade do ar, atenuação da poluição sonora, vida útil prolongada do telhado, efeito de ilha de calor reduzida e aumento do espaço verde em ambientes urbanos. Como resultado desses efeitos positivos, telhados verdes têm-se tornado uma alternativa popular em muitos países, considerados como uma estratégia valiosa para tornar os edifícios em construções mais sustentáveis. (BERARDI; GHAFFARIANHOSEINI E GHAFFARIANHOSEINI, 2014).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Berndtsson (2010), o telhado verde armazena a água pluvial que adentra seu sistema e atrasa o pico do escoamento, comparando com coberturas tradicionais. Isso acontece devido a retenção de volume de água pelas camadas do telhado verde. A água retida pelo sistema é evaporada ou utilizada pelas plantas para seu processo de fotossíntese. A combinação desses dois processos é chamada de evapotranspiração, e é este fenômeno que explica a redução do volume de água escoada por telhados verdes.

Através de um levantamento do estado da arte sobre pesquisas referentes a telhados verdes em um cenário internacional, Cascone (2019) observa que poucos trabalhos têm se focado em estudar especificadamente a camada de drenagem. O mesmo caso em cenário brasileiro é identificado em Bär e Tavares (2017).

A camada de drenagem é crucial para o desempenho adequado de telhados verdes. A maioria das vegetações exigem um substrato aerado e não encharcado, assim, esta camada é responsável por drenar o excesso de água do substrato, permitindo um equilíbrio adequado entre ar e água e promovendo ventilação para as raízes. A camada de drenagem também é responsável por proteger a membrana de impermeabilização e melhora a performance térmica da edificação. (CASCONE,

2019). Existem três tipos de componentes drenantes para telhados verdes: materiais granulares, tapetes porosos, e painéis modulares. Materiais granulares apresentam espaços de ar entre seus grãos, facilitando o escoamento. Tapetes porosos funcionam como uma esponja, absorvendo a água da estrutura. Já painéis modulares incluem a habilidade de reservar água, oferecendo umidade adicional à vegetação em períodos de seca. Se o substrato for adequado, telhados inclinados de 3 a 10° são capazes de realizar a drenagem da água naturalmente, sem a necessidade de uma camada drenante. Para inclinações maiores que 10° é aconselhável incluir uma contenção que retenha água no sistema, uma vez que a drenagem do sistema possa acontecer muito rapidamente (TOWNSHEND, 2007)

3 MÉTODO DE PESQUISA

A partir do exposto acima, este trabalho objetiva avaliar o desempenho de retenção pluvial de cinco protótipos de telhado verde com diferentes materiais como camada de drenagem (Figura 1 e Figura 2) expostos a condições naturais de chuvas e intempéries durante as estações de inverno de 2018 e verão de 2019, com o intuito de proporcionar um conhecimento mais aprofundado acerca da influência da camada de drenagem na retenção das águas escoadas por telhados verdes.

Figura 1 – Composição dos protótipos



Fonte: Os autores

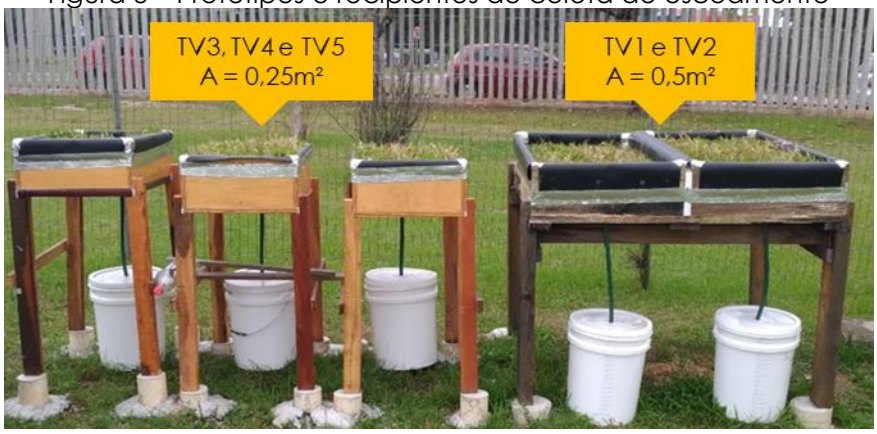
Figura 2 – Materiais drenantes utilizados em cada protótipo



