

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Walbenice Marques dos Santos

**INFRAESTRUTURAS VERDES NO CONTEXTO URBANO: A APLICABILIDADE  
DO TETO VERDE E JARDIM DE CHUVA NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA**

São Luís - MA  
2017

Walbenice Marques dos Santos

**INFRAESTRUTURAS VERDES NO CONTEXTO URBANO: A APLICABILIDADE  
DO TETO VERDE E JARDIM DE CHUVA NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Arquitetura e  
Urbanismo da Universidade Estadual do  
Maranhão, para obtenção do grau de  
Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientação: Prof. <sup>a</sup> Izabel Cristina M. de O.  
Nascimento.

São Luís – MA  
2017

Santos, Walbenice Marques dos.

Infraestruturas verdes no contexto urbano: a aplicabilidade do teto verde e jardim de chuva na cidade de São Luís. / Walbenice Marques dos Santos. - São Luís, 2017.

90 f.

Orientador (a): Prof. Izabel Cristina M. de O. Nascimento.

Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

1. Infraestrutura verde. 2. Cidade. 3. Qualidade Ambiental. 4. Teto Verde. 5. Jardim de Chuva. I. Título.

CDU: 712:502

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

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Izabel Cristina M. de O. Nascimento - UEMA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ingrid Gomes Braga - UEMA

---

Examinador convidado

“Acredito que as coisas podem ser feitas de  
outra maneira e que vale a pena tentar. ”

Zaha Hadid

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o Dono de todas as coisas e o responsável pelas bênçãos ocorridas em minha vida, que mesmo sem eu merecer, cuida de mim de uma forma inexplicável, me sustentando durante toda essa jornada e não me deixando desistir.

Aos meus pais, Bartolomeu e Maria da Conceição, a quem eu devo toda minha gratidão, responsáveis por tudo o que sou, exemplos de perseverança, coragem e amor incondicional, que jamais mediram esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos, muitas vezes abdicando dos seus próprios sonhos. Dedico essa minha vitória a vocês.

Aos meus irmãos, Walbermark, Walbetise, Bartolomeu Jr., Walberto, Antonio, Walbelice e Walbenise, meus anjos protetores aqui na terra, exemplos de amor fraternal, que sempre me deram apoio para que eu chegasse até aqui. Cada um em sua singularidade e sem mesmo saberem, me deram forças durante toda essa caminhada. Obrigada por acreditarem em mim.

Ao meu amigo e namorado Rômulo Rosário, pela compreensão da minha ausência em alguns momentos, pelas conversas e palavras de apoio nos momentos em que mais precisei. Obrigada por acreditar em mim e por fazer parte da minha vida.

Às minhas companheiras de classe Isadora Cutrim e Karoline Gonçalves, pelos anos de amizade e companheirismo em toda essa aventura que é a faculdade de arquitetura, a Gerson de Melo pelos anos de convivência, conselhos e dúvidas tiradas durante essa jornada.

Aos meus amigos Tuane Sena, Ananda Rodrigues e Guilherme Venâncio, os quais conheci em um dos momentos mais lindos da minha vida e tive oportunidade de viver experiências e trocar conhecimentos que contribuíram bastante para minha formação.

Aos meus amigos de intercâmbio e futuros companheiros de profissão, Raphisa Freitas e João Vitor Castro, por todo o conhecimento compartilhado.

À minha orientadora Izabel Nascimento, pelos conselhos, ajuda e apoio durante essa caminhada para que o trabalho fosse realizado da melhor forma.

À Universidade Estadual do Maranhão pelo incentivo e oportunidades, e a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse elaborado.

## RESUMO

A utilização de infraestruturas verdes no ambiente urbano vem sendo uma forma de amenizar os males ambientais causados pela urbanização crescente nas cidades. A aplicação dessas tecnologias sustentáveis já é usada há algum tempo em diversos países europeus e em algumas cidades brasileiras, como um meio de ajuda na melhoria de uma série de problemas urbanos como ilhas de calor, ausência de vegetação original, diminuição da taxa de permeabilidade que ocasionam enchentes e alagamentos entre outras problemáticas observadas em áreas que foram densamente urbanizadas sem planejamento. A cidade de São Luís – MA naturalmente apresenta uma sensação térmica alta durante todo o ano, porém, com o crescente investimento na área imobiliária e a falta de preocupação dos investidores em manter e proporcionar qualidade ambiental aos habitantes, a sensação de calor tem aumentado e a cidade vem experimentando microclimas mais desagradáveis ocasionados pela alta concentração de edificações que é inversamente proporcional à presença de áreas verdes no espaço urbano da cidade. A proposta de utilização de infraestruturas verdes em São Luís, especificamente o teto verde e jardim de chuva, tem como finalidade amenizar o conjunto de problemas de conforto ambiental, térmico e de drenagem observados na cidade. Através de pesquisa bibliográfica e o entendimento do funcionamento e aplicabilidade dessas infraestruturas, foi possível apreender a melhor forma de implantação destas na cidade em estudo, através da adequação necessária exigidas pelas condições estruturais, ambientais e geográficas apresentadas.

**Palavras-chave:** Infraestrutura Verde. Cidade. Qualidade Ambiental. Teto Verde. Jardim de Chuva.

## ABSTRACT

The use of green infrastructure in urban areas it has been a way to mitigate the environmental problems caused by urbanization in cities. These sustainable technologies have been applied for some time in several European countries and in some Brazilian cities, as way to help solve urban problems like heat island, absence of original vegetation, decrease in permeability rate that contributes to the occurrence of floods and other problems observed in density urbanized areas without planning. The city of São Luís naturally has a high thermal sensation throughout the year, however, with increased investment in real estate and the lack of investor concern to maintain and improve the environmental quality of the inhabitants, the sensation of heat has increased and the city has been experiencing more unpleasant microclimates, due the high concentration of buildings inversely proportional to the presence of green areas in the urban space of the city. The proposal to use green infrastructures in São Luís, specifically the green roof and rain garden, aims to soften the set of environmental comfort problems, thermal and drainage systems observed in the city. Through of bibliographic research and the understanding of the operation and applicability of these structures, it was possible to find the best way to implant these structures in the study city, through the necessary adaptation required by the structural, environmental and geographical conditions presented.

