

**Vegetações de Telhados Verdes Utilizadas em Diferentes Regiões  
Climáticas para Mitigar o Escoamento Superficial**

*Green Roof Vegetation Used in Different Climatic Regions to Mitigate Surface Runoff*

*Vegetación de techo verde utilizada en diferentes regiones climáticas para mitigar la  
escorrentía superficial*

**Maiza Gleyce Fernandes de Souza**

Graduanda, UPE, Brasil.  
mgfs@poli.br

**Camille Zamorano Escanoni de Barros**

Graduanda, UPE, Brasil.  
czeb@poli.br

**Willames de Albuquerque Soares**

Professor Doutor, UPE, Brasil.  
was@poli.br

**RESUMO**

Os alagamentos são os maiores danos causados pela urbanização intensiva, responsável pela alta impermeabilização do solo. Sob esta perspectiva, os telhados verdes são opções viáveis e sustentáveis para evitar a sobrecarga do sistema de drenagem. A vegetação, portanto, deve ser cuidadosamente selecionada para alcançar a melhor eficiência hidrológica, pois é ela o fator mais influente do escoamento. Este trabalho tem como objetivo, por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) e com o auxílio do Periódicos CAPES e da ferramenta computacional State of the Art through Systematic Review (StArt), analisar artigos publicados dentro da temática de Telhados verdes (TV) utilizados como alternativa para mitigar alagamentos, identificando as espécies que foram utilizadas em cada estudo, correlacionando com o clima local e identificando os gêneros de vegetais mais utilizadas em diferentes países. Observou-se que a vegetação (VG) mais proeminente associada à frequência no TV foi a *Sedum* sp, encontrada em mais de 50% dos estudos. Não foi possível identificar consistência ou frequência de seleção de VG em climas tropicais e áridos. Constatou-se também que em regiões de clima continental, todos os estudos utilizaram a *Sedum* para implementar e desenvolver práticas sustentáveis de controle de escoamento em áreas urbanas. Portanto, é necessário entender o desempenho hidrológico da cobertura vegetal sob diferentes condições climáticas. Com relação a locais com climas tropicais e áridos, mais pesquisas são necessárias para determinar os gêneros de VG mais utilizados na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Escoamento Superficial. Alagamento. Drenagem.

**SUMMARY**

*Flooding is the major damage caused by intensive urbanization, which is responsible for the high impermeabilization of the soil. From this perspective, green roofs are viable and sustainable options to avoid overloading the drainage system. Vegetation, therefore, must be carefully selected to achieve the best hydrological efficiency, as it is the most influential factor in runoff. This work aims, through a Systematic Literature Review (RSL) and with the help of Periodicals CAPES and the computational tool State of the Art through Systematic Review (StArt), to analyze articles published within the theme of Green Roofs (TV) used as an alternative to mitigate flooding, identifying the species that were used in each study, correlating with the local climate and identifying the most used plant genera in different countries. It was observed that the most prominent vegetation (VG) associated with TV frequency was *Sedum* sp, found in more than 50% of the studies. It was not possible to identify consistency or frequency of VG selection in tropical and arid climates. It was also found that in continental climate regions, all studies used *Sedum* to implement and develop sustainable practices to control runoff in urban areas. Therefore, it is necessary to understand the hydrological performance of vegetation cover under different climatic conditions. Regarding locations with tropical and arid climates, more research is needed to determine the most used VG genera in the region.*

**KEYWORDS:** Surface Flow. flooding. Drainage.

**RESUMEN**

*Las inundaciones son el mayor daño causado por la urbanización intensiva, la cual es responsable de la alta impermeabilización del suelo. Desde esta perspectiva, los techos verdes son opciones viables y sostenibles para evitar sobrecargar el sistema de drenaje. La vegetación, por lo tanto, debe seleccionarse cuidadosamente para lograr la mejor eficiencia hidrológica, ya que es el factor más influyente en la escorrentía. Este trabajo tiene como objetivo, a través de una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) y con la ayuda de Periódicos CAPES y la herramienta computacional Estado del Arte a través de Revisión Sistemática (StArt), analizar artículos publicados dentro del tema de Techos Verdes (TV) utilizados como alternativa para mitigar inundaciones, identificando las especies que se utilizaron en cada estudio, correlacionando con el clima local e identificando los géneros vegetales más utilizados en los diferentes países. Se observó que la vegetación más prominente (VG) asociada a la frecuencia de TV fue *Sedum* sp, encontrada en más del 50% de los estudios. No fue posible identificar la consistencia o frecuencia de la selección de VG en climas tropicales y áridos. También se encontró que en las regiones de clima continental, todos los estudios utilizaron *Sedum* para implementar y desarrollar prácticas sostenibles para controlar la escorrentía en áreas urbanas. Por lo tanto, es necesario comprender el comportamiento hidrológico de la cubierta vegetal bajo diferentes condiciones climáticas. En cuanto a las localidades con climas tropicales y áridos, se necesita más investigación para determinar los géneros de VG más utilizados en la región.*

**PALABRAS CLAVE:** Flujo Superficial. inundación. Drenaje.

## 1. INTRODUÇÃO

A alta impermeabilização do solo, causada pelo crescimento acelerado de cidades urbanizadas, dificulta o processo de infiltração das águas pluviais e conseqüentemente produz uma sobrecarga na rede de drenagem que eleva o risco de alagamentos periódicos. Grande parte dos danos causados poderiam ser resolvidos em um planejamento urbano adequado, alinhado a medidas compensatórias de microdrenagem. Neste aspecto, destacam-se os telhados verdes (TVs) por contribuir efetivamente na melhora do controle hídrico pluvial, seja por retenção ou atraso. (LONGOBARDI, 2019).

