

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Letícia Alessandra Avila dos Santos

**Uso de paredes verdes em edificações para manejo de águas pluviais urbanas**

Florianópolis

2020

Letícia Alessandra Avila dos Santos

**Uso de paredes verdes em edificações para manejo de águas pluviais urbanas**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Grau de Engenheira Sanitarista e Ambiental.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Alexandra Finotti  
Coorientadora: Larissa Thainá Schmitt Azevedo

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

dos Santos, Leticia Alessandra Avila

Uso de paredes verdes em edificações para o manejo de águas pluviais urbanas / Leticia Alessandra Avila dos Santos ; orientadora, Alexandra Finotti, coorientador, Larissa Thainá Schmitt Azevedo, 2020.

92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. paredes verdes. 3. drenagem urbana sustentável. 4. manejo de águas pluviais urbanas. I. Finotti, Alexandra . II. Thainá Schmitt Azevedo, Larissa. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Letícia Alessandra Avila dos Santos

**Uso de paredes verdes em edificações para manejo de águas pluviais urbanas**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Sanitária e Ambiental

Florianópolis, 29 de setembro de 2020.



Documento assinado digitalmente  
Maria Elisa Magri  
Data: 06/10/2020 13:55:04-0300  
CPF: 044.011.369-50

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Elisa Magri, Dr.<sup>a</sup>  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Alexandra Rodrigues Finotti  
Data: 06/10/2020 09:25:20-0300  
CPF: 590.114.321-34

---

Prof.<sup>a</sup> Alexandra Finotti, Dr.<sup>a</sup>  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Patrícia Kazue Uda, Dr.<sup>a</sup>  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Bruno Segalla, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha amada família e meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

A sensação de finalizar este ciclo tão bem vivido traz um ímpeto de uma nostalgia triste e feliz, ao mesmo tempo. O fim que uma hora chegaria, mas nunca imaginei que seria tão rápido a chegar. E chegou, em meio à uma pandemia, dentro de tantas incertezas e angústias, porém com o sentimento de amparo sempre presente. Nesta página breve venho reforçar a importância dos vínculos e relações que estabelecemos nesta vida e, neste caso, neste ciclo da faculdade.

Agradeço aos meus pais, pelo amparo e suporte que me forneceram ao longo destes anos, por todo amor e auxílio que me deram nestes 24 anos de vida. Sou muito feliz por ter pais tão presentes e amáveis em minha vida, tenho muito orgulho de ser filha de João e Vera, duas pessoas maravilhosas.

Agradeço aos meus irmãos, os quais no decorrer dos últimos anos se tornaram cada vez mais meus amigos. Fernanda e João Vitor além do laço de sangue, tenho o prazer de compartilhar com vocês essa caminhada linda que chamamos de vida, como amigos e companheiros para momentos bons e ruins.

Fernanda um agradecimento especial para você, que dividiu o lar comigo nos dois primeiros anos de faculdade e teve uma paciência inegável. Além disso, você é meu exemplo de mulher na vida e me provou que a doença física é mínima quando o amor que temos em volta é gigante.

Nestes últimos anos de universidade, tive o prazer de criar uma segunda família. A família de amigos que estiveram comigo nestes anos morando longe dos pais. Agradeço a todos que se fizeram presentes nos mais variados momentos, em especial gostaria de agradecer ao Guilherme, Isabela, Martina, Virgínia, Carolina e Manoela, os quais se tornaram verdadeiros irmãos que levarei para vida.

Por fim, com o intuito de direcionar os agradecimentos às responsáveis pela realização deste trabalho, gostaria de agradecer à Professora Alexandra por disponibilizar o tema de paredes verdes no âmbito da drenagem urbana e instigar um trabalho de qualidade. Apesar do momento atual, consegui aproveitar com paixão e entusiasmo a leitura sobre a temática, e foi possível despertar a curiosidade sobre o assunto. Gostaria de agradecer também à Larissa, que me forneceu suporte e me auxiliou com a evolução no tema com sua orientação, agradeço pelas conversas e todo o apoio dado.

A cidade nasce da água. A história urbana pode ser traçada tendo como eixos as formas de apropriação das dinâmicas hídricas. A trajetória das relações entre cidades e corpos d'água reflete, assim, os ciclos históricos da relação entre homem e natureza. (MELLO, 2008).





## RESUMO

O contexto da drenagem urbana se modificou nas últimas décadas com a aparição da abordagem da drenagem urbana sustentável, a qual tem como intuito a harmonização dos sistemas de manejo de águas pluviais das zonas urbanas com o viés ambiental. Esta concepção dos sistemas de drenagem urbana visa, entre outros, a redução da geração do escoamento superficial, ocasionada pela implantação de vastas áreas impermeáveis no processo de urbanização. Inserida nessa abordagem, consta a utilização de infraestruturas verdes em cidades ao redor do mundo, as quais são responsáveis por difundir múltiplos benefícios com uma gestão eficiente da água nos meios urbanos. Dentro das técnicas de infraestruturas verdes se encontra a inserção de paredes verdes. Trata-se de uma técnica recente e ainda pouco aplicada, com o intuito de manejo de águas pluviais. Este trabalho teve como objetivo contextualizar os métodos aplicados para a técnica de paredes verdes e analisar os resultados dos estudos existentes, propiciando uma verificação da aplicabilidade para a realidade das cidades brasileiras. A metodologia utilizada foi a de Revisão Integrativa, a fim de coletar informações referentes ao dimensionamento das estruturas, vegetações utilizadas, países com a presença de estudos relacionados à técnica em questão, materiais necessários para construção e manutenção, além de informações em relação à aplicação de infraestruturas verdes nas cidades do mundo. O uso deste tipo de estrutura no Brasil foi avaliado por meio do estabelecimento de critérios de aplicabilidade definidos com o auxílio também da literatura. Em relação ao contexto brasileiro, foram analisados casos nacionais de medidas de infraestruturas verdes, com foco em telhados verdes, nos municípios do território brasileiro e, observadas as legislações nacionais que abrangem a aplicação de metodologias de drenagem urbana sustentável. A partir dos estudos avaliados e dos critérios estabelecidos para o Brasil, foi possível realizar um comparativo e concluir que a inserção dos sistemas de paredes verdes, voltados para o manejo das águas pluviais, é viável para a realidade brasileira. No entanto, existe a necessidade de serem realizadas avaliações para as particularidades de cada região brasileira. Ademais, existe uma lacuna em relação à aplicação de paredes verdes no âmbito de drenagem urbana, sendo necessários mais estudos sobre este tipo de estrutura.

**Palavras-chave:** Paredes verdes. Águas pluviais. Infraestruturas verdes. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Drenagem urbana sustentável.

## ABSTRACT

The background of urban drainage has changed in recent decades with the emergence of the sustainable urban drainage approach, which aims to harmonize stormwaters management systems in urban areas related with the environment. This design of urban drainage systems has the objective of reducing the speed of stormwaters runoff, caused by the implementation of large waterproof areas in the urbanization process. This approach includes the use of green infrastructures in cities around the world, which are responsible for diffusing multiple benefits with efficient water management in urban environments. Inside the green infrastructure techniques analyzed in the last decades, within the framework of urban drainage, is the insertion of green walls. Green walls systems are subdivided into two main categories, green walls and living walls. In this work we analyzed the modular living walls for the application of stormwaters management techniques, however, in order to cover a larger number of studies, we chose the term green walls in general. This approach includes the use of green infrastructures in cities around the world, which are responsible for diffusing multiple benefits with efficient water management in urban environments. Inside the green infrastructure techniques analyzed in the last decades, within the framework of urban drainage, is the insertion of green walls. Green walls systems are subdivided into two main categories, green walls and living walls. In this work we analyzed the modular living walls for the application of stormwaters management techniques, however, in order to cover a larger number of studies, we chose the term green walls in general. Through the studies analyzed it was possible to raise standards regarding the materials used and vegetations species applied. The criteria were applied to contextualize the technique to the Brazilian reality, with the search for accessibility of the items present in the surveys conducted. In a connection with the Brazilian context, national cases of green infrastructure measures were analyzed in the cities of Brazilian territory and, observed the national legislations that cover the application of sustainable urban drainage methodologies. From the studies evaluated and the criteria established for Brazil, it was possible to make a comparison and conclude that the insertion of green wall systems, focused on the management of stormwaters, is achievable for the Brazilian reality. However, there is a necessity to make evaluations for the particularities of each Brazilian region. Furthermore, there is a gap in relation to the application of green walls in urban drainage, and further studies are needed for this type of structure.

**Keywords:** Green Walls. Stormwater. Green Infrastructure. Sustainable urban drainage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 - Efeitos da urbanização no Balanço Hídrico .....	22
Figura 3-2 - Impactos das zonas urbanas nas águas.....	23
Figura 3-3 - Sistema de infraestrutura verde em cidades. ....	28
Figura 3-4 - Categorização das paredes verdes.....	31
Figura 3-5 - Implantação da fachada verde direta.....	32
Figura 3-6 - Exemplo de fachada verde direta.....	32
Figura 3-7 - Implantação da fachada verde indireta.....	32
Figura 3-8 - Exemplo de fachada verde indireta.....	33
Figura 3-9 - Estruturas de paredes vivas do tipo modulares.....	34
Figura 3-10 - Implantação da paredes vivas contínuas .....	35
Figura 3-11 - Exemplo de paredes vivas contínuas .....	35
Figura 3-12 - Implantação da paredes vivas modulares. ....	36
Figura 3-13 - Exemplo de paredes vivas modulares. ....	36
Figura 4-1 - Componentes da Revisão Integrativa de Literatura.....	40
Figura 4-2 – Modelo da planilha de sistematização das informações.....	44
Figura 5-1 – Fluxograma das Atividades realizadas na Revisão Integrativa .....	46
Figura 5-2 - Quantidade de publicações por ano dos estudos gerados pela pesquisa	53
Figura 5-3 - Porcentagem dos tipos dos documentos das publicações .....	54
Figura 5-4 - Quantidade de publicações por ano dos estudos gerados pela pesquisa	55
Figura 5-5 - Módulos do tipo Elmich Green Wall. ....	58
Figura 5-6 - Montagem da estrutura de paredes verdes circular.....	60
Figura 5-7 - Estrutura de paredes verdes circular .....	60
Figura 5-8 - Sistema de paredes verdes.....	61
Figura 5-9 - Módulos divididos pelos tipos de vegetações .....	62
Figura 5-10 - Modelo utilizado - Paredes verdes de 3 níveis .....	64
Figura 5-11 - Modelo de paredes verdes .....	65
Figura 5-12 - Modelo de parede verde utilizado para produção de alimentos .....	66
Figura 5-13 - Tipos de Solo em comparação com a redução do escoamento das águas	70
Figura 5-14 – Imagem esquemática de paredes verdes modulares da Ecotelhado ....	75
Figura 5-15 - Imagem esquemática de vista lateral e espaçamento da Ecotelhado ...	75
Figura 5-16 - <i>Sedum spurium</i> .....	78
Figura 5-17 - <i>Sedum sexangulare</i> .....	78

Figura 5-18 - <i>Sedum album</i> .....	78
Figura 5-19 - <i>Sedum angelina</i> .....	78
Figura 5-20 - <i>Sedum ternatum</i> .....	79
Figura 5-21 - <i>Sempervivum tectorum</i> .....	79
Figura 5-22 - <i>Ajuga reptans</i> .....	79
Figura 5-23 - <i>Carex appressa</i> .....	79
Figura 5-24 - <i>Nephrolepis obliterata</i> .....	42
Figura 5-25 - <i>Liriope muscari</i> .....	42
Figura 5-26 - <i>Myoporum parvifolium</i> .....	80
Figura 5-27 - <i>Ophiopogon japonicus</i> .....	80

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4-1- Materiais preliminares da Revisão Integrativa .....	41
Quadro 5-1 – Síntese da aplicação da Revisão Integrativa .....	49
Quadro 5-2 - Estudos resultantes da busca da Revisão Integrativa .....	51
Quadro 5-3 – Síntese dos conteúdos abordados pelos estudos .....	56
Quadro 5-4 - Legislações relacionadas a aplicação de infraestruturas verdes nos municípios brasileiros .....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 - Performance hidrológica do sistema de parede verde.....	70
----------------------------------------------------------------------	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

BMPs – Best Management Practices

LID – Low Impact Development

MAPLU – Manejo de Águas Pluviais Urbanas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems

SWMM – Storm Water Management Model

WSUD – Water Sensitive Urban Design

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
2.1	Objetivo Geral .....	19
2.2	Objetivos Específicos.....	19
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>20</b>
3.1	URBANIZAÇÃO BRASILEIRA.....	20
3.2	INUNDAÇÕES .....	23
3.3	DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS.....	25
<b>3.3.1</b>	<b>Drenagem Urbana Sustentável .....</b>	<b>27</b>
3.3.1.1	<i>Infraestruturas Verdes.....</i>	28
3.3.1.1.1	<i>Paredes Verdes (Green walls).....</i>	29
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
4.1	REVISÃO DE LITERATURA.....	38
<b>4.1.1</b>	<b>Revisão Integrativa de Literatura .....</b>	<b>39</b>
4.1.1.1	<i>Identificação do tema .....</i>	41
4.1.1.2	<i>Amostragem ou busca na literatura.....</i>	42
4.1.1.3	<i>Categorização dos estudos .....</i>	43
4.1.1.4	<i>Avaliação dos estudos incluídos na Revisão Integrativa .....</i>	44
4.1.1.5	<i>Interpretação dos resultados .....</i>	45
4.1.1.6	<i>Síntese do conhecimento.....</i>	46
<b>4.1.2</b>	<b>Aplicabilidade à realidade brasileira.....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>49</b>
5.1	REVISÃO INTEGRATIVA DO TEMA .....	49
<b>5.1.1</b>	<b>Identificação do Tema e Amostragem - Etapas 1 e 2 .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Extração dos dados e avaliação dos estudos resultantes da busca - Etapa 3 e 4 .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Interpretação dos Artigos e Síntese do Conhecimento – Etapa 5 e 6 .....</b>	<b>57</b>
5.1.3.1	<i>Modelos, métodos e técnicas .....</i>	57
5.1.3.1.1	<i>Dimensionamento das estruturas para o manejo de águas pluviais .....</i>	57
5.1.3.1.2	<i>Remoção de nutrientes .....</i>	64
5.1.3.1.3	<i>Produção de alimentos.....</i>	65
5.1.3.2	<i>Indicadores de análises dos artigos abordados .....</i>	66
5.1.3.3	<i>Avaliações realizadas pelos artigos abordados .....</i>	67
5.2	APLICABILIDADE À REALIDADE BRASILEIRA .....	73
5.2.1.1	<i>Acessibilidade aos materiais dos sistemas de paredes verdes .....</i>	74
5.2.1.1.1	<i>Módulos para inserção das plantas.....</i>	74
5.2.1.1.2	<i>Sistemas de irrigação.....</i>	75
5.2.1.1.3	<i>Estruturas de suporte .....</i>	76



5.2.1.1.4	Calha coletora .....	76
5.2.1.1.5	Camada impermeável.....	76
5.2.1.1.6	Substrato .....	77
5.2.1.1.7	Cisterna para armazenamento da água da chuva .....	77
5.2.1.2	<i>Existência das espécies de vegetações no território brasileiro.....</i>	77
5.2.1.3	<i>Presença de infraestruturas verdes no cenário brasileiro.....</i>	80
5.2.1.4	<i>Legislações brasileiras voltadas para aplicação de infraestruturas verdes.....</i>	81
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>85</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, existe um déficit considerável no setor de drenagem urbana, verificando-se este fato em ocorrências de enchentes nas cidades brasileiras. De acordo com o Diagnóstico de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do ano de 2018 do SNIS (Sistema Nacional de Informações de Saneamento), o país apresentou 141.548 habitantes desabrigados por motivos de eventos hidrológicos impactantes, como inundações, enxurradas e alagamentos. Os dados são alarmantes para a necessidade de melhores infraestruturas de drenagem urbana nos municípios brasileiros.

A drenagem urbana tradicional se caracteriza pelo controle da macrodrenagem e da microdrenagem. O conceito mais moderno de manejo de águas pluviais urbanas inclui elementos como a consideração da bacia como unidade de planejamento e favorecimento da infiltração e do armazenamento. Esses conceitos estão associados a conjuntos de técnicas que recebem denominações diferentes no mundo como por exemplo *Low Impact Development* (LID), *Sustainable Drainage Systems* (SuDS) e Técnicas Compensatórias. Resumidamente, são medidas minimizadoras e descentralizadas para redução dos impactos das chuvas em zonas urbanas (FLETCHER et al, 2015).

Algumas soluções de técnicas compensatórias se consolidaram amplamente no Brasil e no mundo, como sistemas de captação de água da chuva e jardins de chuvas. No entanto, novas técnicas vêm sendo desenvolvidas a fim de reduzir cada vez mais o impacto do processo de urbanização dos municípios (TUCCI, 2013).

Em meio ao cenário de propagação de técnicas de infraestruturas verdes, as paredes verdes surgem como soluções de drenagem urbana. Inicialmente, as paredes verdes eram utilizadas com funções estéticas e decorativas, porém, nos últimos anos, vem sendo estudado o seu uso para o controle de escoamento superficial e o tratamento de águas cinzas em edifícios (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). As paredes verdes visam a fixação de uma estrutura de plantas na lateral dos prédios com o direcionamento da água da chuva captada pelas calhas do telhado para um reservatório que direciona a água coletada de forma controlada para a estrutura de plantas fixadas. Além disso, funcionam como sistemas retentores de água da chuva com escoamento lento e controlado.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa de referências nacionais e internacionais sobre a metodologia na aplicação das paredes verdes, com enfoque da técnica para a drenagem urbana. Por meio da análise destes estudos, foi possível observar os

locais de aplicação do método, os tipos de estruturas utilizadas, critérios construtivos e sua viabilidade de implantação para as características ambientais brasileiras.

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de paredes verdes voltado para o manejo de águas pluviais urbanas, além de verificar a aplicabilidade da técnica no contexto brasileiro.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Revisar os trabalhos publicados com o uso de paredes verdes;*
- *Sistematizar as aplicações práticas das paredes verdes;*
- *Verificar a implantação das paredes verdes direcionada para o uso no Brasil, buscando como referências trabalhos realizados no meio internacional, além de estabelecer comparativos necessários para aplicação da técnica no país.*

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 URBANIZAÇÃO BRASILEIRA

A partir de 1960, tem-se um momento de transformações na distribuição populacional no território brasileiro. Entre as décadas de 1960 e 1980, as cidades brasileiras sofreram um acréscimo em formato exponencial, com cerca de cinquenta milhões de habitantes, sendo que de 1980 até 1990 a população das zonas urbanas aumentou em uma proporção de 40%, em comparação aos anos anteriores, sendo este valor próximo de trinta milhões. O estado de São Paulo surgiu como o estado brasileiro de maior transição da população agrícola para urbana, com uma taxa de 20,31% de decréscimo da população rural entre as décadas de 1960 e 1980. (SANTOS, 2008).

Maricato (2003) avalia a distribuição da população brasileira no território do país pela influência da regulamentação do trabalho urbano, na década de 1930, com o incentivo às práticas industriais e à construção de projetos de infraestrutura industrial, esses propiciaram o movimento migratório das regiões agrícolas para as zonas urbanas. Rolnik (1997) apresenta a organização espacial das zonas urbanas como uma contraposição que conduz aos meios inseridos na legislação urbanística e, por outra face, espaços à parte da aplicação da organização das cidades. Estes espaços à parte, enquadram-se nas moradias e divisões de municípios que inicialmente são definidas como irregulares, porém contemplam uma grande parcela da população brasileira

As consequências da urbanização nas cidades brasileiras podem ser observadas pelas problemáticas vistas das últimas décadas, como a grande quantidade de edificações e o uso do solo desrespeitado, alto número de ocupações irregulares, baixa integração entre os processos de urbanização e as questões ambientais, além da falta de planejamento da distribuição urbana nos municípios brasileiros (MARICATO, 2001).