**Keywords:** Green Infrastructure. City. Environmental Quality. Green Roof. Rain Garden.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Sistema de parques lineares do Emerald Necklace .....	24
Figura 02: Parques do Emerald Necklace: Área Back Bay Fens.....	24
Figura 03: Desenho conceito da Cidade Jardim .....	26
Figura 04: Mapa turístico do Parque Nacional da Tijuca .....	27
Figura 05: Anteprojeto da cidade de Maringá .....	28
Figura 06: Parque Urbano da Água Branca em São Paulo. ....	31
Figura 07: Corredores Verdes da UNESP, Campus de Araçatuba, SP .....	32
Figura 08: Visão da lagoa pluvial Meadowbrook .....	33
Figura 09: Corte esquemático de uma lagoa pluvial.....	33
Figura 10: Lagoa Seca no bairro de Rieselfeld, Friburg – Alemanha .....	34
Figura 11: Parede verde na fachada do Museu du Quai Branly, Paris .....	35
Figura 12: Pisograma.....	36
Figura 13: Representação dos Jardins Suspensos da Babilônia.....	43
Figura 14: Reconstrução das habitações com tetos verdes dos vikings....	44
Figura 15: Torre Guinigi na cidade de Luca, Itália .....	45
Figura 16: Monastério de San Michel, Normandia.....	45
Figura 17: Cobertura do prédio do Ministério da Educação .....	48
Figura 18: Projeto paisagístico da laje superior do Banco Safra .....	48
Figura 19: Esquema da estrutura do teto verde tipo intensivo .....	50
Figura 20: Esquema da estrutura do teto verde tipo extensivo.....	51
Figura 21: Esquema das camadas do teto verde em geral.....	52
Figura 22: Sistema de wetlands.....	59
Figura 23: Esquema da composição da estrutura de um jardim de chuva	60
Figura 24: Corte esquemático de um sistema de biovaleta .....	63
Figura 25: Corte esquemático de um sistema de canteiro pluvial.....	64
Figura 26: Mapa com a localização do estado do Maranhão no Brasil.....	67
Figura 27: Mapa da classificação dos tipos de solo de São Luís.....	68
Figura 28,29: Mapa do mês de maior/menor precipitação em São Luís....	69
Figura 30: Mapa do trimestre com menor insolação no Maranhão .....	69
Figura 31: Mapa do trimestre com maior insolação no Maranhão .....	70
Figura 32: Mapa da insolação anual no Maranhão .....	70

Figura 33: Mapa da elevação da temperatura em São Luís .....	72
Figuras 34 e 35: Notícias sobre alagamentos pós-chuva em São Luís. ....	73
Figuras 36 e 37: Notícias sobre alagamentos pós-chuva em São Luís .....	73
Figura 38: Plantas listadas no Quadro 3.....	77
Figura 39: Plantas listadas no Quadro 6.....	82

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aspectos abióticos, bióticos e culturais.....	21
Quadro 2: Exigências de um teto verde e os dados de São Luís .....	75
Quadro 3: Opções de plantas a serem utilizadas no teto verde .....	76
Quadro 4: Critérios para a escolha do teto verde .....	79
Quadro 5: Exigências do jardim de chuva e os dados de São Luís.....	80
Quadro 6: Opções de plantas na utilização do jardim de chuva.....	81

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>INFRAESTRUTURAS VERDES.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.</b>	<b>Conceituação .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.</b>	<b>Breve Histórico .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.</b>	<b>Tipologias.....</b>	<b>29</b>
2.3.1.	Espaços Verdes Permeáveis.....	30
2.3.2.	Lagoa Pluvial .....	32
2.3.3.	Lagoa Seca.....	34
2.3.4.	Parede Verde.....	35
2.3.5.	Pavimentação Permeável .....	35
<b>2.4.</b>	<b>Benefícios da Utilização de Infraestruturas Verdes .....</b>	<b>37</b>
<b>2.5.</b>	<b>Princípios para Implantação das Infraestruturas Verdes.....</b>	<b>39</b>
<b>3.</b>	<b>TIPOLOGIA: TETO VERDE .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.</b>	<b>Conceituação .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.</b>	<b>Origem e História .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.</b>	<b>Tipos de Teto Verde.....</b>	<b>49</b>
3.3.1.	Intensivo .....	49
3.3.2.	Semi-intensivo .....	50
3.3.3.	Extensivo .....	50
<b>3.4.</b>	<b>Estrutura Geral dos Tetos Verdes.....</b>	<b>51</b>
<b>3.5.</b>	<b>Aplicações e Usos .....</b>	<b>53</b>
<b>3.6.</b>	<b>Exigências Técnicas.....</b>	<b>53</b>
<b>3.7.</b>	<b>Benefícios.....</b>	<b>55</b>
<b>3.8.</b>	<b>Leis Sobre a Utilização dos Tetos Verdes .....</b>	<b>57</b>
<b>4.</b>	<b>TIPOLOGIA: JARDIM DE CHUVA.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.</b>	<b>Conceituação .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.</b>	<b>Origem dos Jardins de Chuva .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.</b>	<b>Estrutura.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.</b>	<b>Aplicações e Usos .....</b>	<b>61</b>
<b>4.5.</b>	<b>Exigências Técnicas.....</b>	<b>61</b>
<b>4.6.</b>	<b>Jardim de chuva x Biovaleta x Canteiro Pluvial.....</b>	<b>63</b>
<b>4.7.</b>	<b>Benefícios dos Jardins de Chuva .....</b>	<b>65</b>

<b>5.</b>	<b>APLICABILIDADE NA CIDADE DE SÃO LUÍS.....</b>	<b>66</b>
<b>5.1.</b>	<b>Contexto Geográfico da Cidade de São Luís .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2.</b>	<b>Contexto Urbano da Cidade de São Luís.....</b>	<b>71</b>
<b>5.3.</b>	<b>Exigências Técnicas x Aplicabilidade.....</b>	<b>75</b>
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O investimento da construção civil nas cidades tem aumentado significativamente, levando a ocupação de vazios urbanos por empreendimentos imobiliários com a realização de obras de edifícios em massa, devido ao acelerado desenvolvimento decorrente de um constante processo de urbanização que vem acontecendo nas cidades. Segundo Costa (2010), esse crescimento possui uma maneira dinâmica e bastante diversa, mas tem uma característica comum: é cada vez mais “espaço-intensivo”, ou seja, há um crescente carecimento de espaço para usos urbanos a fim de atender as necessidades dos habitantes, como a construção de moradias, indústrias, serviços públicos e áreas de recreação, além da infraestrutura geral da cidade e a construção das malhas viárias. Esse frenético processo da transformação da paisagem influi diretamente na perda de espaços naturais, pois estes muitas vezes são deixados de lado durante o desenvolvimento das cidades (COSTA, 2010).

A ausência de vegetação nas cidades ocasiona diversas consequências negativas ao meio ambiente urbano, como sensação térmica desconfortável, zonas com microclimas desagradáveis, áreas sem sombreamento, enchentes, deslizamentos e impactos no meio ambiente em geral (AMORIM, 2001), além de não conceder espaços de convivência ao ar livre onde poderiam ser realizadas atividades de recreação, lazer e contemplação que permitem a possibilidade do convívio social e o contato do ser humano com a natureza, pois a inserção de áreas verdes na malha urbana atua como indicador de qualidade de vida, por estarem estreitamente ligadas ao modo dos habitantes de se relacionarem com a cidade e os que a cerca (NUCCI, 2008).