Os TVs são amplamente utilizados no mundo como técnicas compensatórias de escoamento devido a sua capacidade de retenção de água e evapotranspiração (ET) de sua vegetação (VG). Contudo, um dos maiores desafios a ser realizado é um TV ideal, que possa ser aplicado a todos os lugares com suas peculiaridades. (HALIL, 2019). A escolha das espécies vegetais corretas para os telhados verdes desempenha um papel importante, pois o tipo de VG escolhida afeta o escoamento, que depende da capacidade de retenção de água e transpiração. (BORTOLINI, 2020).

Em um estudo realizado por Silva *et al.* (2019), A bromélia (*Neoregelia Cruenta*), planta típica de regiões tropicais, foi escolhida como planta no módulo experimental de telhado verde no Rio de Janeiro, Brasil. Os parâmetros utilizados pelos autores para escolher a VG ideal baseiam-se na resistência à radiação solar intensa e boa capacidade de retenção de água da chuva. Também foi observado que a bromélia respondeu melhor quando a oferta de água foi maior, isto é, apresentou menor coeficiente de escoamento quando houve chuvas mais intensas.

Na Universidade de Pádua, localizada em Legnaro, nordeste da Itália, Bortolini, *et al.* (2020), propuseram vários modelos de telhados verdes vegetados com misturas diferentes de camadas e plantas nativas do clima local Mediterrâneo (*Sedum*, herbáceas perenes e sufruticose). Dentre os módulos observados, os autores constataram que o melhor desempenho quanto a retenção de água partiu do módulo vegetado com sufruticosa em conjunto com herbáceas, diminuindo em 15,2% o volume de saída de escoamento gerado.

Persch, *et al.* (2020), projetaram três unidades experimentais de telhado verde extenso dentro do campus da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no sul do Brasil (Clima subtropical úmido), em uma área de espaço aberto escolhida para garantir as mesmas condições climáticas entre os experimentos. A VG escolhida foi a *Sedum rupestre*, devido a sua alta adaptabilidade às condições climáticas extremas e observaram que a cobertura verde teve impacto significativo na capacidade média de retenção, diminuindo o volume de escoamento de saída das chuvas.

Zanin, *et al.* (2020), analisaram algumas espécies vegetais usadas para TV e observaram que as suculentas, especialmente *sedum*, e sua tolerância à seca em climas subtropicais úmidos garante sua sobrevivência a longo prazo, bem como uma cobertura rápida e completa da superfície mesmo sem irrigação adicional.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi realizar uma Revisão Sistemática de Literatura a fim de quantificar e identificar as espécies vegetais mais utilizadas em telhados verdes, quando utilizados como medida alternativa para mitigar alagamentos.

## 2. METODOLOGIA

Foi realizada uma Revisão Sistemática de **(RSL)**, com o auxílio do Periódicos CAPES e da ferramenta computacional State of the Art through Systematic Review (StArt) disponibilizada pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) de forma gratuita. Este estudo baseou-se em três etapas: Planejamento, Execução e Sumarização de Resultados.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa através da plataforma CAPES — Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — e as seguintes strings e palavras-chave foram adotadas: ((Green roof) and (Drainage) and (Vegetation)). Foi realizado o transporte dos artigos encontrados para a plataforma Start, através dos arquivos em formato BIBTEX para que as etapas fossem executadas.

Durante a etapa de Planejamento, a pesquisa foi definida e direcionada de forma a solucionar qual a escolha de VG ideal para mitigar o escoamento superficial em diferentes regiões do mundo, levando como principal fator influenciador o clima local. Para isso, a ferramenta StArt foi configurada conforme os objetivos desejados.

Na etapa seguinte — execução, após classificados os artigos dentro da plataforma do StArt — os estudos foram analisados e selecionados conforme rigorosa seleção por meio de critérios de elegibilidade: inclusão e exclusão, descritos no Quadro 1. Foram aceitos os textos que direcionaram sua pesquisa em experimentos com vegetações aplicadas em países com diferentes regiões climáticas, no intuito de analisar a adaptabilidade e potencial de mitigação da planta.

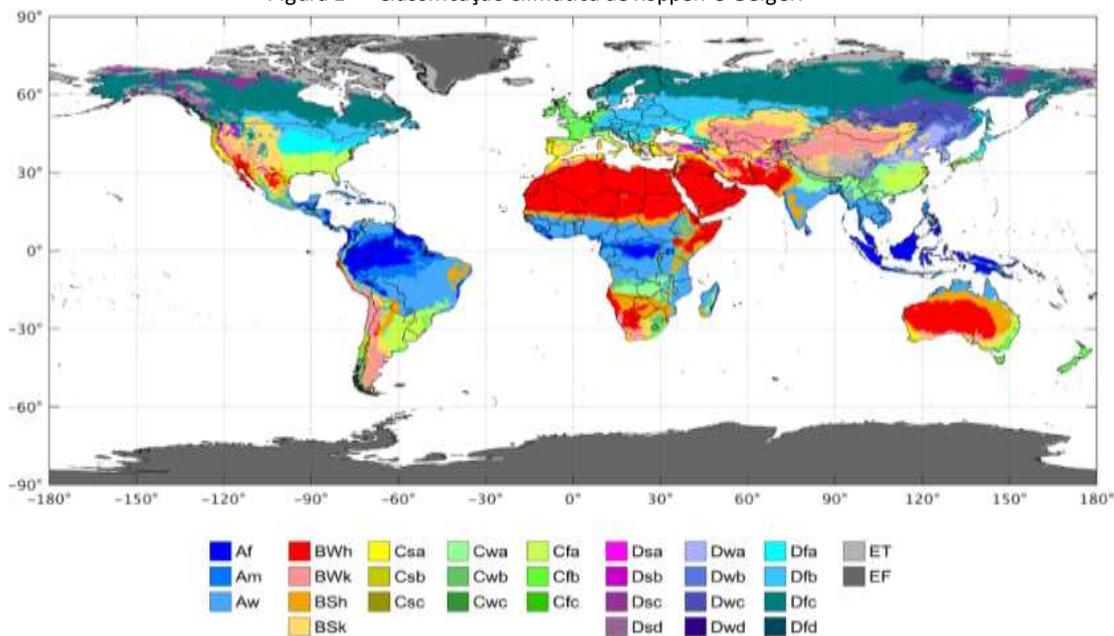
Quadro 1- Critérios de inclusão e exclusão dos artigos

