

**UNIVERSIDADE TIRADENTES**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO ROCHA DOS SANTOS**

**CAMILA SILVA LIMA**

**TELHADO VERDE E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A  
REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Aracaju – SE

Outubro 2018

**BRUNO ROCHA DOS SANTOS**

**CAMILA SILVA LIMA**

**TELHADO VERDE E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A  
REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Tiradentes, como um dos pré-requisitos para a obtenção do grau de Engenharia Civil.

**Orientadora: Profª M.Sc. Renata Campos Escariz**

Aracaju – SE

Outubro 2018

**BRUNO ROCHA DOS SANTOS**

**CAMILA SILVA LIMA**

**TELHADO VERDE E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A  
REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Tiradentes, como um dos pré-requisitos para a obtenção do grau de Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

M.Sc. Renata Campos Escariz  
Universidade Tiradentes  
Orientador

---

M.Sc. Gessyca Menezes Costa  
Universidade Tiradentes  
Examinador

---

M.Sc. Nayara Bezerra Carvalho  
Universidade Tiradentes  
Examinador

À minha família, aos meus amigos e a Deus.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à orientadora, Prof<sup>ª</sup> Msc. Renata Campos Escariz, pelo incentivo e presteza no auxílio das atividades, principalmente, acerca do andamento e normatização deste trabalho de Conclusão de Curso, onde com toda certeza seus conhecimentos foram compartilhados.

Agradecemos aos demais professores da instituição, que inapelavelmente foram corresponsáveis pelo nosso crescimento intelectual. Agradeço também aos nossos colegas que sempre estiveram do nosso lado, nos proporcionando felicidade e também troca de informações, numa rara demonstração de amizade.

À nossa família por sempre ter nos apoiado nas horas mais difíceis e não desistirem de buscarem os nossos sonhos, nosso muito obrigado.

E, finalmente, agradeço a Deus pela oportunidade, privilégio e sustentação Ele é nosso amigo incondicional e maior ouvinte, foi Ele que nos socorreu nas horas em que mais precisamos. Obrigado!

## RESUMO

A ocupação urbana cresce e junto crescem os problemas gerados através dessa urbanização acelerada, como a degradação ambiental relacionada às atividades humanas sobre a natureza, reduzindo a permeabilidade dessas áreas, ou seja, causando uma redução na infiltração da água precipitada, o que acarreta em um aumento acentuado no escoamento superficial de águas pluviais que por sua vez tem causa inúmeros problemas ambientais como inundações. No intuito de avaliar a eficiência do telhado verde no controle quantitativo de água pluvial em residências, o estudo utilizou um protótipo de telhado no qual se realizou-se simulações de chuva e captação dessa precipitação em diferentes superfícies, lisa (telhado cerâmico) e vegetada (telhado verde). Os resultados demonstraram que as coberturas que apresentam vegetação, são mais eficientes na redução e retardo do escoamento superficial. Desta forma, a implantação do telhado verde na edificações torna-se importante para regiões que sofrem com inundações, que ajudam reduzir a demanda dos sistemas convencionais de drenagem urbana, que por sua vez tornam mais amenos os efeitos nocivos e danos ao meio ambiente em decorrência do desenvolvimento desenfreado da humanidade.

**Palavras chaves:** telhado verde, sustentabilidade, drenagem urbana, técnica compensatória.

## ABSTRACT

The urban occupation grows and together they grow the problems generated by it, such as the environmental degradation related to the human activities on the nature, reducing the permeability of these areas, thus, a reduction in the infiltration of precipitated water, resulting in a marked increase in the surface runoff of rainwater generating numerous environmental problems such as floods. In order to evaluate the efficiency of the green roof in the quantitative control of pluvial water in homes, the study used a roof prototype in which rain simulations and data capture were performed on different surfaces, flat (ceramic roof) and vegetated (green roof). The results showed that vegetation coverings are more efficient in reducing and delaying the runoff. In this way, the green roofing of buildings becomes important for regions suffering from floods, helping to reduce the demand for conventional urban drainage systems, mitigating the harmful effects and damage to the environment as a result of the unbridled development of humanity.

**Keywords:** green roof, sustainability, urban drainage, compensatory technique.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico .....	3
Figura 2 - Efeito da urbanização sobre o hidrograma .....	5
Figura 3 - Inundação em ruas .....	6
Figura 4 - Características do leito do rio .....	8
Figura 5a - Vala de Infiltração.....	11
Figura 5b - Poço de Infiltração .....	11
Figura 6a - Pavimento Intertravado .....	12
Figura 6b – Asfalto Permeável .....	12
Figura 7a - Bacia de Retenção.....	12
Figura 7b - Bacia de Infiltração.....	12
Figura 8 - Terraço jardim do MEC.....	14
Figura 9 - Perfil básico de um telhado verde.....	15
Figura 10a - Escola de Arte, Design e Comunicação da Universidade Tecnológica de Nanyang, em Singapura.....	19
Figura 10b - Schlumberger Brasil Research e Geoscience Center, Centro de Pesquisas no Parque Tecnológico da UFRJ .....	20
Figura 11a - Edifício Clare Tower em Chicago .....	20
Figura 11b - Prefeitura de São Paulo, antiga sede da Banespa.....	20
Figura 12a - Indianápolis nosUSA .....	20
Figura 12b - Boston nos USA .....	20
Figura 13 - Projeto do Protótipo .....	24
Figura 14 - Cavalete Para Apoio do Protótipo .....	25
Figura 15 - Estrutura Para Telhado Convencional .....	25
Figura 16 - Impermeabilização da Estrutura .....	26
Figura 17 - Estrutura Montada .....	27
Figura 18 - Camada de Argila Expansiva.....	28
Figura 19 - Manta Geotêxtil .....	28
Figura 20 - Camada de Terra Vegetal .....	29
Figura 21 - Grama Esmeralda.....	30
Figura 22 - Camadas do Telhado Verde.....	30
Figura 23 - Protótipos Finalizados .....	31
Figura 24 - Precipitação de Água Sobre o Protótipo.....	31

Figura 25 - Gráfico ..... **Erro! Indicador não definido.**

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Divisão do sistema de drenagem clássica .....	8
--	---

## LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Divisão do sistema de drenagem clássica .....	8
Tabela 2 – Volume Escoado .....	26

## SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CICLO HIDROLÓGICO .....	3
2.2 DESENVOLVIMENTO URBANO E A IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO .....	5
2.3 DRENAGEM URBANA.....	7
2.4 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA.....	9
2.4.1 Medidas de controle não estruturais .....	10
2.4.2 Medidas de controle estruturais .....	10
2.5 TELHADO VERDE NO MUNDO E NO BRASIL.....	13
2.5.1 Caracterização do telhado verde.....	14
2.5.2 Classificação do telhado verde .....	18
2.6 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O TELHADO VERDE NO MUNDO E NO BRASIL .....	21
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 PROTÓTIPO DO TELHADO CONVENCIONAL.....	24
3.2 PROTÓTIPO DO TELHADO VERDE .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5 CONCLUSÃO.....	37
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	38
REFERÊNCIAS .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de urbanização acelerado e pouco organizado gerou um crescimento desenfreado dos centros urbanos, contribuindo efetivamente para a degradação ambiental e impermeabilização do solo, essa degradação ambiental está diretamente relacionada com as atividades humanas sobre a natureza, sendo a construção civil uma das principais atividades que mais impactam sobre o ambiente.

Aracaju, município e capital de Sergipe, está localizado no litoral da região nordeste brasileiro e possui a drenagem urbana como um dos principais problemas de saneamento básico. Nos últimos trinta anos o crescimento da capital ocorreu de maneira muito rápida, com o surgimento de vários conjuntos habitacionais atraíram grandes contingentes populacionais para a região da grande Aracaju, apresentando como uma consequência da falta do planejamento urbano integrador e eficiente, as inundações em vários pontos da cidade.

A gestão de águas pluviais tornou-se uma questão de urgência para muitos centros urbanos. Cada vez mais, a cidade é coberta por superfícies impermeáveis: ruas e edificações, que não retêm a precipitação e, assim, produzem mais e mais volume no escoamento de água. As consequências negativas são as águas pluviais contaminadas por óleo, lixo e outras toxinas que acabam sendo direcionadas aos córregos e rios (BALTAZAR, 2012).

A Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O capítulo III, artigo 3º, consiste em diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, onde no item V, prevê a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Diante disso, a construção civil juntamente com a inovação tecnológica tem buscado novas possibilidades construtivas para compensar e minimizar os seus efeitos sobre o ambiente, o telhado verde então, surge como alternativa que tem sido adotada como forma de reduzir esses efeitos nocivos, causando menor impacto sobre a impermeabilização das grandes cidades. As vantagens é que essa nova tecnologia, reduz o volume de escoamento superficial, proporciona isolamento acústico e térmico. Este sistema construtivo vem sendo utilizado em todo o mundo principalmente na Europa e no Brasil, vem se desenvolvendo timidamente em São Paulo e Rio Grande do Sul, devendo ser estimulado pelo poder público por meio de políticas de incentivo, na busca por moldes mais sustentáveis de desenvolvimento.

Nesse contexto, é de fundamental importância investigar a contribuição do telhado verde como superfície de controle para a drenagem urbana, possibilitando o retardo do escoamento superficial por meio de uma técnica compensatória. Através de uma análise quantitativa foram realizados ensaios em um protótipo de telhado verde e telhado convencional com telha cerâmica.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do telhado verde no controle quantitativo de água pluvial em residências.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os elementos presentes na estrutura de um telhado verde;
- Simular a substituição dos telhados convencionais por telhados verdes em residências;
- Comparar o volume de água em escoamento superficial do telhado verde e do telhado convencional.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por seis seções, o capítulo 1 de introdução, apresenta o tema que será abordado e a estrutura dos demais capítulos.

O capítulo 2 refere-se à revisão da literatura sobre a temática e discorre sobre o ciclo hidrológico; da relação existente entre o desenvolvimento urbano e a impermeabilização do solo; a drenagem urbana, suas divisões e técnicas compensatórias; a origem do telhado verde, seu desenvolvimento no mundo e no Brasil, suas características estruturais e tipos, além das políticas públicas existentes no Brasil para o estímulo do telhado verde.

O capítulo 3 discorre sobre o objeto de estudo e a metodologia empregada para o desenvolvimento do protótipo de telhado verde.

O capítulo 4 apresenta a discussão a cerca dos resultados obtidos com o experimento e o compara com os obtidos por outros autores.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais a cerca do tema proposto.