Em uma época em que a cidade é baseada na infraestrutura cinza, ou seja, tem como foco a construção de edifícios e, como prioridade a circulação do automóvel, onde as ruas são projetadas basicamente para isso e o sistema de drenagem busca escoar o mais rápido possível as águas pluviais, as cidades vem apresentando alterações negativas nos processos inerentes à natureza, sendo observadas através de problemáticas como enchentes e deslizamentos. Como forma de mitigar esses efeitos negativos consequentes da predominância da infraestrutura cinza, tem-se utilizado as infraestruturas verdes, com benefícios comprovados ao meio natural e urbano (HERZOG e ROSA, 2003). A utilização dessa tipologia auxilia na proteção do

meio ambiente, da vida selvagem, na melhoria do ar e da água e da qualidade de vida dos moradores do entorno do local onde essas infraestruturas são aplicadas (CORMIER e PELLEGRINO, 2008), promovendo a integração do ambiente construído com o ambiente natural, uma forma de compensação ambiental ao meio agredido pelo uso não sustentável do solo. Técnicas como o teto verde e o jardim de chuva são algumas alternativas desse tipo de infraestrutura e vem sendo utilizadas em projetos arquitetônicos e urbanos apresentando resultados positivos em se tratando de melhoria do meio ambiente na área urbana, contribuindo para a diminuição de problemáticas observadas em áreas densamente urbanizadas.

Na cidade de São Luís (MA), podemos destacar algumas áreas verdes como o Parque Botânico da Vale e o Parque Botânico da Alumar, ambos protegidos e preservados através de iniciativas privadas, além do Parque do Bom Menino e o Complexo do Itapiracó, estes sob os cuidados de órgãos públicos. Ainda há a presença também de muitos vazios urbanos, mas que, com a especulação imobiliária, provavelmente serão edificados no futuro. Apesar da existência dessas áreas ainda sem edificações e conseqüentemente com permeabilidade do solo, com o acelerado crescimento dos empreendimentos imobiliários incentivados por programas habitacionais como, por exemplo, o Minha Casa Minha Vida, juntamente com a construção de projetos particulares, como condomínios residenciais para a classe média-alta e a edificação em áreas consideradas de proteção ambiental segundo o zoneamento da cidade, como por exemplo, a Assembleia Legislativa que foi construída dentro da ZPA da Estação Ecológica do Rangedor, essa permeabilidade do solo vem sendo diminuída, influenciando não só no traçado da cidade, mas também no clima, devido a predominância da utilização do concreto e a redução de áreas verdes para dar lugar à essa crescente urbanização.

Diante desse contexto, este trabalho objetiva conhecer as infraestruturas verdes utilizadas no contexto urbano para investigação da aplicabilidade do teto verde e jardim de chuva na cidade de São Luís, após a observância da ausência da utilização dessas infraestruturas na cidade como forma de amenizar esses males causados pela urbanização, visto que algumas cidades brasileiras já utilizam essas técnicas com essa finalidade, sendo o teto verde e o jardim de chuva as técnicas escolhidas a serem aplicadas devido à sua facilidade e baixo custo de implantação. O interesse em saber o porquê de ainda não utilizarem essas infraestruturas suscita a hipótese de que a não utilização se dá pelo não entendimento da aplicabilidade dessas

infraestruturas em cidades como São Luís, já que até então, os estudos realizados sobre a aplicação destas infraestruturas foram somente em lugares que se diferem em diversos aspectos de São Luís, como por exemplo o clima, fator que influencia significativamente na implantação dessa técnica. Cidades americanas, como por exemplo Portland (EUA), tem aplicado essas técnicas no meio urbano há mais de dez anos apresentando resultados positivos. Para isso, é necessário o entendimento pleno do uso e implantação desse tipo de infraestrutura para que se tenha um retorno que traga benefícios.

Cabe à essa pesquisa entender de que maneira as infraestruturas, teto verde e jardim de chuva, podem ser utilizadas na cidade em estudo como forma de torná-la ambientalmente melhor, levando em conta quais as adaptações a serem feitas para um bom resultado, compreendendo as condições de aplicabilidade, quais as ferramentas necessárias para a implementação, qual a vegetação apropriada, ou seja, estudar todas as possibilidades e adequações para que se tenha um retorno que contribua na melhoria dos aspectos ambientais, possibilitando qualidade de vida aos habitantes e mudando a forma de construir a cidade. Assim, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Descrever a origem histórica das infraestruturas verdes e exemplificando os tipos aplicáveis no contexto urbano;
- Estudar os benefícios da utilização de infraestruturas verdes nas cidades;
- Descrever as tipologias teto verde e jardim de chuva e suas aplicações no contexto urbano;
- Investigar a aplicação do teto verde e jardim de chuva na cidade de São Luís.

Dessa forma, a metodologia empregada consistiu em um levantamento bibliográfico para o entendimento do que são essas infraestruturas, partindo de conceituações e da forma como estão sendo historicamente utilizadas no meio urbano, seguida da interpretação dos dados secundários colhidos para entendimento das vantagens e desvantagens de sua utilização. Em seguida, foi realizado o estudo para aprofundamento de como dois tipos de infraestruturas verdes, teto verde e jardim de chuva, podem ser incorporados no ambiente urbano. Ao final foi feita uma investigação sobre como essas técnicas podem ser implantadas em São Luís considerando suas características climáticas e ambientais. Esse entendimento dar-se-á através de pesquisas em artigos, livros, periódicos, revistas, dissertações e teses. Os resultados serão apresentados de forma descritiva.

A monografia se estrutura em quatro partes: a primeira descreve as infraestruturas verdes em geral, conceituando-as, exemplificando-as e abordando todos os estudos necessários que auxiliam no entendimento do que é uma infraestrutura verde. A segunda parte aborda especificamente sobre a tipologia da infraestrutura verde chamada teto verde, com informações que vão desde sua conceituação, origem e história, até os benefícios gerados pelo uso dessa tecnologia. Na terceira parte é abordada a tipologia jardim de chuva, um estudo sobre essa tecnologia para o entendimento do que se trata e todos os benefícios gerados por sua implantação, de como, quando e onde utilizá-la. Por fim, a quarta parte aborda a aplicabilidade dessas tipologias estudadas, teto verde e jardim de chuva, na cidade de São Luís, através de comparações entre o que é exigido para que possa implantar essas infraestruturas e os dados apresentados pela cidade de São Luís.

