REVISTA DE
ARQUITETURA IMED

Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais na retenção de água de chuva

Green roof: an analysis of vegetable species influence the rain water retention

Adriane Cordoni Savi(1); Sergio Fernando Tavares(2)

1 Mestre, Professora e Coordenadora de Curso, Arquiteta e Urbanista, FAE – Centro Universitário, Brasil.
E-mail: adriane@tellus.arq.br | ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3739-0244
2 Doutor, Professor, Arquiteto e Urbanista, PPGECC-UFPR, Brasil.
E-mail: sergioftavares@gmail.com

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 7, n. 1, p. 50-67, Jan.-Jun., 2018 - ISSN 2318-1109
[Recebido: 18 abril 2018; Aceito: 19 julho 2018]
DOI: https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2647

Como citar este artigo / How to cite item: clique aqui!/click here!

Resumo

Com o aumento da população urbana mundial, problemas urbanos passam a ser recorrentes, como por exemplo, as inundações em decorrência das chuvas. Ações que minimizem os impactos ambientais do processo de urbanização passam a ser necessárias. Uma dessas ações é o uso de telhado verde nas edificações, que devido as suas propriedades e camadas retém parte da água da chuva e ainda retarda o escoamento dessa água. Alguns estudos demonstram a capacidade de retenção dos telhados verdes, entretanto, sem vincular essa retenção à espécie vegetal. O objetivo da presente pesquisa é verificar qual a influência da espécie vegetal na capacidade de retenção de água de chuva em telhados verdes do tipo extensivo, na cidade de Curitiba. O presente estudo analisou a capacidade de retenção em seis diferentes espécies vegetais: *Bulbine frutescens*, *Tradescantia zebrina* variação *Purpusii*, *Sedum mexicanum*, *Callisia repens*, *Arachis Repens* e *Zoysia tenuifolia*, pode-se perceber que existe uma variação significativa, quanto a retenção de água de chuva, em função da espécie vegetal.A espécie *Bulbine frutescens* apresentou o melhor desempenho entre as espécies analisadas.

Palavras-chave: Telhado verde. Água da chuva. Cobertura verde.

Abstract

As the urban world population grows, fact that's noticed in Brazil as well, the urban problems become recurrent, for example the rain floods. Alternative actions to minimize the environmental impacts of the urbanization have to be implemented, the use of green roofs is one option, focusing on reducing the rain water flow. A few studies show the capacity of green roofs to retain rain water flow, without mentioning the kind of vegetation. The objective of this study is to show how the vegetation species affects on the rain water retention in the city of Curitiba. The present study tested six different vegetal species: *Bulbine frutescens*, *Tradescantia zebrina* varition *Purpusii*, *Sedum mexicanum*, *Callisia repens*, *Arachis Repens* and *Zoysia tenuifolia*, analysing the results is possible to see that there's a significant variation on the water retention accordingly to the vegetation species, the *Bulbine frutescens* has proven to have the best performance among all analised species.

Keywords: Green roof. Rainwater.

1 Introdução

O crescente aumento do aglomerado urbano, que, segundo dados da ONU (2015), representa 54% da população mundial e 85% da população brasileira, nos alerta a pensarmos soluções para mitigar os impactos gerados, pois, com o desenvolvimento urbano das cidades aumenta-se as superfícies impermeabilizadas, tais como ruas, calçadas e coberturas, o que acarreta em consequências para a cidade e para o meio ambiente, como, a redução da infiltração natural das águas pluviais, e aumento do escoamento superficial, acarretando em inundações (TUCCI, 2008). Além disso, estudos indicam que uma das consequências do aquecimento global é o aumento da frequência e da intensidade de precipitações (BERNDTSSON, 2010).

Diante desse cenário, a discussão quanto ao uso de telhados verdes em centros urbanos, como forma de mitigar esses problemas, torna-se fundamental. Os telhados verdes podem reduzir até 69% do escoamento da água da chuva (BALDESSAR, 2012) ou até 14mm de precipitação, devido a retenção de água no substrato, folhas e raízes das plantas, (CUNHA; MEDIONDO, 2004) conforme estudos realizados nas cidades de Curitiba e São Carlos.

Os telhados verdes, sistema de cobertura que utiliza substrato e vegetação sobre uma camada impermeável, além da capacidade de retenção de água da chuva, o que acarreta em uma redução da sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana, apresentam outros benefícios para a edificação e para os centros urbanos como: a redução das temperaturas internas e superficiais nas edificações (ANDRADE; RORIZ, 2013; VECCHIA, 2005), a diminuição do consumo energético, o aumento da qualidade do ar no envoltório da edificação e o aumento da vida útil da impermeabilização, devido à redução da variação térmica da mesma (BERNDTSSON, 2010; KOSAREO; RIES, 2007; SAADATIAN *et al.*, 2013).

Os benefícios térmicos de uma cobertura verde podem ser observados em diferentes condições climáticas, pois, possuem a capacidade de isolamento térmico, evitando a troca de calor com o meio ambiente (JIM, 2014). Desta forma, as coberturas influenciam ainda no consumo energético das edificações, uma vez que conseguem garantir um maior isolamento das mesmas. As edificações recebem duas vezes mais radiação solar pelos telhados do que pelas superfícies verticais, tais como paredes e esquadrias (LIU *et al.,* 2012).