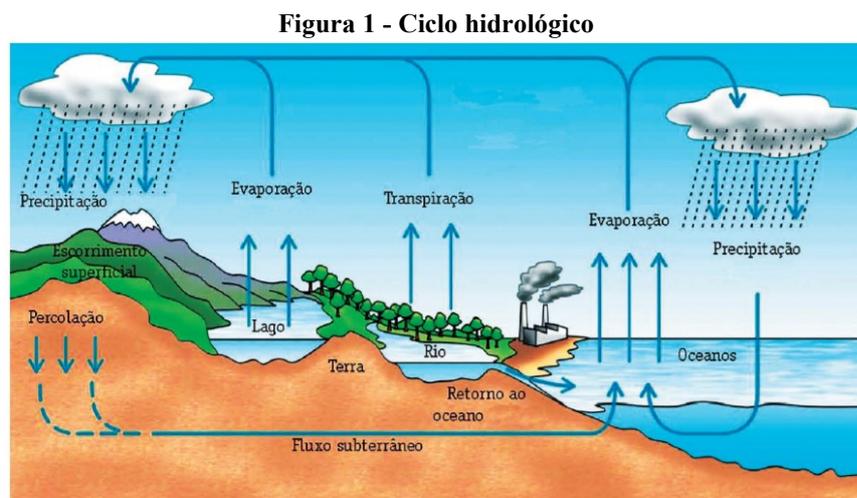
O capítulo 6 encerra com as prospecções para novos trabalhos acadêmicos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico ou ciclo da água, é o movimento contínuo e fechado a nível global da água presente nos oceanos, continentes e na atmosfera. Este movimento é impulsionado essencialmente pela energia do sol associada à força da gravidade e rotação da terra, provocando a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes. Entre os principais elementos que constituem esse ciclo estão: precipitação, interceptação, evaporação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial (SILVEIRA, 2009).

A precipitação é toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre sob as formas de neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve, sendo que o aspecto que diferencia essas formas de precipitações é o estado físico em que a água se encontra (SILVA, 2017). A Figura 1 apresenta um esquema do ciclo hidrológico, identificando as diversas etapas que o compõem.



Fonte: ReCesa, 2007

A Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA 2007) comenta as principais etapas do ciclo hidrológico:

- **Precipitação:** Compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da Terra, principalmente na forma de chuva, após atingir a superfície da Terra, a água de precipitação tem dois caminhos por onde seguir: escoar na superfície ou infiltrar no solo;

- Escoamento superficial: É o deslocamento sobre o terreno por ação da gravidade, da água precipitada da atmosfera que não se infiltra no solo ou não volta diretamente à atmosfera pela evapotranspiração;
- Infiltração: Corresponde à água que atinge o subsolo, formando os lençóis de água subterrânea que alimentam as nascentes d'água. Existem dois tipos de lençóis de água: lençol freático e o lençol subterrâneo;
- Evapotranspiração: É a transferência da água para a atmosfera através de dois mecanismos, evaporação que é transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso e pela transpiração, que é o processo onde as plantas retiram a água do solo pelas raízes, a água é transferida para as folhas e então evapora.

Quando se considera áreas menores de drenagem, caracteriza-se o ciclo hidrológico como aberto em nível local, isto porque os movimentos contínuos da atmosfera e da superfície terrestre fazem com que os volumes evaporados em determinado local sejam precipitados em outro. (SILVEIRA, 2009).

O ciclo hidrológico natural é formado por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando estes processos sofrem interferência humana, produz grandes alterações que modificam dramaticamente este ciclo e trazem consigo impactos significativos que podem ser irreversíveis tanto para o homem quanto para a natureza (TUCCI, 2004).

Dentre os principais impactos relacionados à água em meio urbano são: a proliferação de doenças, perdas econômicas e perda de ecossistemas. Muitos desses problemas têm origem nos seguintes aspectos: falta de conhecimento tanto dos profissionais quanto da população, visão setorializada do planejamento urbano e a falta de capacidade gerencial dos municípios em gerenciar e planejar adequadamente os diferentes aspectos da água no meio urbano (TUCCI, 2004).

A nível local, o ciclo hidrológico pode ser afetado positivamente ou negativamente a depender do aumento ou diminuição das áreas impermeabilizadas, ou seja, o aumento de áreas impermeáveis modifica substancialmente o escoamento superficial, pois gera um aumento de precipitação e diminuição das áreas de infiltração, impedindo a recarga dos aquíferos e reabastecimento das nascentes. (FARIAS, 2012).

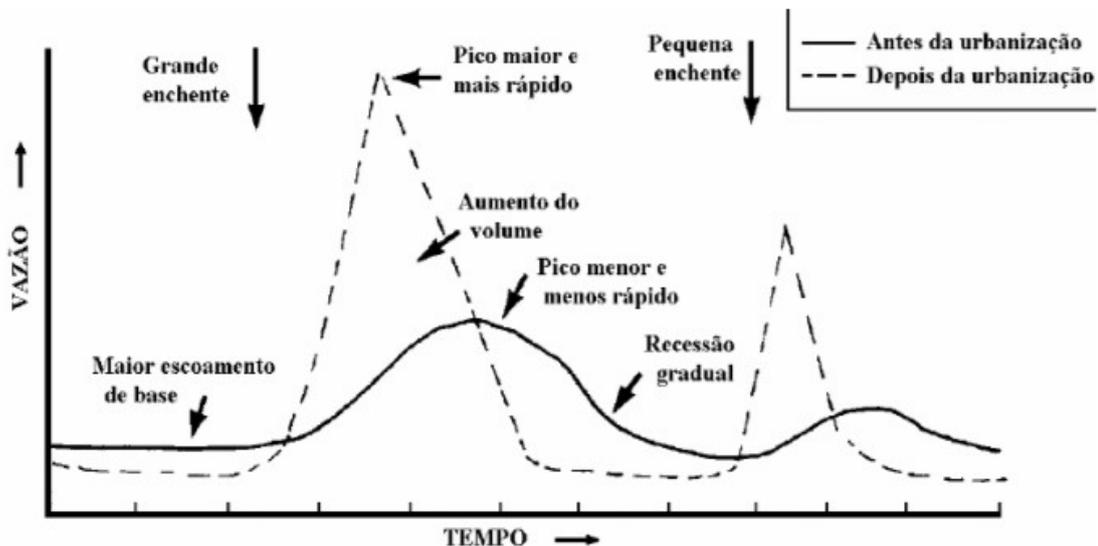
## 2.2 DESENVOLVIMENTO URBANO E A IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

A urbanização ocorreu de forma mais intensa desde a revolução industrial até o começo do século XX em países hoje considerados desenvolvidos, nos países em desenvolvimento a urbanização começou propriamente dita a partir da segunda metade do século XX, adquirindo um caráter mais acelerado e pouco organizado (IMADA, 2014).

O processo de urbanização no Brasil, teve um crescimento acelerado entre as décadas de 1960 e 1990 na qual a população urbana que antes era de 45% passou a ser 76%, este crescimento das cidades por vezes de maneira desordenada e sem infraestrutura, passa a fazer parte do planejamento urbano brasileiro. (TUCCI, 2004).

O processo de urbanização, favoreceu o adensamento de espaços já urbanizados por meio da verticalização e expansão para as periferias, com a construções de condomínios fechados e loteamentos irregulares, invadindo áreas de nascentes, encostas, modificando a cobertura vegetal natural e interferindo o ciclo da água dentro das cidades por meio da impermeabilização de grandes espaços e redução das áreas de drenagem. (ALVES et al., 2010 apud LIMA *et al.*, 2017). A Figura 2 mostra um hidrograma resultante do pré e pós desenvolvimento urbano.

Figura 2 - Efeito da urbanização sobre o hidrograma



Fonte: Tucci, 2008

Assim, como várias metrópoles brasileiras, a cidade de Aracaju/SE tem sido alvo de um desenvolvimento urbano conduzido pela falta de políticas e projetos públicos integradas

ao desenvolvimento urbano, acarretando em inadequações no uso e ocupação do solo com impactos de ordem ambiental. (SILVA, 2013) A exemplo disso, o bairro Jardins em Aracaju-SE, apresenta-se hoje como um núcleo urbano verticalizado e com inexistência de áreas verdes projetadas, marcada pelo rápido processo de verticalização e impermeabilização do solo (GUEDES, 2005). A Figura 3 apresenta uma área inundada pelas chuvas em ruas do bairro Jardins, no município de Aracaju.

**Figura 3 - Inundação em ruas, bairro Jardins, Aracaju-SE**



Fonte: G1, 2018

A urbanização sem planejamento pode ocasionar obstruções ao escoamento devido a aterros, canalização de cursos fluviais, a remoção da vegetação, desencadeiam ou agravam os processos de erosão e de inundações. Pois, o volume de água que anteriormente era utilizado pelas plantas, evaporado ou infiltrado no solo é agora convertido diretamente no escoamento superficial. Este volume que agora escoar para sistema de drenagem pode superar a capacidade de escoamento do sistema e o excesso de volume de água provocará inundações (CASTRO, 2011).

Quanto mais área impermeabilizada houver, maior a porcentagem destinada ao escoamento superficial e menor a porcentagem de água infiltrada, resultando em um excedente de água que precisa ser encaminhada aos sistemas de drenagem urbana (PINTO et. al 1976, *apud* AMARAL, 2017).

## 2.3 DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem pode ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais, incluindo também a hidrografia e os talvegues. Sendo assim, o sistema de drenagem urbana faz parte de um conjunto de obras públicas que visam a melhoria da qualidade de vida, sendo concebido por galerias que direcionam as águas não desejadas para locais onde seu acúmulo não causa problemas à população (BENTO, 2014).

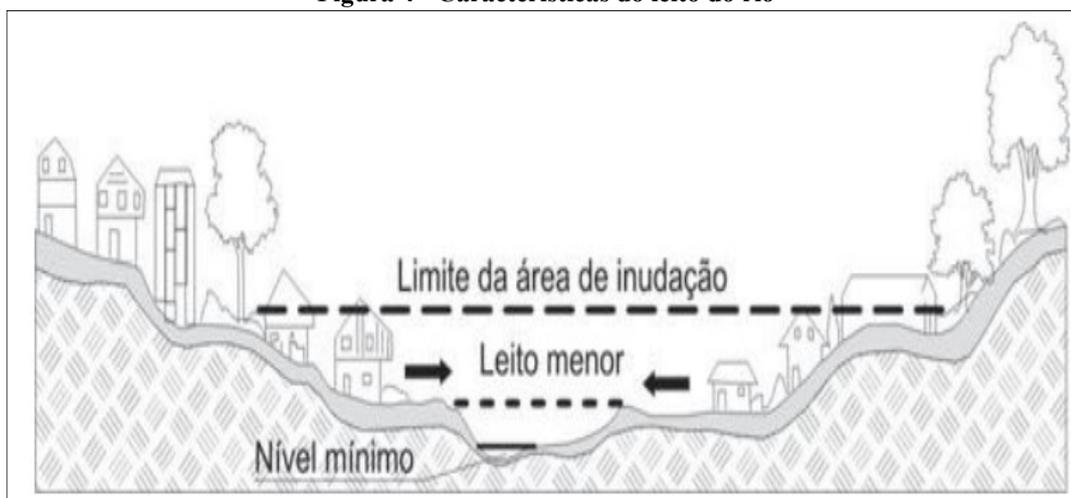
A forma como o escoamento superficial se comporta, depende da cobertura da bacia, da sua declividade e do sistema de drenagem. A água precipitada que não foi interceptada pela cobertura vegetal e não infiltrou, escoar através dos caminhos de maior declividade e menor obstrução até encontrar um dreno definido como a sarjeta de uma área urbana (TUCCI, 2003 *apud* SILVA, 2017).