## 2. INFRAESTRUTURAS VERDES

A crescente e rápida urbanização pela qual as cidades vêm passando tem ocasionado a predominância da utilização da infraestrutura cinza nos centros urbanos e a conseqüente impermeabilização do solo. Esta realidade sugere uma reduzida preocupação com a conservação e preservação das áreas naturais e suas contribuições para a qualidade ambiental e de vida, tornando áreas urbanizadas suscetíveis à enchentes e alagamentos devido ao sistema de drenagem projetado não ser dimensionado de maneira a escoar toda a água pluvial. Uma das conseqüências dessa falta de planejamento adequado é o surgimento, por exemplo, de ilhas de calor, microclimas desagradáveis por conta da alta concentração do uso do concreto nas edificações, carência de áreas verdes e de lazer entre outros problemas ambientais e sociais gerados pela ausência do planejamento correto do uso e ocupação do solo.

Segundo Santos (1997 apud Loboda e Angelis, 2005), as cidades tem se modificado de forma que, cada vez mais, se tornam “lugares artificiais”, pois as áreas verdes estão sendo deixadas de lado no momento da concepção das cidades e dessa forma tomadas por uma quantidade significativa de construções. Isso que vem acontecendo, desencadeia uma série de problemas que passam do ambiental ao social, substituindo o uso do verde pelo uso predominante do concreto, prejudicando diretamente a qualidade de vida nas cidades e das cidades. Diante desse contexto, surge o conceito de infraestrutura verde como forma de mitigação desses problemas oriundos da acelerada, crescente e mal planejada urbanização nas cidades, um conceito que tem ganhado espaço entre os pesquisadores no estudo da arquitetura relacionada à cidade e seu modo de planejamento e ocupação sustentável do solo.

Países europeus como Itália e Alemanha, cidades norte-americanas como Portland e cidades brasileiras como São Paulo, tem se apropriado desse conceito de forma a solucionar e/ou amenizar as problemáticas urbanas presentes em seus espaços. Algumas cidades, como no caso de Portland, vêm utilizando essas tipologias há cerca de uma década e tem apresentado resultados positivos no que diz respeito à contribuição das infraestruturas verdes na melhoria da qualidade ambiental e qualidade de vida em áreas urbanas. O mesmo tem ocorrido nas cidades que estão utilizando essas técnicas há pouco tempo, que encontram-se no processo de conhecimento gradual da forma de implantação de cada tipologia dessas

infraestruturas e dos benefícios conquistados quando a introdução desse conceito se dá logo no início do planejamento urbano das cidades.

## **2.1. Conceituação**

De acordo com Benedict e McMahon (2006 apud Borba e Mendonça, 2015), a infraestrutura verde consiste em um sistema multifuncional composto de áreas permeáveis que interligam a infraestrutura cinza, ou seja, os espaços projetados onde predomina o uso do concreto, com a vegetação existente na cidade, de forma a reparar ecologicamente a paisagem urbana, promovendo a ligação espaço construído – vegetação. Esse conceito abrange todas as áreas verdes e sistemas hídricos presentes nas cidades, como arborização em praças, ruas e canteiros, parques urbanos, lagos, rios e todos os espaços que contém elementos que contribuem para a qualidade ambiental e conseqüentemente a qualidade de vida da população através das funções inerentes à cada elemento hídrico e vegetativo. Porém, dependendo do contexto em que está inserida, a infraestrutura verde pode assumir outros conceitos. Segundo Schutzer (2014), o termo infraestrutura verde vem sendo relacionado principalmente à bioengenharia, isto é, soluções técnicas que auxiliam na recuperação da qualidade ambiental de áreas urbanizadas utilizando tipologias como jardins de chuva, canteiros pluviais, tetos verdes, biovaletas, lagoas secas, entre outras tipologias, sobretudo em se tratando de soluções que auxiliem no escoamento e aproveitamento das águas pluviais, sendo projetadas de forma a atender as necessidades exigidas de acordo as situações apresentadas nas cidades.

O surgimento desse conceito de bioengenharia, sendo mais voltado à utilização de infraestruturas verdes que auxiliam nos processos de drenagem urbana em geral, se deu pela necessidade de abordar a forma como as águas pluviais se comportam na área urbana, de que maneira estão sendo aproveitadas e quais os impactos destas nas cidades e para a vida da população que nela vive. De acordo Rivaldo e Rossi (2016), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) define infraestrutura verde como sistemas e atividades que utilizam os processos naturais para infiltrar, evaporar ou reutilizar as águas pluviais captadas através das técnicas específicas de cada tipologia, integrando o grupo das infraestruturas verdes de menor escala como as árvores em canteiros, jardins e todas as soluções de bioengenharia, e as de grande escala como parques urbanos, florestas e corredores verdes, assim

exemplificadas pela Comissão de Corredores Verdes da Flórida e do Fundo de Conservação.

Em linhas gerais, o conceito de infraestrutura verde surge com o objetivo de integrar o ambiente urbano com o ambiente natural, o espaço construído com o espaço vegetativo, abrangendo, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (2011), as funções de “conectividade, multifuncionalidade e conservação”, ou seja, conectar os espaços de forma a desenvolver a multifuncionalidade destes, através, por exemplo, da criação de áreas de lazer e áreas verdes em espaços urbanos, promovendo a conservação dessas áreas naturais ao mesmo tempo que desenvolve seu exercício multifuncional e conectivo. De acordo com Benedict e McMahon (2006 apud Brandão e Crespo, 2016), o conceito de infraestrutura verde foi elaborado com o intuito de promover uma relação equilibrada e estável entre o meio ambiente e as pessoas, relação que muitas vezes não é priorizada, quando se trata de urbanização das cidades. Com a compreensão pelos estudiosos da importância da harmonia dessa relação homem-natureza e o seu papel como primordial na construção de uma cidade, estabeleceu-se a utilização da infraestrutura verde como um instrumento fundamental na orientação do processo do planejamento e desenvolvimento urbano das cidades, em paralelo à preocupação com a conservação do meio natural presente no urbano.

Apesar do conceito de infraestrutura verde ser utilizado no sentido de ser uma técnica a ser adaptada nas cidades já urbanizadas, Benini (2015) comenta que, a sua concepção, logo no início do projeto urbano, auxilia no aproveitamento dos elementos existentes na natureza de forma a estabelecer uma ligação desses elementos naturais com o que será construído, ou seja, projetando a cidade considerando a inserção da infraestrutura verde existente na área, prevenindo assim problemas como sistemas de drenagem insuficientes, ilhas de calor, enchentes e deslizamentos entre outros problemas oriundos da urbanização sem o planejamento correto do uso e ocupação do solo.