A falta de integração entre os processos de urbanização e as questões ambientais, incluem também as ocorrências dos fenômenos hidrológicos, sobretudo em relação aos rios. Após o século XIX, com o aumento das zonas urbanas, passaram a existir os problemas ocasionados pela ausência de infraestrutura de controle das águas nas cidades, podendo estas serem do meio natural (rios, lagos e áreas úmidas) e águas de origem pluvial e servidas. Os

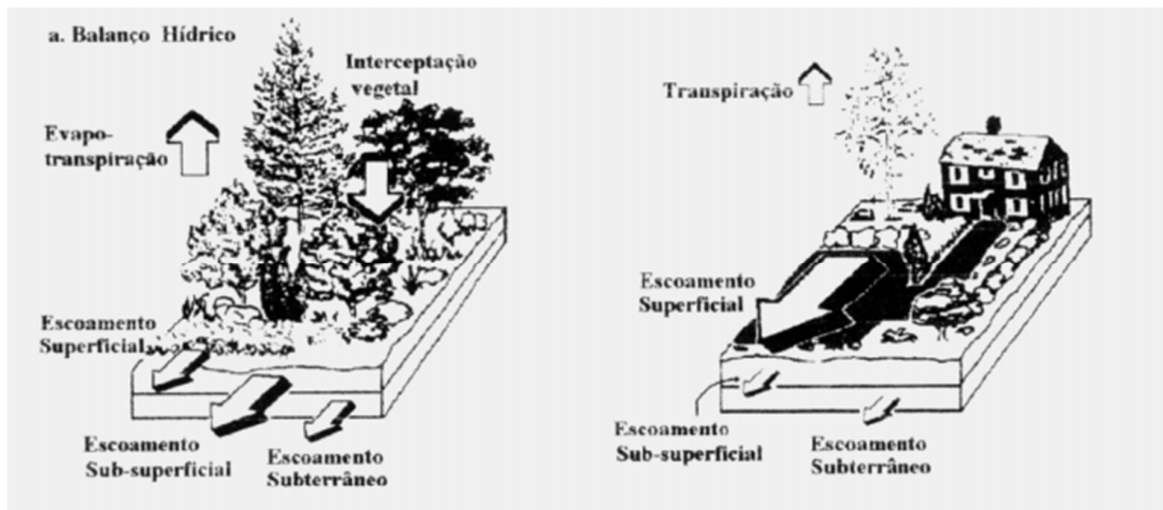
fundamentos positivistas em conjunto com as características sanitárias da época fundamentaram alterações técnicas sobre os modos de organização social e ambiental, modificando as divergências entre a presença de águas nos meios urbanos, salientando o termo “*tout à l’égout*”, que visa o escoamento acelerado das águas de origem das chuvas. Neste período, as águas urbanas passam a ser vistas através da lógica de redução necessária dos cursos d’água nas cidades, sendo retiradas dos papéis de elementos paisagísticos. (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Algumas problemáticas relacionadas ao uso do solo inadequado e a utilização das águas aparecem com os processos de urbanização e expressam-se nos seguintes itens (TUCCI, 2012):

- *A ocupação de áreas irregulares acarreta em consequências na qualidade da água disponível para os municípios;*
- *Impermeabilização das áreas urbanas como viés do planejamento urbano;*
- *Canalização de rios urbanos e redução do controle relacionado a inundações urbanas, além da redução da qualidade das águas presentes nas cidades; e*
- *Maior densidade de população presente em espaços reduzidos, gerando maior uso das águas e maior quantidade de efluentes gerados, sobrecarregando os mananciais.*

Os pontos levantados acima estão relacionados com a ocupação de zonas urbanas e podem ser exemplificados na Figura 2-1, observa-se também como fatores de influência do meio através da urbanização, a erosão e sedimentação do solo, ocupação de áreas ribeirinhas e morros urbanos e outras situações características das cidades brasileiras (TUCCI, 2012). A imagem exemplifica as diferenças entre o funcionamento do ciclo da água em locais com a presença de zonas urbanas, ao ser comparado com o caso de solo com vegetação.

Figura 2-1 - Efeitos da urbanização no Balanço Hídrico.



Fonte: Tucci (2003).

Como impactos negativos na qualidade das águas, o processo de urbanização aparece como responsável pelo aumento da carga orgânica e poluentes, diminuindo a biodiversidade de fauna e flora, logo acarretando na ausência de água em quantidade e qualidade para aplicação de seus múltiplos usos. Além da redução da infiltração e aceleração do escoamento superficial, já citados anteriormente, tem-se o aumento dos picos dos hidrogramas de cheias (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

A redução dos processos de interceptação da água, do armazenamento e da infiltração, além da aceleração do escoamento superficial está diretamente relacionada ao aumento das zonas urbanas. Estes fatores somam-se à implantação de sistemas de drenagem urbana voltados para o quadro higienista, favorecendo a ocorrência com periodicidade maior das inundações em zonas urbanas, apresentando consequências negativas no aspecto econômico, social e político. (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Os impactos ocasionados pelas zonas urbanas podem ser identificados na Figura 2-2, além de ser possível observar as consequências diretas e indiretas ocasionadas pelo processo de urbanização, como as inundações.

Figura 2-2 -Impactos das zonas urbanas nas águas.



Fonte: Baptista e Cardoso (2013) adaptado Chocat (1997).

Por meio do histórico do processo de urbanização do Brasil, é possível observar um crescimento das zonas urbanas de forma acelerada em poucas décadas, fator que contribuiu para a precariedade no planejamento das cidades. A ausência da estruturação de áreas urbanas brasileiras influenciou no processo de exclusão dos rios dos meios urbanos, visto que os cursos d'água deveriam ser suprimidos pela lógica sanitária do século XX. A partir das medidas de drenagem urbana tomadas nesta época, foi observado o aumento da incidência de inundações em cidades.

## 2.2 INUNDAÇÕES

A ocorrência da urbanização no território brasileiro trouxe consigo efeitos em relação ao manejo das águas pluviais nas cidades, com a frequência cada vez maior de inundações em áreas urbanas, fenômeno que apresenta vastas implicações sociais, econômicas e ambientais (MOURA; BAPTISTA; BARRAUD, 2009).



O Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do SNIS (2018) traz à tona a vulnerabilidade da população brasileira em relação às ocorrências de inundações. Neste estudo, foi possível observar que 67,7% dos municípios brasileiros não possuem mapeamento de áreas de riscos, método que auxilia na identificação da parcela de residências em situações de riscos de inundações. No ano de 2018, dentre os municípios que contém o mapeamento, 3,3% dos domicílios foram identificados em situação de risco. Todavia, como consequência das inundações urbanas, 141.548 brasileiros sofreram com o desabrigamento ou desalojamento no ano de 2018.

A drenagem urbana clássica surgiu como uma forma de controlar as águas urbanas, tendo como finalidade a redução dos eventos de inundações nas cidades. Salienta-se que, a partir da década de 1960, as obras hidráulicas de grande porte são questionadas por refletirem em impactos drásticos para o meio ambiente. (TUCCI; BERTONI, 2003).

Tucci e Bertoni (2003) apontam que as formas de inundações por meio do escoamento pluvial nas zonas urbanas são determinadas por dois motivos, isolados ou simultaneamente, o primeiro refere-se às inundações em áreas ribeirinhas. O segundo trata das inundações em consequência dos processos de urbanização. Consta-se, no decorrer da história do desenvolvimento humano, a repetição de inundações ribeirinhas, porém as inundações urbanas aparecem como problemáticas das cidades no século XX (TUCCI; BERTONI, 2003).

Os autores reforçam que os efeitos de inundações podem vir a ocorrer de forma isolada ou conjuntamente, sendo as inundações ribeirinhas comuns em bacias de grande e médio porte, consideradas maiores que 500 km<sup>2</sup>, as inundações relacionadas a urbanização podem ser vistas também em bacias pequenas com zonas urbanas, sendo de 1 a 100 km<sup>2</sup>.

Em relação às inundações urbanas, retrata-se os processos de construções de estruturas de canalização como uma das ferramentas aceleradoras das inundações urbanas. Sendo assim, iniciou-se um processo nestes países de investir em medidas não estruturais e medidas de controle de volume por meio de detenções urbanas. Goerl e Kobiyama (2005) definiram a enchente como um evento de quando ocorre a elevação das águas do rio até a altura de suas margens, porém não ocorre o transbordamento das áreas em seu entorno. A inundação é o termo utilizado quando existe o transbordamento para a região do leito do rio. As inundações podem ser subdivididas nas seguintes classificações (GOERL; KOBİYAMA, 2005):

- *Inundações graduais: ocorrem de maneira desacelerada, em que primeiro ocorre a elevação do nível e, após este momento, é possível observar o transbordamento de forma lenta. Podem ser observadas nas áreas do entorno dos rios, na região nomeada de planície de inundação, e são ocasionadas por chuvas intensas e duradouras. Apresentam baixo risco de mortes para a população situada nestas áreas;*
- *Inundações bruscas: tratam-se dos eventos que são acontecimentos repentinos, não havendo modos para a população se preparar com segurança, sendo eventos que acontecem no tempo próximo a chuva causadora. No Brasil, aparecem por meio da nomenclatura de enxurradas.*

A partir dos pontos elencados a respeito da relação entre os processos urbanos e a drenagem urbana, verifica-se a necessidade de uma visão diferenciada em relação aos sistemas de drenagem, buscando ações com uma consciência de sustentabilidade maior (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

As inundações ocasionadas pelos processos de urbanização acarretam consequências drásticas para o meio social, econômico e ambiental. Sendo assim, no intuito de solucionar as problemáticas relacionadas ao tema, a drenagem urbana tem se difundido para vertentes que buscam minimizar os impactos ocasionados pelas áreas impermeáveis das cidades, além de proporcionar o manejo das águas pluviais de forma adequada.

### 2.3 DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Os rios passaram por drásticas alterações em seus cursos a partir do desenvolvimento das cidades, decrescendo o seu papel de importância nas sociedades ao longo dos anos. É possível notar a falta da otimização dos múltiplos usos das águas com os impactos da urbanização em relação ao meio ambiente, por meio dos impactos na quantidade e qualidade das águas das bacias (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

Alguns pontos são levantados como fatores determinantes para os investimentos massivos em obras de macrodrenagem e microdrenagem, como por exemplo a falta de interesse em soluções mais econômicas, a falta de financiamento e legislações perante medidas não

estruturais e o conhecimento tradicional sobre drenagem urbana ainda ser mais difundido (TUCCI; BERTONI, 2003).

A estruturação dos sistemas de drenagem ocorre a partir das ferramentas de microdrenagem e macrodrenagem, as quais são explicitadas abaixo:

- *Sistemas de microdrenagem: realizam o escoamento de águas superficiais das vias de acesso, por meio de sarjetas, possuindo dispositivos para capturar estas águas. A microdrenagem interliga-se a locais para deságue ou sistemas de macrodrenagem; e*
- *Sistemas de macrodrenagem: condizem com canais abertos ou galerias, os quais podem conter bueiros, dissipadores de energias e até mesmo estações elevatórias de águas pluviais (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).*

Na Europa e na América do Norte, teve início na última década, a difusão das técnicas compensatórias de drenagem urbanas responsáveis por diminuir as consequências dos processos de urbanização e controlar os sobressalentes de água relacionados à impermeabilização das superfícies urbanas, logo, nega-se o preceito de escoamento acelerado das águas pluviais para jusante. As técnicas compensatórias buscam por meio de tecnologias promover a infiltração e o armazenamento das águas, resultando no acréscimo do tempo de permanência das mesmas na bacia. Além dos objetivos das técnicas compensatórias levantados, apresenta-se, também, a gestão das águas pluviais, a qual consiste na estruturação dos métodos de técnicas compensatórias com o meio urbano, levando em consideração uma organização integrada entre os riscos oferecidos de inundações, a sociedade que habita a bacia e o ambiente que circunda a região. (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Em contrapartida à ideologia higienista aplicada durante as últimas décadas nas cidades brasileiras, Maricato (2001) avalia a importância da bacia hidrográfica como referência para o planejamento urbano, sendo o nível de comprometimento ambiental e com a qualidade de vida das pessoas que habitam as metrópoles brasileiras, parâmetros de sustentabilidade para os habitantes e para as zonas urbanas.

Como forma de agregar a água às sociedades atuais, vem se observando um processo de integração da água à paisagem urbana e atribuídos seus múltiplos usos. Entretanto, verificam-se desafios relacionados à estruturação da organização do quesito ambiental e urbano em conjunto, sendo necessárias ações relacionadas às instituições administrativas públicas. O

processo de readequação da água às zonas urbanas implica na análise das questões sociais, econômicas e políticas conjuntamente, a partir de um levantamento das necessidades urbanísticas e com auxílio dos órgãos públicos para aplicação dos planejamentos urbanos com enfoque na utilização de técnicas sustentáveis de gestão da água (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

### 2.3.1 Drenagem Urbana Sustentável

Como forma de facilitar a infiltração das águas de chuvas, as técnicas compensatórias promovem a recarga dos mananciais subterrâneos, os quais são amplamente influenciados pela forte presença de áreas impermeáveis nas regiões urbanas. Sobretudo, a aplicação das técnicas compensatórias auxilia na utilização de cidades por um viés sustentável para questões econômicas e ambientais, influenciando na melhoria da qualidade de vida da sociedade. Alguns dos benefícios das técnicas seriam a diminuição nos riscos de contaminação por meio da poluição de origem da rede pluvial e o baixo impacto ambiental (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Similar ao conceito das técnicas compensatórias existem também “*Sustainable Urban Drainage Systems*” (SUDS), “*Water Sensitive Urban Design*” (WSUD), “*Low Impact Development*” (LID) e “*Best Management Practices*” (BMPs), os quais buscam a aplicação de métodos mais sustentáveis e eficientes para seus fins (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Fletcher et al (2015) indicam os termos citados acima para abordagem do manejo das águas pluviais de forma planejada, a fim de extrair os múltiplos benefícios observados da água da chuva, sendo que após a utilização da mesma poderia ser realizado o direcionamento de modo controlado para os sistemas de drenagem convencional. Estes conceitos fornecem medidas para o controle, com viés sustentável, de eventos hidrológicos nos meios urbanos.

Os conceitos aplicados na drenagem urbana sustentável aparecem como forma de integrar o manejo sustentável das águas pluviais, ao criar um vínculo do ciclo da água com o ambiente urbano, por meio de alternativas não convencionais aplicadas aos locais de origem de escoamento, ao se ter uma redução de áreas impermeáveis e aumento da retenção das bacias (MELBOURNE WATER, 2013).

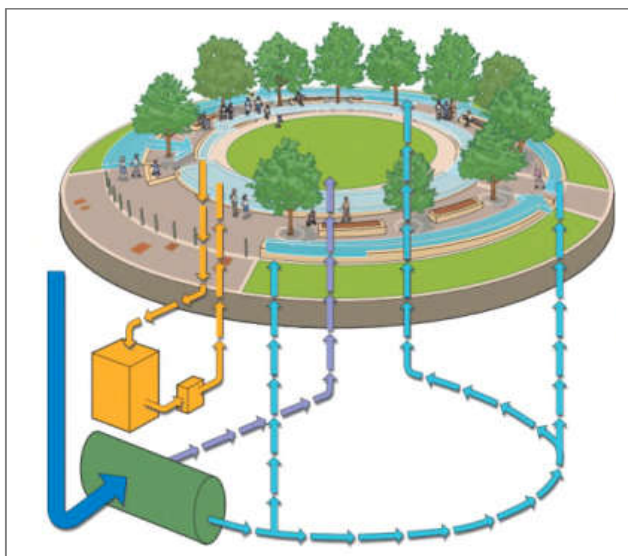
### 2.3.1.1 *Infraestruturas Verdes*

No contexto da drenagem urbana sustentável estão inseridas as técnicas de infraestruturas verdes, as quais compreendem a conexão entre os meios sociais, econômicos e ambientais, ao abranger áreas naturais em espaços abertos localizados nas cidades, com o planejamento para integrar os aspectos citados. A utilização destes espaços por meio dos municípios, promove a conservação de ecossistemas e auxilia nos processos de manejo das águas urbanas (BENEDICT; MCMAHON, 2012).

As infraestruturas verdes aparecem como forma dos governos apresentarem estratégias de custo benefício favoráveis à otimização da qualidade de água local e reduzir os impactos negativos do escoamento das águas pluviais no meio urbano. A relação entre o manejo das águas e cidades pode oferecer uma qualidade de vida maior para a sociedade que habita esses espaços. Telhados verdes, jardins de chuva e paredes verdes apresentam-se como parte das estruturas verdes que possam ser integradas ao ambiente urbano. (USEPA, 2014).

A Figura 2-3 apresenta um exemplo de aplicação de infraestruturas verdes interligadas com o ambiente urbano, o exemplo foi citado como um estudo de caso (USEPA, 2014) e foi aplicado como forma de biorretenção na cidade de Normal, nos Estados Unidos.

Figura 2-3 - Sistema de infraestrutura verde em cidades.



Fonte: USEPA (2014). Adaptado de Landscape Architects.

#### 2.3.1.1.1 Paredes Verdes (Green walls)

As paredes verdes são sistemas de disposição de plantas em suportes verticais, acopladas a uma parede, que pode ser interna ou externa. Essa técnica incorpora vegetação, irrigação e drenagem. O método das paredes verdes funciona como ferramenta para inserção das infraestruturas verdes nas cidades (VICTORIA; DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND PRIMARY INDUSTRIES, 2014).

Para este trabalho, considerou-se a nomenclatura de paredes verdes, de forma geral, para a designação das estruturas verticais compostas por vegetações em ambientes urbanos. Esta nomenclatura apareceu em alguns trabalhos como o estudo de Sherer, Alves e Redin (2018) e Mansani, Santos e Bertequini (2018), os quais compõem a classificação das paredes verdes e sua subdivisão por meio de diferenças estruturais. Além disso, a escolha da nomenclatura de forma mais abrangente, deve-se pela existência de diversos estudos internacionais com referência à *Green walls* para a técnica aplicada com viés da drenagem urbana, sendo assim, a tradução da palavra abrange o intuito de relacionar o contexto internacional do manejo das águas pluviais com o instrumento das paredes verdes.