Durante muito tempo, o principal objetivo da drenagem urbana foi o gerenciamento da água da chuva que escoar no meio urbano da forma mais eficaz possível, minimizando os riscos que a população está sujeita, evitando transtornos e diminuindo os prejuízos causados pelas inundações. Essa prática, tem se apresentado como insustentável já que a crescente verticalização nos centros urbanos, faz com que a vazão das águas pluviais atinjam seus picos em um espaço em menor tempo e com menores quantidades de precipitação, favorecendo as inundações (FURTADO, 2014).

É importante salientar que o processo de urbanização pautado na intervenção sem planejamento, trouxe complicações para a questão da hidrologia da área urbana, apresentando peculiaridades comparada às áreas rurais e florestadas, isto ocorre devido à intensidade da ocupação humana e os níveis de alteração no ambiente (FRITZEN e BINDA, 2011).

O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados: inundações ribeirinhas e inundações devido à urbanização. As inundações ribeirinhas ocorrem principalmente pelo processo natural no qual escoar pelo seu leito maior, quando a população instala-se sobre as áreas marginais dos rios, dentro da faixa de ocupação das águas que são as áreas de risco os impactos são frequentes (Figura 4). A inundação devido a urbanização, está relacionada à impermeabilização do solo (deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos, drenagem sem esgotamento, entre outros) e conseqüentemente aumento do fluxo superficial. (TUCCI, 2008).

**Figura 4 - Características do leito do rio**



Fonte: Tucci, 2008

A fim de minimizar os efeitos das inundações, podem ser destacados dois sistemas de drenagem urbana, os sistemas clássicos e os sistemas compensatórios: no sistema clássico, as águas pluviais servidas deve ter uma evacuação rápida pela jusante; já no sistema compensatório, busca-se retardar o escoamento e fazer com que a água infiltre, buscando reduzir os efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, preservando o ambiente e aumentando a qualidade de vida local (CASTRO, 2011).

No Brasil, as soluções que são dadas para o gerenciamento das águas urbanas são baseadas em sua maioria na abordagem clássica, que é constituído normalmente por duas partes a microdrenagem e a macrodrenagem (BAPTISTA et al., 2005 apud BENTO, 2014). O Quadro 1, apresenta a divisão do sistema de drenagem pela técnica clássica.

**Quadro 1 - Divisão do sistema de drenagem clássica**

<b>MICRODRENAGEM</b>	<b>MACRODRENAGEM</b>
São estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para galerias ou canais urbanos.	São dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem urbana.
É construída pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas de lobo e meio fios.	É constituída pelas principais talvegues, fundos de vale, cursos d' água, independentemente da execução de obras específicas e tão pouco da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.

Fonte: Imada, 2014

Através do quadro, podemos observar que a microdrenagem atua captando as águas pluviais por meio de sarjetas ou sarjetas e galerias, já a macrodrenagem é interligada a microdrenagem para a disposição final dessas águas, podendo ser em rios, córregos e mar. (BAPTISTA et al., 2005 *apud* BENTO, 2014).

O sistema compensatório apresenta vantagens em relação ao sistema tradicional a depender da maneira como está inserido no meio urbano, já que além de contribuir para a redução dos volumes escoados, favorecem a recarga das águas subterrâneas. É importante salientar que nem sempre os sistemas clássicos serão ruins comparados aos sistemas compensatórios, pois a eficácia desse método irá depender da boa capacidade de infiltração do solo ou profundidade do lençol freático local, sendo então necessário que se faça um estudo de caso para que se determine qual o melhor método para cada área (CASTRO, 2011).

Quando adequadamente concebidos, os sistemas compensatórios de drenagem podem ser eficientemente introduzidos à paisagem urbana, integrando-se as áreas impermeabilizadas com as áreas verdes em diferentes escalas, desde pequenas parcelas, até o projeto de sistemas de drenagem para cidades inteiras (NASCIMENTO e BAPTISTA, 2009 *apud* DRUMOND, 2012).

#### 2.4 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA

Nos anos 70, uma outra nova abordagem para tratar da drenagem urbana passou a ser desenvolvida, principalmente na Europa e na América do Norte. Isso ocorre a partir de tecnologias compensatórias de drenagem, que objetiva, neutralizar ou diminuir os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos (ReCESA, 2007).

A solução adotada tradicionalmente por muitos engenheiros responsáveis pela drenagem urbana era o de canalizar os cursos d'água, a fim de aumentar a velocidade de escoamento e expulsar a água rapidamente. Esta solução, porém acaba transferir toda a vazão para para áreas a jusante na bacia hidrográfica, aumentando assim as inundações. A partir do conceito sustentável foram desenvolvidas novas abordagens no campo da drenagem urbana, como os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems) e as Melhores Práticas de Gerenciamento (BMPs – Best Management Practices), desenvolvidos na Europa e Estados Unidos, respectivamente (KORZENIESKI, 2016).

A drenagem sustentável tenta reproduzir os processos que ocorriam antes da impermeabilização e desmatamento, evitando soluções pontuais e priorizando a preservação das condições naturais no controle da drenagem, considerando os impactos advindos da

urbanização de forma global e controle da drenagem na fonte, proporcionando a recuperação da capacidade de infiltração do solo e de estruturas de armazenamento temporário, deixando claro que a drenagem deve ser incorporada na fase inicial do desenvolvimento urbano como um todo (ReCESA, 2007). As técnicas compensatórias em drenagem pluvial podem ser classificadas como de caráter estrutural, quando envolvem obras de engenharia, ou não estrutural, como o zoneamento, sistemas de alerta e seguros.

Uma forma de avaliar o desempenho dessas medidas antes de sua implantação é feita pela utilização de modelos hidrológicos e hidráulicos, combinados a softwares que realizem a modelação, sendo assim possível simular cenários e eventos hidrológicos (BENTO, 2014).

#### **2.4.1 Medidas de controle não estruturais**

As medidas não estruturais, são aquelas que têm o propósito de reduzir os estragos causados pelas inundações através de normas, regulamentos e programas que visam, à implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a conservação dos dispositivos de drenagem (SILVA, 2017).

O Plano Diretor Urbanístico e de Drenagem, a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo e Decretos Municipais são os principais instrumentos de regulamentação que podem restringir a impermeabilização de terrenos e criar áreas verdes destinadas à infiltração de águas pluviais, devendo estes fornecer as informações necessárias à administração pública com relação ao sistema de drenagem. A eficácia da implantação de medidas não estruturais se dá por meio do controle e fiscalização permanente por parte do Poder Público mesmo após a finalização das obras (DRUMOND, 2012).

#### **2.4.2 Medidas de controle estruturais**

As medidas estruturais são obras de engenharia que são implantadas com a finalidade de corrigir e/ou prevenir os problemas oriundos do escoamento superficial produzido com a urbanização e a impermeabilização do solo (DRUMOND, 2012).

As técnicas compensatórias estruturais podem ser classificadas de acordo com a sua posição de implantação da estrutura em relação à área a ser drenada, assim, podem ser apresentadas as seguintes técnicas: técnicas para controle na fonte, técnicas para controle nos sistemas viário, técnicas para controle na jusante (ReCESA, 2007).

As medidas de controle na fonte envolvem o emprego de dispositivos que regulam a drenagem o mais próximo possível da fonte de alteração de processos hidrológicos, implantadas junto a parcelas ou pequenos conjuntos de parcelas associadas à drenagem de pequenas áreas, dentre as principais estruturas destacam-se as valas e valetas, trincheira e poços de infiltração (ReCESA, 2007). A Figura 5a e a Figura 5b apresentam exemplos de vala de infiltração e poço de infiltração respectivamente.

**Figura 5a - Vala de Infiltração**



Fonte: Recesa, 2007

**Figura 5b – Poço de Infiltração**

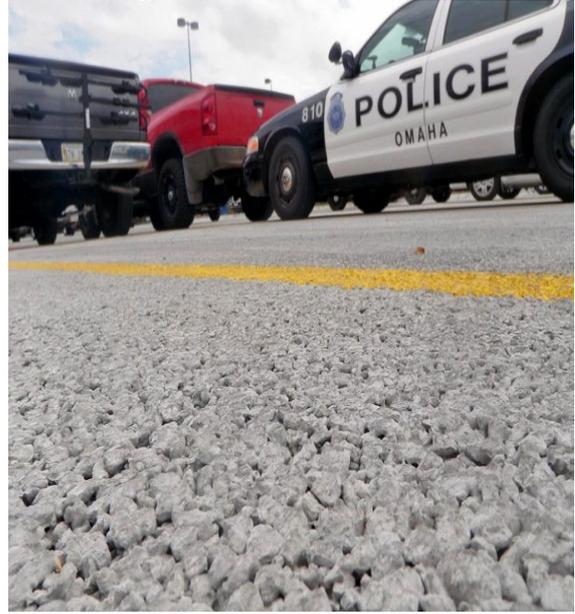


Fonte: Recesa, 2007

As técnicas para controle nos sistemas viário devem ser implantadas junto aos sistemas de infra-estrutura viária existentes, dentre as principais estruturas destacam-se os pavimentos permeáveis (pavimento de concreto permeável, pavimento de asfalto permeável, pavimento de blocos vazados, pavimentos intertravados, pavimento de alvenaria poliédrica) (ReCESA, 2007). A Figura 6a e Figura 6b apresentam exemplos de pavimentos intertravados e de asfalto permeável respectivamente.