Para a adequada utilização do conceito de infraestrutura verde é necessário o entendimento de todo um contexto, onde ela será inserida e de que forma essa área pode recebê-la, de maneira que auxilie beneficentemente no planejamento da construção da cidade. Assim como a implantação de uma infraestrutura cinza, diversos aspectos precisam ser estudados e entendidos antes da inserção de uma infraestrutura verde no espaço. Segundo Herzog (2010), é necessário realizar um levantamento detalhado

dos aspectos abióticos, bióticos e culturais, antes da implementação de uma infraestrutura verde. Os aspectos abióticos referem-se aos processos que compreendem transformações na topografia, solo, bacias hidrográficas e sistemas de drenagem, isto é, processos pertinentes à urbanização das cidades que não se referem a seres biológicos. Os aspectos bióticos são referentes aos processos biológicos que compreendem a fauna e flora presente no meio natural e urbano, ou seja, dizem respeito aos seres biológicos. E por fim, os aspectos culturais que correspondem à forma como as pessoas lidam e se apropriam do espaço. O levantamento de todos esses aspectos leva à implantação correta das infraestruturas verdes de forma que beneficie cada aspecto estudado, tornando a cidade mais sustentável e melhor para viver.

A tabela a seguir define o que compreende cada aspecto segundo a adaptação de Ahern (2007).

**Quadro 1 – Aspectos abióticos, bióticos e culturais da infraestrutura verde**

<b>ASPECTOS ABIÓTICOS</b>	<b>ASPECTOS BIÓTICOS</b>	<b>ASPECTOS CULTURAIS</b>
<b>Interação entre superfície e água subterrânea</b>	Habitat para espécies generalistas	Experiências com os ecossistemas naturais
<b>Produção de solo</b>	Habitat para especialistas	Atividade física
<b>Manutenção do regime hidrológico</b>	Conservação de distúrbio e de sucessão ecológica	Experimentação da história cultural
<b>Ajuste de distúrbio natural</b>	Movimento das espécies	Estimulo à expressão artística
<b>Ciclagem de nutrientes</b>	Produção de biomassa	Educação ambiental
<b>Sequestro de carbono e gases do efeito estufa</b>	Suprimento de reserva genética	Oportunidade de interações sociais
<b>Modificação e amenização de extremos climáticos</b>	Suporte de interações flora -fauna	Senso de isolamento e inspiração

Fonte: Adaptado de Ahern (2007) pela autora.

Segundo os autores Benedict e McMahon (2002), a infraestrutura verde é determinada por sete pontos chaves que a compreendem como:

- “Instrumento de conservação e planejamento”: utiliza a infraestrutura verde como uma ferramenta de preservação dos espaços verdes, de

forma a minimizar os impactos provenientes do desenvolvimento introduzindo esses espaços verdes ao processo do planejamento urbano;

- “Planejamento da infraestrutura verde antes do projeto final”: planejar a implantação das infraestruturas verdes desde o início do projeto, como parte essencial e não algo a ser acrescentado depois;
- “Infraestruturas verdes como ligação de espaços”: integração das variadas tipologias de infraestruturas verdes, umas com as outras, exercendo seu papel de multifuncionalidade para que se tenha um melhor resultado em sua implantação;
- “Implantadas em diferentes escalas, do uso particular ao regional”;
- “Abordagem multidisciplinar”: compreensão de diversas áreas, ciências biológicas, sociais e humanas que tenham como objeto de estudo os sistemas de infraestruturas verdes;
- “Infraestrutura verde como investimento público”: viabilização da implantação de infraestruturas verdes prevista no orçamento público, assim como as obras de infraestruturas tradicionais;
- “Promover o envolvimento de organizações públicas e privadas para a implantação da infraestrutura verde nas cidades”.

## **2.2. Breve Histórico**

O conceito de infraestrutura verde com frequência vem sendo citado e utilizado nos projetos de hoje e firmando-se a cada dia mais em estudos sobre a arquitetura sustentável da paisagem. Porém, apesar desse recente destaque, estudos sobre esse novo modo de pensar a cidade, e sua aplicação, tem seu marco inicial no século XIX com o advento da Revolução Industrial que, segundo Madureira (2012), inicia ensaios sobre a utilização de infraestruturas verdes, buscando amenizar os efeitos da urbanização causados nesse período de grande desenvolvimento, ganhando nessa época a expressividade a qual conhecemos hoje.

Como sabemos, a Revolução Industrial ocasionou um crescimento vasto e acelerado ao qual as cidades não estavam preparadas para receber tal desenvolvimento. Com isso, diversos problemas urbanos conhecidos atualmente já estavam enraizados durante esse período, como falta de saneamento e drenagem

adequados, doenças provenientes dessa falta de zelo urbano, superlotação nas cidades, mal planejamento do traçado urbano, áreas insalubres, escassez de espaços de lazer entre outros. Hough (1994) comenta que o desenvolvimento urbano desse período, que tinha como preocupação fundamental a circulação dos automóveis pelas cidades, dando prioridade aos automóveis e não aos pedestres, levou também à ocupação de áreas que deveriam ser preservadas, áreas de grande valor ambiental para as cidades, atingindo de forma negativa os serviços ecológicos fornecidos por essas áreas essenciais na promoção da sustentabilidade das cidades.

Herzog (2013) comenta ainda que, diante de todo o contexto observado da crescente e desordenada urbanização nesse período, foram instituídas regras construtivas básicas com o objetivo de organizar a ocupação urbana, como regras de afastamentos das edificações em relação a rua, ocupação dos edifícios voltado aos serviços de comércio nos andares de baixo e residências no andar de cima, alargamento das ruas e a implantação de infraestruturas verdes de maior escala como parques urbanos, criação de jardins e plantio de árvores em ruas e canteiros. Mesmo com todas essas regras estabelecidas, os problemas urbanos não foram solucionados por completo de forma a beneficiar todas as classes sociais, sendo beneficiadas de maneira mais significativa uma parcela restrita dos habitantes, ou seja, as classes mais abastadas.

De fato, a experiência da utilização de infraestruturas verdes como meio de resiliência das cidades nos projetos urbanos se deu primeiramente com o trabalho do arquiteto Frederick Law Olmsted, em 1870. Ele propunha a revitalização de rios poluídos por esgotamento sanitário e industrial no bairro Back Bay, na cidade de Boston (EUA), de forma a aproveitá-los como um elemento multifuncional na paisagem urbana, através da sua ocupação e seu uso, mas principalmente com o objetivo de recuperar as águas dos rios, despoluindo-os, e controlar as enchentes e alagamentos que eram frequentes no local. O projeto conhecido como *Emerald Necklace*<sup>1</sup> (Figura 01), compreende a criação de um sistema de parques interligados entre si.