Inclusão	Exclusão
Abordar a temática de retenção ou mitigação de escoamento por telhados verdes	Artigos Duplicados
Apresentar os termos de busca presentes nas strings	Abordar a como temática principal conforto térmico
Apresentar o tipo de vegetação	Não apresentar os termos de busca no título, palavras-chave ou resumo
	Focar em simulações matemáticas
	Temática centrada em índices físicos
	Revisão Sistemática de Literatura

Fonte: Autores, 2022.

Em seguida, foi executado um mapeamento dentre os estudos científicos publicados, conforme o objetivo proposto, apresentando as vantagens obtidas e relevância da VG para a região analisada de acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger. Essa divisão de climas é feita em cinco grupos climáticos principais — A (Tropical), B (Árido), C (Temperado), D (Continental) e E (Polar) — divididos com base nos padrões sazonais de precipitação e temperatura conforme a Figura 1. (BECK, 2018).

Figura 1 — Classificação Climática de Köppen e Geiger.



Fonte: Adaptado, Beck (2018).

Na última etapa, na síntese de resultados, os dados observados considerados relevantes para resposta à questão levantada nos aspectos iniciais da pesquisa foram sintetizados com intuito de trazer resultados comparativos entre si, trazendo respostas ao questionamento definido.

### 3. RESULTADOS

Como resultado das strings, foi obtido a distribuição de estudos por base de dados conforme observado no Quadro 2. Com destaque para o Science Citation Index (Web of Science) que obteve a maior parte dos estudos encontrados, seguido do ScienceDirect Journals e DOAJ Directory of Open Access Journals, sendo estas bases de dados com os maiores resultados.

Quadro 2 - Distribuição de estudos por Base de dados

Base de dados	Estudos encontrados
Science Citation Index Expanded (Web of Science)	93
ScienceDirect Journals	58
DOAJ Directory of Open Access Journals	52
Social Sciences Citation Index (Web of Science)	25
Gale Academic OneFile	23
PubMed	14
Springer Online Journals Complete	14
Wiley Online Library All Journals	6
Computers & Applied Sciences Complete	6
Academic Search Premier	5
ASCE Journals	4
Wiley Online Library Full Collection	4
DataCite	3
HighWire Press (Free Journals)	3
Wiley-Blackwell Full Collection	3
ScienceDirect eBooks	3

Quadro 2 - Distribuição de estudos por Base de dados (Continuação)

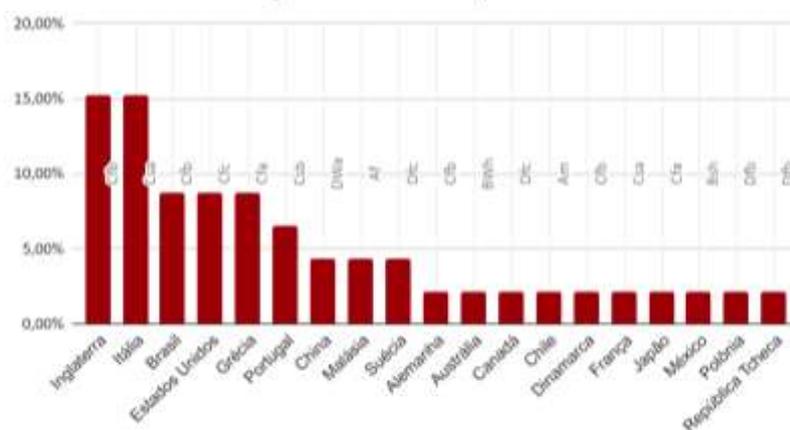
ROAR (University of East London Repository)	2
Arts & Humanities Citation Index (Web of Science)	2
IEEE Electronic Library (IEL) Conference Proceedings	1
<b>Total:</b>	<b>321</b>

Fonte: Autores, 2022.

Após filtro automático da própria plataforma CAPES, 3 dos 158 artigos que passaram foram reconhecidos como duplicados pela ferramenta Start, totalizando 155 artigos para a etapa de execução, onde 46 foram aceitos e 109 rejeitados pelos critérios apresentados anteriormente no Quadro 1.

Foi percebido nesta RLS que há uma ampla distribuição geográfica, abrangendo 20 países diferentes em todos os continentes, validando assim a importância dessa temática em escala global. Os países com maior destaque de publicações foram a Itália e a Inglaterra (cada um com 15,22% dos artigos encontrados), conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Porcentagem de artigos encontrados por País



Fonte: Autores, 2022.

Para melhor visualização das publicações encontradas nos países, foi elaborado um mapa com uma escala de cor gradiente (Figura 3), variando de 0 a 7 — sendo o 0 correspondente a cor mais clara correspondente a nenhum estudo e 7 a cor mais escura, representando o número máximo de artigos encontrados conforme observado no Figura 2.

Figura 3 — Número de publicações encontradas por continente em escala de cor.



Fonte: Autores, 2022.

Os artigos selecionados foram classificados de acordo com: Gênero, espécie da VG aplicada ao TV, país de origem do estudo e clima local, conforme a classificação de Köppen como podem ser evidenciados no Quadro 3.