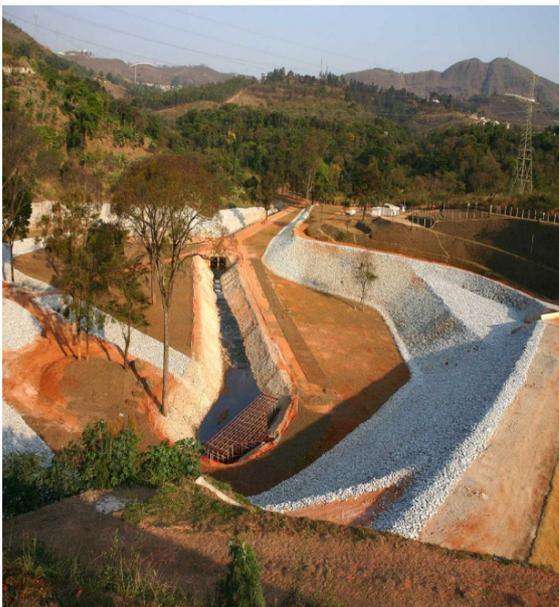
**Figura 6a - Pavimento Intertravado**

Fonte: Projetobatente, 2018

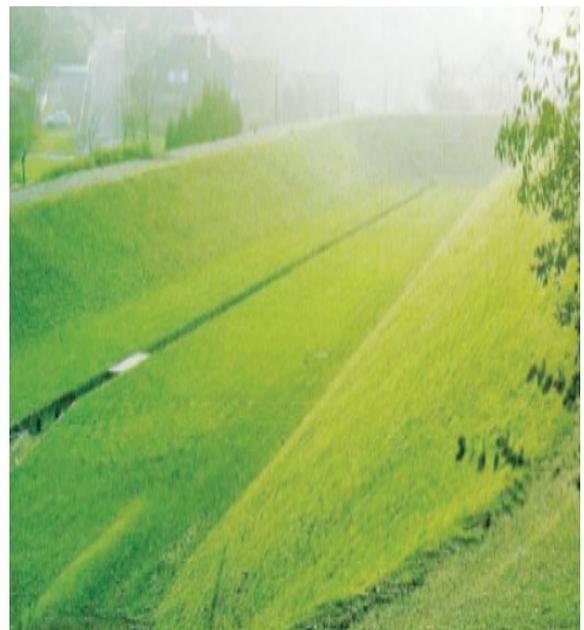
**Figura 6b – Asfalto Permeável**

Fonte: Cimentoitambe, 2018

As técnicas para controle na jusante, são implantadas junto a parcelas ou conjuntos de parcelas associadas à drenagem de grandes áreas, como por exemplo as bacias de retenção gramadas, bacias de retenção em concreto, bacias de retenção enterradas e bacias de infiltração (ReCESA, 2007). As Figuras 7a e 7b apresentam exemplos de bacia de retenção e bacia de infiltração respectivamente.

**Figura 7a - Bacia de Retenção**

Fonte: Flickr, 2018

**Figura 7b - Bacia de Infiltração**

Fonte: Avix

A escolha do tipo da técnica compensatória a ser adotada dependerá do contexto do local, que deve ser levado em consideração. Dentre os aspectos físicos deve-se considerar a topografia do local, a capacidade de infiltração do solo, a estabilidade do subsolo, o nível das águas subterrâneas e o aporte permanente de água. Com relação aos aspectos urbanísticos e de infra-estrutura deve ser levado em conta a disponibilidade de espaço, a inclinação e a forma dos telhados e redes existentes. Com relação aos aspectos sanitários e ambientais deve-se levar em consideração o risco de poluição e o risco sanitário associado à proliferação de doenças. Dentre os aspectos sócio-econômicos deve-se levar em conta a percepção da população próxima à área com relação à estrutura a ser implantada e os custos relativos à manutenção (ReCESA, 2007).

Nascimento e Baptista (2009) classifica dentre as principais técnicas compensatórias para o manejo de águas pluviais por controle na fonte; o telhado verde, o microrreservatório, o poço de infiltração e plano de infiltração (DRUMOND, 2012).

## 2.5 TELHADO VERDE NO MUNDO E NO BRASIL

A origem das coberturas vegetadas não está claramente documentada, os primeiros registros de "telhados verdes" são da época da Babilônia, no século VI a.C. Mais reconhecidos como Jardins Suspensos da Babilônia, os telhados verdes cobriam uma área de 2000 m<sup>2</sup> com árvores arbustos e trepadeiras e eram irrigados pela água bombeada do rio Eufrates, este monumento arquitetônico era formado por seis montanhas artificiais construídas com tijolos de barro cozido, com terraços onde árvores e flores foram plantadas. Entre as cidades perdidas nas selvas, é possível identificar o telhado verde na arquitetura funerária, túneis e encostas nas colinas, esta técnica também era muito usado em regiões de baixa temperatura e em locais com temperaturas elevadas, já que ele funciona perfeitamente como um isolante térmico (DILLY, 2016).

A produção arquitetônica sistemática a partir do final da década de 1920 possui como principais representantes os arquitetos Walter Gropius e Le Corbusier. Influenciado pela escola alemã da Bauhaus que preconizava a simplificação e geometrização dos volumes, Le Corbusier empregou em seus projetos o uso de lajes planas com cobertura vegetal, o conhecido terraço jardim, uma solução utilizada como forma de sanar os problemas de dilatação térmica de agregados à utilização do concreto nas coberturas (SAVI, 2012).

No Brasil, as obras de Le Corbusier influenciaram os renomados Lúcio Costa e Oscar Niemeyer, que em muitas de suas obras, adotaram a idéia de um amplo terraço jardim. Dentre

as obras, está o Palácio Gustavo Capanema no Rio de Janeiro construído em 1936, hoje sede do Ministério da Educação (MEC) (SAVI, 2012). Na Figura 8, é possível observar a cobertura vegetal presente no terraço jardim do MEC.

**Figura 8 - Terraço jardim do MEC**



Fonte: Archdaily, 2018

Nos anos 50, a Alemanha foi pioneira em pesquisas científicas sobre o tema que tinha como objetivo a conservação das águas e energia através desse sistema construtivo. Com investimentos do governo nesse setor, muitas técnicas de construção foram desenvolvidas e nos anos 70, materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes antirraízes, entre outros, foram introduzidos nesse sistema. (ARAÚJO, 2007 *apud* SILVA, 2011).

O telhado verde exerce papel significativo no contexto das políticas de sustentabilidade, no Brasil e surge como uma opção que se ajusta as condições climáticas e partidos arquitetônicos (DILLY, 2016).

No Brasil, esse sistema construtivo ainda não é muito utilizado, porém já existe leis de incentivo por parte do governo como forma de disseminação desse sistema, cidades como São Paulo e no Rio Grande do Sul já possuem empresas especializadas na aplicação e construção de telhados verdes (SILVA, 2011).

### **2.5.1 Caracterização do telhado verde**

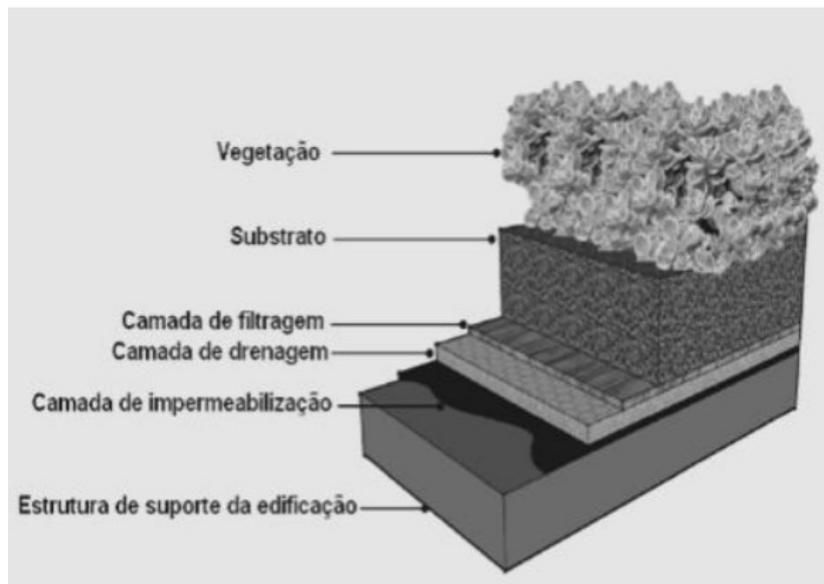
Os telhados verdes, cobertura verde, teto verde, telhado vivo, eco telhado ou telhado ajardinado dentre outras expressões, são sistemas construtivos utilizados na cobertura de

edificações, que consiste na sobreposição de diversas camadas de solo e vegetação, sobre uma superfície estrutural impermeável (SILVA, 2011).

Com a urbanização, as áreas verdes das cidades foram perdendo espaço para os asfalto, impermeabilizando áreas antes de escoamento pluvial. Os telhados verdes surgem como uma alternativa, retardando o início do escoamento superficial e reduz os problemas ambientais ligados às enchentes e inundações devido a sua capacidade de reter parte da precipitação em sua estrutura (FARIAS, 2012).

Construtivamente, o perfil estrutural de um telhado é composto por múltiplas camadas (Figura 9) que irão depender da tecnologia empregada, que incluem basicamente de acordo com Credit Valley Conservation, Toronto And Region Conservation (2010 *apud* KORZENIESKI 2016):

**Figura 9 - Perfil básico de um telhado verde**



Fonte: Korzenieski, 2016

- Estrutura de suporte da edificação: Responsável por que receber toda a carga advinda do peso das demais camadas, incluindo toda a água que é capaz de ficar retida no sistema do telhado, desta forma deve ser capaz de suportar a carga das estruturas a serem instaladas, sendo assim é necessária uma análise técnica específica, por exemplo, de um engenheiro de estruturas. Esta camada de suporte pode ser de madeira, bambu, metal ou concreto armado, desde que

propriamente impermeabilizada e que resista à carga do tipo de cobertura escolhido;

- Camada de impermeabilização ou membrana a prova d'água: É a primeira camada acima da estrutura de suporte da edificação, serve para protegê-la contra infiltrações e qualquer umidade proveniente do meio externo, assegurando a estanqueidade do mesmo. Existem diversos tipos de impermeabilizantes, dentre os mais utilizados destacam-se a manta de PVC e a manta asfáltica, devendo ser analisado qual o melhor a ser adotado em cada caso;
- Camada de drenagem: Esta camada tem por função recolher as precipitações e excedentes, conduzindo-as para o sistema tradicional de drenagem. É composta por uma camada porosa para prevenir o entupimento dos poros, o material a ser utilizado nesta camada deve ser de origem mineral e o mais leve possível, um exemplo do material que pode ser utilizado nesta camada é a argila expandida;
- Camada de filtragem: O objetivo desta camada, é evitar que as partículas finas da camada de substrato sejam carregadas para a camada de drenagem, evitando, assim, que ocorram obstruções na camada de drenagem. Este filtro, pode ser feita com uma camada geosintética ou a manta geotêxtil, que absorve uma parte da água que o atravessa oferecendo um meio úmido para as raízes das plantas, entretanto, o não tecido oferece uma resistência às raízes que o penetram reduzindo sua eficácia, geralmente, a camada é recoberta ainda com outro geotêxtil tratado com um produto anti-raízes.
- Substrato ou meio de crescimento: É uma mistura de elementos orgânicos e inorgânicos capazes de manter o nível de nutrientes, umidade e oxigenação necessários para o desenvolvimento da vegetação. Tipicamente, o substrato é composto por uma mistura de areia, cascalho, pedaços de tijolos quebrados, composto orgânico ou solo. A depender do tipo de cobertura verde, uma grande variedade de substratos está disponível, com diferentes granulações, quantidade de nutrientes, capacidade de retenção da água, entre outros;
- Vegetação: As plantas selecionadas para o telhado verde devem levar em consideração as características da estrutura, o microclima e regime chuvas do local, profundidade que suas raízes podem atingir, o seu consumo de água, necessidade de manutenção e regas, além da sua resistência a altas

temperaturas, sendo assim, o auxílio de especialista em botânica é fundamental. O uso de espécies diversificadas, contribuem para o sucesso da cultura, já que algumas espécies podem ter dificuldade de adaptação e outras possam se estabelecer mais facilmente, outro aspecto que deve ser considerado na escolha das espécies é a sua sazonalidade, pois os períodos de desenvolvimento alternam-se entre si, mantendo uma boa estética na cobertura vegetal e não o comprometendo quando uma doença ataca uma determinada espécie.