Os telhados verdes podem refletir 27% da radiação solar e absorver 60% através da fotossíntese, dependendo da espécie vegetal e do fechamento do solo (WONG *et al.,* 2003).

Quanto à sustentabilidade dos sistemas de telhado verde, a partir da análise do ciclo de vida dos mesmos, perceberam-se três fatores principais que influenciam: espessura do sistema, quanto menor a espessura, menor o impacto do mesmo; materiais utilizados em sua composição, que variam de impacto em função do ciclo de

vida individual de cada material, e quantidade de material utilizado; e da manutenção necessária, quanto menor a manutenção, menor seu impacto. Desta forma, conclui-se que os telhados verdes do tipo extensivo possuem um impacto ambiental menor que os telhados do tipo intensivo (BIANCHINI; HEWAGE, 2011).

As características tais como: espessura, manutenção, materiais e quantidade de materiais utilizados podem variar de acordo com a tipologia de telhado verde adotada, se: extensivo, semi-intensivo ou intensivo e pelas características das espécies vegetais utilizadas.

Estudo de Kosareo e Rios (2007) destaca a diferença entre telhados verdes do tipo intensivo e extensivo no escoamento de água pluvial, sendo que os primeiros podem reduzir aproximadamente 85% do escoamento da água e os do tipo extensivo em torno de 60%. Já um estudo realizado por Baldessar (2012) destaca que telhados extensivos, nas condições climáticas de Curitiba, podem reter até 69% da água da chuva. Desta forma, as condições de precipitação local e a tipologia do telhado verde podem influenciar na retenção de água da chuva.

Podem ainda influenciar no desempenho do mesmo a: altura, coloração, capacidade de fechamento do solo e capacidade de retenção de água nas raízes e folhas (NIACHOU *et al.,* 2001).

A capacidade de retenção de um sistema de telhado verde é alterada em função de alguns fatores, de acordo com Berndtsson (2010):

1. Características dos telhados verdes: camadas, tipo de material, espessura do substrato, tipo de vegetação, geometria do telhado, inclinação, posição solar (sombreamento, direção, face, etc.), idade do telhado, entre outros;

2. Condições climáticas: características da estação - período de seca, de chuva, temperatura do ar, condições de vento e umidade.

Segundo os autores analisados por Berndtsson (2010), os telhados verdes apresentaram uma capacidade de retenção variando de 45%, estudo de De Nardo et al. (2005) à 78%, estudo de Carter e Rasmussen (2006). Concluindo, desta forma, que a capacidade de retenção pode variar significativamente em função da localização, tipologia dos telhados verdes entre outras variáveis.

Desta forma surge o problema desse trabalho; qual a influência da espécie vegetal na capacidade de retenção de água de chuva, em um telhado verde localizado na cidade de Curitiba?

2 Objetivo

Objetivo do presente trabalho é analisar o quanto a espécie vegetal, utilizada e telhados verdes, pode influenciar na retenção de água de chuva, na cidade de Curitiba. Através de um estudo com cinco espécies vegetais diferentes, comparando com o índice pluviométrico registrado pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

3 Método

Esta pesquisa é de caráter experimental e busca avaliar, de forma comparativa, o desempenho dos telhados verdes quando variadas as espécies vegetais, com foco na capacidade de retenção de água da chuva.

De forma a garantir a validação do experimento, foi alterada apenas uma das variáveis do sistema, as espécies vegetais, todas as demais foram mantidas iguais, tais como, tipologia, tipo e camada de substrato e localização.

O sistema de telhado verde foi montado no horto municipal da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba no bairro Guabirotuba (latitude -25.46133 e longitude -49.247929), localizado na cidade de Curitiba, na Avenida Senador Salgado Filho, 1050. É administrado pelo Departamento de Produção Vegetal, da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e é responsável pela produção de mudas de flores destinadas às áreas públicas da cidade de Curitiba. A cidade de Curitiba está localizada na zona de clima temperado super úmido. Já, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, Curitiba possui como tipo climático Cfb, caracterizado como temperado úmido ou sub-tropical com verão temperado, chuvas bem distribuídas e verões brandos, com temperatura média no inverno de 11ºC e no verão de 23ºC (SAMPAIO *et al.,* 2011).

Para a realização do experimento foi montado uma mesa de testes localizada a uma altura de 1,10m do chão, em um espaço livre de cobertura e sombreamento com o objetivo de simular um telhado verde. O sistema de telhado verde utilizado foi do tipo extensivo que se caracterizam por pouca ou nenhuma manutenção, geralmente com substrato de espessura de 10 cm e uso de plantas de baixa manutenção.

3.1 Mesa de testes

Para o experimento foi montado uma mesa de testes, composta por 14 módulos de 100x75cm cada, sendo cinco desses módulos objeto de estudo no presente trabalho.