Quadro 3 – Distribuição de artigos por gênero, local e classificação Köppen de Geiger

Artigo	Gênero/ Espécie	Local	Classificação Köppen e Geiger
Versini et al., 2015	<i>Sedum sp. e Brachypodium sp.</i>	Paris, França	Cfb
Franzaring et al, 2016	<i>Phedimus floriferus, Koeleria Glauca, Lotus corniculatus, Dianthus carthusianorum e Timo serpyllum</i>	Baden-Wuerttemberg Alemanha	Cfb
Baryla et al, 2018	<i>Allium schoenoprasum, Hypericum calycinum, Sedum floriferum, Armeria maritima, Iberis sempervirens, Thymus vulgaris, Delosperma cooperi, Sedum Album</i>	Coimbra, Portugal	Csb
Silva et al., 2019	<i>Neoregelia Cruenta</i>	Rio de Janeiro, Brasil	Cfb
Brandão et al., 2017	<i>Rosmarinus officinalis, Lavandula stoechas, Brachypodium phoenicoides e Pleurochaete squarrosa</i>	Lisboa, Portugal	Csa
Speak et al., 2013	<i>Agrostis stolonifera, Festuca rubra, Plantago lanceolata, Senecio jacobaea, Epilóbio ciliatum, Symphyotrichum novi-belgii, Trifolium pratense, Ranunculus sp., Rumex crispus, Musgo.</i>	Manchester, Inglaterra	Cfb
Locatelli et al., 2014	<i>Sedum sp. e Melissa officinalis (ervas)</i>	Odense, Dinamarca	Cfb
Nagase et al., 2010	<i>Sedum acre, Sedum album, Sedum rupestre, Sedum spurium.</i>	Sheffield, Inglaterra	Cfb
Salerno et al., 2021	<i>Anthemis arvensis, Centaurea cyanus, Papaver rhoeas, Bromopsis erecta, Holcus lanatus e Silene vulgaris, Sedum sp.</i>	Milão, Itália	Cfa
Gong et al., 2018	<i>Sedum lineare</i>	Pequim, China	Dfa
Savi et al., 2014	<i>Salvia officinalis</i>	Trieste, Itália	Cfb
Oliveira et al., 2022	<i>Aloe Vera, Melocactus zehntneri</i>	Caruaru, Brasil	BSh
Bortolini et al., 2020	<i>Sedum sp., herbáceo sp., perene sp., sufragórmese sp.</i>	Legnaro, Itália	Cfa
Persch et al., 2021	<i>Sedum sp.</i>	Santa Maria, Brasil	Cfa
Monteiro et al., 2017	<i>Lavandula dentata, Pelargonium odoratissimum, Helicrisium italicum, Thymus caespititius, Thymus pseudolanuginosus</i>	Porto, Portugal	Csb
She et al., 2010	<i>Sedum sp.</i>	Portland, EUA	Csb
Kanechi et al., 2014	<i>Herbácea, Evolvulus pilosus</i>	Kobe, Japão	Cfa
Nawaz et al., 2015	<i>Sedum sp.</i>	Leeds, Inglaterra	Cfb
Beecham et al., 2015	<i>Brachyscome multifida, e Chrysocephalum apiculatum, e Disphyma crassifolium</i>	Adelaine, Sul da Austrália	Csb

Quadro 4 – Distribuição de artigos por gênero, local e classificação Köppen e Geiger (Continuação)

Artigo	Gênero/ Espécie	Local	Classificação Köppen e Geiger
Nawaz et al., 2015	<i>Sedum sp.</i>	Leeds, Inglaterra	Cfb
Noya et al., 2017	<i>Sedum acre</i>	Paraná, Brasil	Cfa
Wan et al., 2021	<i>Musa textilis</i> e <i>Sedum sp.</i>	Guangxi, China	Aw
Macivor et al., 2013	<i>Bouteloua sp. (Grama)</i>	Toronto, Canadá	Dfb
Mickovski et al., 2013	<i>Sedum lydium</i>	Cambridge, Inglaterra	Cfb
Peng et al., 2017	<i>Sedum sp.</i>	Sheffield, Inglaterra	Cfb
Olly et al., 2011	<i>Sedum acre</i> e <i>Arabidopsis thaliana</i>	Birmingham, Inglaterra	Cfb
Romali et al., 2021	<i>Ipomoea pes-caprae</i> e <i>Sphagneticola trilobata</i>	Malásia, Pahang	Af
Savi et al., 2015	<i>Cotinus coggygria</i> , <i>Prunus mahaleb</i>	Trieste, Itália	Cfb
Bengtsson, et al., 2005	<i>Sedum Oro</i>	Malmö, Suécia	Cfb
Benvenuti et al., 2010	<i>Anthemis maritima</i> , <i>Flavum de glaucium</i> , <i>Helichrysum stoechas</i> , <i>Otanthus maritimus</i> , <i>Helichrysum italicum</i> , <i>Satureja Montana</i> , <i>Rupestre de Sedum</i> , <i>Scabiosa columbaria</i> , <i>Calamintha Nepeta</i> , <i>Centranthus ruber</i> , <i>Dianthus carthusianorum</i> , <i>Euphorbia characias</i> , <i>Leontodon tuberosus</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Scrophularia canina</i> , <i>Verbascum thapsus</i> , <i>Pungens armeria</i> , <i>Euphorbia pithyusa</i> , <i>Helichrysum italicum subsp. Microfillum</i> , <i>Crithmum maritimum</i> .	Toscana, Grosseto, Itália	Cfa
Skala et al., 2020	<i>Sedum L.: Sedum hybridum L., Sedum spurium M. Bieb., Sedum acre L.</i>	Kladno, República Tcheca	Dfb
Malcolm, et al., 2014	<i>Sedum (S. album, S. bithynicum, S. kamtschaticum, S. lineare, e S. spurium)</i>	Norfolk, Virginia, EUA	Cfa
Herrera, et al., 2018	<i>Sedum (S. spurium, S. kamtschaticum, S. reflexum, S. sexangulare, S. album, S. hybridum e S. rupestre)</i>	Santiago, Chile	Csb
Peng et al., 2019	<i>Sedum sp. e Lavandula sp.</i>	Sheffield, Inglaterra	Cfb
Nektarios et al., 2014	<i>Festuca arundinacea</i>	Atenas, Grécia	Csa
Papafotiou, et al., 2013	<i>Artemisia absinthium L., Helichrysum italicum Roth., e Helichrysum orientale L.</i>	Atenas, Grécia	Csa