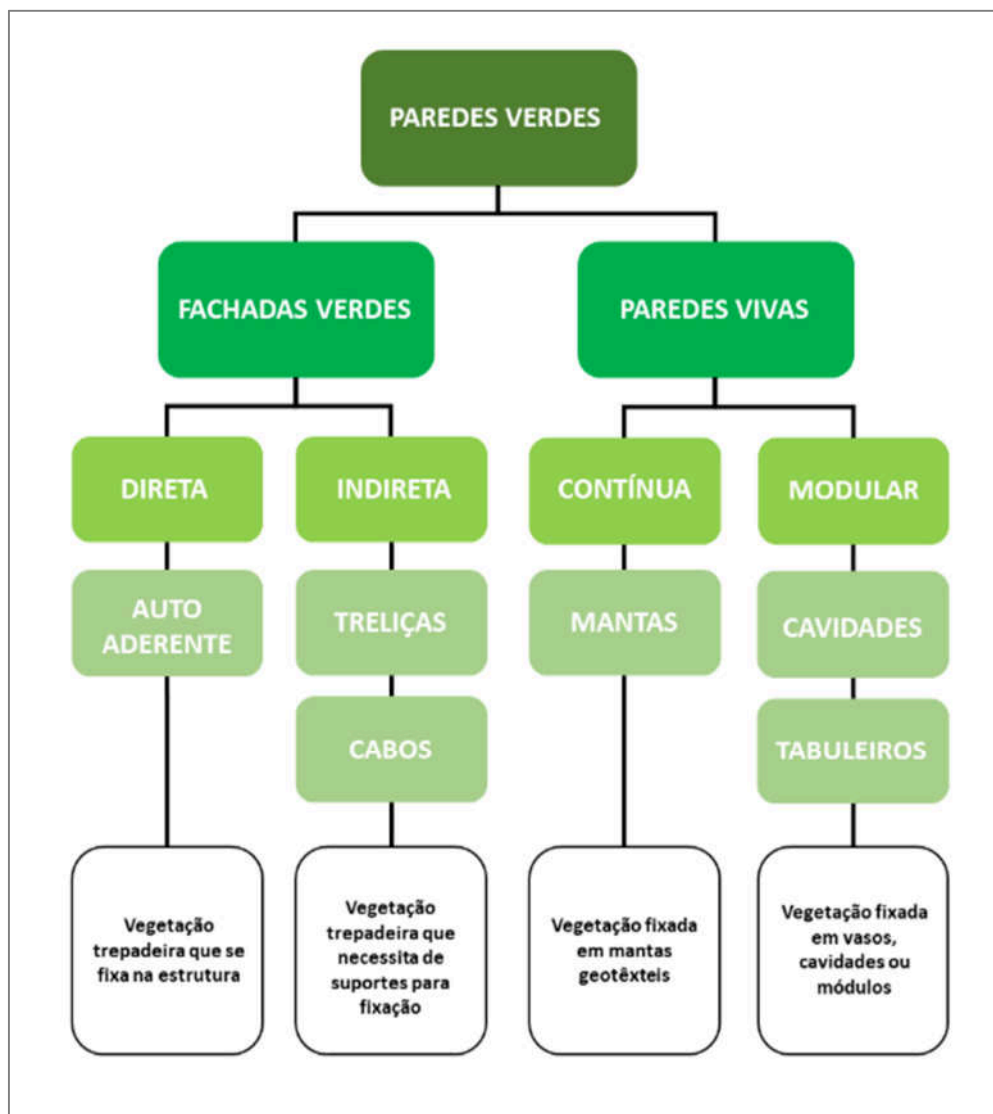
Entre os benefícios das estruturas, encontram-se a absorção, a filtragem e a evaporação das águas pluviais. Além destes, existe a contribuição para redução da poluição atmosférica, regulação do microclima e melhoria dos aspectos estéticos dos ambientes urbanos (DESIGN FOR LONDON, 2008). A funcionalidade das paredes verdes ao se adequarem a edifícios existentes ou antigos, com a necessidade de ocupação de pequenos espaços, aparece como um dos aspectos positivos de aplicação deste método (VICTORIA; DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND PRIMARY INDUSTRIES, 2014). Em consonância com os múltiplos benefícios das paredes verdes, nos últimos anos, surgiu o viés das paredes verdes para o manejo das águas pluviais, com o intuito de amenizar os impactos das áreas impermeáveis criadas pelas zonas urbanas (PALERMO; TURCO, 2020).

Os fatores responsáveis pela classificação das paredes verdes são a execução, a implementação e a necessidade de manutenção. As paredes verdes podem ser subdivididas entre fachadas verdes e paredes vivas. As fachadas verdes apresentam a vegetação plantada diretamente no solo ou em jardineiras, com vegetação do tipo trepadeiras, enquanto que as

paredes vivas são de vegetação de pequeno porte, aderidas em mantas ou cavidades (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

A Figura 2-4 apresenta a divisão da terminologia das paredes verdes, de acordo com o estabelecido pelo estudo realizado por Manso e Castro-Gomes (2015). A partir das categorias de fachadas verdes e paredes vivas, têm-se as subdivisões de direta e indireta para as fachadas verdes, contínua e modular para as paredes vivas. As fachadas verdes são classificadas como direta ao possuírem vegetação auto aderente e indireta ao terem sua vegetação fixada por meio de treliças e cabos. As paredes vivas são consideradas como contínuas com a aplicação de mantas e modulares com a vegetação disposta por meio de cavidades ou tabuleiros (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

Figura 2-4 - Categorização das paredes verdes.



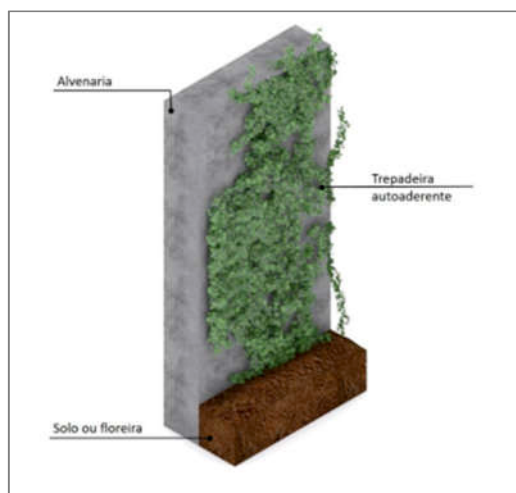
Fonte: Manso e Castro-Gomes (2015). Adaptado pela autora.

As fachadas verdes diretas possuem sua vegetação fixada na alvenaria, sendo esta a forma mais natural e tradicional de aparição das paredes verdes nos meios urbanos. Devem ser plantadas no solo e sua dependência de irrigação é baixa. As fachadas verdes indiretas necessitam de suportes (treliças ou cabos) para se fixar nas edificações. Os suportes são distribuídos de forma afastada das paredes, devem ser plantados no solo ou em floreiras assim como as diretas, porém exigem maiores cuidados em relação à nutrição e à irrigação da vegetação (SCHERER; ALVES; REDIN, 2018).



A Figura 2-5 e a Figura 2-6 apresentam sistemas de aplicação das fachadas verdes diretas. Enquanto isso, a Figura 2-7 e a Figura 2-8 apresentam as fachadas verdes indiretas.

Figura 2-5 - Implantação da fachada verde    Figura 2-6 - Exemplo de fachada verde direta.  
direta.

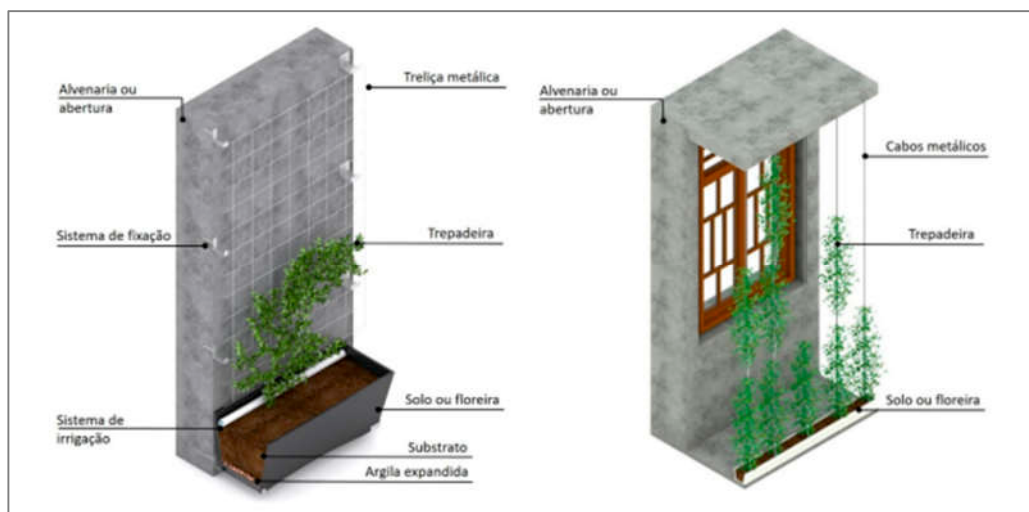


Fonte: Scherer; Alves; Redin (2018).



Fonte: Manso e Castro-Gomes (2015).

Figura 2-7 - Implantação da fachada verde indireta.



Fonte: Scherer; Alves; Redin (2018).

Figura 2-8 - Exemplo de fachada verde indireta.

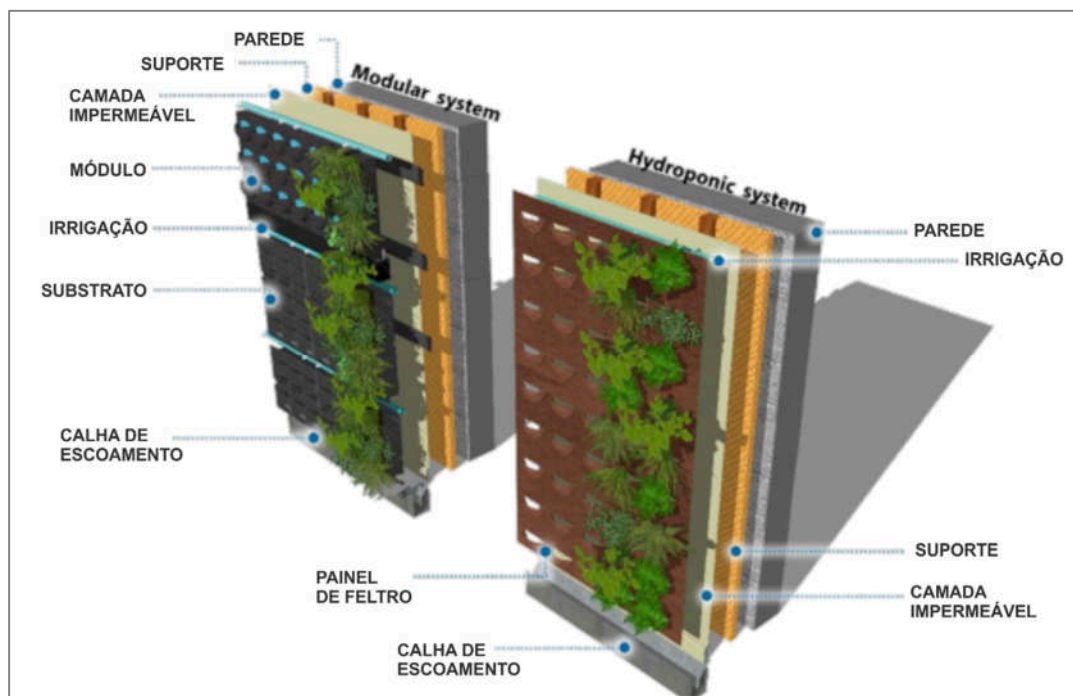


Fonte: Manso e Castro-Gomes (2015).

Em relação à divisão de paredes vivas, as classificadas como contínuas são compostas por manta geotêxtil fixada na parte de alvenaria das edificações através de estruturas metálicas, nas quais a vegetação pode ser inserida em cavidades. As espécies plantadas nestes sistemas tendem a ser de pequeno porte, com a presença baixa de substrato, sendo necessária a nutrição e irrigação regular da vegetação presente no sistema (SCHERER; ALVES; REDIN, 2018).

A Figura 2-9 apresenta cortes que possibilitam a identificação das estruturas das paredes vivas modulares, compostas por painéis de feltro ou módulos. Além disso, é possível identificar as estruturas presentes na técnica utilizada, como o suporte necessário, a presença de modos de irrigação, a calha de escoamento, o substrato e a cama impermeável que separa a estrutura de suporte das vegetações presentes.

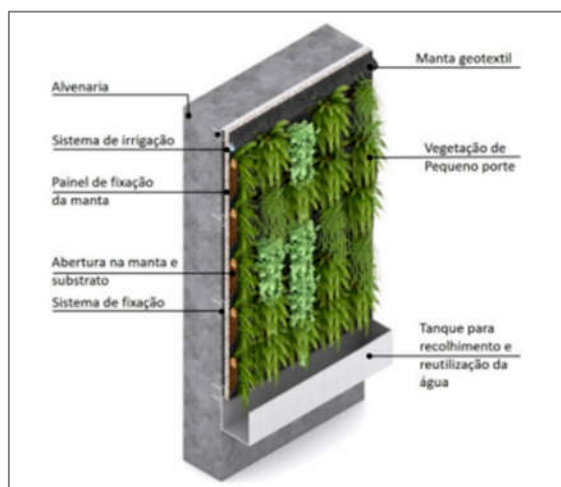
Figura 2-9 - Estruturas de paredes vivas do tipo modulares



Fonte: Victoria - Department Of Environment And Primary Industries (2014) – Adaptado pela autora.

A Figura 2-10 e a Figura 2-11 apresentam os sistemas de aplicação das paredes vivas contínuas.

Figura 2-10 - Implantação da paredes vivas contínuas.



Fonte: Scherer; Alves; Redin (2018).

Figura 2-11 - Exemplo de paredes vivas contínuas.

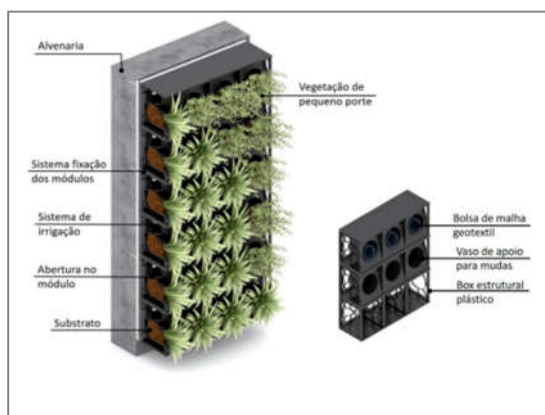


Fonte: Manso e Castro-Gomes (2015).

Nos sistemas modulares existe o suporte para conter as espécies da vegetação selecionada, os módulos apresentam-se de variados materiais e tamanhos, como por exemplo vasos de plásticos, blocos cerâmicos com cavidades ou tabuleiros. Os módulos são fixados na alvenaria da edificação por meio de perfis metálicos. Em relação a nutrição e irrigação deverá ser aplicada de acordo com as espécies selecionadas para compor o sistema. (SCHERER; ALVES; REDIN, 2018).

A Figura 2-12 e a Figura 2-13 apresentam os sistemas de aplicação das paredes vivas modulares.

Figura 2-12 - Implantação da paredes vivas modulares.



Fonte: Scherer; Alves; Redin (2018).

Figura 2-13 - Exemplo de paredes vivas modulares.



Fonte: Manso e Castro-Gomes (2015).

O Manual de Manejo de Águas Pluviais de Detroit (2018), Estados Unidos, aborda a necessidade dos seguintes componentes principais para a estruturação das paredes verdes voltadas para o uso da drenagem urbana em cidades:

- *Vegetação: responsável pelo processo de estocagem das águas pluviais e retorno da mesma por meio da transpiração;*
- *Tipo de solo: necessidade de um solo bem drenado para aplicação da técnica de paredes verdes, com seus componentes dependentes da vegetação selecionada;*
- *Módulos ou painéis: posicionam a vegetação e facilitam a instalação dos sistemas;*
- *Irrigação: este sistema pode ser incorporado, porém não se trata de um requisito para o funcionamento das paredes verdes;*
- *Camada à prova d'água ou membrana: componente necessário para bloquear a passagem da água para a estrutura de suporte das paredes verdes;*
- *Estrutura de suporte: estrutura rígida para suportar o peso da vegetação e permitir o crescimento adequado das plantas, podem ser acopladas às paredes das edificações ou independentes.*

De acordo com Manso e Castro-Gomes (2018), os sistemas de paredes vivas modulares apresentam vantagens em relação a sua instalação ao serem comparados com as paredes vivas contínuas, sendo que o modelo de implantação permite que a estrutura da

edificação possa ser coberta pela vegetação de forma mais acelerada. Ademais, as paredes vivas modulares apresentam também uma capacidade de manutenção simplificada, por permitirem o desmonte e a substituição dos seus elementos de forma separada.

No estudo realizado na Pensylvania, Estados Unidos, as paredes verdes operando em conjunto com uma cisterna, apresentam resultados mais expressivos que telhados verdes no manejo de águas pluviais. As paredes verdes são abordadas como método favorável para a contribuição da drenagem de zonas urbanas, além de, ao serem comparadas com o uso de telhados verdes, apresentam aspectos positivos relacionados ao uso de espaços verticais e à ausência dos pesos extras nas estruturas dos telhados das edificações. (KEW; PENNYPACKER; ECHOLS, 2014).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A principal metodologia de trabalho é a revisão de literatura. Foram avaliadas as possíveis metodologias de Revisão de Literatura com o intuito de selecionar a mais apropriada, em consonância com o objetivo deste trabalho.

Por meio dos estudos analisados, foram reunidas informações sobre as paredes verdes em escala internacional, permitindo um apanhado geral sobre a aplicação desta tecnologia. Assim, foi possível executar a segunda etapa do trabalho de seleção dos critérios de avaliação da tecnologia para o contexto brasileiro de controle da drenagem urbana.

#### 3.1 REVISÃO DE LITERATURA

Gil (2008) define a pesquisa como processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, sendo o objetivo final da mesma encontrar soluções para eventuais problemas com a aplicação de procedimentos científicos. Com a finalidade de atribuir uma pesquisa com a temática de paredes verdes, foram avaliadas algumas metodologias de Revisão Bibliográfica existentes. Entre as tipologias do processo de revisão analisadas, encontram-se a Revisão de Narrativa, a Integrativa e a Sistemática.

De acordo com Cordeiro (2007), Revisão Narrativa é vista como a forma tradicional de realização da pesquisa bibliográfica, onde a questão da pesquisa aparece com um perfil bem definido e a seleção de fontes não é pré-determinada, sendo assim apresenta uma abrangência menor quando comparada com as outras metodologias. A seleção dos artigos acontece de forma arbitrária, logo o autor possui forte influência nos filtros aplicados durante a realização da pesquisa.

A Revisão Integrativa possui uma amplitude maior de resultados, ocasionados pela inclusão da literatura empírica e teórica com estudos de diferentes abordagens metodológicas, sendo estes quantitativos e qualitativos. A partir dos resultados obtidos pela Revisão Integrativa, é possível realizar a análise dos objetivos, materiais e métodos, além das conclusões dos trabalhos abordados. O responsável pela aplicação desta vertente de pesquisa possui a capacidade de avaliar o conhecimento existente referente ao tema abordado (POMPEO; ROSSI; GALVÃO, 2009).

Enquanto isso, a Revisão Sistemática se trata de um viés de investigação científica, com a apresentação de um protocolo definido de pesquisa. Sendo necessário o registro dos protocolos de revisões sistemáticas, com uma condução da revisão e redação com orientações específicas (SAMPAIO; MACINI, 2007). A Revisão Sistemática possui sua metodologia voltada para resposta de uma pergunta específica relacionada à um problema definido anteriormente, com presença de pesquisa experimental (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

Os processos de Revisão Integrativa e Sistemática apresentam como característica principal a necessidade de se fundamentar em protocolos previamente estabelecidos, os quais deverão fundamentar o processo da pesquisa, da seleção da temática e escolha das fontes mais apropriadas até a análise do conteúdo abordado (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

A partir das informações coletadas referentes aos métodos de Revisão de Literatura analisados, optou-se pela Revisão Integrativa como método base, pois o conceito estabelecido desta metodologia possuiu uma sintonia maior com o objetivo deste trabalho, ao ser comparado com os outros métodos. O motivo foi a necessidade de levantar estudos sobre a temática de paredes verdes e permitir a análise dos mesmos em relação à abordagem do manejo de águas pluviais.

### 3.1.1 Revisão Integrativa de Literatura

Ercole, Melo e Alcoforado (2014) citam a metodologia da Revisão Integrativa como uma forma de unir resultados obtidos em pesquisas de maneira sistemática, ordenada e abrangente. Essa metodologia de pesquisa visa fornecer conteúdos de forma ampla, permitindo a combinação de dados de literatura teórica e empírica, proporcionando um maior entendimento sobre o assunto abordado.