A mesa de testes é composta de uma estrutura em madeira (pilares e vigas) apoiados sobre sapatas de concreto armado, a estrutura foi projetada e executada de forma a garantir 2% de inclinação em toda a estrutura, no sentido transversal, para o correto escoamento da água de chuva, atendendo assim a NBR 9575, que destaca a necessidade de uma inclinação mínima de 1% para impermeabilizações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 13). A base e as laterais do protótipo formam caixas individuais (telhados verdes) que foram executadas em chapa de compensado naval de pinus com 21 mm de espessura (Figura 1) com altura de 20cm. Os módulos foram impermeabilizados com borracha líquida, nanocompósito formado pela combinação de borracha modificada e um silicato

lamelar com dimensões manométricas, que cria um filme e impede a infiltração de água, tanto na sua base quanto nas laterais.

O escoamento, drenagem, de cada módulo é independente e realizada através de um tubo de PVC de 3/4" posicionado na parte inferior do módulo no nível mais baixo de cada. Para verificar o melhor local de instalação da drenagem foi despejado um litro de água e verificado a direção do escoamento do módulo. Esse tubo foi instalado antes da impermeabilização, para que a mesma pudesse envolve-lo e evitar infiltrações pelo tubo de drenagem (Figura 2).

Figura 1. Montagem da estrutura da mesa de testes

Figura 2. Galão para o armazenamento da água da chuva

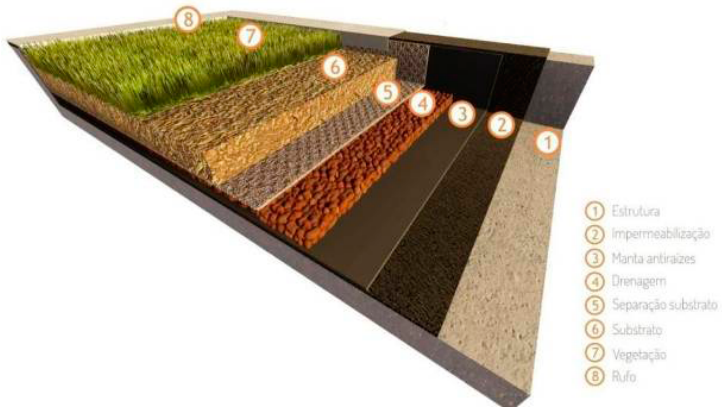
Finalizado a estrutura do módulo foi feito a instalação do sistema de telhado verde selecionado para a análise. Os telhados verdes são compostos das seguintes camadas apresentadas na Figura 3: manta antirraízes, camada de drenagem, manta de contenção de substrato, substrato e vegetação. Para a proteção antirraízes, foi instalado manta de polietileno de alta densidade (PEAD), com espessura de 0,5mm. A drenagem foi realizada com argila expandida (granulometria de 22 a 32 mm) com profundidade de 4 cm, sobre essa camada foi disposta a manta geotêxtil não tecida para a separação e retenção do substrato.

Imediatamente acima da camada do geotêxtil foram dispostos os elementos do substrato, composto de: turfa, vermiculita, casca de arroz carbonizada e terra preta. De acordo com Muller (2014) a composição de substrato com 35% de terra, 20% de

turfa, 40% de casca de arroz carbonizada e 5% de vermiculita, apresentou, como resultado, o melhor desenvolvimento das espécies vegetais utilizadas, assim como a maior porcentagem de retenção de água da chuva, característica importante para auxiliar a sobrevivência das espécies vegetais em época de estiagem. Farrell *et al.* (2012) afirmam que quanto maior a capacidade de retenção de água da chuva, maior sobrevivência das plantas. A partir desse estudo, optou-se pela mesma composição de substrato para os cinco módulos de telhado verde, de forma a manter apenas uma variável, a espécie vegetal.

A camada de substrato utilizada foi de 10 cm, caracterizando esse telhado verde como do tipo extensivo.

Figura 3. Composição telhado verde.



01: Estrutura
02: Impermeabilização
03: Manta antiraízes
04: Drenagem
05: Separação substrato
06: Substrato
07: Vegetação
08: Rufo/acabamento

Figura 4. Mesa de testes

A escolha das vegetações a serem inseridas no telhado verde considerou espécies com diferentes características como, porte, rapidez de crescimento, capacidade de retenção de água e coloração, pois conforme estudo de Liu *et al.* (2012) características como essas podem influenciar no desempenho da cobertura verde.

As espécies vegetais selecionadas são todas do tipo perene, ou seja, espécies vegetais cujo ciclo de vida é longo, permitindo viver por mais de dois anos, por mais de dois ciclos sazonais. As espécies possuem características morfológicas diferentes entre elas. As espécies selecionadas foram: *Bulbine frutescens* (bulbine), *Tradescantia zebrina* variação *Purpusii (*trapoeraba), *Sedum mexicanum* (sedum), *Callisia repens* (dinheiro em penca) e *Arachis repens* (grama amendoim), entretanto essa última espécie não tolera geada, e não resistiu durante o período do inverno em Curitiba. Como é comum geada na região de Curitiba optou-se pela sua substituição pela espécie *Zoysia tenuifolia* (grama coreana) (Figura 5 e Figura 6).