Quadro 4 – Distribuição de artigos por gênero, local e classificação Köppen e Geiger (Continuação)

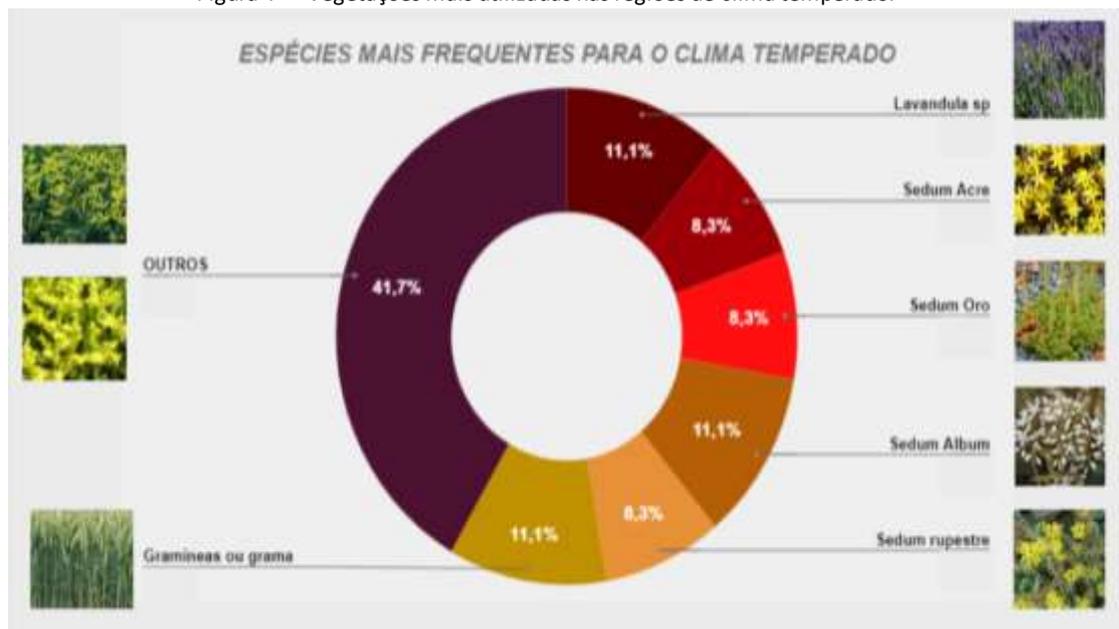
Artigo	Gênero/ Espécie	Local	Classificação Köppen e Geiger
Deska, et al., 2020	<i>Suculenta Sedum Oro e Sedum Acre</i>	Częstochowa, Polônia	Cfb
Tassoula, et al., 2015	<i>Convolvulus cneorum L.</i>	Maratona, Grécia	Csa
Arellano, et al., 2021	<i>Agave ferchoveri, Opuntia tomentosa, Sedum dendroideum e Altamiranoa Mexicana</i>	Cidade do México, México	Aw
Abualfaraj, et al., 2018	<i>Sedum sp.</i>	Nova York, EUA	Cfa
Zanin, et al., 2020	<i>Sedum ( Sedum album L., Sedum acre L., Sedum reflexum L., e Sedum sexangulare L.), Herbáceos Penere (Melica ciliata L., Artemisia alba Turra, Bromus erectus Huds e Dianthus carthusianorum L.), Suffruticose ( Potentilla pusilla Host, Clinopodium nepeta L., Thymus serpyllum L., Euphorbia cyparissas L., i L., Campanula spicata L., e Dianthus hyssopifolius L.)</i>	Pádua, Itália	Cfa
Carbone, et al., 2016	<i>Carpobrotus edulis, Dianthus gratianopolitanus e Cerastium tomentosum</i>	Calábria, Itália	Csa
Kasmin, et al., 2012	<i>Hemianthus micranthemoides</i>	Parit Raja, Malásia	Af
Nektarios et al., 2014	<i>Festuca arundinacea</i>	Atenas, Grécia	Csa
Peng et al., 2019	<i>Sedum sp. e Lavandula sp.</i>	Sheffield, Inglaterra	Cfb
Harada et al., 2018	<i>Lactuca sativa, Brassica juncea, Eruca sativa e Solanum lycopersicum</i>	Nova York, EUA	Cfa

Fonte: Autores, 2022.

De acordo com a Revisão, o gênero *Sedum* apareceu em 27 dos 46 artigos encontrados, tendo grande presença nos climas Cfb (11 artigos) e Cfa (9 artigos). Os estudos de locais com clima Af, BSh e Csa foram os únicos que não apresentaram o tipo de VG *Sedum*, entretanto poucos artigos foram encontrados nestes locais, o que torna necessário mais estudos para uma análise mais significativa. Devido a peculiaridade climática dos últimos climas citados, também não houve nenhuma repetição de VG utilizada em seus módulos experimentais.

Nos estudos classificados com clima Csb — que correspondem a 36 dos 46 artigos — identificou-se que os gêneros de VG que mais se destacaram e se repetiram foram *Sedum sp.* (com destaque para as espécies *S. Oro*, *S. Album*, *S. Acre* e *S. Rupestre*) e *Lavandula sp.* conforme a Figura 4. O gráfico mostra as vegetações mais utilizadas em relação ao total de estudos identificados e contido em “Outros” — espécies que não se repetiram ou pouco frequentes de *Sedum* e herbáceas perenes.