---

<sup>1</sup> Tradução do inglês: *Colar de Esmeraldas*



Figura 01: Sistema de parques lineares do *Emerald Necklace*, Boston (EUA). Disponível em: [www.emeraldnecklace.org](http://www.emeraldnecklace.org) (Acessado em 27/03/2017 às 17:30)

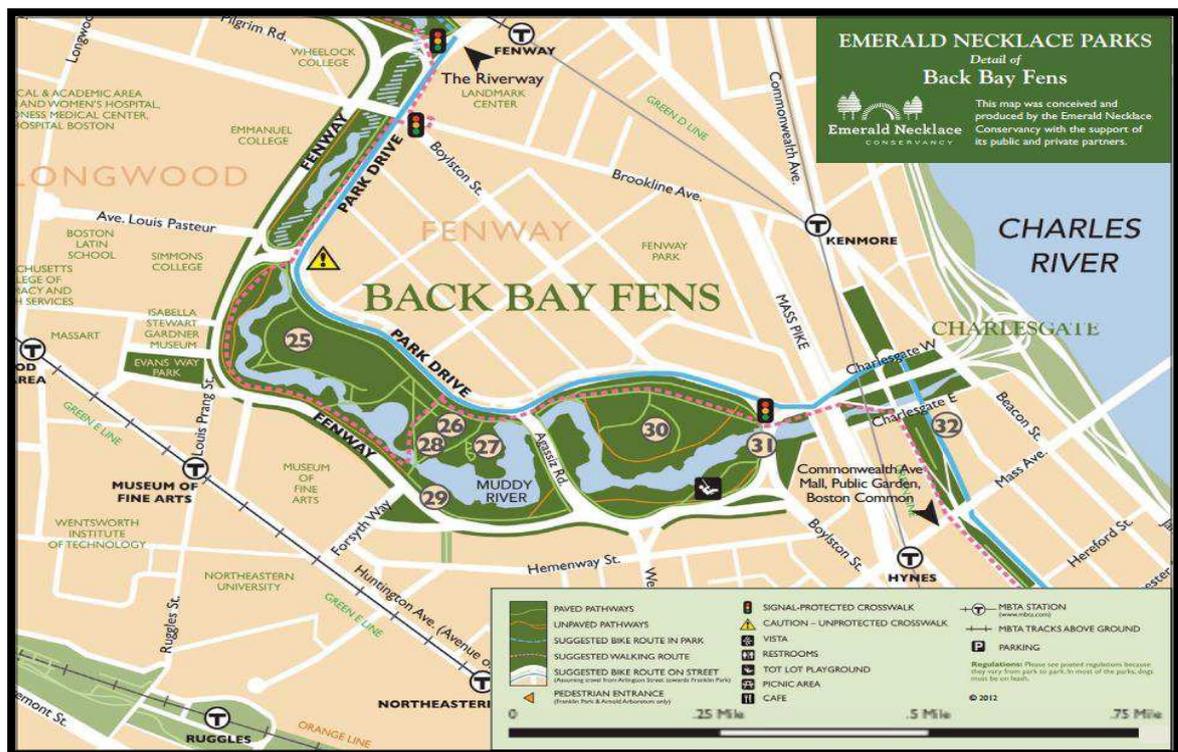


Figura 02: Sistema de parques lineares do *Emerald Necklace*, Boston (EUA): Área *Back Bay Fens*, primeira área a ser concebida. Disponível em: [www.emeraldnecklace.org](http://www.emeraldnecklace.org) (Acessado em 27/03/2017 às 17:30)

Segundo Herzog e Rosa (2010), foram criados 11km de extensão de matas ciliares através da conexão entre os parques criados pelos rios existentes na área, estabelecendo uma rede de infraestruturas verdes, restaurando o sistema de

esgotamento e as funções hidrológicas dos rios. Ainda segundo as autoras, até hoje o projeto pode ser visto na cidade de Boston, porém parcialmente, pois algumas áreas do projeto original foram cortadas para a construção de avenidas, permanecendo somente uma parte da concepção inicial como forma de mostrar um modelo multifuncional auxiliador na mitigação de problemas urbanos.

A área do bairro *Back Bay Fens* (Figura 02) foi a primeira a ser pensada para receber a implantação do projeto de infraestrutura verde devido à situação de emergência do rio que atravessa o bairro, o *Muddy River*, que se encontrava em condições de alta poluição industrial e sanitária. À margem do rio foi estabelecida uma mata ciliar como auxílio na despoluição do sistema hídrico e como alternativa de lazer com a construção de passeios no entorno do rio, propício para os habitantes praticarem atividades ao ar livre, como corridas e caminhadas.

Outra proposta bastante significativa referente à utilização de infraestruturas verdes nesse período foi a de Ebenezer Howard, em 1898, com o trabalho intitulado *Garden Cities of To-Morrow*<sup>2</sup>, que segundo Herzog e Rosa (2010), tinha como objetivo conter a expansão urbana que vinha ocorrendo nas cidades através da utilização de cinturões verdes cercand-as, delineando com precisão onde iniciavam as paisagens urbanas e as paisagens agrícolas, e onde terminavam cada uma delas. A partir dessa ideia surgiu o conceito de Cidades Jardins (Figura 03), um modelo de ocupação que tinha como eixo central de estudo o crescimento planejado das cidades, funcionando como meio de integração da sociedade e o ambiente em que vivem (RIBEIRO, 2010), trabalhando na relação homem-natureza e incorporando nos processos projetuais as paisagens naturais às áreas urbanas, de maneira que os espaços naturais não sejam tratados como objetos secundários, e sim como objetos primários e essenciais na construção das cidades.