As espécies: bulbine e sedum foram escolhidas por serem do tipo suculentas. Essas espécies têm como característica a realização da fotossíntese tipo CAM (Metabolismo do Ácido das Crassuláceas), forma incomum de fotossíntese melhor adaptada ao estresse hídrico. As plantas do tipo CAM fecham os estômatos e reduzem a transpiração durante o dia para conservar a umidade e abrem estômatos durante a noite sequestrando carbono em ácidos orgânicos para uso na fotossíntese durante o dia. Liu *et al.* (2012) afirmam ainda que as plantas do tipo CAM são as mais indicadas para telhados verdes, devido à sua capacidade de armazenar água em suas folhas ou partes aéreas, o que auxilia na resistência das plantas em período de estiagem. Para confirmar tal afirmação, na pesquisa foram utilizadas plantas que realizam fotossíntese do tipo: CAM, C3 e C4.

As espécies vegetais foram plantadas em 10 de fevereiro de 2014, e durante os quatro primeiros meses foi analisado o seu desenvolvimento, e aguardado o fechamento completo do solo para início dos testes em junho de 2014.

Figura 5. Espécies vegetais - *Bulbine frutescens*, *Tradescantia zebrina*, *Arachis repens*, *Sedum mexicanum, Callisia repens* (da esquerda para a direita), fotos tiradas no dia 17 de abril de 2014.

Figura 6. Espécies vegetais - *Bulbine frutescens*, *Tradescantia zebrina*, *Zoysia tenuifolia*, *Sedum mexicanum, Callisia repens* (da esquerda para a direita), fotos tiradas no dia 05 de dezembro de 2014.

3.2 Método de análise dos dados

Para análise da retenção de água da chuva foram instalados galões para acumular o volume escoado de água em cada um dos módulos de telhado verde, sendo o seu escoamento comparado aos dados registrados pela estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada no centro politécnico da Universidade Federal do Paraná em Curitiba, a uma distância de 2 km lineares do local de instalação dos módulos.

Foram realizadas coletas de água da chuva no local, através um protótipo, com as mesmas dimensões dos módulos de telhado verde, entretanto apenas impermeabilizada na cor branca, para comparar com os índices pluviométricos registrados pelo INMET, e realizar a validação dos dados, conforme tabela 2.

Cada galão foi posicionado junto ao tubo de drenagem de cada módulo, e isolado para reter 100% da água escoada no módulo.

Os dados foram coletados em dias posteriores a precipitação. Cada um dos módulos possui um coletor transparente graduado de forma individual (Figura 7), que permite fazer a leitura da quantidade de água que o mesmo escoou (Figura 8). Através da leitura desses dados é possível saber qual a quantidade de volume escoado pelo módulo. Cada galão possui capacidade de armazenamento de 20 litros, ou seja, tendo os módulos 0,75m², esse volume corresponde a 26,67mm de precipitação, sendo a graduação do galão a cada 0,5 litros.

Figura 7. Coletor transparente graduado

Figura 8. Coletores de água da chuva instalados

4 Resultados

Quanto à precipitação, nos meses de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015 pode-se perceber que alguns meses apresentaram uma variação significativa com a média normal de chuva, considerada de 1961 a 1990 conforme dados do INMET, (2015a, 2015b). Destaca-se o mês de julho que teve um índice pluviométrico em torno de 50% menor que a média. Já os meses de março, junho, setembro e novembro de 2014 tiveram índices bem superiores aos observados na média, chegando a 82% mais no mês de junho e 60% no mês de novembro, os demais meses apresentaram uma variação máxima de 15% (tabela 1).

Tabela 1. Precipitação 2014/2015 e Precipitação média de 1961 a 1990

	Fevereiro/14	**Março/14**	**Abril /14**	**Maio /14**	**Junho /14**	**Julho /14**	**Agosto /14**	**Setembro /14**	**Outubro /14**	**Novembro/14**	**Dezembro/14**	**Janeiro/15**
Precipitação 2014 e 2015 (mm)	110,2	232	81	87,1	210,4	49	62,7	176,4	116,8	203,2	155,6	180,5
Precipitação média 1961 a 1990 (mm)	157,6	138,8	94,8	101	115,6	98,8	73,4	119,2	133,3	126,9	152,3	171,8

Fonte: Adaptado de Inmet, 2015a e Inmet 2015b.

Foram realizadas medições no local para verificar os índices pluviométricos, conforme tabela 2. As coletas foram realizadas em um módulo impermeabilizado conectado em um galão graduado, mesmo modelo utilizado para os telhados verdes. Na tabela 2 é possível verificar essa relação entre os dados, pode-se perceber uma variação máxima 4,87mm entre o valor medido pela estação do INMET e os medidos do local do

experimento, e uma variação média de 3,2mm, que correspondem a 3,5% no total, ou seja, mesmo distante, pode-se perceber uma grande proximidade dos dados.

Os eventos de número: 5, 6, 7, 8 e 11 sofreram transbordo do galão, não sendo possível realizar a medição. Desta forma, como o principal objetivo da presente pesquisa é analisar a relação entre as espécies quanto à capacidade de retenção, foram utilizados os dados do INMET nas comparações que seguem nas tabelas 3, 4 e 5 e nas figuras 9 e 10, por contemplar todos os eventos.