O sistema pode ser utilizado em empreendimentos residenciais, comerciais e industriais, dentre as principais vantagens apresentadas pelo telhado verde comparação com as coberturas convencionais estão a redução da água de escoamento, devido a capacidade das plantas reterem a água; melhora o conforto térmico das edificações; melhoria na vida útil da cobertura, protegendo-o da luz solar e das variações de temperatura; melhora do volume de água escoado e diminui a velocidade de liberação de água devido a capacidade de retenção das plantas (CASTRO, 2011).

O telhado verde pode ser executado em diferentes tipos de cobertura, em construções de madeira, folhas de metal, uma laje de concreto ou qualquer superfície impermeabilizada desde que estas sejam planas e possuam o reforço estrutural compatível com as cargas que terão que suportar (GATTO, 2012). Outra condição, é que a vegetação escolhida para o sistema, tenha a capacidade de se adaptar à mudanças bruscas de temperatura, à baixa umidade do solo e a curtos períodos de inundações durante os eventos. É recomendado o uso de plantas que exijam pouco substrato e menor volume de irrigação, a fim de diminuir os riscos advindos do peso da estrutura e própria constituição vegetal do telhado. Outro fator limitante é que as plantas escolhidas, devem ser tolerantes à falta de precipitação, caso contrário, um sistema de irrigação deverá ser adotado para não comprometer a vegetação (JÚNIOR, 2008 e RIGHETTO, 2009).

A instalação ou plantios da vegetação, pode ser feita por sementeira, plantação direta (mudas) ou por meio de tapetes pré-cultivados. A sementeira à mão é mais conveniente no caso da plantação de ervas ou gramíneas e é mais barata, mas pode apresentar certos problemas de execução: dispersão pelo vento ou chuva, distribuição não-homogênea e necessidade de rega regular durante um período após a sementeira. A plantação direta de mudas, é um pouco mais cara, mas apresenta melhores resultados que a sementeira, principalmente nos primeiros anos no caso de uma cobertura verde extensiva de pequeno

porte. A terceira forma, e provavelmente a mais utilizada, é o emprego de tapetes pré-cultivados, estes são constituídos de um fino substrato, sobre o qual uma variedade de plantas que foi cultivada anteriormente. (FARIAS, 2012).

### **2.5.2 Classificação do telhado verde**

Para se compreender as principais diferenças de implementação e manutenção das coberturas vivas, é importante que se conheça a sua classificação assim como suas peculiaridades. Construtivamente os telhados verdes podem ser classificados em extensivo, intensivo e semi extensivo, essa classificação leva em consideração a espessura da camada de substrato, os tipos de plantas a eles associados e a necessidade de manutenção. Os telhados verdes extensivos, são caracterizados por possuir uma camada pequena de substrato, limitando ao uso de vegetações de pequeno porte, não sendo necessário dessa forma de grandes manutenções. Os telhados verdes intensivos são caracterizados por uma camada de substrato maior, sendo capaz de suportar vegetações maiores, arbustos e árvores, demandando uma manutenção intensa e constante. Os telhados verdes semi-intensivos são caracterizados entre um meio termo entre os outros dois sistemas (KREBS, 2002).

O custo da construção de um telhado verde é variável e dependerá da sua execução, da classe ao qual pertencente (intensivo, extensivo ou semi-intensivo), dos tipos de plantas que serão utilizadas, do tipo de telhado, dos materiais empregados, e a depender do caso, do cálculo estrutural (CASTRO, 2011).

#### **a) Telhado verde Extensivo:**

Os telhados verdes extensivos são os mais simples, se caracterizam por possuir uma camada de substrato bastante estreita, variando entre 7,5 e 15 mm. As vegetações que geralmente se adaptam bem a esse tipo de telhado apresentam boa resistência à seca, de modo que não necessitam da utilização de sistema de irrigação a depender do clima regional, tornando-se assim, um telhado de baixa manutenção e custo. A camada de substrato é leve e de grande porosidade, o que permite o estabelecimento de espécies vegetais de pouco desenvolvimento radicular, por outro lado, possuem escolha limitada quanto ao tipo de espécies a serem plantadas. A sobrecarga na estrutura para esse tipo de cobertura fica próxima ao peso de coberturas de telha de concreto. Este tipo de telhado pode ser instalado em superfície inclinada, com um ângulo de até 45° (SILVA, 2017, CASTRO, 2011 e SAVI, 2012). As Figuras 10a e 10b apresentam exemplos de telhado verde de uso extensivo.

**Figura 10a - Escola de Arte, Design e Comunicação da Universidade Tecnológica de Nanyang, em Singapura**



Fonte: Agave paisagismo, 2018

**Figura 10b - Schlumberger Brasil Research e Geoscience Center, Centro de Pesquisas no Parque Tecnológico da UFRJ**



Fonte: Zanettini, 2018

Dilly (2016) comenta que dentre as espécies que podem ser plantadas no telhado verde extensivo são o Sedum, Sempervivum e Sanxifraga (pertencentes as espécies suculenas), as Dianthus, as Asteraceae e as gramas ornamentais, por serem bastante resistentes aos estresse hídrico e de baixo crescimento. Em sistemas de coberturas vegetadas onde haverá bastante pisoteio é aconselhado o usos de uma grama mais resistente e de manutenção relativamente simples.

#### b) Telhado verde Intensivo:

Os telhados verdes intensivos são aqueles que se caracterizam por possuir uma camada de substrato superior a 15mm, acarretando em um maior custo inicial e peso sobre a estrutura da edificação, necessitando de planejamento em fase de projeto ou de melhorias ou reforços estruturais na edificação existente. Este tipo de cobertura suporta vegetações de médio a grande porte, necessitando de manutenção mais rigorosa devido à maior diversidade de espécies e condições favoráveis para o seu desenvolvimento. Este tipo de telhado geralmente é instalado com uma inclinação inferior a 10° e fornecem um grande atrativo visual que a depender do projeto podem ser utilizados como jardins (SILVA, 2017, CASTRO, 2011 e SAVI, 2012). As Figuras 11a e 11b apresentam exemplos de telhado verde de uso intensivo.

**Figura 11a - Edifício Clare Tower em Chicago**



Fonte: Sustentarqui, 2018

**Figura 11b - Prefeitura de São Paulo, antiga sede da Banespa**



Fonte: G1, 2018

**b) Telhado verde Semi-intensivos:**

Os telhados verdes semi-intensivos são aqueles que possuem uma camada de substrato que varia entre 10mm e 20mm. Este tipo de telhado se caracteriza por possuir características tanto do telhado extensivo, quanto do telhado intensivo, permitindo maiores possibilidades para o projeto, podendo ser utilizado na composição: gramíneas, plantas herbáceas perenes e arbustos. Os custos de manutenção dessa técnica, se aproximam do telhado verde intensivo, já que este telhado necessita de manutenções periódicas (SILVA, 2017). As Figuras 12a e 12b apresentam exemplos de telhado verde de uso semi-intensivo.

**Figura 12a - Indianápolis nosUSA**



Fonte: Savi, 2017

**Figura 12b - Boston nos USA**



Fonte: Savi, 2017

Os telhados verdes extensivos e intensivos tiveram desenvolvimentos diferentes, enquanto o primeiro é amplamente utilizado em projetos arquitetônicos que visam criar espaços de convívio ajardinados, a segunda é menos difundida e está ligada quase sempre a projetos que objetivam criar uma boa relação custo versus benefício meio-ambiental. (BRITO, 2001 *apud* KREBS, 2002)

Para Snodgrass e McIntyre (2010 *apud* DILLY, 2016) na década de 1980 o sistema extensivo se tornou um fenômeno, por se tratar de uma tecnologia leve e de baixo custo que poderia ser utilizada como aliada ao sistema de gerenciamento de águas pluviais em áreas com grande concentração demográfica.

Com relação a manutenção que esse dois sistemas devem receber, os autores comentam que deve ser diferente do usual para paisagismo, esta, deve ser preventiva ao invés de corretiva, visto que o sucesso dessa cobertura dependerá da saúde das plantas, do balanceamento do solo e da integridade da impermeabilização e dos outros componentes (Snodgrass e McIntyre, 2010 *apud* DILLY, 2016).

## 2.6 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O TELHADO VERDE NO MUNDO E NO BRASIL

Por volta da década de 1960, no contexto mundial, surge a preocupação com o risco de um colapso ecológico e a sustentabilidade passa a ser debatida no final do século XX, como alternativa ao crescimento sem limites. Nas primeiras décadas do século XXI, surgem as construções intituladas como green buildings, que objetivam reduzir os impactos ambientais gerados no projeto, na construção e na operação do edifício, sem interferir no atendimento das necessidades dos usuários (DOTTO et al. 2017).

A urgência na tomada de decisões para combater o crescimento urbano de forma acelerada e desorganizada, transformou a técnica dos telhados verdes em uma ferramenta sustentável que encoraja o desenvolvimento de projetos de baixo impacto no ciclo hidrológico (OHNUMA JÚNIOR, 2008).

Nesta perspectiva, o poder público através de políticas públicas direcionadas à sustentabilidade, pode contribuir de forma significativa para ampliar as práticas que favorecem a sustentabilidade na arquitetura. A Alemanha por exemplo, desde o início dos anos de 1980, já possui leis favoráveis para a implantação de telhados verdes, com subvenções municipais. A Áustria desde 1989, incentiva a implantação de telhados verdes, com o pagamento de 30% dos custos de desenvolvimento e execução desta técnica (DOTTO, 2017.)