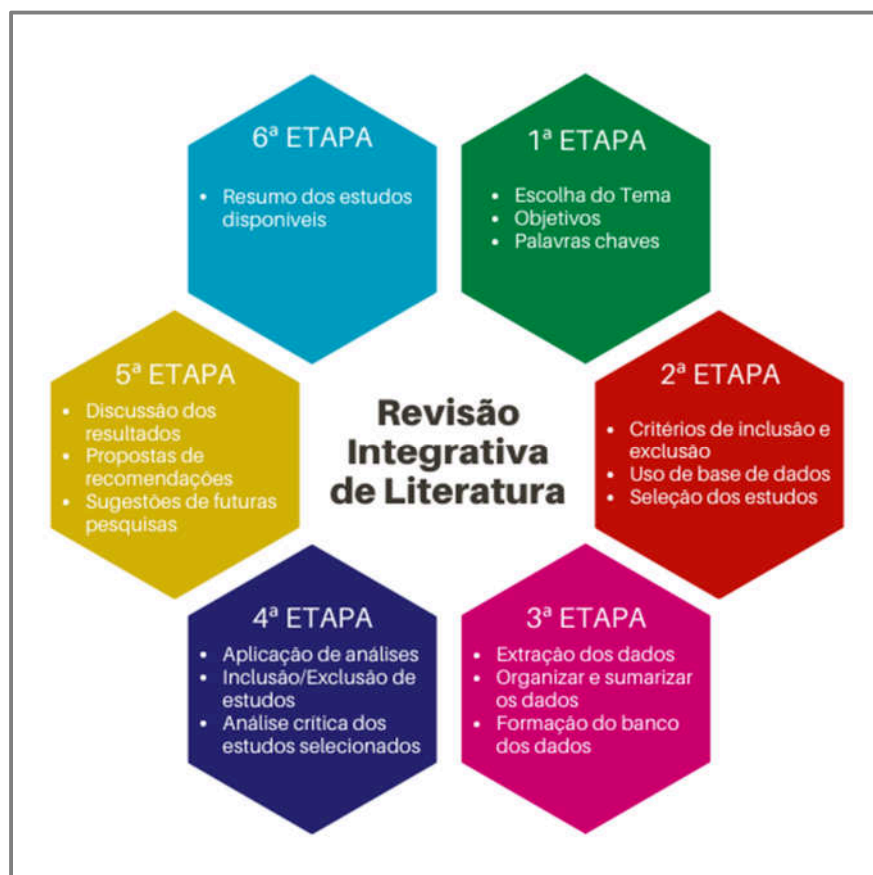
Mendes, Silveira e Galvão (2008) avaliam o método de Revisão Integrativa como a realização da análise de pesquisas relevantes, as quais ocasionam a junção do conhecimento sobre um determinado assunto, podendo ser verificados os ramos desta área que necessitam de novas pesquisas. O método de Revisão Integrativa, de acordo com o artigo, permite unir múltiplos estudos publicados e gerar conclusões sobre uma determinada área de estudo. A



Revisão Integrativa pode ser realizada em seis etapas, identificados na Figura 3-1, de acordo com os seguintes passos:

1. *Identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa para a elaboração da Revisão Integrativa;*
2. *Estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos/amostragens ou busca na literatura;*
3. *Definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados, possibilitando sua categorização;*
4. *Avaliação dos estudos incluídos na Revisão Integrativa;*
5. *Interpretação dos resultados obtidos;*
6. *Apresentação da revisão/síntese do conhecimento.*

Figura 3-1 - Componentes da Revisão Integrativa de Literatura.



Fonte: Mendes, Silveira e Galvão (2008) – Adaptado pela autora.

Por meio da seleção do método de Revisão Integrativa, deu-se início ao processo de tratamento das palavras-chave. Os itens 3.1.1.1 ao 3.1.1.6 relacionam as etapas do processo da Revisão Integrativa com o assunto em questão.

#### 3.1.1.1 *Identificação do tema*

O assunto selecionado para esta Revisão Integrativa foi o uso de vegetações como forma de coberturas em paredes de edificações, visando atender ao manejo de águas pluviais e controle de cheias nas cidades. Foi estabelecida uma revisão exploratória da temática na ferramenta Google Acadêmico. Esta busca auxiliou no processo de identificação dos termos mais utilizados mundialmente para a área do conhecimento de coberturas verticais de vegetação. Foi possível notar o uso recorrente de *green walls* para este sistema específico, em português “paredes verdes”.

Com a finalidade de relacionar o uso das paredes verdes para os sistemas de drenagem urbana, foi realizada a busca de palavras-chaves que relacionem a aplicação destas soluções como forma de manejo de águas pluviais em zonas urbanas. Sendo assim, a partir dos resultados obtidos das buscas realizadas para correlacionar os termos paredes verdes e drenagem urbana, identificou o uso da palavra *stormwaters* em diversos materiais de estudos internacionais, a qual tem como tradução para português como “águas pluviais”.

O Quadro 3-1 apresenta os materiais preliminares abordados no levantamento inicial para contextualização da temática de interesse da Revisão Integrativa.

Quadro 3-1- Materiais preliminares da Revisão Integrativa

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>País</b>	<b>Assunto</b>
<b>Growing Green Guide</b>	Department of Environment and Primary Industries of State of Victoria	Austrália	Introdução e práticas ao uso de telhados, paredes e fachadas verdes
<b>Water Sensitive Urban Design Guidelines</b>	Melbourne Water	Austrália	Manejo das águas pluviais nas zonas urbanas
<b>Towards Water Smart Cities</b>	Hattum, T. V. et al	Holanda	Práticas voltadas para o manejo sustentável das águas pluviais na Europa

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>País</b>	<b>Assunto</b>
<b>The South African Guidelines for Sustainable Drainage Systems</b>	Armitage, N. et al	África do Sul	Práticas voltadas para o manejo sustentável das águas pluviais no país
<b>What is green infrastructure?</b>	USEPA	Estados Unidos	Infraestruturas verdes em cidades, métodos e aplicações

Fonte: Elaborado pela Autora.

### 3.1.1.2 *Amostragem ou busca na literatura*

A segunda etapa se encontra fortemente ligada com a primeira etapa, uma vez que a escolha do tema e a formulação da questão da pesquisa se inicia nas buscas para identificação dos estudos que serão incluídos na revisão.

Entre os questionamentos abordados nesta pesquisa, encontram-se:

- *Quais as localidades em que estão sendo aplicadas as paredes verdes para drenagem urbana no mundo?*
- *Como é realizado o dimensionamento da técnica de paredes verdes, com a finalidade do manejo de águas pluviais?*
- *Quais os benefícios dessa técnica?*

As palavras chaves foram utilizadas na língua inglesa, com o intuito de abranger estudos em escala internacional e contemplar o tema em nível mundial. Inicialmente as palavras foram aplicadas nas bases de dados *Science Direct*, Portal de Periódicos da Capes e Scopus. As pesquisas apresentaram resultados similares nos sistemas citados, porém a obtenção final dos estudos da pesquisa, com os critérios de inclusão e exclusão, foi realizada no sistema do Scopus, o qual apresentou uma gestão otimizada dos dados dos estudos em questão.

Ao serem aplicadas as palavras *stormwaters* e *green walls* na ferramenta Scopus, obteve-se 236 resultados de pesquisa. Então, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão. No intuito de abranger estudos que possuíssem como foco as paredes verdes limitaram-se os resultados para aqueles que continham a palavra *green walls* em seu título, resumo ou nas palavras chaves, além disso, o termo foi escrito como “*Green Wall\$*” para incluir a terminologia tanto em sua forma singular, quanto plural. A palavra *stormwaters* foi posta como obrigatória nas buscas a serem realizadas, porém com a capacidade de ser localizada em qualquer trecho

do estudo, a mesma foi escrita como “*Stormwater*§”. Ao aplicar as ferramentas citadas acima, obteve-se 46 resultados de busca. Após esta segunda busca realizada na ferramenta Scopus, foram aplicados os seguintes critérios de inclusão como filtros: *review articles and articles*.

A inclusão dos estudos por meio de *articles and review articles* se deu no intuito de analisar os estudos relacionados à técnica com a abordagem voltada para forma experimental e de revisão, para agregar no conhecimento da prática.

Além da inclusão dos documentos nos formatos citados, optou-se por analisar estudos dentro do limite temporal de cinco anos, sendo assim foram considerados apenas os estudos dentro do intervalo de tempo de 2015 até 2020. A limitação temporal imposta propôs direcionar as pesquisas avaliadas para publicações recentes, a fim de garantir que as atualizações do método de aplicação de paredes verdes fossem contempladas. Além disso, ao analisar os títulos apresentados nos artigos, foi possível observar que grande parte dos estudos não possuíam como foco o uso da técnica de paredes verdes para o manejo das águas pluviais.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram encontrados 28 resultados de pesquisa. Estes estudos obtidos foram organizados com o auxílio do *software* Zotero.

A ferramenta Zotero é um *software* gerenciador de referências, utilizado para gerir dados bibliográficos e materiais relacionados à pesquisas, no formato de PDFs. Neste trabalho, a ferramenta auxiliou no processo organizacional dos artigos, por meio da compilação dos mesmos através de pastas subdivididas para as temáticas deste estudo. A divisão aplicada para as pastas é exemplificada no item 3.1.1.3. Sendo assim, foi possível criar um banco de dados dos artigos utilizados, com as subdivisões dos conteúdos dentro da temática de paredes verdes.

#### 3.1.1.3 *Categorização dos estudos*

A terceira etapa compreende a definição das informações a serem captadas dos estudos selecionados, as quais devem estar contidas na temática de aplicação de paredes verdes, voltada para o manejo de águas pluviais, conforme indicado no item 3.1.1.2. Os estudos possuíram suas informações coletadas e filtradas através da abordagem do tema, optou-se pelo aprofundamento nos estudos que focam nos sistemas de paredes verdes, como assunto principal. Esta escolha foi necessária pela verificação de estudos com a abordagem de infraestruturas verdes, de forma generalizada.

Com o auxílio do *software* Zotero e a organização dos dados em uma planilha, a qual pode ser observada na Figura 3-2, foram transcritas as informações dos estudos para os materiais utilizados. Além disso, o Scopus fornece a organização dos dados de acordo com sua relevância e citações, fator que auxiliou no processo de análise dos estudos gerados pela busca realizada. A análise de citações direcionou o processo de validação do engajamento dos estudos à nível internacional, enquanto isso, o grau de relevância elencou a presença das palavras da pesquisa nos estudos resultantes.

Esta etapa aplicou a definição das informações a serem captadas dos estudos selecionados, com o auxílio do *software* Zotero e da organização dos dados em forma de planilha.

#### 3.1.1.4 Avaliação dos estudos incluídos na Revisão Integrativa

A quarta etapa consiste na análise e sistematização das informações extraídas dos artigos selecionados, após a aplicação dos métodos organizacionais levantados na terceira etapa. São extraídas as informações de aplicação, metodologias adotadas e resultados obtidos. A análise foi realizada de forma crítica, com a identificação das divergências e desafios dos estudos sobre o tema de paredes verdes. Ademais, os estudos foram classificados também pelos critérios de seus anos de publicações, locais de publicação, citações e outras informações relevantes.

A Figura 3-2 apresenta o modelo de planilha realizado para compilar as informações avaliadas, as quais foram utilizadas para a interpretação dos resultados e sintetização do conhecimento obtido com a aplicação da metodologia de Revisão Integrativa. As colunas “perspectivas do artigo” e “informações” abordam, respectivamente, sobre os objetivos dos estudos e informações adicionais que possam vir a ser extraídas.

Figura 3-2 – Modelo da planilha de sistematização das informações.

NÚMERO	NOME DO AUTOR	ANO	PAÍS/REGIÃO	TEMA	PERSPECTIVA DO ARTIGO	METODOLOGIA	INFORMAÇÕES	RESULTADO

Fonte: Elaborado pela Autora.

### 3.1.1.5 *Interpretação dos resultados*

A quinta etapa busca interpretar os resultados obtidos pela pesquisa, com a identificação de conclusões e implicações da Revisão Integrativa abordada. Por meio da avaliação dos resultados obtidos é possível verificar a existência de lacunas sobre o assunto e apontar sugestões pertinentes de melhorias para a área do conhecimento de paredes verdes. A prioridade do tema foi para as paredes verdes, sendo assim algumas publicações analisadas não apresentaram o enfoque do contexto da drenagem urbana, a partir destes estudos foram captadas informações abrangentes sobre a utilização de paredes verdes e sua aplicação nas cidades. As informações citadas abrangem:

- *Locais de aplicação:*

Os locais de estudos de casos e dimensionamentos propostos permitem avaliar as características urbanas das cidades em questão. Além de, tornar possível a comparação com a realidade brasileira para inserção das paredes verdes no contexto brasileiro.

- *Modelos, métodos e técnicas apresentados:*

As informações relacionadas às metodologias contempladas nos estudos possibilitam não só a avaliação dos materiais e métodos que estão sendo utilizados no âmbito internacional, mas também a identificação do planejamento necessário para a realização de estruturas de paredes verdes, como por exemplo dimensionamentos, mapeamentos e outras análises relacionadas à implantação do método.

Durante a aplicação do método de Revisão Integrativa, foi possível perceber a ausência de variedades de estudos voltados para o dimensionamento das estruturas de paredes verdes. Sendo assim, foi realizada uma nova inclusão de estudos, direcionada para seleção dos parâmetros e tipos de estruturas, essa busca contemplou estudos dentro de um intervalo de tempo maior e foram selecionados dois estudos de casos.

- *Indicadores de análise:*

Abrangem os critérios utilizados para verificar a capacidade de realização das estruturas de paredes verdes nas zonas urbanas propostas pelos estudos selecionados.

- *Resultados obtidos:*

Indicam as discussões e conclusões resultantes das metodologias e indicadores aplicados aos estudos analisados.

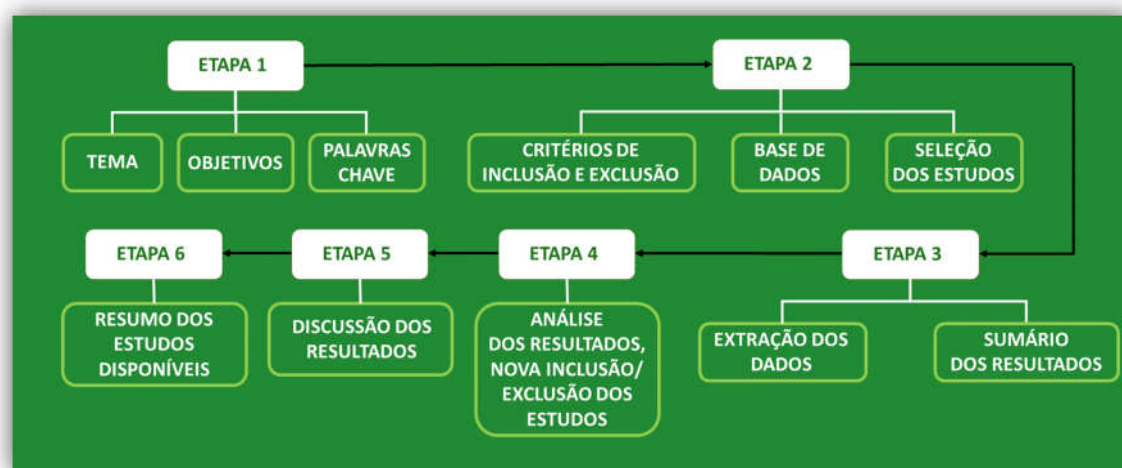
### 3.1.1.6 Síntese do conhecimento

A apresentação da revisão integrativa realizada une todos os tópicos abordados anteriormente, através da contextualização sobre a temática de paredes verdes dos estudos obtidos através da pesquisa. A sexta etapa consiste em aplicar os conhecimentos sintetizados e selecionados por meio das informações necessárias, estabelecidas no item 3.1.1.5.

A sexta etapa visa apresentar os resultados obtidos através da busca realizada e unir o conhecimento fornecido pelas publicações resultantes da aplicação do método da Revisão Integrativa. A leitura analítica dos estudos selecionados possibilitou a identificação de informações previamente estabelecidas, as quais visam analisar a aplicação das paredes verdes em edificações voltadas para a drenagem urbana, no contexto brasileiro.

A Figura 3-3 apresenta a imagem que caracteriza a aplicação das etapas realizadas pela Revisão Integrativa deste estudo. Sendo possível, a partir destas chegar ao ato de síntese do conhecimento.

Figura 3-3 – Fluxograma das Atividades realizadas na Revisão Integrativa



Fonte: Elaborado pela Autora.

### 3.1.2 Aplicabilidade à realidade brasileira

A Revisão Integrativa, com base no tema de paredes verdes, auxiliou no processo de identificar materiais necessários para concepção da técnica. Por meio das informações coletadas

dos estudos de paredes verdes, se iniciou uma segunda etapa de conexão dos estudos internacionais com a realidade das cidades brasileiras.

A partir dos estudos analisados, foi possível levantar informações referentes às espécies de vegetação aplicadas nas paredes verdes, à capacidade de absorção de escoamento, múltiplos benefícios verificados pelas paredes verdes, necessidade de cisternas para armazenamento das águas pluviais e da presença de infraestruturas verdes nas cidades do mundo.

Por meio das informações coletadas na aplicação da metodologia de revisão integrativa, foi possível orientar esta segunda etapa de revisão de literatura. As informações sintetizadas foram subdivididas nos materiais necessários para construção e manutenção, além das espécies de vegetações levantadas, essas duas subdivisões foram retiradas dos estudos abordados na revisão integrativa. Somados a esses parâmetros, foram acrescidas avaliações das legislações brasileiras voltadas para utilização de infraestruturas verdes nas cidades e para existência de infraestruturas verdes nos municípios do país, com o foco em telhados verdes.

Com o intuito de verificar a concordância da técnica ao cenário das cidades brasileiras, foram averiguados os seguintes requisitos:

- *Acesso aos materiais para construção e manutenção das paredes verdes, voltadas para drenagem urbana, em âmbito nacional;*
- *Presença no território brasileiro, das espécies de vegetação apresentadas nos estudos da Revisão Integrativa;*
- *Legislações municipais e estaduais voltadas para a utilização de infraestruturas verdes nas zonas urbanas brasileiras;*
- *Existência de infraestruturas verdes, com enfoque na aplicação de telhados verdes, nos municípios do país.*

A comparação com a técnica de telhados verdes foi realizada por serem técnicas similares em questão de captação das águas pluviais por meio de coberturas de edificações, com o direcionamento para vegetações, sendo aplicadas como soluções de manejo de águas pluviais em zonas urbanas. Ademais, a escolha da avaliação de uso de telhados verdes no Brasil se deu pela técnica possuir uma aderência maior à sua aplicação, em diversas cidades no mundo, logo possui uma quantidade maior de estudos a serem contemplados.



A existência de telhados verdes nas cidades do Brasil foi uma opção selecionada como forma de contornar a problemática de ausência de estudos de casos brasileiros para aplicação de paredes verdes, voltados para a área da drenagem urbana. Sendo assim, foi feita uma busca para verificar a existência de telhados verdes no país e relacionar à possibilidade de implantação de paredes verdes nestes locais.

Em relação ao levantamento realizado da presença dos materiais para construção e manutenção das paredes verdes e das espécies de vegetação, foram realizadas buscas na ferramenta Google. Esta pesquisa virtual auxiliou no processo de verificação da disponibilidade dos materiais e plantas elencados, em lojas brasileiras.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O escopo deste estudo foi aplicado para a contextualização da temática de paredes verdes a partir da Revisão Integrativa realizada, com abordagem de artigos internacionais referente ao assunto, e a análise de viabilidade da adequação desta técnica voltada para drenagem urbana no Brasil.