Tabela 2. Retenção de água da chuva meses de junho e julho

Evento	Data	Unidade	Laje	INMET
1	18/06/2014	mm	16,67	20,1
2	30/06/2014	mm	24,67	21,1
3	15/07/2014	mm	3,33	2,7
4	23/07/2014	mm	21,33	18,5
5	13/08/2014	mm	**	19,5
6	19/08/2014	mm	**	25,3
7	19/09/2014	mm	**	34,7
8	18/10/2014	mm	**	47,5
9	24/10/2014	mm	20,66	25
10	18/12/2014	mm	12	8
11	08/01/2015	mm	**	40,2
12	09/01/2015	mm	2	4,5
13	30/01/2015	mm	11,33	16,2

** Não foi possível realizar a medição devido ao transbordo do galão.

Foram analisados eventos de chuva entre junho de 2014 e janeiro de 2015 para verificar a capacidade de retenção de água dos módulos de telhado verde. A análise foi composta de treze eventos de chuva não necessariamente sequenciais. Os quatro primeiros eventos no módulo de número três foi utilizado a espécie vegetal *Arachis Repens* (grama amendoim), nos eventos posteriores a análise foi feita com a espécie vegetal *Zoysia tenuifolia (*grama coreana). Essa troca foi realizada, pois a espécie *Arachis repens* não resistiu e não conseguiu rebrotar após os eventos de geada que aconteceram no inverno de 2014. Desta forma a análise foi separada em duas partes: na Tabela 3 destacam-se os 4 primeiros eventos com a *Arachis repens* a na Tabela 3 os eventos 05 a 12, com a espécie *Zoysia tenuifolia*.

Os galões, conforme descrito anteriormente, possuem capacidade de armazenar até 20 litros de água; o que corresponde a 26,67 mm de chuva. Em alguns eventos, devido ao volume de precipitação, se teve o transbordo da água de todos os módulos, sendo esses dados desconsiderados para a análise.

Conforme citado, na Tabela 3 foi realizada a análise dos primeiros quatro eventos de precipitação, meses de junho e julho, e tem como planta no módulo 03 a *Arachis repens*. A análise desses eventos demonstra que a espécie *Bulbine Frutescens* apresentou a maior retenção de água da chuva retendo 94% da água seguida da espécie *Sedum Mexicanum* com 86%. As espécies *Tradescantia Zebrina* e *Arachis repens* retiverem 73% e 82% respectivamente e *Callisa repens* apresentou a menor retenção entre as espécies analisadas retendo 57% da água da chuva.

Quando comparado a espécie com maior e menor retenção, temos uma retenção 85% maior da espécie *Bulbine Frutescens* em relação a espécie *Callisa repens*.

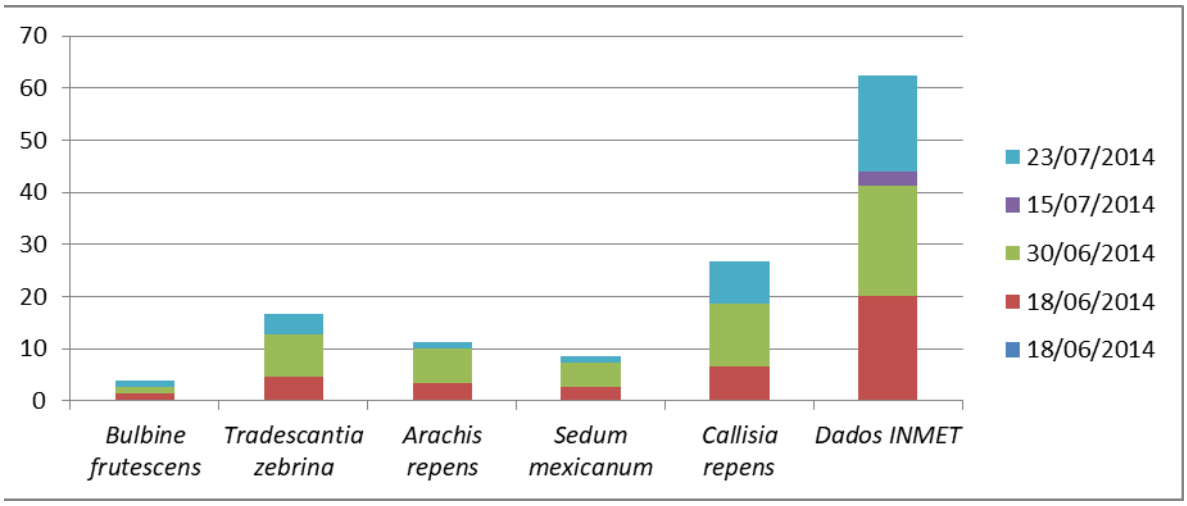
No evento 03 podemos perceber que com níveis baixos de precipitação os telhados verdes podem reter até 100% da água escoada, principalmente em períodos de estiagem.

Na Figura 9 pode-se perceber essa variação entre as espécies quando comparado com os dados do Inmet.