Fonte: Os autores

Os protótipos de telhado verde encontram-se dentro das instalações da estação meteorológica automática do SIMEPAR, localizado no centro politécnico da UFPR, em Curitiba – PR. Uma vez que os protótipos se encontram no local de leitura dos dados pluviométricos divulgados pelo INMET, as medidas de precipitação disponíveis pelo instituto foram utilizadas como valor da precipitação, proporcional à área de cada telhado. Para as leituras de escoamento foram utilizados recipientes graduados acoplados às saídas de escoamento dos protótipos (Figura 3).

Figura 3 – Protótipos e recipientes de coleta de escoamento



Fonte: Os autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades de monitoramento do inverno de estudo englobam o período de 22 de junho a 23 de setembro de 2018. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região de Curitiba apresenta um clima temperado úmido (Cfb). Seu inverno apresenta temperatura média de 12,2°C no mês tipicamente mais frio (junho), e temperaturas na ordem de -2°C são usuais nesta estação. Apresenta menor incidência de chuvas neste período, sendo agosto caracterizado como mês de menor chuva do ano. (BALDESSAR, 2012). Além da água advinda de chuva, durante a estação de inverno também foi necessário a irrigação dos protótipos devido ao estresse hídrico apresentado pela vegetação. Neste caso, o volume de irrigação foi controlado e considerado como água de entrada, e seu escoamento também foi considerado. O Quadro 1 apresenta os dados de período e duração de cada evento monitorado, entrada de água total com especificação da quantidade de chuva e irrigação, valores de leitura e porcentagem de retenção do escoamento para cada protótipo na estação de inverno.

Considerando a porcentagem média de retenção de escoamento para a estação de inverno, o TV1 apresentou um desempenho bastante acima dos outros telhados, de quase 20% a mais que o TV3, que apresentou o menor desempenho da estação.

Em relação às irrigações, como são realizadas com um volume que entra de maneira mais abrupta na área dos telhados, o escoamento também tende a ocorrer de uma maneira mais rápida, uma vez que o sistema não tem tempo de absorver e simultaneamente se recuperar da entrada de água. Nesses casos, podem ser observados nos eventos 16 e 17, presentes no Quadro 1, que embora exista um índice baixo de chuva, as irrigações geraram escoamento, deixando a taxa de porcentagem de retenção pluvial menor que a média. Essa informação se faz de importância, uma vez que a necessidade de irrigação de telhados verdes se apresenta como um debate quanto a sua verdadeira sustentabilidade. Muitos pesquisadores defendem que a necessidade de consumo de água potável para a manutenção de telhados verdes vai contra sua viabilidade, e deve ser evitada.

As atividades de monitoramento do verão de estudo englobam o período de 18 de janeiro a 28 de fevereiro de 2019. De acordo com a classificação Köppen-Geiger, a temperatura média para o mês tipicamente mais quente do verão (fevereiro) é de 19,9°C, e temperaturas na ordem de 32°C são usuais durante a estação. Apresenta alta incidência de chuvas, sendo janeiro caracterizado como o mês com maior

chuva do ano. (BALDESSAR, 2012). Durante esse período de maior intensidade de precipitação, não foi necessário a irrigação dos protótipos. O Quadro 2 apresenta os dados de período e duração de cada evento monitorado, entrada de água total com especificação da quantidade de chuva e irrigação, valores de leitura do escoamento e porcentagem de retenção do escoamento para cada protótipo na estação de verão.

Através da porcentagem média da retenção do escoamento para a estação de verão, observa-se uma queda da capacidade de retenção dos telhados TV1, TV2 e TV4, em comparação com a estação anterior. Já os telhados TV3 e TV5 apresentaram valores praticamente iguais nas duas estações monitoradas.