### 4.1 REVISÃO INTEGRATIVA DO TEMA

O apresenta os resultados obtidos através da inserção das palavras selecionadas na ferramenta de busca Scopus, sendo utilizados os critérios definidos no item 3.1.1.2. A palavra “*Green wall*” foi utilizada como ferramenta para abordar a metodologia das paredes verdes, todavia, a palavra “*Stormwater*” entrou como modo de inserção da vertente do manejo de águas pluviais urbanas, sob a tecnologia selecionada. Foram listados os artigos e revisões de estudos, além da seleção da periodicidade de cinco anos, sendo os estudos avaliados datados de 2015 a 2020.

O processo de aplicação da revisão integrativa está sintetizado no Quadro 4-1, o qual apresenta os resultados da aplicação das etapas. Sendo possível observar o tema, a pergunta de pesquisa, as palavras chave, as bases de dados que fazem parte das etapas 1 e 2, além das etapas seguintes, as quais são abordadas do tópico 4.1.2 e no 4.1.3. O conjunto de estudos selecionado como resultado da etapa 2 está detalhado no Quadro 4-2. Uma síntese da extração dos dados (etapa 3) de interesse está apresentada no Quadro 4-3. Já as etapas 4, 5 e 6 por apresentarem um volume maior de texto e por serem mais descritivas foram organizadas nas seções 4.1.3.1.1, 4.1.3.2 e 4.1.3.3, as quais serão apresentados na sequência.

Quadro 4-1 – Síntese da aplicação da Revisão Integrativa

<b>Etapas</b>	<b>Atividade/Ação</b>	<b>Resultado</b>
<b>Etapa 1</b>	Tema	Uso de paredes verdes em edificações para o manejo de águas pluviais
	Objetivos	Verificar os benefícios da técnica e sua aplicação para o manejo das águas pluviais urbanas
	Palavaras chave	<i>Greenwalls. Stormwaters.</i>

<b>Etapas</b>	<b>Atividade/Ação</b>	<b>Resultado</b>
<b>Etapa 2</b>	Critérios de inclusão e exclusão	Inclusão: <i>Review articles and articles</i> Exclusão: Limite temporal (2015 até 2020)
	Bases de dados	Scopus
	Seleção dos estudos	A lista de estudos pré-selecionada nesta etapa está detalhada no Quadro 4-2.
<b>Etapa 3</b>	Extração dos dados	Os dados foram extraídos e armazenados em uma planilha, conforme a Figura 3-2.
	Sumário dos resultados	Uma síntese dos assuntos abordados é apresentada no Quadro 4-4.
<b>Etapa 4</b>	Análise dos resultados, nova inclusão/exclusão de estudos	A avaliação dos resultados é abordada no tópico 4.1.3, onde se apresenta a nova inclusão para maior aprofundamento na temática do dimensionamento de paredes verdes voltado para o manejo de águas pluviais.
<b>Etapa 5</b>	Discussão dos resultados	A discussão dos resultados é apresentada no item 4.1.3, em conjunto com a análise dos resultados.
<b>Etapa 6</b>	Resumo dos estudos disponíveis	O resumo dos estudos está no item 4.1.3, a partir da sintetização das informações reunidas dos estudos da revisão integrativa.

Fonte: Elaborado pela Autora.

#### 4.1.1 Identificação do Tema e Amostragem - Etapas 1 e 2

O Quadro 4-2 apresenta os resultados obtidos através da inserção das palavras selecionadas na ferramenta de busca Scopus, sendo utilizados os critérios definidos no item 3.1.1.2. A palavra “Green wall” foi utilizada como ferramenta para abordar a metodologia das paredes verdes, todavia, a palavra “Stormwater” entrou como modo de inserção da vertente de drenagem urbana e da tecnologia selecionada. Foram listados os artigos e revisões de estudos, além da seleção da periodicidade de cinco anos, sendo os estudos avaliados datados de 2015 a 2020.

Quadro 4-2 - Estudos resultantes da busca da Revisão Integrativa

<b>Título</b>	<b>Palavras-chave</b>	<b>Ano</b>	<b>Autores</b>
Green roof and green wall benefits and costs: a review of the quantitative evidence	Telhados verdes Paredes verdes	2020	Manso et al.
Green wall height and design optimisation for effective greywater pollution treatment and reuse	Paredes vivas Tratamento da água	2020	Prodanovic et al.
Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives	Iniciativas públicas Infraestruturas verdes	2020	Liberalesso et al.
Green Wall Design Approach Towards Energy Performance and Indoor Comfort Improvement: A Case Study in Athens	Efeito de ilha de calor Performance de prédios Paredes vivas	2020	Assimakopoulos et al.
Influence of vertical greenery systems and green roofs on the indoor operative temperature of air-conditioned rooms	Paredes verdes Telhados verdes Economia de energia	2020	Hao et al.
Public perception and preferences of small urban green infrastructures: A case study in Guangzhou, China	Questionário Método de valoração Pesquisa de Mercado	2020	Zhang et al.
A tale of two green walls: a functional trait approach to assess vegetation establishment on restored steep slopes	Encostas íngremes Briófitas Sistemas verdes verticais	2020	Monteiro et al.
A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits	Paredes verdes Tratamento de águas cinzas Soluções naturais	2020	Boano et al.
Assessing water retention and correlation to climate conditions of five plant species in greywater treating green walls	Irrigação Umidade Variação sazonal	2019	Prodanovic; Wang; Deletic
Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore	Infraestruturas verdes Cidades Ecologia urbana	2019	Radhakrishnan et al.
Designing green walls for greywater treatment: The role of plants and operational factors on nutrient removal	Tecnologia verde Tratamento de água Plantas ornamentais	2019	Prodanovic et al.
Green Wall for Retention of Stormwater	Bioretenção Paredes Verdes Escoamento	2018	Lau; Mah
Cooling energy saving associated with exterior greenery systems for three US Department of Energy (DOE) standard reference buildings	Paredes verdes Edifícios comerciais Eficiência energética	2018	Yuan; Rim
City greening by rain gardens	Áreas verdes Jardins de chuva	2018	Siwiec; Erlandsen; Vennemo

<b>Título</b>	<b>Palavras-chave</b>	<b>Ano</b>	<b>Autores</b>
	Adaptação às mudanças climáticas		
The impact of road pavement on urban heat island phenomenon	Temperatura do ar Pavimento	2018	Ibrahim et al.
Optimisation of lightweight green wall media for greywater treatment and reuse	Paredes Verdes Tratamento de água Substrato	2018	Prodanovic et al.
Preferences for sustainable, liveable and resilient neighbourhoods and homes: A case of Canberra, Australia	Construções verdes Comunidades Resiliência	2018	Tapsuwan et al.
The impact of the building envelope with the green living systems on the built environment	Paredes verdes Energia Telhados verdes	2018	Zivkovic; Dimitrijevic- Jovanovic; Stevanovic
Presentation and perspective of appealing green facilities for eco-cyclic water management	Paredes Verdes Máquina viva Ciclo sustentável de gestão de água	2018	Liu et al.
Characterisation of Nature-Based Solutions for the Built Environment	Paredes verdes Telhados verdes Infraestrutura verdes	2017	Xing; Jones; Donnison
Green Walls for greywater reuse: Understanding the role of media on pollutant removal	Infraestruturas verdes Paredes verdes Águas cinzas	2017	Prodanovic et al.
Improving Acceptance of More Sustainable Technologies	Telhados verdes Paredes verdes Percepção	2017	Da Rocha; Sattler
Food production on a living wall	Paredes vivas Paredes verdes Agricultura urbana	2017	Nagle; Echols; Tamminga
The distribution of green walls and green roofs throughout Austrália	Infraestruturas verdes Paredes verdes Vegetação urbana	2017	Irga et al.
Living Wall Systems: a technical standard proposal	Paredes vivas Ciclo de vida	2017	Giordano et al.
The role of green roofs in mitigating Urban Heat Island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia	Telhados verdes Efeito de ilha de calor Adaptação às mudanças climáticas	2016	Razzaghmanesh; Beecham
Vertical Greening Systems and Sustainable Cities	Paredes vivas Fachadas verdes Paredes verdes	2015	Pérez-Urrestarazu

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.2 Extração dos dados e avaliação dos estudos resultantes da busca - Etapa 3 e 4

A Figura 4-1 apresenta a análise dos dados referente à distribuição temporal das publicações encontradas a partir da busca realizada., é possível observar uma maior concentração do número de publicações relacionadas ao tema nos anos de 2018 e 2020, sendo que de 2016 a 2018 a quantidade de publicações cresceu linearmente.

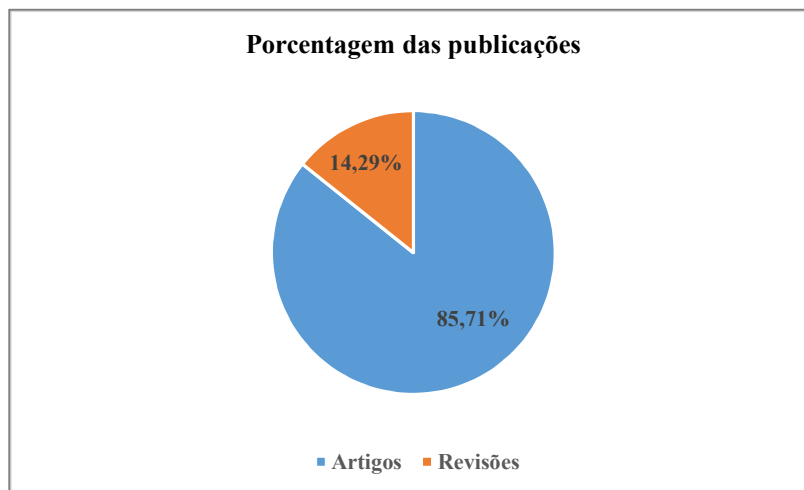
Figura 4-1 - Quantidade de publicações por ano dos estudos gerados pela pesquisa.



Fonte: Scopus – Adaptado pela autora.

A Figura 4-2 apresenta a divisão percentual das publicações por seus tipos de documentos, sendo estes Artigos e Artigos de Revisões, conforme o critério de inclusão previamente estabelecido. Sendo possível observar que a maior quantia de publicações se apresenta por forma de artigos. Este resultado também corrobora com a questão da novidade da tecnologia.

Figura 4-2 - Porcentagem dos tipos dos documentos das publicações.



Fonte: Scopus – Adaptado pela autora.

A Figura 4-3 indica a divisão dos estudos gerados pela pesquisa, com a classificação por seus países de origem. Destaca-se a Austrália como país que abordou a maior quantidade de publicações relacionadas, com um total de 8 publicações. Estados Unidos, Portugal e Itália aparecem como países consecutivos em total de publicações, seguidos pela Polônia, Holanda, Malásia e China. Os demais países apresentaram apenas 1 publicação. A Austrália é um dos países em que as técnicas compensatórias ou LIDs estão mais avançadas, por apresentarem já há alguns anos uma gestão sustentável da drenagem urbana.

Figura 4-3 - Quantidade de publicações por ano dos estudos gerados pela pesquisa.



Fonte: Scopus – Adaptado pela autora.

Como parte da avaliação dos estudos resultantes da busca, foi realizado um levantamento das abordagens dos estudos em questão. Esta listagem encontra-se no Quadro 4-3 e se apresenta subdividida pela metodologia, sendo experimental ou revisão, além dos assuntos principais contemplados nos estudos. Estes assuntos podem estar contidos nas seguintes temáticas: análise de substrato, espécies de plantas, efeitos de temperatura, uso de água e irrigação, percepção e estética, valoração e sustentabilidade, remoção de poluentes manejo de águas pluviais. A partir desta avaliação inicial das informações componentes dos estudos, foi possível elencar os tópicos a serem abordados e analisar a presença do contexto do manejo das águas pluviais.



Quadro 4-3 – Síntese dos conteúdos abordados pelos estudos

Estudo	Experimental (E) ou Revisão (R)	Análise de substrato	Espécies de plantas	Efeitos de temperatura	Uso de água e irrigação	Percepção e Estética	Valoração e Sustentabilidade	Remoção de poluentes	Manejo de Águas Pluviais
Manso et al. (2020)	R						X		X
Prodanovic et al. (2020)	E							X	
Liberalesso et al. (2020)	R						X		
Assimakopoulos et al. (2020)	R			X					
Hao et al. (2020)	E			X					
Zhang et al. (2020)	E					X	X		
Monteiro et al. (2020)	E	X	X						
Boano et al. (2020)	R							X	
Prodanovic; wang; deletic (2019)	E		X	X	X				
Radhakrishnan et al. (2019)	R		X				X		
Prodanovic et al. (2019)	E	X	X					X	
Lau; mah (2018)	E	X			X				X
Yuan; Rim (2018)	E			X					
Ibrahim et al. (2018)	E	X							
Siwiec; Erlandsen; Vennemo (2018)	R					X	X		
Prodanovic et al. (2018)	E	X						X	
Tapsuwan et al (2018)	E					X	X		
Zivkovic; Dimitrijevic-jovanovic; Stevanovic (2018)	R						X		
Liu et al. (2018)	R				X	X			
Xing; Jones; Donnison (2017)	R					X	X		
Giordano et al. (2017)	R					X	X		
Prodanovic et al. (2017)	E							X	
Da rocha; sattler (2017)	E					X	X		
Nagle; echols; tamminga (2017)	E		X		X		X		
Irga et al. (2017)	R					X	X		
Razzaghmanesh; beecham (2016)	E			X					
Pérez-urrestarazu (2015)	R					X	X		

Fonte: Elaborado pela Autora.

### 4.1.3 Interpretação dos Artigos e Síntese do Conhecimento – Etapa 5 e 6

A avaliação das publicações, resultantes da busca realizada, apresentou divisões por informações abrangentes do tema de paredes verdes. Sendo assim, os conteúdos das publicações foram selecionados de acordo com o viés proposto de cada estudo analisado, durante a divisão foi priorizada a sintetização do assunto, com a abordagem dos pontos principais dos estudos avaliados na Revisão Integrativa. A interpretação e síntese do conhecimento é conduzida pela sistematização em modelos, métodos e técnicas; indicadores de análises e avaliações realizadas pelos estudos. A sintetização das informações obtidas foi um processo realizado em paralelo com a avaliação dos estudos, visto que para compilar os dados neste trabalho foi necessário resumi-los. Logo, nos tópicos a seguir estão dispostas as avaliações e sintetizações das informações presentes nos estudos da revisão integrativa.

#### 4.1.3.1 Modelos, métodos e técnicas

Por meio da contextualização realizada no tópico 4.1.2, foi possível avaliar os assuntos principais dos estudos. A partir dessas informações, notou-se a ausência de estudos com foco principal para o dimensionamento da estrutura de paredes verdes para o manejo das águas pluvias, sendo assim foi feita uma inclusão de estudos relativos ao tema. Esta inclusão teve como finalidade a realização de comparativos em relação às técnicas utilizadas, materiais selecionados e tipos de vegetação.

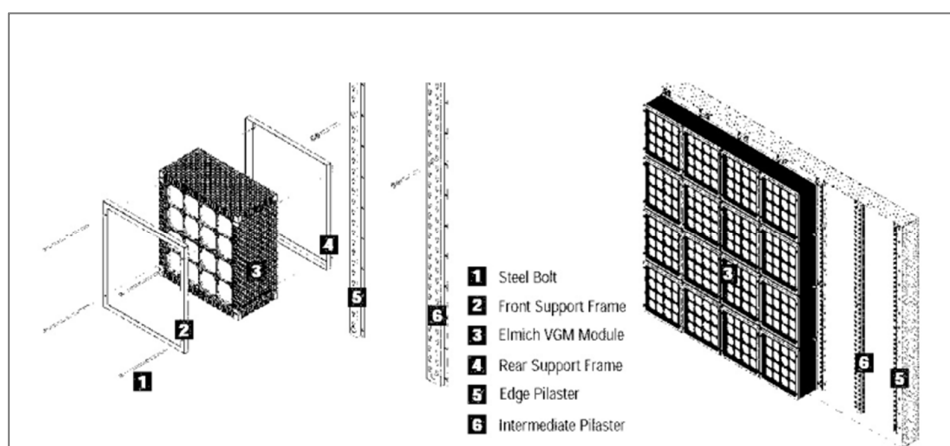
Do item 4.1.3.1.1 ao 4.1.3.1.3, foram avaliados contextos dos estudos resultantes da busca, considerados válidos para a aplicação da técnica de paredes verdes.

##### 4.1.3.1.1 Dimensionamento das estruturas para o manejo de águas pluviais

O estudo de Lau e Mah (2018), aplicado em Central City, na Malásia, apresenta a avaliação do uso de paredes verdes como um componente do sistema de drenagem urbana local, com a finalidade de reduzir as velocidades de escoamento superficial das águas pluviais. O método de paredes verdes foi proposto através da seleção de paredes vivas, com sistemas modulares. O projeto foi analisado para a área de um estabelecimento comercial, sendo a escolha do local realizada pela existência de uma parede com superfície lisa, além do espaço disponível para a inserção do sistema de parede verde. A captação da água pluvial foi

estabelecida através do telhado existente na edificação, sendo a área calculada do mesmo equivalente a 139,08 m<sup>2</sup>. O topo da estrutura recebe a água direcionada do telhado da edificação e, então, a água pluvial infiltra lentamente nos módulos pela força da gravidade até a base da estrutura. Além disso, o sistema proposto apresenta as dimensões de 700 mm de largura, 700 mm de altura e 200 mm de profundidade, para cada módulo, contendo 17 módulos do tipo *Elmich Green Wall* (Figura 4-4) no total. A figura abaixo indica a estrutura presente neste tipo de paredes verdes. Os módulos foram projetados para se acoplar a uma coluna paralela, com altura aproximada a do prédio (LAU; MAH, 2018).

Figura 4-4 - Módulos do tipo Elmich Green Wall.



Fonte: Lau e Mah (2018) apud Elmich (2008).

A partir da seleção da edificação a ser utilizada na concepção do projeto de paredes verdes, do modelo de instalação da técnica e da obtenção das medidas referentes à aplicação do estudo, foi possível iniciar o processo de seleção dos dados de tempos de retorno, tempos de duração e coeficientes de permeabilidade.

Foram utilizados os tempos de retorno de 1, 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, e tempos de duração de 5, 10 e 15 minutos, com intuito de realizar as simulações iniciais. A estimativa da intensidade da chuva foi obtida por meio de um modelo computadorizado da curva de intensidade-duração-frequência (IDF) para a região em questão. Em relação às características do solo, o projeto buscou direcionar o tipo de solo para a capacidade de passagem da água com velocidade adequada. Sendo o coeficiente de permeabilidade do solo analisado considerado na

faixa de 0,5 a 6,0 pol/hora, com quatro tipos de solo verificados, areia, areia argilosa, argila arenosa e argila (LAU; MAH, 2018).

Após a obtenção dos dados necessários para aplicar o Método Racional, foi possível estabelecer as vazões de pico e comparar os valores obtidos para a área da superfície de escoamento responsável por fornecer as águas pluviais para o sistema de paredes verdes. O estudo utilizou também o *software Storm Water Management Model (SWMM)*, para obter uma equação de reservatório não linear, a qual relacionou a entrada sendo proveniente da precipitação e do escoamento, enquanto isso, a saída obtida da infiltração, evaporação e escoamento superficial. (LAU; MAH, 2018).

No intuito de comparar com outras técnicas de dimensionamento, foram pesquisados estudos de dimensionamento de paredes verdes para o viés do manejo das águas pluviais. Durante essa busca, foi encontrado o estudo de Retzlaff et al (2011), o qual aplica a tecnologia para oito paredes verdes, localizadas na Filadélfia, Estados Unidos. O estudo utilizou oito paredes verdes com formas circulares, sendo os núcleos das estruturas preenchidos com cinzas de carvão (80% do volume) misturado com casca de pinho compostada (20% do volume), este material foi aplicado na divisão de cada bloco e ao longo da superfície de cada parede a 5 centímetros de profundidade. As paredes verdes foram construídas sobre uma base impermeável com a presença de uma saída central para coletar a água da chuva, a água coletada era encaminhada para uma cisterna de 20,4 litros, a qual estava conectada às paredes verdes por uma tubulação de PVC de 3,8 centímetros.