Tabela 3. Retenção de água da chuva meses de junho e julho

Evento	Data	Un.	Dados INMET	*Bulbine frutescens*	*Tradescantia zebrina*	*Arachis Repens*	*Sedum mexicanum*	*Callisia repens*
1	18/06/2014	mm	20,1	1,33	4,67	3,33	2,67	6,67
2	30/06/2014	mm	21,1	1,33	8,00	6,67	4,67	12,00
3	15/07/2014	mm	2,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	23/07/2014	mm	18,5	1,33	4,00	1,33	1,33	8,00
TOTAL		mm	62,4	3,99	16,67	11,33	8,67	26,67
Porcentagem de Retenção de água **da chuva**		%		94%	73%	82%	86%	57%

Figura 9. Gráfico de escoamento de água da chuva eventos 1 ao 4



As análises realizadas após a data de 18 de junho tiveram a espécie *Arachis repens* substituída pela espécie *Zoysia tenuifolia,* análise destacada na Tabela 4. Nesta são comparados nove eventos, entre os meses de agosto de 2014 e janeiro de 2015, com os dados coletados pelo INMET (2015b). Nessa análise comparativa a espécie que apresentou a maior retenção de água da chuva foi a *Bulbine frutescens* com 62% de retenção, em segundo lugar ficou o *Sedum mexicanum* com 56%, em terceiro e quarto a *Zoysia tenuifolia* e a *Callisia repens* com 52% e 51% e por fim a *Tradescantia zebrina* com 49% da água retida.

Quando comparado à espécie com maior e menor retenção, temos uma retenção 26% maior da espécie *Bulbine Frutescen*s em relação a espécie *Tradescantia zebrina* e 22% em relação a *Callisia repens.*

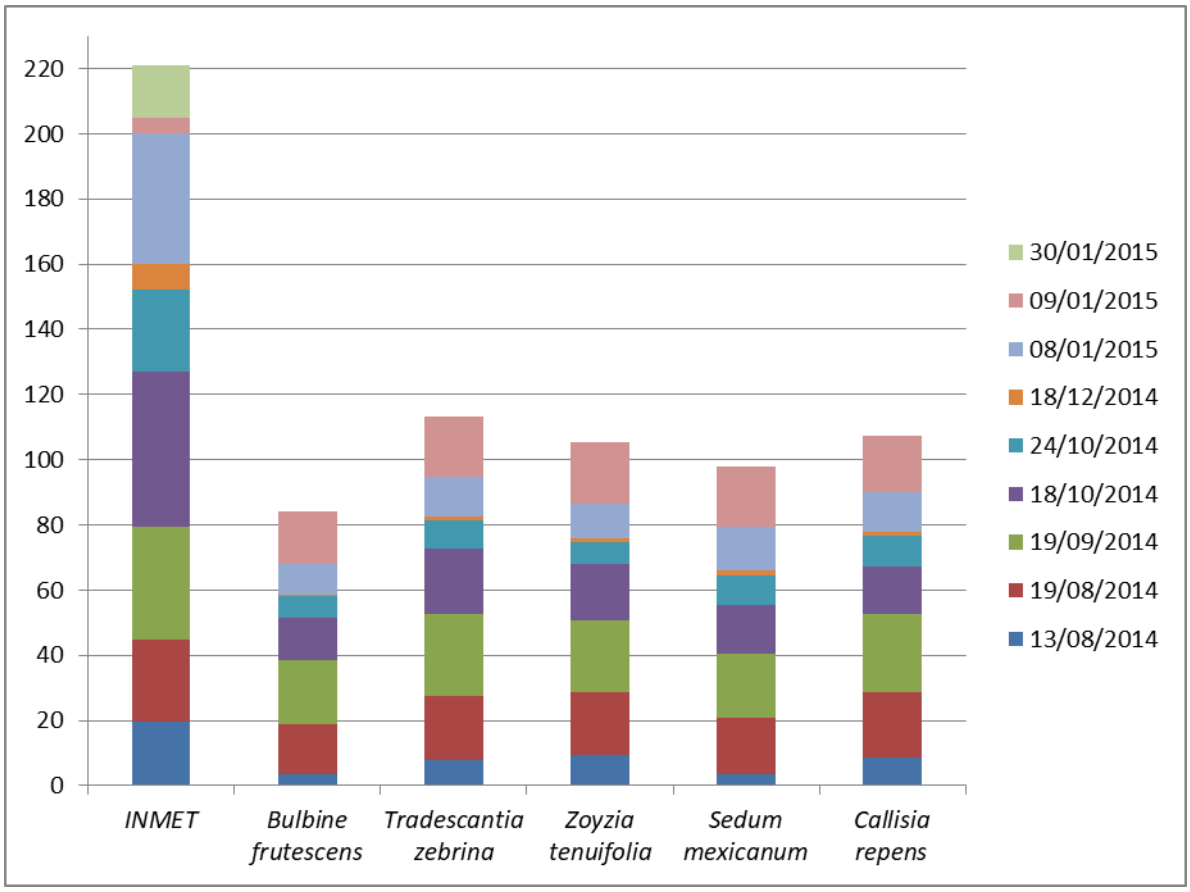
No evento 13, no dia 30/01, pode-se perceber que não foi relatado vazão em nenhum dos módulos de telhado verde, ou seja, toda a água ficou armazenada no sistema substrato/ plantas. Isso é decorrência do período de estiagem que antecedeu esse evento e as temperaturas altas registradas nesse período, segundo Inmet (2015b) não foi relatado chuva intensa nos sete dias que antecederam a coleta.