No caso do evento 43 do monitoramento, ocorreu um evento de chuva com precipitação total de 119,8mm/m², o que resultou em um transbordamento de todos os baldes coletores. Já para o evento 44, ao realizar-se a leitura dos escoamentos, foi observado que as mangueiras de escoamento apresentavam mal encaixe nos protótipos, gerando a possibilidade de que nem todo o escoamento gerado tenha sido coletado, e, portanto, os dados de leitura dos protótipos de telhado verde TV3, Tv4 e TV5 foram desconsiderados.

Esta estação ilustra a importância do intervalo entre eventos de chuva para a recuperação do sistema, como nos casos dos eventos 38 e 41, onde observa-se uma diferença de valores de retenção de escoamento nos eventos com volume de chuva semelhante, em função da diferença de intervalo de tempo entre eles.

Os valores médios de porcentagem de retenção de escoamento para cada telhado verde avaliado considerando as duas estações de monitoramento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de retenção média para as duas estações monitoradas

Retenção média de escoamento do monitoramento (%)				
TV1 (painel modular)	**TV2 (sem drenagem)**	**TV3 (argila expandida)**	**TV4 (brita graduada)**	**TV5 (tapete drenante)**
75,9	67,6	64,0	62,9	73,4

Fonte: Os autores

Levando em consideração a média de retenção do monitoramento total, o melhor desempenho obtido foi do TV1, seguido do TV5. Os telhados TV2, TV3 e TV4 obtiveram valores semelhantes, com o valor mais baixo obtido pelo TV4.

Entretanto, observa-se que o valor de retenção do TV1 é consequência da estação de inverno, com pouca incidência de chuva e maior índice de retenção pluvial, uma vez que, como este encontrava-se em condição seca na maioria dos eventos de chuva e irrigação, grande parte da precipitação foi armazenada nos painéis modulares, aumentando a taxa de retenção. Entretanto, para a estação de verão, onde os eventos de chuva começaram a apresentar intervalos menores entre si e maior volume precipitado, a capacidade de retenção pluvial do protótipo TV1 cai, com valor menor que o protótipo TV5. Isso é justificado pelo fato de o telhado ainda possuir umidade retida em seu sistema, e, portanto, não apresentar o mesmo desempenho de retenção pluvial que em períodos onde o sistema tem mais tempo de utilizar as águas armazenadas.

Quadro 1 – Dados do monitoramento para estação de inverno (2018)

	Id	Data	Dias	Chuva (mm/m²)	Irrigação (L)	Entrada total (L)		Escoamento (L)					Retenção de esc. (%)					Média de retenção de esc. (%)	
						TV1 TV2	TV3 TV4 TV5	TV1	TV2	TV3	TV4	TV5	TV1	TV2	TV3	TV4	TV5		TV1 83,5
INVERNO	15	21/06 até 07/07	16	23,8	2,0	13,9	7,9	6,0	8,0	4,0	3,5	3,8	56,8	42,4	49,1	55,5	51,6		TV2 71,5
	16	07/07 até 31/07	24	4	4,0	6,0	5,0	0,0	0,5	2,0	2,0	2,0	100	91,7	59,9	59,9	59,9		TV3 64
	17	31/07 até 09/08	9	2,4	4,0	5,2	4,6	0,0	0,0	2,5	2,0	1,5	100	100	45,5	56,4	67,3		TV4 66,8
	18	09/08 até 23/08	14	9,8	4,0	8,9	6,4	0,0	1,0	2,5	2,0	2,0	100	88,8	61,0	68,8	68,8		TV5 73,1
	19	23/08 até 27/08	4	34,8	0,0	17,4	8,6	8,0	13,0	6,5	6,0	7,0	54,0	25,3	24,1	29,9	18,3		
	20	27/08 até 31/08	4	0	4,0	4,0	4,0	0,0	0,0	2,0	0,5	0,5	100	100	50,0	87,5	87,5		
	21	31/08 até 03/09	3	8,5	0,0	4,3	2,1	0,3	1,5	0,3	0,3	0,0	94,1	64,7	88,0	88,0	100		
	22	03/09 até 11/09	8	20,6	0,0	10,3	5,1	7,0	8,5	3,0	3,0	2,5	32,0	17,5	40,8	40,8	50,7		
	23	11/09 até 13/09	2	1,8	0,0	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	100	100	100	100		
	24	13/09 até 17/09	4	13,6	0,0	6,8	3,3	0,5	1,5	0,5	1,0	0,0	92,6	77,9	85,1	70,1	100		
	25	17/09 até 24/09	7	9	0,0	4,5	2,2	0,5	1,0	0,0	0,5	0,0	88,9	77,8	100	77,4	100		