Figura 4 — Vegetações mais utilizadas nas regiões de clima temperado.



Fonte: Autores, 2022.

Vale ressaltar que o Sedum Acre não tolerou chuvas excessivas e, portanto, não é indicado para uso isolado (monocultura) em regiões de clima subtropical (Noya *et al.*, 2017).

Para as regiões de Clima Tropical, não houve constância ou frequência na escolha da VG, mostrando uma variabilidade de espécies, portanto os estudos foram analisados em relação aos seus subgrupos climáticos — Af e Aw. Para as regiões climáticas classificadas com Clima Equatorial (Af) os módulos experimentais de TVs foram plantados com Erva-Daninha (*Hemianthus micranthemoides*), Salsa-da-praia (*Ipomoea pes-caprae*) e Margaridão (*Sphagneticola trilobata*) na VG do TV. Destes três tipos, a Erva-Daninha destaca-se, retendo mais água em comparação com as outras duas espécies e foi escolhida devido a sua facilidade de manutenção e cultivo, não sendo suscetível a pragas e ampla disponibilidade local (Romali *et al.*, 2021). Para as regiões de Clima de Savana (Aw), o gênero que mais se repetiu nos módulos experimentais foi novamente o Sedum. (Wang, *et al.*, 2021; Noya, *et al.*, 2017)

Para as regiões de Clima Árido, onde a pluviosidade é baixa, a análise da melhor escolha para a VG foi obtida por meio de parâmetros de qualidade de água. Apenas um artigo foi encontrado nesta região (Santos *et al.*, 2022), e focou em examinar essas características utilizando a Babosa (*Aloe Vera*) e Coroa-de-frade (*Melocactus zehntneri*), plantas adaptadas ao semiárido brasileiro. A escolha destas espécies ocorreu devido a sobrevivência em solos pobres em nutrientes e escassez de recursos hídricos, sob intensa radiação solar e mostraram-se efetivas na melhora da concentração de DQO — Demanda Química de Oxigênio e DBO — Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Para as regiões de Clima Continental, das quais foram encontrados 3 artigos, todos os estudos utilizaram as plantas do gênero Sedum com destaque para o Sedum Lineare, devido ao baixo custo de manutenção e boa adaptabilidade ao frio e à seca. (Skala, *et al.*, 2020; Macivor, *et al.*, 2013; Gong, *et al.*, 2018)

#### 4. CONCLUSÃO

A revisão Sistemática de Literatura mostrou que para a implementação e o desenvolvimento de práticas sustentáveis de controle de escoamento em áreas urbanas, os telhados verdes são ferramentas indispensáveis e para a melhor compreensão de seu desempenho hidrológico e a cobertura vegetal deve ser testada sob variadas condições climáticas locais.

Em resposta à pergunta direcionada para realização deste estudo, concluiu-se que o *Sedum* sp. foi o gênero com a maior frequência de utilização (superior a 50% dos artigos selecionados), porém em alguns casos como o clima subtropical, não foi o melhor adaptado. Observou-se também que para regiões de Clima Temperado, principalmente Mediterrâneo, como Inglaterra e Itália, a *Lavandula* sp. e o *Sedum* sp. foram os gêneros mais estudados nos módulos experimentais de telhados verdes e para o Clima Subtropical (Sul do Brasil, centro do Japão) as vegetações mais utilizadas foram *Sedum*, *Helichrysum* e *Anthemis*.

Para trabalhos futuros, sugestiona-se a elaboração de módulos experimentais de telhados verdes nas regiões de Clima Tropical (exemplo, Malásia) e Árido (exemplo, Nordeste do Brasil) onde não foi possível indicar uma vegetação exata por insuficiência de resultados (apenas 5 artigos encontrados para estes dois climas).

#### 5. REFERÊNCIAS

ABUALFARAJ, Noura *et al.* Monitoring and Modeling the Long-Term Rainfall-Runoff Response of the Jacob K. Javits Center Green Roofs. **Water (Basel)**, v. 10, n. 11, p. 1494, 23 out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10111494>. Acesso em: 23 ago. 2022.

BARYLA, Anna *et al.* The Influence of a Green Roof Drainage Layer on Retention Capacity and Leakage Quality. **Water Science and Technology**, v. 77, p. 2886-2895, jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.283>. Acesso em: 23 set. 2022..

BECK *et al.*. Mapas de classificação climática Köppen-Geiger presentes e futuros com resolução de 1 km. **Science Data** v5, n.180214, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>>. Acesso em: 18 de setembro de 2022.

BEECHAM, S.; RAZZAGHMANESH, M. Hydrological Function of a Thin Extensive Green Roof in Southern Sweden. **Water Research**, v. 70, p. 370-384, 15 dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.12.015>. Acesso em: 10 out. 2022.

BENGTSSON, Lars; GRAHN, Lennart; OLSSON, Jonas. Hydrological Function of a Thin Extensive Green Roof in Southern Sweden. **Hydrology Research**, v. 36, n. 3, p. 259-268, jun. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/nh.2005.0019>. Acesso em: 2 set. 2022.

BENGTSSON, Lars. Peakflows from thin sedum-moss roof. **Hydrology Research**, Vol.36 (3), p.269-280, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/nh.2005.0020>. Acesso em: 20 out. 2022.

BENVENUTI, Stefano; BACCI, Davide. Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated dry green roofs. **Urban ecosystems**, v. 13, n. 3, p. 349-363, 25 mar. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0124-9>. Acesso em: 23 set. 2022.

BORTOLINI, Lucia; BETTELLA, Francesco; ZANIN, Giampaolo. Hydrological Behaviour of Extensive Green Roofs with Native Plants in the Humid Subtropical Climate Context. **Water (Basel)**, v. 13, n. 1, p. 44, 28 dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13010044>. Acesso em: 23 out. 2022.