Retzlaff et al (2011) utiliza cinco espécies vegetativas, sendo essas a *Sedum spurium*, *S. Sexangulare*, *S. Cauticola*, *S. Kamtschaticum* e *S. Album*. Além disso, a parede verde em questão foi projetada para preencher todos os espaços vazios, possuindo um total de 100% de cobertura vegetativa em sua estrutura.

A Figura 4-5 e a Figura 4-6 apresentam as imagens da estrutura analisada por Retzlaff et al (2011). Sendo possível, observar os espaços para inserção do material mencionado, além da camada impermeável e do ponto de saída da água pluvial no centro da estrutura.

Figura 4-5 - Montagem da estrutura de paredes verdes circular.



Fonte: Retzlaff et al (2011)

Figura 4-6 - Estrutura de paredes verdes circular.



Fonte: Retzlaff et al (2011).

Neste projeto, o volume da água pluvial coletado foi quantificado através da cisterna instalada no sistema, com volume de 20,4 litros, com chuvas de no mínimo 10 milímetros e um período de 24 horas. O nível d'água foi calculado através de uma regressão laboratorial analítica, e forneceu equações diferenciadas para escoamentos com valores superiores e

inferiores a 17,75 centímetros. O volume de escoamento foi comparado com o volume de precipitação para determinar o percentual de redução do escoamento. O cálculo do percentual de redução do escoamento foi realizado com base no volume de precipitação que atingiu o limite de 2,13 m. A partir dos dados utilizados, foi possível a observação do recebimento de 3.807,8 L de águas pluviais para cada parede verde, sendo que o período analisado foi de 9 meses. Neste tipo de estrutura, foi possível observar uma redução do escoamento de até 92%, porém vale ressaltar que o tipo estrutura se diferencia do Elmich Green Wall, apresentando uma altura relativamente baixa e formato circular. (RETZLAFF et al., 2011).

Outro estudo realizado na abordagem do manejo das águas pluviais em 8 estruturas de paredes verdes apresenta a análise do sistema implementado na Pensilvânia, nos Estados Unidos, e aplica 16 módulos de paredes verdes, com 10 células de plantio para cada caixa. Cada módulo foi preenchido com 91,44 cm<sup>3</sup> de solo misturado com grãos de polímeros para absorção e fixação da água (RETZLAFF et al., 2011).

A Figura 4-7 apresenta o sistema de paredes verdes aplicado pelo estudo em questão, na Pensilvânia, nos Estados Unidos.

Figura 4-7 - Sistema de paredes verdes.



Fonte: Kew, Pennypacker, Echols (2014).

Os módulos foram preenchidos com as espécies *Sedum Angelina*, *Sedum Ternatum*, *Sempervivum Tectorum* e *Ajuga Reptans*. As espécies de vegetação foram selecionadas pela resistência às condições variáveis de chuva ou seca e sol ou sombra, mas também pela baixa tendência de variação nas necessidades de água e luz solar. Os 16 módulos apresentam, de forma individual, sua própria cisterna, sistema de irrigação temporizado e calhas coletoras da água drenada. As estruturas foram montadas no sistema de módulos e acopladas à parede de concreto existente. Os módulos foram separados em quatro colunas, diferenciadas pelos tipos de plantas. (KEW; PENNYPACKER; ECHOLS, 2014).

A Figura 4-8 apresenta a imagem dos módulos do sistema de paredes verdes citado acima, sendo possível observar a divisão por colunas das espécies de vegetação. Além disso, através desta imagem é possível verificar a existência dos sistemas de irrigação no topo dos módulos.

Figura 4-8 - Módulos divididos pelos tipos de vegetações.



Fonte: Kew, Pennypacker, Echols (2014).

A chuva considerada foi de 84,07 milímetros por mês e o sistema contou com cisternas para dar aporte para a captação desta chuva. O sistema de paredes verdes apresentou irrigação duas vezes ao dia, durante o período da manhã e da noite, com o intuito de minimizar os efeitos da evaporação durante dias quentes. Os dados foram geridos através das informações analisadas

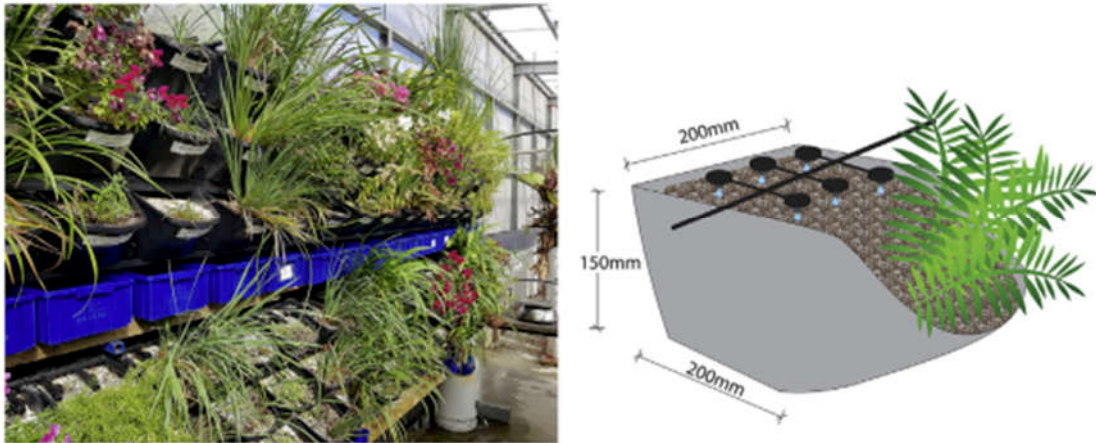
de entrada e saída da água, contemplando as oito paredes verdes. Por meio da análise do fluxo da água foi possível perceber a queda da porcentagem da absorção com a presença de grandes volumes de água para irrigação. O estudo possibilitou também, a percepção do aumento da capacidade de retenção com a incidência solar direta nas plantas. Neste sistema, apresenta uma captura de até 67% da água direcionada para os sistemas com incidência solar direta, e 57% para os sistemas com incidência solar indireta. (KEW; PENNYPACKER; ECHOLS, 2014).

Os autores afirmam ainda, a necessidade de uso de cisternas para obter os resultados necessários, com o intuito de atender a irrigação com periodicidade de duas vezes ao dia. Além disso, as chuvas de baixa intensidade como eventos hidrológicos de fácil controle para as estruturas de paredes verdes. Outra questão levantada, foi a problemática das baixas temperaturas presenciadas durante o período do inverno, além da diminuição da incidência solar nas plantas. Neste caso, o local possui ocorrência de neve, sendo assim o sistema de irrigação precisa de uma manutenção adequada para evitar o congelamento das tubulações. (KEW; PENNYPACKER; ECHOLS, 2014).

No quesito de retenção de água relacionado às vegetações selecionadas para composição de paredes verdes, Prodanovic, Wang e Deletic (2019), firmam em seu estudo uma análise das necessidades diárias de água de cinco espécies de plantas (*C. appressa*, *N. obliterata*, *L. muscari*, *M. parvifolium* e *O. japonicus*), utilizadas em diferentes estações do ano, temperatura e condições de umidade. Os pontos de dados coletados em um dia específico foram utilizados para comparar as diferenças entre dois métodos de medição (métodos de peso e volume), realizados na cidade de Melbourne, na Austrália (PRODANOVIC; WANG; DELETIC, 2019). A Figura 4-9 apresenta o modelo utilizado pela aplicação do estudo, o qual visa avaliar a retenção de água nos sistemas de paredes verdes.



Figura 4-9 - Modelo utilizado - Paredes verdes de 3 níveis.



Fonte: Prodanovic, Wang e Deletic (2019).

#### 4.1.3.1.2 Remoção de nutrientes

Em Melbourne, na Austrália, também foi realizado o projeto de 12 meses em uma parede verde piloto em larga escala, localizada em um laboratório. A análise em questão visou observar a remoção de nutrientes através das plantas da parede verde piloto. Optou-se por módulos de 200x200x150 milímetros de dimensões, sendo respectivamente, largura, profundidade e altura, assim como os modelos utilizados na Figura 4-9. A Figura 4-10 apresenta as fotos do modelo utilizado de paredes verdes para avaliação da remoção de nutrientes (PRODANOVIC et a., 2019).

Figura 4-10 - Modelo de paredes verdes.



Fonte: Prodanovic et al., 2019.

#### 4.1.3.1.3 Produção de alimentos

No estudo de Nagle, Echols e Tamminga (2017) na Filadélfia, nos Estados Unidos, um sistema de parede viva de 7,5 m<sup>2</sup> foi avaliado para a verificação da capacidade de produção de alimentos. O sistema em questão foi instalado inicialmente com o intuito de avaliar a primeira captura de descarga e capacidade de retenção de águas pluviais para uma parede verde, no estudo de Kew, Pennypacker e Echols (2014). Paredes verdes onde acontecem a plantação produtos frescos, desempenham papéis práticos, educacionais e ecológicos fora da economia formal da produção de alimentos.

Protótipos de paredes vivas como o usado neste estudo piloto podem diversificar atividades de jardinagem urbana em pequenas escalas em qualquer comunidade. Elas podem servir como uma ferramenta para um jardineiro que busca um hobby, sendo aplicadas para hortas escolares ou para criar oportunidades de saúde e bem-estar em um centro comunitário local. Nesse sentido, o papel da parede verde não seria primordialmente como fonte de alimento, e sim uma forma de contribuição para a aprendizagem da comunidade e, ao mesmo tempo, forneceria serviços ecossistêmicos, como a produção de alimentos (NAGLE; ECHOLS;

TAMMINGA, 2017). A Figura 4-11 apresenta a ilustração do modelo utilizado de parede verde para a análise de produção de alimentos.

Figura 4-11 - Modelo de parede verde utilizado para produção de alimentos.



Fonte: Nagle, Echols e Tamminga (2017).

#### 4.1.3.2 *Indicadores de análises dos artigos abordados*

Segundo Radhakrishnan et al. (2019), a seleção de Infraestruturas Verdes com a finalidade de alcançar resultados sustentáveis é baseada em adequações que compreende 4 etapas: o critério de seleção de plantas; em uma pesquisa social baseada nesse critério de seleção de espécies vegetais; no desenvolvimento de uma lista de critérios de sustentabilidade, incluindo informações específicas (como a disponibilidade de água); e na avaliação das espécies vegetais disponíveis. O conjunto de critérios de sustentabilidade foi criado com base nos aspectos dos pilares de sustentabilidade. Por exemplo, os aspectos ecológicos do projeto das estruturas apoiam a biodiversidade, portanto, foi incluído como critério de sustentabilidade ambiental.

Da mesma forma, preocupações com a segurança pública, em saúde e a amplitude das plantas foi adicionada como critério no âmbito social pilar da sustentabilidade, enquanto a capacidade de redução de inundações foi adicionada como critério no pilar ambiental. Aspectos internacionais baseados na biologia vegetal, como a reação alérgica da planta, toxicidade, erva daninha ambiental, alelopatia, também foram adicionadas, pois elas pertencem ao meio social e pilares ambientais da sustentabilidade (RADHAKRISHNAN et al., 2019). Xing, Jones e Donnison (2017) levantam que entre os critérios escolhidos estão a seleção das plantas, a escolha das estruturas de suporte, a manutenção do sistema e a constância de irrigação (XING; JONES; DONNISON, 2017).

Enquanto isso, a análise do estudo de Xing, Jones e Donnison (2017) avalia uma caracterização de planejamento urbano verde, abrangendo quatro fases: fortalecer iniciativas, múltiplo benefício, ações urbanas sustentáveis e otimização do design. Entretanto, existe um desafio entre adequar as soluções baseadas na natureza para edifícios em sua arquitetura e planejamento, além de existir uma necessidade de desenvolvimento de um protocolo para ilustrar fatores de aplicação para as soluções mencionadas nas construções. A participação da comunidade no planejamento e a multidisciplinariedade na mensuração e aprendizado são peças-chaves para unir as iniciativas, os exemplos, as aplicações e as opções existentes.

Em relação à avaliação dos aspectos de adesão da sociedade brasileira às infraestruturas verdes, existe a abrangência do estudo de Da Rocha e Sattler (2017). O estudo foi dividido em duas partes, após análises com moradores da cidade de Feliz, no estado do Rio Grande do Sul. Na primeira parte, um conjunto de perguntas foi formulado com perguntas iniciais sobre as tecnologias, a fim de descobrir a opinião dos entrevistados. Na segunda parte, os pesquisadores passaram de porta em porta, para descobrir os dados do perfil dos entrevistados. Foram reunidos através das seguintes variáveis: gênero, idade, propriedade de veículo, escolaridade, ocupação, perfil do agregado familiar, número de pessoas no domicílio, renda mensal, posse de animais de estimação e hábitos de jardinagem (DA ROCHA; SATTLER, 2017).

#### 4.1.3.3 *Avaliações realizadas pelos artigos abordados*

- Infraestruturas verdes

Razzaghmanesh, Beecham e Salemi (2016) identificaram, a partir do estudo de caso na área metropolitana de Adelaide, Austrália, resultados benéficos no uso de estruturas verdes na cidade, concluindo que a utilização de espaços verdes nas cidades tem se consagrado como uma das soluções de mitigação dos processos de urbanização. Os telhados e paredes verdes são considerados como ferramentas vitais para os modelos futuros de urbanização.

Ainda no âmbito dos benefícios das infraestruturas verdes, em paralelo aos ambientes urbanos, foram encontrados resultados benéficos no uso de infraestruturas verdes na cidade, sendo que, foi concluído que a utilização de espaços verdes nas cidades tem se consagrado como uma das soluções de mitigação dos processos de urbanização, os telhados e paredes verdes são considerados como importantes formas para urbanização futura. Essas estruturas possuem o potencial para reduzir as temperaturas de áreas urbanas, principalmente em dias quentes e no período do verão (RAZZAGHMANESH; BEECHAM; SALEMI, 2016). Sendo as ações urbanas sustentáveis, formas de impactar diversos ecossistemas de serviços e sociais, com benefícios como adaptação às mudanças climáticas, engajamento da comunidade, saúde e qualidade de vida das pessoas (XING; JONES; DONNISON, 2017).

O estudo de Yuan e Rim (2018) apresentou a economia dos níveis de consumo de energia ao aplicar a utilização de infraestruturas verdes em estabelecimentos de escritórios, hospitais e colégios.

Nagles, Echols e Tamminga (2017) estruturam a contribuição dos sistemas de paredes verdes para a produção de alimentos cultivados nas estruturas, com espécies variadas e resultados de produção consideráveis. De forma geral, pode-se destacar também a produção de alimentos cultivados em uma parede verde.

Enquanto isso, a avaliação de Zhang et al (2020), em Guangzhou, na China, proporcionou resultados que mostram a floresta urbana, telhado verde e parede verde como as três principais opções. Para melhorar a compreensão pública das infraestruturas verdes e seus serviços de ecossistema urbano, programas de educação e publicidade devem ser lançados para vários grupos de pessoas no futuro. Essas descobertas auxiliarão os planejadores da cidade à identificação de projetos mais eficazes para as cidades, atendendo assim às preferências e demandas da sociedade. A educação ambiental e a propaganda devem ser fortalecidas para aumentar a conscientização ambiental pública e enriquecer seus conhecimentos da contribuição das infraestruturas verdes para a conservação da natureza e diversidade.

Entretanto, existe um desafio entre adequar as soluções baseadas na natureza para edifícios em sua arquitetura e planejamento, além de existir uma necessidade de desenvolvimento de um protocolo para ilustrar fatores de aplicação para as soluções mencionadas nas construções. A participação da comunidade no planejamento e a multidisciplinariedade na mensuração e aprendizado são peças-chaves para unir as iniciativas, os exemplos, as aplicações e as opções existentes (XING; JONES; DONNISON, 2017).

Irga et al., (2017) indica em suas análises que embora as paredes verdes tenham sido implementadas em algumas partes do mundo, a aceitação na Austrália tem sido difundida de forma gradual. O autor levanta a necessidade de investimentos nos quesitos de políticas de infraestruturas verdes urbanas, exemplos para dar aos projetistas urbanos confiança na tecnologia, profissionais capazes de instalar sistemas de infraestruturas ecológicas. Reforça ainda, a necessidade de implementação de políticas para aumentar a frequência de projetos em escala nacional na Austrália.

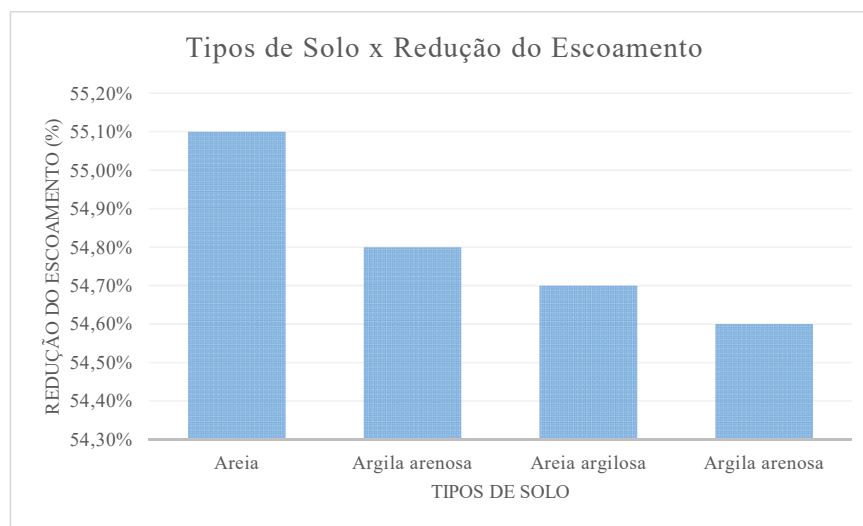
- Aplicações de paredes verdes

Simulações no *software Storm Water Management Model (SWMM)* foram baseadas em quatro análises do estudo de Lau e Mah (2018). A primeira análise foi feita com a finalidade de analisar o solo, a segunda, a recorrência, a terceira, a duração da chuva, e a quarta, a efetividade do uso de paredes verdes. Utilizou-se os seguintes 4 tipos de solo: areia, argila arenosa, areia argilosa e argila, sendo que os 4 tipos mostraram boa capacidade de redução do escoamento superficial. Selecionou-se então o tempo de retorno de 1 ano e tempo de duração de 5 minutos, para parâmetros de melhores resultados para performance das paredes verdes (LAU; MAH, 2018).

O tipo de solo que impacta em uma maior redução do escoamento seria a areia, seguido pela areia argilosa, argila arenosa e argila (Figura 4-12), sendo que, todos os solos em questão possuem grande taxa de areia em sua composição, logo, apresentam uma rapidez maior para absorção da água. Além disso, apresentam-se os resultados da eficiência da aplicação das paredes verdes, sendo analisado o sistema de drenagem sem as paredes por dois meses, observa-se a simulação com os 4 tipos de solos, um dos fatos identificados foi que a performance do sistema de paredes verdes se mostrou dependente também dos intervalos entre as precipitações, além do padrão da chuva. Os índices de redução do escoamento são indicados na Tabela 4-1,

apresentam evidências de que em chuvas de duração e intensidade maiores, tem-se uma capacidade menor da redução do escoamento (LAU; MAH, 2018).

Figura 4-12 - Tipos de Solo em comparação com a redução do escoamento das águas.



Fonte: Lau e Mah (2018) – Adaptado pela autora.

Tabela 4-1 - Performance hidrológica do sistema de parede verde.