Fonte: Os autores

Quadro 2 - Dados do monitoramento para estação de verão (2019)

	Id	Data	Dias	Chuva (mm/m²)	Irrigação (L)	Entrada total (L)		Escoamento (L)					Retenção de esc. (%)					Média de retenção da estação (%)	
						TV1 TV2	TV3 TV4 TV5	TV1	TV2	TV3	TV4	TV5	TV1	TV2	TV3	TV4	TV5		TV1 68,2
VERÃO	37	13/01 até 18/01	5	39,4	0,0	19,7	9,7	8,5	12,0	2,0	4,0	1,5	56,9	39,1	79,4	58,7	84,5		TV2 63,7
	38	18/01 até 21/01	3	31,6	0,0	15,8	7,8	9,5	5,5	4,0	4,5	3,0	39,9	65,2	48,6	42,1	61,4		TV3 64
	39	21/01 até 29/01	8	14,6	0,0	7,3	3,6	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	86,3	86,3	86,1	86,1	86,1		TV4 59
	40	29/01 até 01/02	3	14,4	0,0	7,2	3,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	86,1	86,1	85,9	85,9	85,9		TV5 73,7
	41	01/02 até 12/02	11	36,2	0,0	18,1	8,9	1,5	5,0	4,0	4,0	1,5	91,7	72,4	55,1	55,1	83,2		
	42	12/02 até 18/02	6	68,8	0,0	34,4	16,93	17	18	12	13	10	50,58	47,67	29,13	26,18	40,94		
	43	18/02 até 22/02	4	148	0,0	74	36,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	44	22/02 até 27/02	5	17,8	0,0	8,9	4,38	3,0	4,5	-	-	-	66,29	49,44	-	-	-		

Fonte: Os autores

Durante o inverno monitorado, os telhados TV2 e TV5 apresentaram desempenho de retenção pluvial bastante semelhante. A taxa de retenção para o TV5 manteve-se praticamente a mesma durante o verão, enquanto a do TV2 diminuiu. O valor de retenção pluvial mais elevado apresentados pelo protótipo TV5 pode ser relacionado a uma possível capacidade de secagem mais rápida deste sistema, em comparação com os protótipos TV2, TV3 e TV4. Ao apresentar maior capacidade de evapotranspiração, ocorre um consequente aumento da capacidade de retenção hídrica, uma vez que o mecanismo se encontra mais apto a reter as águas que adentram seu sistema. Ainda, o protótipo TV5 possui em seu tapete drenante uma capacidade de absorção que não é apresentada pelo TV2, pois esse não possui camada de drenagem. Essa diferença de composição pode ser responsável pelo melhor desempenho de retenção pluvial apresentado pelo TV5, em comparação com o TV2, durante o verão monitorado. Além disso, as temperaturas mais elevadas e maior taxa de insolação durante a estação podem ter sido capazes de equilibrar seu desempenho de evapotranspiração, mesmo tendo menor intervalo entre chuvas.

Quanto aos telhados TV3 e TV4, ambos com material granular como camada de drenagem, observou-se durante as irrigações que o escoamento desses protótipos ocorria de uma maneira mais rápida que dos outros. Além disso, os dois protótipos apresentaram desempenho bastante similar durante todo o período de monitoramento. Uma vez que este tipo de material granular apresenta mais espaços de ar que as outras drenagens testadas, o escoamento inicial mais rápido e a capacidade de retenção pluvial menor, em comparação com os outros telhados, pode ser consequência da facilidade da percolação da água para fora do sistema.