No Japão, o governo de Tóquio implementou em 2001, um regulamento que obriga de telhado verde em 20% da cobertura dos novos edifícios privados com mais de 1000 metros quadrados e em edifícios públicos com mais de 250 metros quadrados. Na Europa, muitos municípios oferecem subsídios para a instalação de telhado verde, buscando principalmente benefícios relacionados a redução do escoamento de águas pluviais e melhoria na qualidade do ar e da água. (DOTTO, 2017)

No Brasil, a construção de telhados verdes vem sendo realizada de forma voluntária, alavancada por tendências de mercado, certificações ou estéticos, ou seja, direcionados pelos interesses da iniciativa privada (RANGEL et al. 2015).

Dentre as ações pontuais nos Estados e municípios brasileiros, têm-se exemplos em Recife, São Paulo, Rio de Janeiro e Paraíba. Em Recife a Lei nº 18.112/2015, dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do telhado verde em projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m<sup>2</sup> de área de coberta e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem (JÚNIOR, 2008 e RANGEL et al. 2015).

Em São Paulo, o Projeto de Lei nº 115/2009 aprovado em primeira votação, dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de telhados verdes extensivos a todos os prédios residenciais ou não, com mais de três pavimentos, porém até o momento, o projeto não voltou a ser apreciado pelos parlamentares. Em Niterói, no Rio de Janeiro, o Projeto de Lei nº 090/2013 dispõe sobre a instalação de telhados verdes em projetos de edificações residenciais ou não, que tiverem mais de três pavimentos e os respectivos incentivos fiscais e financeiros aos que o adotarem. Na Paraíba, a Lei Estadual nº 10.047/ 2013 dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de telhado verde em áreas específicas, em condomínios edificadas, residenciais ou não, com mais de três pavimentos, para aprovação a partir da data de promulgação da presente lei. No Brasil, o Projeto de Lei nº 7162/2010 propõe desconto de 5% no IPTU para os habitantes de cidades com mais de 500 mil pessoas que implantarem coberturas verdes em 50% de seus telhados (JÚNIOR, 2008 e RANGEL et al. 2015).

Na cidade de Curitiba-PR, foi criado em 2003 o Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações (PURA), com o objetivo primordial de incentivar o uso racional da água, a utilização de fontes alternativas e a educação ambiental. No artigo 7 da Lei 10785/2003 que instituiu o PURA existe a determinação de captação da água da chuva em cisternas para usos não nobres, como rega de jardins e hortas, lavagem de roupas e veículos,

lavagem de vidros e pisos. Já em 1995, a Lei 8681 previa a utilização de água da chuva em postos de lavagem, deixando a regulamentação para etapa posterior (Curitiba, 2003).

Em Niterói, município do estado do Rio de Janeiro, a Lei nº 1620/1997, que regulamenta a aprovação de edificações residenciais unifamiliares, apresenta no seu Artigo 19 o limite para a taxa de impermeabilização em 90% para a Zona Urbana, dispensando desta limitação as edificações que apresentarem soluções de acumulação e/ou aproveitamento de águas pluviais (Niterói, 1997).

O Código de Obras de Guarulhos (Lei 5617/97) prevê, desde o ano 2000, a obrigatoriedade do uso de reservatórios de retenção das águas pluviais para imóveis com área superior a 1 hectare, com a possibilidade de reutilização destas águas para rega de jardins, lavagens de passeio e para fins industriais adequados. (Guarulhos, 2001).

No ano de 2006, o Governo Federal lançou um programa denominado Drenagem Urbana Sustentável sob a gerência do Ministério das Cidades, com o objetivo de promover políticas de desenvolvimento urbano, uso e ocupação do solo e gestão das bacias hidrográficas através da proposição de ações estruturais e não-estruturais, pelos municípios, para a recuperação de áreas úmidas, prevenção, controle e minimização dos impactos decorrentes das inundações ribeirinhas e no ambiente urbano. Este programa apresentava como ações prioritárias o desenvolvimento de ações na gestão da drenagem urbana dos municípios segundo as diretrizes de seu Plano Diretor de Drenagem Urbana ou de Manejo das Águas Pluviais e caso este não exista, a prioridade de ação para o seu desenvolvimento, seguindo os princípios do Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas (Brasil, 2006).

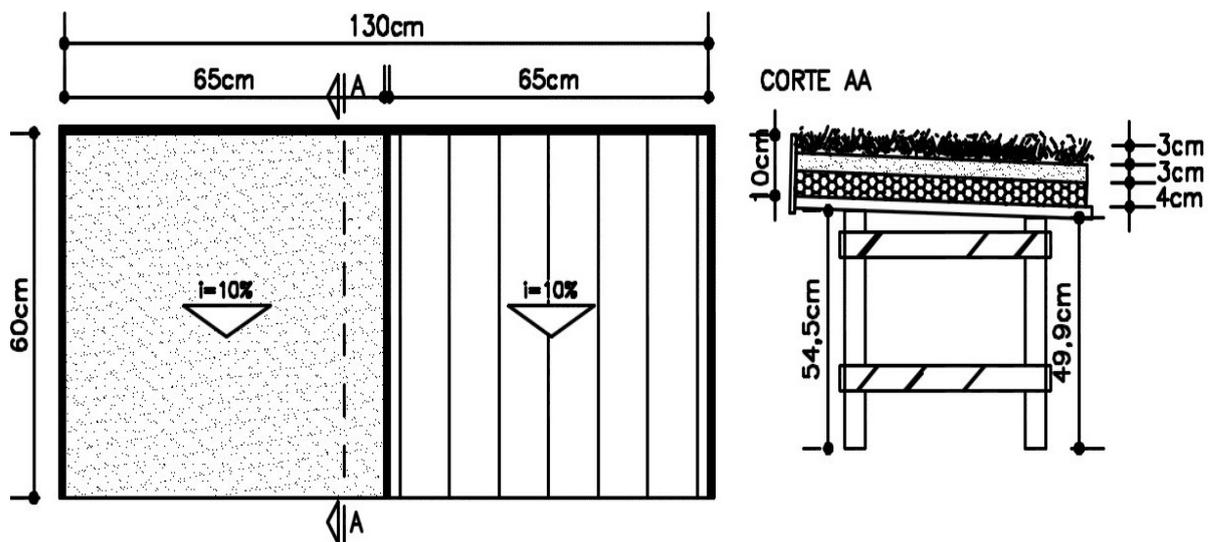
Em alguma das principais cidades brasileiras, nota-se a existência de iniciativas sobre o conceito de gestão da drenagem urbana, mas ainda existe a necessidade de uma ação mais abrangente sobre sustentabilidade da drenagem urbana.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 PROTÓTIPO DO TELHADO CONVENCIONAL

Analisando os custos para montagem de uma estrutura de concreto e tempo gasto, optou-se por trabalhar com madeira ao invés de concreto e laje, facilitando a montagem e utilizando materiais básicos, de baixo custo da construção civil. A Figura 13 exibe a representação gráfica do projeto para o protótipo que acomodaria os dois tipos de cobertura que seriam comparados no quesito retenção de água.

Figura 13 - Projeto do Protótipo



A escolha de cada material para montagem do protótipo do telhado verde, levou-se em consideração as vantagens e qualidades de cada material. Optou-se pelo uso de uma madeira que suportasse o peso final do telhado, mesmo após a saturação do telhado verde, onde o seu peso final será maior. Conforme a Figura 14, foi montado um cavalete com quatro pernas de madeira para suportar a estrutura do telhado convencional com telhas cerâmicas e o telhado verde, mantendo as dimensões para atender aos 10% de inclinação para a simulação do escoamento.

**Figura 14 - Cavalete Para Apoio do Protótipo**



O protótipo para o experimento de campo foi formado por uma caixa retangular, com dimensões 1,30m x 0,60m e 0,10m de altura. Essa caixa foi dividida em duas partes com seções quadrada de 0,40m<sup>2</sup> de área de fundo. A estrutura foi montada sobre uma base de madeira compensada com espessura de 2,5cm, para suportar a estrutura do telhado montado.

A montagem do protótipo do telhado convencional, que recebeu a telha cerâmica tipo Paulistinha, telha comum na região. Figura 15 exibe a estrutura que recebeu uma ripa para sustentação do telhado cerâmico, adicionando uma inclinação foi de 2% na estrutura.

**Figura 15 - Estrutura Para Telhado Convencional**



Obteu-se um final de 10% de inclinação para ambos os telhados, adicionando os 2% de inclinação para a estrutura do telhado convencional, teremos um final e 10% de inclinação

para o telhado verde e 12% de inclinação final para o telhado convencional, diferente da indicada desse tipo de telha que é 20 a 25%.

Essa estrutura não recebeu impermeabilização, por se tratar do telhado convencional, a água da precipitação irá escoar sobre o telhado cerâmico, atingindo a calha que direcionará o volume de água escoado para o recipiente final graduado, que será utilizado para fazer o comparativo do volume total escoado.

### 3.2 PROTÓTIPO DO TELHADO VERDE

Para o protótipo do telhado verde, foi realizada a impermeabilização da estrutura com tinta acrílica e aplicada cola de silicone nas frestas da estrutura. A Figura 16, apresenta o reforço com lona plástica cobrindo toda a área da estrutura que receberá os substratos do telhado verde, impedindo a perda de água por infiltração na madeira, alterando os resultados finais do experimento.

**Figura 16 - Impermeabilização da Estrutura**



A estrutura toda foi montada de maneira que a inclinação para o escoamento de água fosse de aproximadamente 10% em direção ao ponto de coleta da água, Figura 17. Para assegurar que a área do protótipo para o telhado verde estivesse livre de vazamentos, a estrutura teve sua inclinação reduzida a aproximadamente 0%, deixando uma lâmina d'água de 1 cm. Por 24h a lâmina d'água foi mantida e a madeira não apresentou sinais de umidade.

**Figura 17 - Estrutura Montada**

A camada de drenagem atua recolhendo as águas drenadas pelas camadas do telhado e direciona-a para a drenagem associada à edificação. Dentre as opções mais comumente utilizadas estão às britas, os cascalhos de telhas e a argila expandida. Através de pesquisas, foi visto que a argila expandida seria o material mais adequado, por ser um material bastante leve, com boa durabilidade, reter uma parcela da água, resiste a temperaturas elevadas e ser um bom isolante térmico e acústico. Para a melhor fixação da argila na estrutura, foi utilizada uma tela plástica hexagonal de 10mm e logo após sobre a tela foi acomodada as pelotas de argila expandida, com o diâmetro entre 20 e 30mm, conforme Figura 18. Essa camada possui espessura de 4,0cm.

**Figura 18 - Camada de Argila Expansiva**



Para filtrar a água e separar o material poroso da terra vegetal, foi utilizado o a manta geotêxteis (manta bidim), Figura 19. A manta é permeável e mantém separada a camada de drenagem da camada de substrato, impedindo que o mesmo obstrua a camada de drenagem e comprometa todo o sistema.