BRANDÃO, Carolina *et al.* Wet Season Hydrological Performance of Green Roofs Using Native Species under Mediterranean Climate. **Ecological engineering**, v. 102, p. 596-611, 25 fev. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.025>. Acesso em: 25 set. 2022.

CARBONE, Marco *et al.* Comparison of Evapotranspiration Computation by FAO-56 and Hargreaves Methods. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 142, n. 8, p. 2, 1 ago. 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001032](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001032). Acesso em: 22 set. 2022.

DESKA, Iwona *et al.* Influence of the Hydrogel Amendment on the Water Retention Capacity of Extensive Green Roof Models. **Influence of the Hydrogel Amendment on the Water Retention Capacity of Extensive Green Roof Models**, v. 21, n. 1, p. 195-204, 1 jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.12911/22998993/112763>. Acesso em: 22 set. 2022.

FRANZARING, J. *et al.* Water retention, wash-out, substrate and surface temperatures of extensive green roof mesocosms—Results from a two year study in SW-Germany. **Ecological engineering**, v. 94, p. 503-515, 29 jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.021>. Acesso em: 29 set. 2022.

GONG, Yongwei *et al.* Factors Affecting Runoff Retention Performance of Extensive Green Roofs. **Water (Basel)**, v. 10, n. 9, p. 1217, 10 set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10091217>. Acesso em: 20 set. 2022.

HALIL, ZAFER ALIBAB; ISAIHAH, DAUDA. GREEN ROOF BENEFITS, OPPORTUNITIES AND CHALLENGES. **International Journal of Civil and Structural Engineering Research**, v. 7, n. 2, p. 106-112, 1 out. 2019. Disponível em: <http://www.researchpublish.com>. Acesso em: 6 out. 2022.

HARADA, Yoshiki *et al.* Hydrology of the Brooklyn Grange, an urban rooftop farm. **Urban ecosystems**, v. 21, n. 4, p. 673-689, 21 mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0749-7>. Acesso em: 5 out. 2022.

HERRERA, J. *et al.* Using a Hydrological Model to Simulate the Performance and Estimate the Runoff Coefficient of Green Roofs in Semiarid Climates. **Water (Basel)**, v. 10, n. 2, p. 198, 13 fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10020198>. Acesso em: 6 out. 2022.

KANECHI, M. *et al.* Performance of Herbaceous *Evolvulus pilosus* on Urban Green Roof in Relation to Substrate and Irrigation. **Urban forestry & urban greening**, v. 13, n. 1, p. 184-191, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.08.003>. Acesso em: 20 out. 2022.

KASMIN, H.; MUSA, S. Green Roof as a Potential Sustainable Structure for Runoff Reduction. IEEE Symposium on Business, **Engineering and Industrial Applications**: 889-93, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ISBEIA.2012.6423020>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

LOCATELLI, L. *et al.* Modelling of Green Roof Hydrological Performance for Urban Drainage Applications. **Journal of Hydrology Amsterdam, Holanda**. Vol.519, p.3237-3248, 2014. -Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.030>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

LONGOBARDI, A., D'AMBROSIO, R., MOBILIA, M. **Prevento a capacidade de retenção de águas pluviais de telhados verdes: um estudo experimental dos papéis do clima, umidade do substrato e propriedades da camada de drenagem**. Sustentabilidade 2019, v11, n. 6956. -Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11246956>. Acesso em: 31 out. de 2022.

LU, Jian *et al.* Responses of morphology and drought tolerance of *Sedum lineare* to watering regime in green roof system: A root perspective. **Urban forestry & urban greening**, v. 13, n. 4, p. 682-688, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.08.003>. Acesso em: 25 out. 2022.

MACIVOR, J. Scott *et al.* Decoupling Factors Affecting Plant Diversity and Cover on Extensive Green Roofs. **Journal of Environmental Management**, v. 130: p. 297-305, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.014>. Acesso em: 11 out. 2022.

MALCOLM, Elizabeth G. *et al.*. Measurements of Nutrients and Mercury in Green Roof and Gravel Roof Runoff. **Ecological Engineering**, v.73, p.705-712, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.030>. Acesso em: 05 out. 2022.

MICKOVSKI, Slobodan B. *et al.*. Laboratory Study on the Potential Use of Recycled Inert Construction Waste Material in the Substrate Mix for Extensive Green Roofs. **Ecological Engineering**, Vol.61, p.706-714, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.02.015>. Acesso em: 21 out. 2022.

MONTEIRO, Cristina M *et al.*. Growing Substrates for Aromatic Plant Species in Green Roofs and Water Runoff Quality: Pilot Experiments in a Mediterranean Climate. **Water Science and Technology**, Vol.76 (5-6), p.1081-1089, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2017.276>. Acesso em: 12 out. 2022.

MONTERUSSO, M. A. *et al.*. Runoff Water Quantity and Quality from Green Roof Systems. **Acta Horticulturae**, p.369-376, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.639.49>. Acesso em: 13 out. 2022.

NAGASE, A.; DUNETT N. Drought Tolerance in Different Vegetation Types for Extensive Green Roofs: Effects of Watering and Diversity. **Landscape and Urban Planning**, Vol.97 (4), p.318-327, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.07.005>. Acesso em: 14 set. 2022.

NAWAZ, R; MCDONALD A.; POSTOYKO S. Hydrological Performance of a Full-scale Extensive Green Roof Located in a Temperate Climate. **Ecological Engineering**, v.82, p.66-80, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.061>. Acesso em: 21 set. 2022.

NEKTARIOS, P. A. *et al.*. Festuca Arundinacea Drought Tolerance and Evapotranspiration When Grown on Two Extensive Green Roof Substrate Depths and under Two Irrigation Regimes. **European Journal of Horticultural Science**, v.79 (3), p.142-149, 2014. Disponível em: <[https://www.pubhort.org/ejhs/2014/file\\_4341620.pdf](https://www.pubhort.org/ejhs/2014/file_4341620.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2022.