5 CONCLUSÕES

Cada material testado como camada de drenagem nos protótipos de telhado verde apresentou um desempenho singular de retenção de escoamento. O uso de painel modular se mostrou uma opção vantajosa para situações com baixo índice de chuva e com intervalos de precipitações longos entre si. Além disso, esse material tem capacidade de estocagem de águas para futura utilização pela vegetação.

Os materiais granulares apresentaram um escoamento inicial mais rápido, sendo indicado para combinações de substrato e vegetação que requerem substratos mais aerados.

O telhado verde sem camada de drenagem se mostrou uma opção viável, sem comprometer as outras camadas do sistema, sendo essa uma opção que não requer custos de material drenante, podendo ser uma alternativa para construções mais simples e de baixa inclinação.

Por fim, o telhado verde com tapete drenante se mostrou com o desempenho mais estável durante as duas estações monitoradas, sendo uma opção interessante para diversas condições climáticas.

Desse modo, observa-se que, apesar da baixa escala e falta de repetibilidade desta pesquisa piloto, a camada de drenagem se apresenta como fator de influência do desempenho de telhados verdes, e apresenta potencial de otimização dos resultados requeridos em determinada implantação.

Nesse sentido, são necessárias pesquisas que aprofundem essa busca pela identificação das características dos materiais drenantes, seu papel e resultado de aplicação dentro dos telhados verdes. Além disso, a busca por construções mais sustentáveis nos exige maior atenção ao tipo de material a ser utilizado, uma vez que

materiais comercializados para drenagem de telhados verdes usualmente são fabricados de compostos químicos que geram impactos ambientais negativos, fazendo com que a verdadeira sustentabilidade dessas coberturas seja debatida. Assim, a busca por tecnologias construtivas que gerem um desenvolvimento mais sustentável se faz cada vez mais necessário.

Ademais, esses materiais podem ser projetados para a melhora de vários outros aspectos da edificação além da gestão de águas pluviais, como isolamento térmico e acústico, mitigação da poluição atmosférica, aumento de espaços verdes, entre tantas outras vantagens que essas coberturas podem vir a oferecer.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsas, à UFPR pelo apoio para esta pesquisa, à Ecotelhado e Diprotec pela doação de materiais.

REFERÊNCIAS

BÄR, Bruna Vogt; TAVARES, Sergio Fernando. Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no brasil: uma revisão sistemática. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 4, dez. 2017. ISSN 1980-6809.

BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BERARDI, Umberto. Sustainability Assessment in the Construction Sector: Rating Systems and Rated Buildings. **Sustainable Development**, [S.l.], v. 20, p. 411 – 424, jul. 2011.

BERARDI, Umberto; GHAFFARIANHOSEINI, AmirHosein; GHAFFARIANHOSEINI, Ali. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. **Applied Energy**, [S.l.], v. 115, p. 411 – 428, fev. 2014.

BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. Ecological Engineering. [S.l.], v. 36, p. 351 – 360, abril, 2010.

CASCONE, Stefano. Green Roof Design: State of the Art on Technology and Materials. **Sustainability.** [S.l.], v.11, p.1 – 27, maio 2019. https://doi.org/10.3390/su11113020

IPCC. **Climate Change** 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, p. 155, Geneva, Switzerland, 2014.

OBERNDORFER, Erica; LUNDHOLM, Jeremy; BASS, Brad; COFFMAN, Reid R.; DOSHI, Hitesh; DUNNETT, Nigel; GAFFIN, Stuart; KÖHLER, Manfred; LIU, Karen K.Y; ROWE, Bradley. Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. **BioScience**. [S.l.], v. 57, n. 10, p. 823 – 833, nov. 2007.

TOWNSHEND, Derek. Study on Green Roof Application In Hong Kong Final Report. **Architectural services department**. 115 p. 2007.