Observando os eventos do dia 08 e 09 de janeiro de 2015 podemos perceber que a precipitação no dia 09 foi muito baixa, entretanto o escoamento nos módulos foi maior que a retenção, isso é consequência da característica de retardo na vazão que os sistemas de telhado verde proporcionam, já que a coleta foi feita em um dia de chuva (08/01). Mesmo com essa saturação do sistema no conjunto a *Bulbine frutescens* reteve 23% da água da chuva o *Callisia repens* 16% e as demais espécies 10%.

Tabela 4. Retenção de água da chuva meses de junho e julho

Evento	**Data**	**Un.**	**Dados INMET**	***Bulbine frutescens***	***Tradescantia zebrina***	***Zoysia tenuifolia***	***Sedum mexicanum***	***Callisia repens***
5	13/08/2014	Mm	19,50	3,33	8,00	9,33	3,33	8,67
6	19/08/2014	Mm	25,30	15,33	19,33	19,33	17,33	20,00
7	19/09/2014	Mm	34,70	20,00	25,33	22,00	20,00	24,00
8	18/10/2014	Mm	47,50	12,67	20,00	17,33	14,67	14,67
9	24/10/2014	Mm	25,00	6,67	8,67	6,67	9,33	9,33
10	18/12/2014	Mm	8,00	0,67	1,33	1,33	1,33	1,33
11	08/01/2015	Mm	40,20	9,33	12,00	10,67	13,33	12,00
12	09/01/2015	Mm	4,50	16,00	18,67	18,67	18,67	17,33
13	30/01/2015	Mm	16,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		Mm	220,90	84,00	113,33	105,33	97,99	107,33
Porcentagem de Retenção de água **da chuva**		%		62%	49%	52%	56%	51%

Figura 10. Gráfico de escoamento de água da chuva eventos 05 ao 13



Na Tabela 5 podemos perceber uma análise de todos os eventos e o resultado final de retenção de água da chuva. A espécie que obteve a maior retenção, *Bulbine frutescens,* reteve 34% mais que a espécie que apresentou a menor retenção, *Callisia repens*, ou seja, 46 mm a mais.

Tabela 5. Análise comparativa dos 13 eventos

	Un.	**Dados INMET**	***Bulbine frutescens***	***Tradescantia zebrina***	***Arachis repens/ Zoysia tenuifolia***	***Sedum mexicanum***	***Callisia repens***
Total nos 13 eventos analisados	Mm	283,3	87,99	130,00	116,66	106,66	134,00
Porcentagem de Retenção de água da chuva	%	0%	69%	54%	59%	62%	53%

Comparando os resultados obtidos com os resultados apresentados por Baldessar (2012) os telhados verdes apresentaram uma retenção significativa da água da chuva. Em seu estudo Baldessar verificou que o telhado verde reteve 69,3%, com aplicação

da espécie *Portulaca grandiflora*, resultado similar ao da espécie *Bulbine frutescens*, essa proximidade pode ser explicada pelas características em comum das espécies utilizadas, plantas do tipo CAM, popularmente denominadas suculentas.

Os telhados verdes variaram de 100% de retenção a 9,5% dependendo do índice pluviométrico e do período de estiagem que antecedeu o período de chuva. Como resultado retiveram em média 59,4% da água da chuva, resultado similar ao apresentado por Kosareo e Rios (2007) que afirmam que a retenção média de um telhado verde do tipo extensivo é de 60%.

5 Conclusões

Através dos resultados obtidos pode-se perceber que as características morfológicas das espécies vegetais podem influenciar diretamente na retenção de água da chuva.

As espécies que apresentaram a maior retenção foram: *Bulbine Frutescens* e *Sedum mexicanum, 69% e 62%* respectivamente na análise dos 13 eventos. Esse resultado pode ser associado ao engrossamento das suas raízes, caules e folhas que permitem armazenar água nessas estruturas, características das plantas do tipo suculentas. Desta forma, quando analisado essa característica de forma isolada, são espécies bem indicadas para telhados verdes, pois além de aumentar a retenção de água da chuva tem um bom desempenho em períodos de estiagem.

Em períodos de estiagem pode-se perceber que essas espécies (*Bulbine Frutescens* e *Sedum mexicanum)* apresentaram um bom desempenho, ou seja, suas folhas apresentaram menor variação das suas características, ou seja, menor perda de folhas e/ou amarelamento das mesmas, quando comparado com as demais espécies. Esse resultado pode ser associado ao seu processo de fotossíntese / evapotranspiração – tipo CAM.

Outra característica que se pode observar, e que pode influenciar na capacidade de armazenamento de água de chuva é quanto ao fechamento do solo apresentando pelas espécies. A *Tradescantia zebrina* (trapoeraba) apresentou o melhor fechamento do solo, devido ao seu crescimento alastrante, o que limita a condição de evaporação do substrato, seguida pela *Callisia repens* (dinheiro em penca). Esse resultado nos permite observar que a redução da retenção de água pode estar associada à umidade constante do substrato. A espécie *Bulbine Frutescens* possui um crescimento verticalizado e não alastrante, deixando o substrato mais exposto aos raios solares, reduzindo assim a umidade do solo, e aumentando a retenção de água de chuva nos vazios criados no substrato, devido as diferentes granulometrias dos elementos que o compõe.

O mesmo acontece com a espécie *Zoysia tenuifolia (*grama coreana) que, por ter sido plantada em placas e não mudas, como as demais espécies, apresenta um fechamento completo do substrato, impedindo a incidência solar direta. Nessas condições o mesmo perde menos água por evaporação.