NOYA, M. G. *et al.*. Substrates for Cultivating Herbaceous Perennial Plants in Extensive Green Roofs. **Ecological Engineering**, v.102, p.662-669, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.042>. Acesso em: 17 set. 2022.

OLLY, LM. *et al.*. An initial experimental assessment of the influence of substrate depth on floral assemblage for extensive green roofs. **Urban Forestry & Urban Greening**, v10(4), p.311-316, 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.07.005>>. Acesso em 21 de out. de 2022.

PAPAFOTIOU, M. *et al.*. Growth of Native Aromatic Xerophytes in an Extensive Mediterranean Green Roof as Affected by Substrate Type and Depth and Irrigation Frequency. **HortScience**, v.48 (10), p.1327-1333, 2013. Disponível em <<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.10.1327>>. Acesso em 05 de out. de 2022.

PENG, Z.; STOVIN, V. Independent Validation of the SWMM Green Roof Module." *Journal of Hydrologic Engineering* 22.9 (2017): **Journal of Hydrologic Engineering**, v.22 (9), 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001558](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001558). Acesso em 17 de set. de 2022.

PENG, Z., SMITH C., STOVIN V. Internal Fluctuations in Green Roof Substrate Moisture Content during Storm Events: Monitored Data and Model Simulations. **Journal of Hydrology (Amsterdam)**, v.573, p.872-884, 2019, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.04.008>. Acesso em 12 de set. de 2022.

PERSCH, C. G. *et al.*. Assessing the Scale Dynamics of the Rainfall Retention of Green Roofs in a Subtropical Climate. **Journal of Environmental Engineering**, Nova Iorque, v.147 (11), 2021: Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001933](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001933) . Acesso em 05 de s. de 2022.

RAIMONDI, A. *et al.*. Vegetation Survival in Green Roofs without Irrigation. **Water (Basel)**, v.13 (2), p.136, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/w13020136> > . Acesso em 11 de set. de 2022.

ROMALI, N S., OTHMAN N S., RAMLI N N. The Application of Green Roof for Stormwater Quantity and Quality Improvement. **IOP Conference Series. Earth and Environmental Science**, v.682 (1), p.120-129, 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/682/1/012029/meta> . Acesso em 24 de out. de 2022.

SALERNO, Franco *et al.* Factors Controlling the Hydraulic Efficiency of Green Roofs in the Metropolitan Area of Milan (Italy). **Sustainability (Basel, Switzerland)**, v.13 (24), p.136-138, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/su132413638>>. Acesso em 14 de set. de 2022.

SANTOS. S. M, MARINHO, É. P. ; LIMA, G. C., Green roof drained rainwater quality assessment: a physicochemical analysis from a case study in Northeastern Brazil. **Sustainable water resources management**, Vol.8 (4), n.106, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00698-x>. Acesso em 11 out. de 2022.

SAVI *et al.* Does Shallow Substrate Improve Water Status of Plants Growing on Green Roofs? Testing the Paradox in Two Sub-Mediterranean Shrubs. **Ecological Engineering**, v.84, p.292-300, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.036>>. Acesso em 18 de setembro de 2022.

SAVI *et al.* Effects of Hydrogel Amendment on Substrate and Plant Water Status. **The Science of the Total Environment**, v.490, p.467-476, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.020> > . Acesso em 10 de set. de 2022.

SHE, N.; PANG, J. Physically Based Green Roof Model. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.15 (6), p.458-464 Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000138](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000138) . Acesso em 11 de out de 2022.

SILVA, M. *et al.* Assessing the Retention Capacity of an Experimental Green Roof Prototype. **Water (Basel)**, v.12 (1), p.90, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w12010090>. Acesso em 28 de set. de 2022.

SKALA, V. *et al.* Hydrological and Thermal Regime of a Thin Green Roof System Evaluated by Physically-based Model. **Urban Forestry & Urban Greening** v.48, p.126-582, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126582> . Acesso em 14 de out. de 2022.

SPEAK, A.F. *et al.* Rainwater Runoff Retention on an Aged Intensive Green Roof. **The Science of the Total Environment**, v.461-462, p.28-38, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.085> . Acesso em 19 de out. de 2022.

DOS SANTOS, Sylvana Melo *et al.* Green roof drained rainwater quality assessment: a physicochemical analysis from a case study in Northeastern Brazil. **Sustainable water resources management**, v. 8, n. 4, 5 jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00698-x>. Acesso em: 6 set. 2022.

TASSOULA, Lamprini *et al.* Growth of the Native Xerophyte *Convolvulus Cneorum* L. on an Extensive Mediterranean Green Roof under Different Substrate Types and Irrigation Regimens. **HortScience**, v. 50, n. 7, p. 1118-1124. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.7.1118>. Acesso em: 10 set. 2022.

VERSINI, P. *et al.* Assessment of the Hydrological Impacts of Green Roof: From Building Scale to Basin Scale. **Journal of hydrology (Amsterdam)**, v. 524, n. 524, p. 562-575, 16 mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.020>. Acesso em: 21 set. 2022.

WANG, Jun *et al.* The Rainwater Retention Mechanisms in Extensive Green Roofs with Ten Different Structural Configurations. **Water science and technology**, v. 84, n. 8, p. 1839-1857, 22 set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2021.413>. Acesso em: 10 out. 2022.

ZANIN, Giampaolo; BORTOLINI, Lucia. Performance of Three Different Native Plant Mixtures for Extensive Green Roofs in a Humid Subtropical Climate Context. **Water (Basel)**, v. 12, n. 12, p. 3484, 11 dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w12123484>. Acesso em: 21 set. 2022.