Data	Tempo de continuidade da chuva (hora)	Intensidade (mm/hora)		Média de redução do escoamento (%)
		Alcance	Média	
19/01	6	0,5 – 3,5	2,0	87
15/01	10	1,5 – 9,5	5,5	55
05/01	4	1,5 – 51,5	26,5	52
21/02	6	4,5 – 80,5	42,5	52
Chuva única de 5 minutos com tempo de retorno de 1 ano			100,0	55

Fonte: Lau e Mah (2018) – Adaptado pela autora.

Lau e Mah (2018), por meio da aplicação da técnica no estabelecimento comercial em Central City, na Malásia, concluíram que o sistema de paredes verdes demonstra eficiência como método de controle da drenagem urbana, através dos 4 cenários analisados.

A análise de Prodanovic, Wang e Deletic (2019) do comportamento de retenção de água pelos sistemas de paredes verdes, indica que durante o verão, os processos dominantes de captação de água eram a absorção das plantas e o processo de transpiração da vegetação, responsáveis pela demanda de água ser três a quatro vezes maior, ao comparada com o período de inverno. As mudanças de temperatura e umidade durante o inverno causaram a mudança na captação de água das plantas, apontando para diferentes padrões de crescimento e atividade das plantas testadas. Além disso, o estudo aponta a falta de conhecimento sobre as interações entre a absorção das plantas e as condições climáticas (temperatura e umidade) (PRODANOVIC; WANG; DELETIC, 2019).

Através do estudo de Prodanovic et al., (2019), verificou-se a possibilidade da utilização do sistema de paredes verdes, voltado para o tratamento de águas cinzas, além de contribuir esteticamente para seus locais de instalações. As configurações testadas mostraram boa resiliência a aumentos repentinos de concentração de influxo, sugerindo a capacidade de remoção de nutrientes de forma satisfatória. Os resultados mostraram que espécies de plantas ornamentais podem se adaptar com sucesso ao regime de irrigação apenas com água cinza e desempenhar um papel importante na captação de nitrogênio e fósforo da água cinza (PRODANOVIC et al., 2019).

Os estudos abordados no item 4.1.3.1.1, contemplam estruturas de paredes verdes com o viés do manejo de águas pluviais urbanas. Com a finalidade de sintetizar as informações relacionadas ao aspecto de dimensionamento de paredes verdes, foram identificados os aspectos abordados nos estudos no Quadro 4-4. Os três estudos que avaliaram o dimensionamento de paredes verdes para o controle de escoamento superficial estão elencados abaixo, com a identificação de seus métodos de dimensionamento; tipo de análise, sendo simulação ou mostragem; tempo de retorno e tempo de duração considerado para os resultados obtidos; substratos utilizados; e a eficiência na redução do escoamento da água da chuva.



Quadro 4-4 – Síntese dos parâmetros de dimensionamento de paredes verdes, voltado para o manejo de águas pluviais urbanas.

<b>Estudo</b>	<b>Método utilizado</b>	<b>Simulação (S) ou Mostragem (M)</b>	<b>Tempo de retorno / Tempo de duração</b>	<b>Substratos analisados</b>	<b>Eficiência</b>
(LAU; MAH, 2018)	USEPA SWMM	S	TR = 1 ano Td = 5 min	Areia, areia argilosa, argila arenosa e argila	Redução de escoamento superficial maior que 55%
(KEW; PENNYPACKER; ECHOLS, 2014)	-	M	-	Solo misturado com grãos de polímeros	Até 67% de redução do escoamento (fornecimento de água controlado)
(RETZLAFF et al., 2011)	Análise de variância simples	M	-	Cinzas de carvão com casca de pinho	Até 92% de redução do escoamento

Fonte: Elaborado pela Autora.

As informações fornecidas pelos estudos se diferem por dois, dos três estudos analisados, serem voltados para mostragem. As técnicas de mostragem possuíram seus resultados avaliados a partir das estruturas implantadas, enquanto isso, a simulação foi feita por meio de dados obtidos pelos históricos de chuvas e tendências dos substratos a serem utilizados na modelagem. Visto que, os dados fornecidos não são padrão para os estudos de dimensionamento, as situações de simulação e mostragem fornecem informações diferentes para as estruturas de paredes verdes.

Nos casos de presença de cisterna, para os estudos de Retzlaff et al (2011) e Kew, Pennypacker e Echols (2014), foi possível instaurar o fornecimento de água controlado. Este fato auxiliou no progresso dos resultados de controle do escoamento de águas pluviais.

Kew, Pennypacker e Echols (2014) indicam a utilização de paredes verdes com a finalidade de mitigação do escoamento superficial, ocasionado pelas áreas impermeáveis das zonas urbanas. Sendo esta técnica sobressalente, quando comparada ao uso de telhados verdes,

pela demanda reduzida de área de instalação e ocupação de espaços verticais. Ao observar os padrões de habitações de cidades com espaços de telhados limitados e alta presença de áreas impermeáveis, é possível verificar as vantagens do uso de paredes verdes em relação aos telhados verdes, para inserir as técnicas de infraestruturas verdes nas cidades.

Além dos benefícios paisagísticos de aplicação deste tipo de tecnologia em grandes paredes de concreto de obras como viadutos, taludes, retenção de encostas, como apontado no estudo de Monteiro et al., (2020). As paredes verdes apresentam grande versatilidade de uso e podem trazer benefícios importantes para uma cidade mais sustentável.

## 4.2 APLICABILIDADE À REALIDADE BRASILEIRA

As infraestruturas verdes vêm sendo aplicadas em âmbito mundial, conforme as publicações citadas no tópico 4.1.3. Fica evidente que as paredes verdes estão sendo analisadas em relação às perspectivas para os processos de inserção das infraestruturas verdes nas zonas urbanas. A partir da Revisão Integrativa, verificou-se a presença de estudos relacionados à inserção de paredes verdes na Austrália, China, Dinamarca, Egito, Espanha, Estados Unidos, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Malásia, Noruega, Polônia, Portugal, Reino Unido, Sérvia e Suíça.

A listagem dos países abordados nos resultados da Revisão Integrativa realizada, permite observar a presença de várias regiões do globo, com diversas características climáticas, fato que possibilita a verificação da independência das técnicas de infraestruturas verdes em relação às suas localidades, porém com a necessidade de cisternas para fornecimento controlado de água para a aplicação de paredes verdes em certos países, como foi possível observar no tópico 4.1.3.1.1. Em locais de clima mais secos ou ocorrência de neve, a cisterna é um modo de garantir que as plantas possuíssem sistema de irrigação constante.

A partir de características vistas nos estudos da Revisão Integrativa, se instituiu parâmetros para análise da viabilidade da aplicação de paredes verdes no contexto brasileiro. Essas características constituem a disponibilidade de materiais para construção e manutenção dos sistemas de paredes verdes, voltados para o manejo das águas pluviais, e as espécies de vegetação utilizadas.

Além destes quesitos avaliados para a realidade brasileira, foram considerados o fator de existência de infraestruturas verdes no Brasil e legislações que abrangem a temática de drenagem urbana sustentável, por meio de estruturas com a presença de vegetação.

#### 4.2.1.1 *Acessibilidade aos materiais dos sistemas de paredes verdes*

Por meio dos estudos verificados no item 4.1.3 foi possível realizar um levantamento dos materiais necessários para construção e manutenção das estruturas de paredes verdes, os quais estão apresentados nos seguintes tópicos:

- *Módulos para inserção das plantas;*
- *Sistemas de irrigação;*
- *Estruturas de suporte;*
- *Calha coletora;*
- *Camada impermeável;*
- *Substrato;*
- *Cisterna para armazenamento da água da chuva.*

Optou-se por incluir nos itens necessários as cisternas para armazenamento de água pluvial, pois em alguns estudos de casos foram utilizadas as técnicas voltadas para o armazenamento da água da chuva e após esse processo, irrigação controlada, buscando maior eficiência da estrutura no quesito de manejo das águas pluviais.

##### 4.2.1.1.1 *Módulos para inserção das plantas*

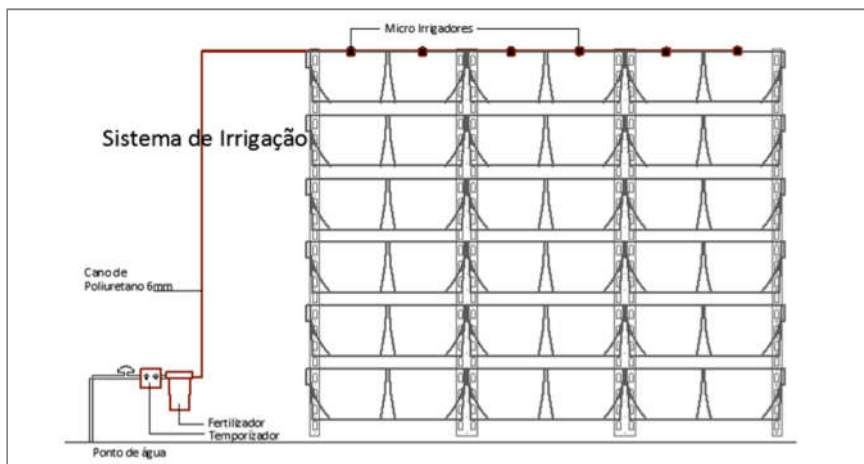
Foi realizada uma pesquisa de empresas que possuem sistemas de paredes verdes para venda, com foco em estruturas de paredes vivas modulares. Através da busca, foram encontradas empresas que atuam no ramo de paisagismo sustentável e possuem como produtos as estruturas verticais de vegetação subdivididas em módulos.

Alguns exemplos de empresas que fornecem estes materiais no Brasil seriam a Ecotelhado, Eco Center e Elo 7. Foi possível verificar a existência de uma quantidade maior de paredes verdes compostas por painéis de feltro. Entretanto, é possível encontrar paredes verdes do tipo modulares, sendo seu custo variável de acordo com a quantidade de módulos.

O sistema de paredes verdes da Ecotelhado (2020) apresenta como elementos da estrutura os módulos, cremalheiras galvanizadas, fibra de coco (substrato), parafusos e buchas,

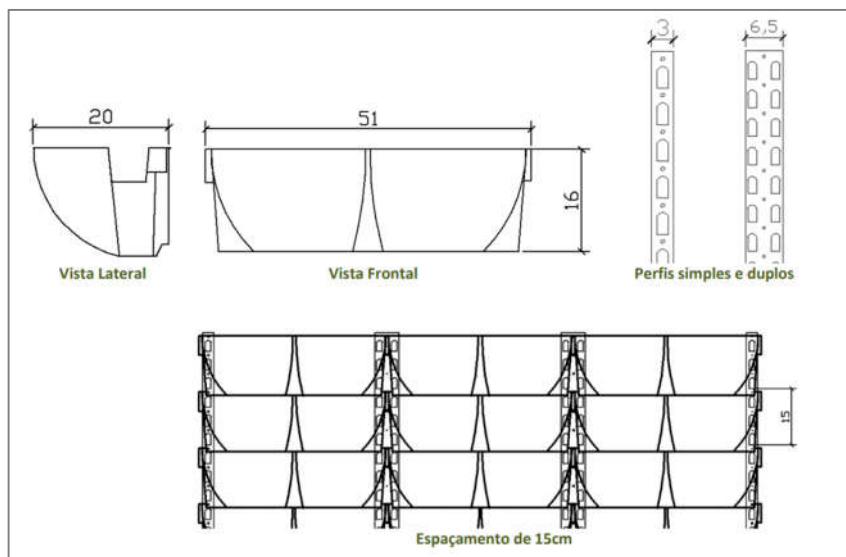
além do sistema de irrigação. A Figura 4-13 e a Figura 4-14 indicam as imagens esquemáticas fornecidas pelo material informativo da Ecotelhado (2020).

Figura 4-13 – Imagem esquemática de paredes verdes modulares da Ecotelhado.



Fonte: Ecotelhado (2020).

Figura 4-14 - Imagem esquemática de vista lateral e espaçamento da Ecotelhado.



Fonte: Ecotelhado (2020).

#### 4.2.1.1.2 Sistemas de irrigação

Para o gotejamento de forma controlada da água pluvial coletada dos telhados das edificações, é necessário o sistema de irrigação, de preferência com temporizador para seleccionar os períodos de irrigação das vegetações presentes nas paredes verdes.

No mercado brasileiro, existem diversas fontes de comercialização de sistemas de irrigação. Para o método das paredes verdes, verificou-se que a fita gotejadora seria mais adequada para a distribuição da água nos módulos do sistema.

#### 4.2.1.1.3 Estruturas de suporte

A estrutura de suporte fornece o apoio para implantação dos módulos das paredes verdes e pode ser posta de forma independente das paredes das edificações ou acoplada. Conforme a pesquisa realizada no item 4.2.1.1.1, ao serem observadas as estruturas modulares de paredes verdes, verificou-se que as estruturas suportes são comercializadas em conjunto.

Todavia, foi possível encontrar para venda, estruturas suportes para instalação das paredes verdes de forma paralela às paredes das edificações.

#### 4.2.1.1.4 Calha coletora

O item responsável por coletar a água pluvial que chega à base da estrutura de paredes verdes se apresenta na forma de calha coletora. A calha é responsável por coletar a água que transpassa a estrutura por meio da força da gravidade e direcionar para os fins adequados.

A calha coletora se trata de um material facilmente encontrado em lojas brasileiras de materiais de construção e pode apresentar diferentes tipos de componentes, como metal, aço galvanizado, PVC ou zinco. Além disso, pode apresentar diversas formas e tamanhos, de acordo com o sistema de paredes verdes a ser implantado.

#### 4.2.1.1.5 Camada impermeável

A camada impermeável fornece o auxílio para controle da água pluvial gerada pelas paredes verdes, a fim de que não haja problemas de infiltração nas estruturas das edificações.

Através dos sistemas utilizados nos artigos abordados do tópico 4.1.3, foram observadas técnicas de impermeabilização com camadas flexíveis de materiais compostos de elastômeros e polímeros. Tais materiais, são encontrados facilmente em lojas brasileiras de materiais de construção.

#### 4.2.1.1.6 Substrato

Como visto através do item 4.1.3, existem resultados favoráveis na retenção de água para solos com teores consideráveis de areia. Além disso, conforme os estudos abordados na Revisão Integrativa, foi possível observar que outros tipos de substratos podem ser utilizados na técnica de paredes verdes.

O Brasil possui uma grande variedade de substratos, no âmbito da técnica de paredes verdes seria necessário avaliar a disponibilidade do substrato desejado na região em questão do país. Nestes casos, seriam necessários estudos que comprovassem a eficácia dos substratos avaliados como forma de retenção de água em paredes verdes.

#### 4.2.1.1.7 Cisterna para armazenamento da água da chuva

A cisterna funciona como reservatório para a água pluvial coletada do telhado da edificação. Como abordado na Revisão Integrativa, existem estudos que utilizam cisternas, enquanto outros não possuem esta estrutura. A fim de otimizar o sistema de paredes verdes voltado para o manejo da água pluvial, optou-se por realizar o levantamento da acessibilidade de cisternas no mercado brasileiro. Ademais, para as regiões do território brasileiro que possuem clima seco de forma sazonal ou constante, seria interessante a utilização de cisternas de armazenamento da água da chuva. As cisternas auxiliariam no processo de garantia de irrigação constante das plantas, propiciando a manutenção do sistema.

A venda de cisternas é realizada em larga escala por lojas de materiais de construção e empresas que realizam a venda de produtos hidrossanitários. Sendo assim, este material também pode ser encontrado em lojas brasileiras.

#### 4.2.1.2 *Existência das espécies de vegetações no território brasileiro*

O tópico 4.1.3 permitiu o levantamento das espécies de vegetação utilizadas pelos estudos de casos avaliados na Revisão Integrativa. As plantas mencionadas em parte dos estudos analisados são as seguintes:

- *Sedum spurium*;
- *Sedum sexangulare*;
- *Sedum kantschaticum*;
- *Sedum album*;

- *Sedum angelina*;
- *Sedum ternatum*;
- *Sempervivum tectorum*;
- *Ajuga reptans*;
- *Carex Appressa*;
- *Nephrolepis oblitterata*;
- *Liriope muscari*;
- *Myoporum parvifolium*; e
- *Ophiopogon japonicus*.

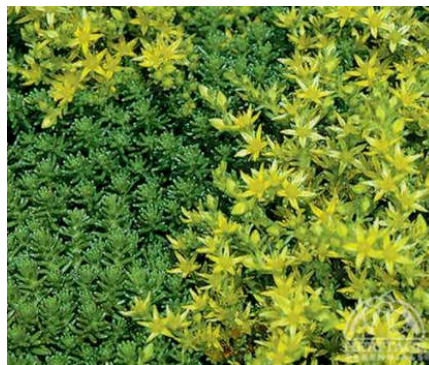
As figuras abaixo apresentam as imagens das espécies de plantas abordadas nos estudos do tópico 4.1.3.

Figura 4-15 - *Sedum spurium*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-16 - *Sedum sexangulare*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-17 - *Sedum album*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-18 - *Sedum angelina*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-19 - *Sedum ternatum*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-20 - *Sempervivum tectorum*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-21 - *Ajuga reptans*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-22 - *Carex appressa*.



Fonte: Australian Native Plants Society

Figura 4-23 - *Nephrolepis obliterata*.



Fonte: Perennials.

Figura 4-24 - *Liriope muscari*.



Fonte: Perennials.



Figura 4-25 - *Myoporum parvifolium*.

Fonte: Australian Native Plants Society.

Figura 4-26 - *Ophiopogon japonicus*.

Fonte: Missouri Botanical Garden.

A pesquisa referente às espécies de vegetação foi realizada por meio de lojas online, assim como para os materiais utilizados nas estruturas de paredes verdes. Por meio desta busca, ocorreu a observação da presença da grande maioria das espécies no mercado brasileiro, com exceção das espécies *M. parvifolium* e *L. muscari*.

#### 4.2.1.3 Presença de infraestruturas verdes no cenário brasileiro

Não foram encontrados estudos com paredes verdes no Brasil, voltados para o manejo das águas pluviais urbanas. Conforme explicado anteriormente optou-se por se levantar trabalhos com telhados verdes como alternativa comparativa para o uso de parede verdes no Brasil. Já que são tecnologias similares, com funções também similares, aplicadas na escala da edificação e que apresentam partes semelhantes componentes também semelhantes.

Vieira et al. (2018) analisou a utilização de quatro sistemas de telhados verdes no município de Aracaju, capital do estado de Sergipe, para avaliar a redução do escoamento superficial e, através dos resultados obtidos, pode ser concluído que a utilização destes sistemas pode reduzir significativamente as enchentes urbanas ao serem aplicados de forma coletiva, nas cidades.

Budel et al. (2014) apresenta o uso das estruturas de telhado verde na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, contidas em uma laje de 77 m<sup>2</sup>. No caso de Tassi et al., (2014), a análise dos telhados verdes é realizada para cidade de Santa Maria, localizada no estado do Rio Grande do Sul, e aborda uma estrutura com aproximadamente 12 m<sup>2</sup>. No estudo

de Mendonça (2015), o uso de telhados verdes foi implantado na cidade de João Pessoa para uma área de 12 m<sup>2</sup>, no estado da Paraíba. Enquanto isso, Vacari (2015), a implantação da técnica de telhados verdes foi feita na cidade de Cuiabá, na capital do estado do Mato Grosso. Os exemplos desses estudos permitem verificar a presença de avaliações da aplicação de telhados verdes para diversas cidades brasileiras.

Leite e Fujimura (2016) avaliam a implantação de telhados verdes no município de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, com a redução de 18% do pico do coeficiente de escoamento superficial com o uso desta técnica, sendo posta como a solução para inundações locais.