CC BY

Quanto ao desenvolvimento das espécies, pode-se concluir que a *Tradescantia zebrina* apresentou a melhor adaptação às condições impostas, com o fechamento mais denso do solo, seguido da *Zoysia tenuifolia*. A espécie *Callisia repens* (mais adaptada à condição de sombra), apresentou redução da área foliar quando imposta à incidência solar intensa, entretanto sobreviveu a todas as estações climáticas. A espécie *Sedum mexicanum* apresentou um desenvolvimento inicial muito positivo, entretanto, no período de verão, perdeu boa parte das mudas, podendo o fato estar associado à tipologia da planta. Por ser uma suculenta com fotossíntese do tipo CAM, ela não necessita de muita água. Como os meses de verão apresentam índices de precipitação alta, a água em excesso por ter apodrecido as raízes, causando a morte de muitas mudas. Recomenda-se, dessa forma, utilizar substratos mais porosos com areia, argila expandida e vermiculita em maior quantidade na sua composição, para que o solo fique menos saturado e contribua para o desenvolvimento da espécie.

Quanto à resistência ao estresse hídrico, a bibliografia recomenda o uso de espécies que realizem fotossíntese do tipo CAM (Sedum, por exemplo), sobre espécies do tipo C_3 e C_4, devido ao seu consumo de água menor (até 100 gramas por grama de CO_2), enquanto as espécies do tipo C_3 consumem até 500 gramas por grama de CO_2 e do tipo C_4 300 gramas por grama de CO_2. Entretanto, o que se observou no experimento em questão foi que, devido aos índices pluviométricos altos registrados em Curitiba, essa característica não foi decisiva no desenvolvimento da espécie.

Conclui-se assim que os telhados verdes têm capacidade de reter uma quantidade expressiva de água em seu sistema (conjunto substrato e planta) e que as plantas influenciam de forma significativa essa retenção, chegando a uma variação de até 34% entre as espécies analisadas, esse resultado demonstra a importância da escolha das espécies vegetais na composição de um telhado verde, principalmente para instalações em centros urbanos consolidados, onde essa retenção pode auxiliar na redução dos alagamentos.

Referências bibliográficas

ANDRADE Nixon C. de, RORIZ, Maurício; Comportamento Térmico de Cobertura Verde Utilizando a Grama Brachiaria Humidicola na Cidade de São Carlos, SP. *Conforto no ambiente e na cidade,* v.1, n. 4, p. 75-90, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9575:* Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

BALDESSAR, Silvia M. N. *Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da* água *pluvial escoada.* Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering,* v. 32, n. 4, p. 351-360, ago de 2010.

BIANCHINI, Fabricio; HEWAGE, Kasun. How "green" are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment,* Canadá, v. 48, p. 57-65. Fevereiro de 2011.

CUNHA, A. P. S. R. *Experimento Hidrológico Para Aproveitamento de* Águas *de Chuva usando Coberturas Verdes Leves (CVL).* Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

FARRELL, C.; MITCHELL, R.E.; SZOTA, C.; RAYNER, J.P; WILLIAMS, G. Green roofs for hot and dry climates: Interacting effects of plant water use, succulence and substrate. *Building and Environment,* v. 49, p. 270-276, dezembro de 2012

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. Normais Climatológicas 1961 a 1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 03 março 2015a.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. Dados Históricos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 15 abril 2015b.

JIM, C. Y. Passive warming of indoor space induced by tropical green roof in winter. *Energy*, v. 68, p. 272-282, abril de 2014.

KOSAREO, Lisa; RIES, Robert. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environmental*, v. 42, n. 7, p. 2606 – 2613, julho de 2007.

LIU, T. C.; SHYU, G. S.; FANG, W. T.; LIU, S. Y.; CHENG, B. Y. Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. *Energy and Buildings*, v. 47, p.180-188, abril de 2012.

MULLER, A. P. *Coberturas verdes: comportamento de substrato para coberturas verdes extensivas em Curitiba - PR.* Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

NIACHOU, A.; PAPAKONSTANTINOU, K.; SANTAMOURIS, M.; TSANGRASSOULIS, A.; E MIHALAKAKOU, G. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, v. 33, n. 7, p. 719-729, setembro de 2001.

ONU, United Nation: Population Division. Disponível em: <http://esa.un.org/unpd/wup/>. Acesso em: 15 abril 2015.

SAADATIAN, O.; SOPIAN, K.; SALLEH, E.; LIM, C. H.; RIFFAT, S. A review of energy aspects of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 23, p. 155-168, julho de 2013.

SAMPAIO, M. D.; ALVES, M. D.; CARVALHO, L. G.; SANCHES, L. *Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite.* Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 8857-8864, abril de 2011.

TUCCI, Carlos E. M. Águas Urbanas Urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VECCHIA, Francisco. *Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental.* Encac, Enlacac. Maceió, out. 2005. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_COBERTURA_VERDE_LEVE_ENSAIO_EXPERIMENTAL.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2012.

WONG, N.; CHEN, Y.; ONG, C.; SIA, A. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Enviroment,* v. 38, n. 2, p. 261-270, fevereiro de 2003.