---

<sup>2</sup> Tradução do inglês: *Cidades Jardins do Amanhã*

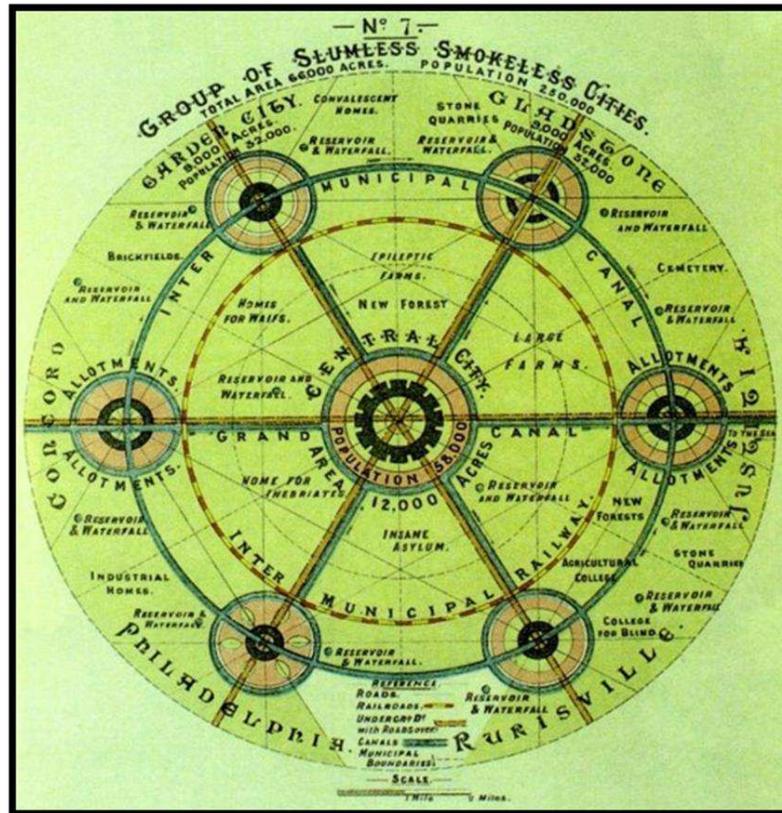


Figura 03: Desenho conceito da Cidade Jardim proposta por Ebenezer Howard originalmente publicada em “Garden Cities of To-Morrow”. Disponível em: [www.vitruvius.com.br](http://www.vitruvius.com.br) (Acessado em 27/03/2017 às 19:15)

Em 1969, com a continuidade dos estudos sobre a importância da relação da cidade com a natureza e seus habitantes, Ian McHarg lançou um livro chamado *Design with Nature*<sup>3</sup>, que teve como objeto de estudo o planejamento urbano integrado com os elementos naturais presentes na cidade. Esse estudo desenvolveu o método da “sobreposição de mapas temáticos transparentes” de forma a analisar quais as áreas a serem preservadas e quais as áreas a serem ocupadas, com o objetivo de urbanizar o espaço de maneira organizada e sem agredir o meio ambiente, ocupando áreas livres sem grande potencial ambiental (RIBEIRO, 2010), utilizando os elementos a serem preservados como instrumentos no processo do planejamento da urbanização. Herzog (2010) ressalta que McHarg não foi o primeiro teórico a utilizar esse método, porém foi o primeiro a dar destaque aos “elementos ecológicos a partir desse raciocínio”. Entretanto, fundamentados no estudo de McHarg, o levantamento dos aspectos naturais e culturais para a realização do processo do planejamento

<sup>3</sup> Tradução do inglês: *Desenhando com Natureza*

urbano, passou a ser um padrão, ganhando força em vários estudos posteriores realizados por pesquisadores da área.

Apesar do conceito de infraestrutura verde não ser muito explorado no Brasil e estudos sobre o seu processo de aplicação ainda serem restritos à algumas cidades, podemos destacar como um primeiro indício de sua utilização no país a inserção do conceito no plano urbano da Floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, sendo reconhecido como parque nacional em 1961. Ribeiro (2010, p.29) relata que, em meados de 1850, a floresta encontrava-se totalmente abandonada após ter sido desmatada durante o período do intenso cultivo do café no país, tendo início “o replantio de espécies nativas e sua conservação ordenada pelo Governo Imperial no ano de 1856”. A ideia do reflorestamento continuou em 1862, com o objetivo de reconstruir toda a floresta nativa, tendo como referências exemplares remanescentes do que teria sido a floresta um dia.

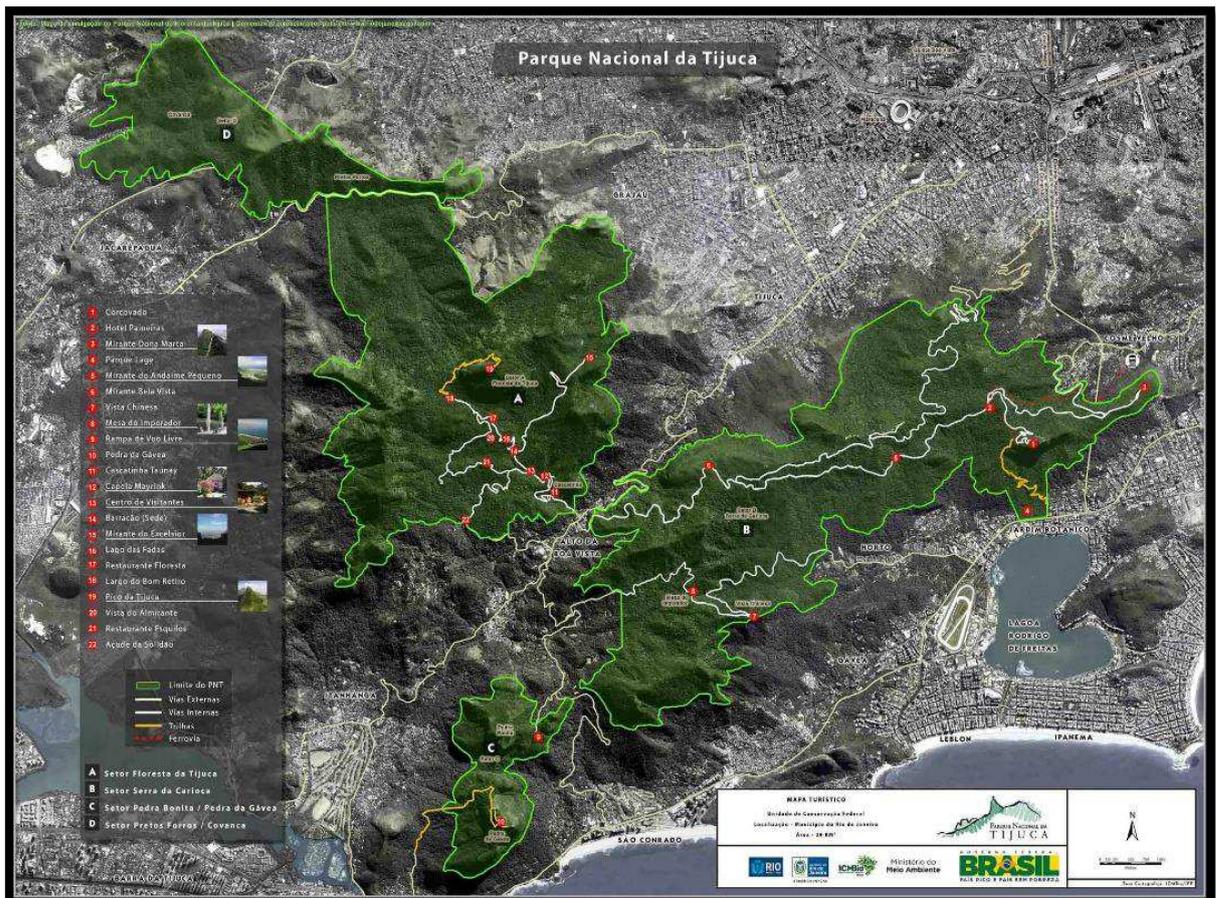
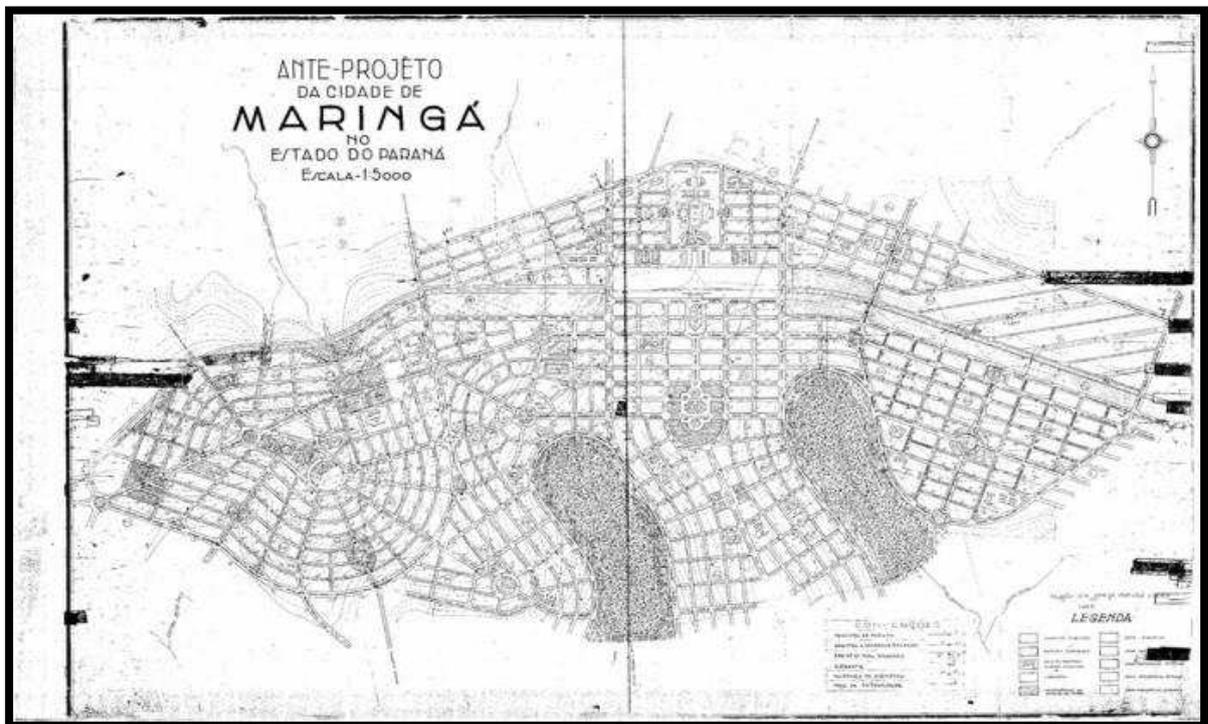