Franco (2010) propõe a instalação de infraestruturas verdes para o município de São Paulo, considerando os parques Ibirapuera e Villa Lobos, com a integração dos mesmos com um corredor verde. Todavia, Benini (2015) realiza uma avaliação de infraestruturas verdes localizadas no município de Sorocaba, também no estado de São Paulo, com o intuito de categorizar os espaços da cidade para expansão de infraestruturas verdes. Catuzzo (2013), avalia também para a cidade de São Paulo, a utilização de infraestruturas verdes, como o telhado verde, e apresenta benefícios no quesito de minimização dos impactos das zonas urbanas.

Através de estudos relacionados à inserção de infraestruturas verdes, do tipo telhados verdes, no Brasil, foi possível observar que as técnicas estão sendo avaliadas de acordo com a realidade das cidades brasileiras em diversas regiões.

#### 4.2.1.4 *Legislações brasileiras voltadas para aplicação de infraestruturas verdes*

Os casos citados no item 4.2.1.3 relacionam a inserção de infraestruturas verdes com a realidade brasileira na última década, ao promoverem análises sobre a eficácia da implantação das técnicas em diversos aspectos urbanos brasileiros.

Ademais, de acordo com o Quadro 4-5, é possível avaliar que existem legislações que contemplam a inserção de infraestruturas verdes no país, as legislações apontadas foram retiradas das informações fornecidas do site da Ecotelhado (2020).

Quadro 4-5 - Legislações relacionadas a aplicação de infraestruturas verdes nos municípios brasileiros.

<b>Lei ou Decreto</b>	<b>Local</b>	<b>Características</b>
Lei Complementar 434/1999	Porto Alegre/RS	Utilização de telhados verdes e pavimentos permeáveis
Decreto 55.994/2015	São Paulo/SP	Utilização de telhados verdes e paredes verdes
Lei Complementar 235/2012	Goiânia/GO	Incentivos para utilização de práticas sustentáveis
Lei 6.793/2010	Guarulhos/SP	Incentivos para utilização de tecnologias sustentáveis
Lei 18.112/2015	Recife/PE	Instalação de telhados verdes e reservatórios de água pluvial
Lei 10.046/2013	João Pessoa/PB	Instalação de telhados verdes
Decreto 35.745/2012	Rio de Janeiro/RJ	Incentivos para edificações e projetos que incluam tecnologias verdes
Decreto 29.100/2017	Salvador/BA	Incentivos para adesão de tecnologias verdes

Fonte: Ecotelhado (2020).

Por meio das legislações levantadas, observou-se 8 legislações aplicadas para utilização de infraestruturas verdes nas capitais brasileiras, sendo que Cuiabá, João Pessoa, Porto Alegre e São Paulo são cidades que aparecem também no tópico 4.2.1.3 como localidades de implantação de estruturas de telhados verdes. Ademais, é possível notar que as legislações abordadas tratam, em sua maioria, da aplicação de infraestruturas verdes de forma geral, sendo assim o cenário poderia ser inclusivo para as técnicas de paredes verdes também, assim como para telhados verdes.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho visou o levantamento da potencialidade do uso das paredes verdes, no contexto brasileiro, perante a área de manejo de águas pluviais urbanas. Por meio da base de dados Scopus, foi possível extrair 28 documentos relacionados a esta área do conhecimento, estes estudos propiciaram a síntese do assunto com a avaliação dos conteúdos por seus diferentes aspectos. Ao analisar as publicações geradas pela busca na base de dados, foi priorizado o aprofundamento do tema de paredes verdes em relação a abordagem da drenagem urbana, sendo levantadas também vantagens e parâmetros da utilização de infraestruturas verdes.

As paredes verdes foram categorizadas por suas estruturas, com a implantação nas cidades por meio de dois modelos diferenciados entre si, as paredes vivas e fachadas verdes. As paredes vivas foram identificadas como a forma de aplicar esta técnica ao manejo das águas pluviais, com a utilização de módulos para a absorção do escoamento e manutenção facilitada do sistema em questão. As paredes verdes são postas por Kew, Pennypacker e Echols (2014), como uma técnica que possui a vantagem de demandar espaços menores para a sua instalação e a capacidade de absorver o escoamento de águas pluviais gerado pelas coberturas impermeáveis das edificações das áreas urbanas.

Nos estudos aplicados para o dimensionamento das paredes verdes obteve-se como resultados a viabilidade da realização da técnica para redução do escoamento superficial do local, além disso os tipos de solos foram identificados como fatores de alterações para os resultados obtidos. A fim de comparar os resultados obtidos, foram inseridos outros estudos de casos de utilização de paredes verdes na área de drenagem urbana. Ainda neste tópico, foi verificada, por meio dos estudos analisados, a possibilidade de utilização de paredes verdes para o tratamento de águas residuárias e, em outro caso, para a produção de alimentos. Sendo possível assim, relacionar a implantação de paredes verdes à múltiplos usos nas zonas urbanas.

A Revisão Integrativa permitiu também a identificação da importância de inserção das infraestruturas verdes nas cidades por diversas regiões do mundo, sendo estas com diferentes características entre si, o que exemplifica um padrão mundial de adaptação à novos modelos de urbanização, os quais incluem a utilização de tecnologias verdes nas zonas urbanas. Todavia, com a realização da Revisão Integrativa foi possível observar que o contexto de paredes verdes

para a drenagem urbana aparece, sobretudo, como abordagem secundária. A escassez de estudos relacionados à paredes verdes e manejo de águas pluviais dificultou a utilização de critérios comparativos e análises de estudos de casos, os quais poderiam auxiliar na contextualização do método para aplicabilidade no Brasil.

Uma tentativa de estabelecer a conexão entre as informações de infraestruturas verdes abordadas na Revisão Integrativa deste estudo e a realidade brasileira foi realizada inicialmente, foram levantados os materiais necessários para construção e manutenção das paredes verdes, estes foram designados a partir dos estudos de caso abordados no item 4.1.3.1. Este procedimento foi realizado também para a verificação das espécies de vegetação inseridas na técnica de paredes verdes.

Após a averiguação desta possibilidade para as cidades do Brasil, foi possível estabelecer um vínculo com a inserção de paredes verdes em zonas urbanas. A comparação de paredes verdes com as legislações brasileiras existentes, auxilia no processo de análise da aplicabilidade das paredes verdes para a realidade brasileira. Visto que, os telhados verdes apresentaram nos últimos anos uma difusão crescente nas cidades, foi tentado uma comparação com a viabilidade de paredes verdes com a tecnologia dos telhados verdes. Esta segunda, mais difundida no Brasil.

Na contextualização da técnica de paredes verdes no cenário brasileiro, foram expostos tópicos referentes à acessibilidade dos materiais e espécies de vegetação no país, além da avaliação de infraestruturas verdes nos municípios brasileiros, através de legislações e medidas aplicadas. As temáticas auxiliaram na difusão do conhecimento em relação às medidas necessárias para inserção das paredes verdes nas cidades brasileiras. Foi possível observar a viabilidade de utilização dos materiais vistos nos estudos da Revisão Integrativa, além de presenciar a existência de realização de infraestruturas verdes no país. Logo, em consonância com o uso de telhados verdes, existe a possibilidade de aplicação da técnica de paredes verdes à realidade nacional.

Como dificuldade identificada neste trabalho de conclusão de curso, notou-se a escassez de estudos atuais com as temáticas de paredes verdes e manejo das águas pluviais interligadas. A abordagem de infraestruturas verdes é bem consolidada por meio de publicações do assunto, entretanto, a técnica de paredes verdes apresentou poucos estudos de casos relacionados às soluções de drenagem urbana.

## **6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir das dificuldades encontradas na condução da pesquisa e da identificação de lacunas nos artigos estudados, recomendo para trabalhos futuros os seguintes pontos: A primeira recomendação está relacionada à abordagem de análise das estruturas de paredes verdes para a realidade das vegetações brasileiras, sendo sugerido locais específicos de implantação no país e avaliadas as espécies que poderiam ser inseridas nestes sistemas e com boa adaptação ao clima da região em questão. Sendo necessárias avaliações para os diferentes estados do país, para identificação dos climas regionais e como as paredes verdes se adaptariam às zonas urbanas brasileiras.

A segunda recomendação diz respeito a iniciativas de análises de implantações de sistemas de paredes verdes em centros comerciais e outros tipos de edificações que usualmente não possuem coberturas disponíveis para implantação de telhados verdes e poderiam ser utilizadas os seus espaços verticais para a inserção de paredes verdes com a finalidade de reduzir os impactos das superfícies impermeáveis de zonas urbanas.

Por último, recomenda-se que seja realizado um dimensionamento de paredes verdes voltado para o manejo de águas pluviais, com a construção da estrutura dimensionada. Sendo registrados os parâmetros definidos e os resultados obtidos.

## 7 REFERÊNCIAS

ASSIMAKOPOULOS, M.-N. et al. Green Wall Design Approach Towards Energy Performance and Indoor Comfort Improvement: A Case Study in Athens. **Sustainability**, v. 12, n. 9, p. 3772, 6 maio 2020.

AUSTRALIAN NATIVE PLANTS SOCIETY (ANPSA). Disponível em: <<http://anpsa.org.au/>> . Acesso em: 08/09/2020.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e cidades: Revista da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 20, n. 2, p. 124–153, 2013.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S.. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana: 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.

BASTOS, C. R. D. S. et al. Uma análise e proposta de implantação de telhado verde e reaproveitamento de água da chuva para uma residência de luxo na região metropolitana de Belo Horizonte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18961–18996, 2020.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T.. **Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities**. 9 ed. Washington: Editora Island Press, 2012.

BENINI, S. M. Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de tupã/SP. p. 220, 2015.

BOANO, F. et al. A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 134731, abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretária Nacional de Saneamento – SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2018/Diagnostico\\_AP2018.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2018/Diagnostico_AP2018.pdf)> . Acesso em: 10/08/2020.

BUDEL, M. A. Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado. p. 128, 2014.

CATUZZO, H. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo**. Doutorado em Geografia Física—São Paulo: Universidade de São Paulo, 4 out. 2013.

DA ROCHA, C. G.; SATTTLER, M. A. Improving Acceptance of More Sustainable Technologies: Exploratory Study in Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 143, n. 2, p. 05016015, jun. 2017.

DESIGN FOR LONDON. **Living roofs and walls [Electronic resource]: Technical report - supporting London Plan Policy**. London: Greater London Authority, 2008.

DETROIT. Water and Sewerage Department. Stormwater Management Design Manual. Detroit. 2018. Disponível em: <<https://detroitmi.gov/sites/detroitmi.localhost/files/2018-11/Stormwater%20Mgmt%20Design%20Manual%202018-11.pdf>>. Acesso em: 18/08/2020.

ECOTELHADO. Ecotelhado – Design Biofílico, 2020. Soluções em Sistemas de Arquitetura Sustentável e Bioconstrução. Disponível em: < <https://ecotelhado.com/>> . Acesso em: 18/08/2020.

ECOCENTER. Ecocenter, 2020. Instalação e manutenção de sistemas de cultivo. Disponível em: <<https://loja.ecocenter.pt/>>. Acesso em: 18/08/2020.

ELO 7. Elo 7, 2020. Loja de utensílios domésticos. Disponível em: <<https://www.elo7.com.br/>>. Acesso em: 18/08/2020.

ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. DE; ALCOFORADO, C. L. G. C. Integrative review versus systematic review. **Reme: Revista Mineira de Enfermagem**, v. 18, n. 1, 2014.

FASTENRATH, S.; BUSH, J.; COENEN, L. Scaling-up nature-based solutions. Lessons from the Living Melbourne strategy. **Geoforum**, v. 116, p. 63–72, nov. 2020.

FLETCHER, T.D., et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), p. 525-542, 2015.

FRANCO, M. D. A. R. Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Revista LABVERDE**, v. 0, n. 1, p. 135, 11 set. 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDANO, R. et al. Living Wall Systems: A Technical Standard Proposal. **Energy Procedia**, v. 111, p. 298–307, mar. 2017.

HAO, X. et al. Influence of vertical greenery systems and green roofs on the indoor operative temperature of air-conditioned rooms. **Journal of Building Engineering**, v. 31, p. 101373, set. 2020.

HATTUM, T. V. et al. Towards Water Smart Cities. **Wageningen Environmental Research**. Dez. 2016.

IBRAHIM, S. H. et al. The Impact of Road Pavement on Urban Heat Island (UHI) Phenomenon. **International Journal of Technology**, v. 9, n. 8, p. 1597, 30 dez. 2018.



IRGA, P. J. et al. The distribution of green walls and green roofs throughout Australia: Do policy instruments influence the frequency of projects? **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 24, p. 164–174, maio 2017.

JIM, C. Y. Greenwall classification and critical design-management assessments. **Ecological Engineering**, v. 77, p. 348–362, abr. 2015.

KEW, B.; PENNYPACKER, E.; ECHOLS, S. Can greenwalls contribute to stormwater management? A study of cistern storage greenwall first flush capture. **Journal of Green Building**, v. 9, n. 3, p. 85–99, out. 2014.

LAU, J. T.; MAH, D. Y. S. Green Wall for Retention of Stormwater. p. 16, 2018.

LEITE, B. P.; FUJIMURA, J. M. Avaliação dos impactos na drenagem com a implantação de telhados verdes na UFMT – Campus Cuiabá utilizando o software SWMM. p. 10, 2016.

LIBERALESSO, T. et al. Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. **Land Use Policy**, v. 96, p. 104693, jul. 2020.

LIU, R. et al. Presentation and perspective of appealing green facilities for eco-cyclic water management. **Chemical Engineering Journal**, v. 337, p. 671–683, abr. 2018.

MANSO, M. et al. Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 135, p. 110111, jan. 2020.

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 863–871, jan. 2015.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, São Paulo: Vozes, 2001.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole, legislação e desigualdade**. Estudos Avançados, v. 17, n. 48, p. 151–166, ago. 2003.

MELBOURNE WATER. **Water Sensitive Urban Design Guidelines**. Abril, 2013. Disponível em: < <https://www.melbournewater.com.au/sites/default/files/South-Eastern-councils-WSUD-guidelines.pdf>>. Acesso em: 20/07/2020.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. DE C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758–764, dez. 2008.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. Missouri – Plant Finder. Disponível em: < <https://www.missouribotanicalgarden.org/plantfinder/plantfindersearch.aspx/>> . Acesso em: 08/09/2020.

MONTEIRO, J. et al. A tale of two green walls: a functional trait approach to assess vegetation establishment on restored steep slopes. **Restoration Ecology**, v. 28, n. 3, p. 687–696, maio 2020.

MOURA, P. M.; BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, S. Avaliação multicritério de sistemas de drenagem urbana. v. 6, n. 1, p. 12, 2009.

NAGLE, L.; ECHOLS, S.; TAMMINGA, K. Food production on a living wall: Pilot Study. **Journal of Green Building**, v. 12, n. 3, p. 23–38, set. 2017.

PÉREZ-URRESTARAZU, L. et al. Vertical Greening Systems and Sustainable Cities. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n. 4, p. 65–85, 2 out. 2015.

PALERMO, S. A.; TURCO, M. Green Wall systems: where do we stand? **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 410, p. 012013, 24 jan. 2020.

PERENNIALS. Disponível em: < <http://www.perennials.com/>> . Acesso em: 08/09/2020.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem Urbana Sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, LOCAL, volume 5, no 1, pp 15-24, jan/mar 2000. Disponível em: <[http://www.reasul.org.br/files/Drenagem\\_Urbana\\_Sustent%C3%A1vel\\_.pdf](http://www.reasul.org.br/files/Drenagem_Urbana_Sustent%C3%A1vel_.pdf)>. Acesso em: 15/06/2020.

POMPEO, D. A.; ROSSI, L. A.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: etapa inicial do processo de validação de diagnóstico de enfermagem. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 22, n. 4, p. 434–438, 2009.

PRODANOVIC, V. et al. Green walls for greywater reuse: Understanding the role of media on pollutant removal. **Ecological Engineering**, v. 102, p. 625–635, maio 2017.

PRODANOVIC, V. et al. Optimisation of lightweight green wall media for greywater treatment and reuse. **Building and Environment**, v. 131, p. 99–107, mar. 2018.

PRODANOVIC, V. et al. Designing green walls for greywater treatment: The role of plants and operational factors on nutrient removal. **Ecological Engineering**, v. 130, p. 184–195, maio 2019.

PRODANOVIC, V. et al. Green wall height and design optimisation for effective greywater pollution treatment and reuse. **Journal of Environmental Management**, v. 261, p. 110173, maio 2020.

PRODANOVIC, V.; WANG, A.; DELETIC, A. Assessing water retention and correlation to climate conditions of five plant species in greywater treating green walls. **Water Research**, v. 167, p. 115092, dez. 2019.

RADHAKRISHNAN, M. et al. Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore. **Sustainable Production and Consumption**, v. 20, p. 316–325, out. 2019.

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S.; SALEMI, T. The role of green roofs in mitigating Urban Heat Island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 15, p. 89–102, 2016.

RETZLAFF, W. et al.. **Cities Alive: Ninth Annual Green Roof and Wall Conference**. Stormwater runoff from green retaining wall system. Conference Proceedings, p. 16, 2011.

ROLNIK, Raquel. **A Cidade E a Lei : Legislação, Política Urbana E Territórios Na Cidade De São Paulo**. São Paulo, SP: FAPESP , 1997.

SAMPAIO, R.; MANCINI, M. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83–89, fev. 2007.

SCHERER, M. J.; ALVES, T. S.; REDIN, J. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 7, n. 1, p. 84, 11 out. 2018.

SIWIEC, E.; ERLANDSEN, A. M.; VENNEMO, H. City Greening by Rain Gardens - Costs and Benefits. **Ochrona Srodowiska i Zasobów Naturalnych**, v. 29, n. 1, p. 1–5, 1 mar. 2018.

TAPSUWAN, S. et al. Preferences for sustainable, liveable and resilient neighbourhoods and homes: A case of Canberra, Australia. **Sustainable Cities and Society**, v. 37, p. 133–145, fev. 2018.

TUCCI, C. E. M.. *Gestão de drenagem urbana*. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre (RS): Ed. dos Autores, 2003.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” et al. Categorização da infraestrutura verde do município de Sorocaba (SP) para criação de um sistema municipal integrando espaços livres e áreas protegidas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 41, p. 122–140, set. 2016.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. **What is green infrastructure?**. Disponível em: [http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi\\_what.cfm](http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_what.cfm). Acesso em: 20/07/2020.

VACARI, T. C. Universidade Federal de Mato Grosso Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. p. 66, [s.d.].

VICTORIA; DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND PRIMARY INDUSTRIES. **Growing green guide: a guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria**,

**Australia.** Fevereiro, 2014. < [http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing\\_green\\_guide\\_ebook\\_130214.pdf](http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing_green_guide_ebook_130214.pdf) >. Acesso em: 20/07/2020.

VIEIRA, Z. C. et al. Simulação do uso de telhados verdes prontos para atenuação de enchentes urbanas: o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe como estudo de caso. **Revista Tecnologia**, v. 39, n. 2, p. 1, 19 dez. 2018.

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of Nature-Based Solutions for the Built Environment. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 149, 20 jan. 2017.

YUAN, S.; RIM, D. Cooling energy saving associated with exterior greenery systems for three US Department of Energy (DOE) standard reference buildings. **Building Simulation**, v. 11, n. 4, p. 625–631, ago. 2018.

ZHANG, X. et al. Public perception and preferences of small urban green infrastructures: A case study in Guangzhou, China. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 53, p. 126700, ago. 2020.

ZIVKOVIC, P.; DIMITRIJEVIC-JOVANOVIC, D.; STEVANOVIC, Z. The impact of the building envelope with the green living systems on the built environment. **Thermal Science**, v. 22, n. Suppl. 4, p. 1033–1045, 2018.