**Figura 19 - Manta Geotêxtil**



Para o substrato, foi utilizada a terra vegetal por ser rica em nutriente. Esta terra permite que a grama se desenvolva rapidamente, fixando suas raízes na terra com mais

facilidade, além de reter melhor a umidade quando comparada a uma terra pura, o que torna menor a necessidade de regas constantes.

Imediatamente acima da camada de filtro foi aplicada uma camada de 3cm da terra vegetal, Figura 20. Após a aplicação, esta camada recebeu água até a sua saturação, detectado pelo escoamento do excesso, garantindo um melhor adensamento do substrato na estrutura.

**Figura 20 - Camada de Terra Vegetal**



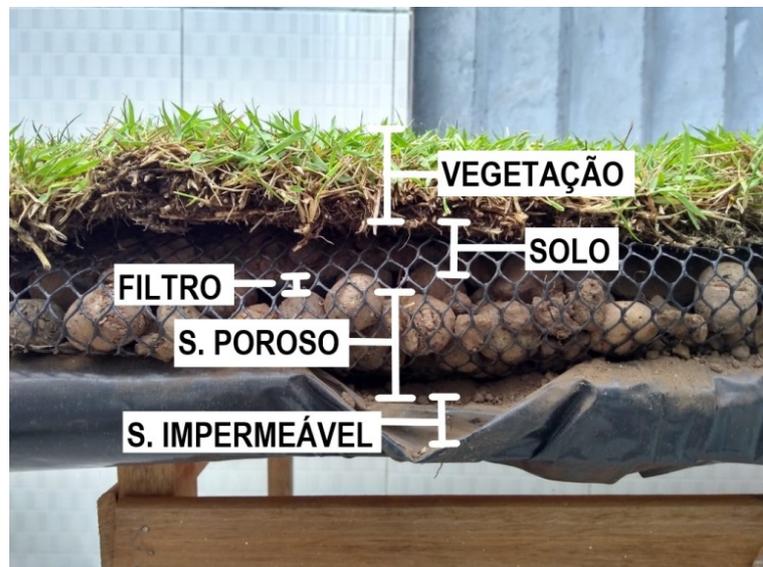
A grama escolhida para este protótipo foi a Esmeralda (*Zoysia Japonica*), Figura 21, devido à sua rusticidade, porte baixo, custo baixo, adaptação com o clima da região e seu crescimento é lento, pois diminui a necessidade da poda. Essa grama é excelente para lugares inclinados e possuem uma ótima adaptação climática, resistente a pisoteio, diminuindo assim a necessidade de manutenções.

**Figura 21 - Grama Esmeralda**



Conclui-se a montagem do telhado verde, a Figura 22 detalha a apresentação das camadas que compõem o telhado verde intensivo, já que o mesmo teve a terra vegetal maior que 15 mm, ficando com 20 mm de camada para a terra vegetal.

**Figura 22 - Camadas do Telhado Verde**



A estrutura ficou em repouso durante 4h. Aproveitou-se o tempo quente para eliminar boa parte da saturação da terra vegetal a qual foi saturada durante a montagem do protótipo. Figura 23 apresenta o protótipo finalizado, tanto o telhado verde quanto o telhado convencional.

**Figura 23 - Protótipos Finalizados**

Diante da necessidade do equipamento para medição da precipitação pluviométrica no protótipo, optou-se por realizar os testes com simulações controladas através de regador, eliminando a possível variação da vazão pluviométrica para os dois protótipos. Mesmo se tratando de dois protótipos trabalhando na mesma superfície, existiu a incerteza de que em cada protótipo, o volume de água fosse o mesmo.

A determinação da capacidade de retenção e do escoamento dos telhados consistiu em precipitar sobre os telhados, Figura 24, determinada quantidade de água com a intensidade controlada, adotando o tempo de duração da precipitação de 4 minutos, e registrar o nível d'água nos vasos de captação simultaneamente.

**Figura 24 - Precipitação de Água Sobre o Protótipo**

Para os testes, o volume e a vazão de água utilizada para os dois protótipos foram iguais, para que não houvesse interferência nos dados finais e a inclinação da estrutura do telhado verde com 10% e telhado convencional com 12% para todas as seções na simulação da precipitação pluviométrica realizadas no experimento no intervalo de 60 minutos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes precipitados e retidos, obtidos no experimento estão apresentados na Tabela 1. O volume retido em cada telhado foi obtido a partir da diferença entre o volume que entrou no sistema e o volume escoado para o respectivo vaso de coleta durante um intervalo de tempo de 60 minutos.

$$V_{\text{precipitado}} = V_{\text{retido}} + V_{\text{escoado}}$$

Tabela 1 - Resultados

Simulação cada 60min	Volume Precipitado (ml)	Volume Retido (ml)		Volume Escoado (ml)	
		Convencional	Verde	Convencional	Verde
1	5000	100	2200	4900	2800
2	5000	100	1850	4900	3150
3	5000	100	1720	4900	3280
<b>Total</b>	<b>15000</b>	<b>300</b>	<b>5770</b>	<b>14700</b>	<b>9230</b>

Os dados apresentados, referente a capacidade de retenção do telhado verde, de acordo com o gráfico apresentado na Figura 21, para a primeira precipitação tivemos uma retenção 2200 milímetros, correspondente a 44% do volume total precipitado. Para a segunda simulação de precipitação, colhemos 1850 milímetros que correspondem a 37% do volume total retido e para a terceira simulação obtivemos 1720 milímetros, representando 34,4%. Totalizando todo o sistema, com o intervalo de 60 minutos para cada precipitação chegamos aos 15000 milímetros precipitados, retendo 38,47% de todo o volume precipitado.

Durante o estudo foi constatado que um dos fatores que pode intervir na diferença do início do escoamento entre telhado verde e convencional foi o aspecto do substrato, ou seja, se o mesmo se encontrava seco, úmido ou saturado. Com o prosseguimento da sequência de precipitação, verificamos que o telhado verde vai diminuindo a sua capacidade de retenção, podendo ser justificado devido ao solo encontrar-se saturado após um determinado intervalo de tempo.

Conforme a realização dos testes com telhado verde, a turbidez da água que chegava ao reservatório diminuía, reduzindo a perda do solo através da lixiviação. Apesar de essa perda ser baixa, a montagem da estrutura do telhado, deve ser acompanhada por um técnico

para analisar a qualidade do telhado verde e do solo, pois existindo algum erro na montagem, pode comprometer o sistema.

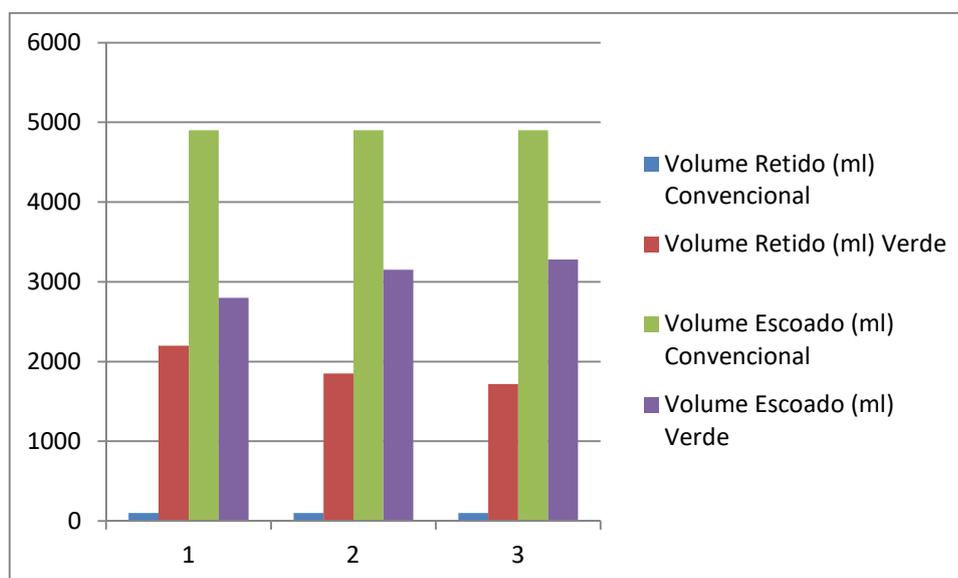
Para o telhado convencional, de acordo com o gráfico na Figura 25, para a primeira precipitação de 5000 milímetros, o volume retido foi 100 milímetros, correspondente a 2% do total precipitado, seguindo o mesmo resultado para a segunda e terceira etapa do experimento, totalizando uma média de 2% retido.

O volume escoado, ficou armazenado nos vasos de coleta. A tabela 1, apresenta os valores do volume escoado durante as três precipitações controladas, cada uma com 4 minutos no intervalo de 60 minutos.

Os dados apresentados, referente ao volume escoado do telhado verde, representados no gráfico da Figura 22, para a primeira precipitação de 5000 milímetros, tivemos um escoamento de 2800 milímetros, representando 56% do volume total. Para a segunda simulação de precipitação, foi escoado 3150 milímetros, representando 63% do volume total escoado e para a terceira simulação obtivemos 3280 milímetros, correspondente a 65,6%. Totalizando todo o sistema, com o intervalo de 60 minutos para cada precipitação chegamos aos 15000 milímetros precipitados, escoando 61,53% de todo o volume.

Para o telhado convencional, de acordo com o gráfico na Figura 26, para a primeira precipitação de 5000 milímetros, o volume escoado foi 4900 milímetros, representando 98% do total precipitado foi escoado, repetindo os mesmo resultado para a segunda e terceira etapa do experimento, totalizando uma média de 98% escoado.

25 - Grafico



No experimento sem retardo de escoamento superficial (telhado convencional), observamos que o volume precipitado é muito próximo ao volume escoado, exatamente o que acontece nas coberturas das casas dos loteamentos habitacionais com telhados convencionais, onde toda a água é escoada diretamente escoada para os sistemas de drenagens urbanas.

Para o telhado verde, como há uma retenção parcial da água de chuva, aumenta-se o tempo de concentração das águas pluviais, sendo que sua liberação para os sistemas de drenagem urbana ocorre mais lentamente. Concordando com a autora BALDESSAR (2012), que em seu estudo observou que telhado verde contribui com a absorção da água pluvial através dos mecanismos de evapotranspiração e armazenamento, reduzindo o volume de água de chuva que seria direcionada totalmente à galeria de águas pluviais. A pesquisadora concluiu que este resultado comprova que a cobertura verde gera o retardamento no escoamento de águas pluviais, se comparado com uma cobertura tradicional, onde a maior parte dessa água seria destinada diretamente à rede de drenagem urbana, a autora também ressalta a importância da divulgação dos resultados obtidos com o uso do telhado verde, através de pesquisas, educação, conscientização ambiental e a interferência direta do poder público definindo diretrizes que estimulem o uso deste tipo de cobertura.

Essa capacidade de retenção e de retardo varia em função da altura da camada de substrato, da inclinação do telhado e do grau de umidade do substrato no momento em que ocorre a precipitação.

A pesquisa sobre Telhado Verde: Redução e Retardo do Escoamento Superficial. Revista de Estudos Ambientais, desenvolvida por. COSTA, J. COSTA, A. POLETO, C. (2012), também concluíram que o telhado verde reduz e retarda o escoamento superficial, além da redução do volume das águas pluviais ejetadas no sistema de drenagem urbana. Os pesquisadores enfatizam a importância da realização dos cálculos a fim de determinar se a estrutura existente suporta as novas cargas do sistema do telhado verde e se necessário, fazer adaptações no projeto estrutural prevendo cargas adicionais resultante de sua manutenção e da saturação do solo com a água pluvial. Os autores também ressaltam a importância desse método compensatório para as regiões que sofre com inundações porque ajuda a reduzir as demandas dos sistemas convencionais de drenagem urbana, o que pode representar economia nos custos de funcionamento e possíveis diminuições de alagamentos.

Durante a simulação da precipitação, foi observado que para o telhado verde há um atraso no início do registro de vazão de escoamento, consequência dos obstáculos formados pelos elementos de sua estrutura, levando cerca de 1 minuto para início desse escoamento. Já para o telhado convencional, no primeiro ponto de precipitação, apresenta escoamento. A

implantação deste sistema em áreas urbanas, que muitas vezes tem o sistema de drenagem sobrecarregado quando ocorrem chuvas de alta pluviosidade, podem auxiliar no aumento do tempo necessário para que a água percorra todos os obstáculos até chegar ao sistema convencional de drenagem de águas pluviais.

Caso a área do telhado verde fosse maior e com uma profundidade de 5cm, proporcionando mais espaço nos poros do substrato, maiores quantidades de água seriam absorvidas pelo sistema.

A proposta de alternativas sustentáveis para amenizar os escoamento superficial, beneficia diretamente o usuário que implementa essas ações e, também, toda a população que interage. Há tanto um benefício econômico (aproveitamento do volume de chuvas e redução da temperatura local), social (redução de áreas alagadas) e do ambiental com a redução dos processos erosivos e, conseqüentemente, dos processos de assoreamento e de degradação dos corpos d'água (COSTA, J. COSTA, A. POLETO, C., 2012).

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação do telhado verde em áreas urbanas, retarda o escoamento superficial na drenagem. Conforme estudos realizados, áreas incorporadas por telhados verdes apresentam uma maior eficiência na sua capacidade de absorção de água pluvial em relação a um telhado convencional, com uma retenção de aproximadamente 38,47% do volume precipitado, para este trabalho.

Os resultados encontrados foram satisfatório para a diferença entre o volume de água de chuva escoada pelos dois tipos de telhado. Resultados estes que levam a considerar, assim como outros autores em estudos similares, que os telhados verdes podem ser uma alternativa funcional para cidades que sofrem com problemas de inundações.

Foi possível observar também que a capacidade de retenção vai reduzindo devido a saturação do solo para um intervalo de tempo. Portanto, os telhados verdes apresentam-se como alternativas para minimização dos problemas decorrentes de alagamentos e contribuem positivamente para o melhor desempenho dos sistemas de drenagem, pois retém parcela significativa da precipitação e retardam o tempo de pico do escoamento superficial.

Esta pesquisa buscou se assegurar que a intenção das buscas por técnicas compensatórias sustentáveis é real e concreta, pois a implantação do telhado verde nas edificações procura amenizar os efeitos nocivos e danos ao meio ambiente em decorrência do desenvolvimento desenfreado da humanidade.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O estudo do telhado verde é interdisciplinar. Várias são as vertentes para o desenvolvimento de novas pesquisas. Os inúmeros benefícios do uso de telhados verdes proporciona uma contribuição para o desenvolvimento de estudos gerados por qualquer um dos benefícios listados.

Implantação, junto aos poderes públicos, de telhados verdes em escolas proporcionando, de maneira direta, educação ambiental e conscientização da sociedade para os benefícios do uso deste tipo de cobertura.

Estudo crítico em relação à legislação existente, promovendo discussões sobre a criação de um programa de incentivo para incorporar na cidade o uso de telhados verdes.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. C. R. *Pavimento Intertravado de Concreto Convencional e Permeável*. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro-Escola Politécnica. Rio de Janeiro-RJ. 2017. 91p.
- BALTAZAR, S. M. N. *Telhado Verde e Sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada*. Dissertação de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012. 125p
- BENTO, A. R. *Estudo e Avaliação de Carga de Lavagem no Distrito de Campeche, Florianópolis-SC*. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC. 2015. 64p.
- BRASIL. *Programa Drenagem Urbana Sustentável*. Ministério das Cidades. 2006. Manual para apresentação de propostas. 2006. 23p.
- CASTRO, A. S. *Uso de Pavimentos Permeáveis e Coberturas Verdes no Controle de Qualiquantitativo do Escoamento Superficial Urbano*. Tese de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 2011. 161p.
- COSTA, J. COSTA, A. POLETO, C. *Telhado Verde: Redução e Retardo do Escoamento Superficial*. *Revista de Estudos Ambientais*. v. 14, n. 2esp, 2012. 50-56p.
- CURITIBA. *Lei nº 10785* de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Câmara de Vereadores de Curitiba. Disponível em: < <http://www.cmc.pr.gov.br/> >. Acesso em: 30 nov. 2018.
- DILLY, D. P. A. *Tratado Sobre o Sistema o Telhado Verde Extensivo para Coberturas Planas em Edificações de Pequeno e Médio Porte*. Dissertação de Mestrado apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo-RS. 2016. 99p.
- DOTTO, B. R., DOTTO, D. M., SILVA, V. M. *Políticas Públicas e Arquitetura Sustentável: Utilização de Telhados Verdes*. *Revista Espacios*. Vol. 38, nº 36. 2017.
- DRUMOND, P. P. *Estudo da Influência da Reservação de Águas Pluviais em Lotes no Município de Belo Horizonte, MG: Avaliação Hidráulica e Hidrológica*. Dissertação de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais-BH. 2012. 204p.
- FARIAS, M. M. M. W. E. C. *Aproveitamento de Águas de Chuva por Telhados: Aspectos Quantitativos e Qualitativos*. Dissertação de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru-PE. 2012. 117p.
- FRITZEN, M., BINDA, A. L. *Alterações no Ciclo Hidrológico em Áreas Urbanas: Cidade, Hidrologia e Impactos no Ambiente*. *Revista Ateliê Geográfico*. Vol. 5, n.3. Goiânia-GO. 2011. 239-254p.

- FURTADO, B. M. *Uso Racional da Água e Drenagem Urbana em Porto Alegre: Adequação de um Empreendimento Habitacional às Exigências Legais*. Dissertação de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 2014. 84p.
- GATTO, C. M. *Coberturas Verde: A Importância da Estrutura e da Impermeabilização Utilizadas*. Dissertação de Pós Graduação em Ambiente Construído. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora-MG. 2012. 161p.
- GUARULHOS. Lei municipal nº 5617, de 9 de novembro de 2000. *Código de Obras do Município de Guarulhos*. Apêndice B: detenção em lotes: método não convencional. Guarulhos, 20 nov. 2018
- GUEDES, I. C. M. *Influência da Forma Urbana em Ambienete Sonoro: Um Estudo de Caso no Bairro Jardins em Aracaju (SE)*. Dissertação de Metrado apresentado ao curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP. 2005. 139p.
- IMADA, R. G. *Práticas de Microdrenagem Sustentáveis para a Redução do Escoamento Superficial Urbano*. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental. Universidade de São Carlos. São Carlos-SP. 2014. 122p.
- KORZENIESKI, C. P. *Avaliação da Influência do Uso de Telhados Verdes no Escoamento Superficial em um Loteamento de Pelotas-RS*. Trabalho acadêmico apresentado ao curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS. 2016. 61p.
- KREBS, L. F. *Coberturas Vivas Extensivas: Análise da Utilização em Projetos na Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha*. Trabalho de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 2005. 181p.
- LIMA, S. M. S. A., LOPES, W. G. R., FAÇANHA, A. C. *Urbanização e Crescimento Populacional: Reflexões sobre a cidade de Teresina, Piauí*. Vol. 11. Teresina-PI: Editora Gaia Scientia. 2017. 21p.
- NITERÓI. *Lei nº 1.620* de 23 de dezembro de 1997. Define disposições relativas a aprovação de edificações residenciais unifamiliares. Secretaria Municipal de Urbanismo. Niterói, 1997. Disponível em: < <http://www.urbanismo.niteroi.rj.gov.br/> >. Acesso em: 30 nov. 2018.
- OHNUMA JÚNIOR. A. A. *Medidas Não Convencionais de Reservação d'Água e Controle da Poluição Hídrica em Lotes Domiciliares*. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo. São Carlos-SP. 2008. 331p.
- RANGEL, A. C. L. C., ARANHA, K. C., SILVA, M. C. B. C. *Os Telhados Verdes nas Políticas Ambientais como Medida Indutora para a Sustentabilidade*. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente Vol. 35, p. 397-409. Universidade Federal do Paraná. 2015.
- ReCESA (Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnologias em Saneamento Ambiental) *Águas Pluviais: Técnicas Compensatórias para o Controle de Cheias Urbanas*. Belo Horizonte-BH. 2007. 56p.
- RIGHETTO, A. M. *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. 1ª ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora ABES, 2009. 396p.
- SAVI, A. C. *Telhados Verdes: Análise Comparativa de Custo com Sistemas Tradicionais de Cobertura*. Monografia de Especialização em Construções Sustentáveis II apresentado ao

Departamento Acadêmico de Construção Civil. Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba-PR. 2012. 128p.

SILVA, D. A.. *Águas Urbanas e a Produção do Espaço em Aracaju/SE*. Apresentado ao Programa de Pós Graduação em Geografia-NPGEO da Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão-SE 2013. 4p.

SILVA, N. C. *Telhado Verde: Sistema Construtivo de Maior Eficiência e Menor Impacto Ambiental*. Monografia Apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais-BH. 2011. 63p.

SILVA, T. F. *Tecnologia Alternativa em Drenagem Urbana: Telhado Verde*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru-PE. 2017. 136p.

SILVEIRA, A. L. L. *Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica*. In *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4ª ed. Porto Alegre-RS: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943p.

TUCCI, C. E. M. *Águas Urbanas*. In *Revista Estudos Avançados*. Vol. 22, n 63. Editora da USP. São Paulo-SP. 2008. 97-112p.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre-RS: Editora da UFRGS 2004. 943p.

MILES, Valentina de Oliveira et al. *Diagnóstico da ocupação urbana e degradação ambiental em Canasvieiras: apontamentos para a promoção do desenvolvimento sustentável*. 2005.