Figura 04: Mapa turístico do Parque Nacional da Tijuca. Disponível em: [urbcarioca.blogspot.com.br](http://urbcarioca.blogspot.com.br) (Acessado em 27/03/2017 às 22:37)

O processo de restauração e preservação da floresta obteve êxito e se tornou um exemplo de infraestrutura verde de grande escala inserida na área urbana. Em 1973, a Floresta da Tijuca foi integrada ao Parque Nacional da Tijuca, antigo Parque Nacional do Rio de Janeiro, sendo declarada integrante da Reserva da Mata Atlântica e ganhou o título de Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO nos anos de 1990, sendo hoje formada por quatro setores: Floresta da Tijuca, Serra da Carioca, Pedra Bonita/Pedra da Gávea e Pretos Forros/Covanca, compondo a grande área verde inserida no meio urbano que é o Parque Nacional da Tijuca, que exerce um papel multifuncional de grande importância para a cidade do Rio de Janeiro, atuando nas áreas de lazer e bem estar urbano e ambiental.



**Figura 05: Anteprojeto da cidade de Maringá de autoria do engenheiro Jorge de Macedo Vieira, elaborado nos anos de 70. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/55/Figura2.jpg> (Acessado em 29/03/2017 às 11:13.**

Outro projeto que também é destaque como precursor da utilização das infraestruturas verdes no Brasil refere-se à concepção da cidade de Maringá (Figura 05), em 1979, que tem como autor do projeto o engenheiro Jorge de Macedo Vieira. O projeto urbano da cidade foi desenvolvido de acordo os princípios estabelecidos

para as cidades jardins definidos por Ebenezer Howard, através da conexão entre os elementos da infraestrutura verde, como áreas verdes e arborização em geral, sendo posicionadas em espaços de importância aos principais pontos que funcionariam como “nós”, ou seja, o ponto central, ligadas por um "*boulevard*"<sup>4</sup> constituído em eixo monumental”, obedecendo o traçado da cidade. (MENEGUETTI, 2007, p. 192).

Segundo Firehock (2010), o termo ao qual conhecemos hoje por infraestrutura verde, foi utilizado pela primeira vez em 1994 em um relatório a ser entregue ao governo americano da Flórida, sobre planejamento estratégico e subterfúgios de conservação do meio ambiente, comparando a importância da infraestrutura cinza ser projetada juntamente com a inserção de elementos vegetativos. Este relatório, considerou a introdução da infraestrutura verde no projeto urbano, como tão importante quanto, ou mais importante até, do que a infraestrutura cinza, no que se trata da construção e planejamento da cidade, estabelecendo a infraestrutura verde como um “instrumento de conservação e restauração dos sistemas naturais” no âmbito urbano (FIREHOCK, 2010). Desde então, este termo vem sendo utilizado e vem abrangendo vários significados de acordo com o contexto em que é empregado, como mencionado no item 2.1. sobre à conceituação da infraestrutura verde.

### 2.3. Tipologias

As tipologias da infraestrutura verde podem ser classificadas tanto como elementos naturais existentes no meio urbano como também técnicas de bioengenharia que vem sendo bastante utilizadas atualmente, sendo todas elas multifuncionais, podendo ser combinadas ou não, para uma maior eficiência nos resultados pretendidos. Vistas como instrumento fundamental no processo do planejamento ambiental urbano, as tipologias da infraestrutura verde são consideradas “elementos estruturadores da paisagem urbana”, através da “conjugação dos sistemas naturais, produção de biomassa e circulação da água, com soluções técnicas adaptadas de acordo às necessidades do espaço” (BENINI, 2015, p.22), podendo ser planejadas, projetadas e mesmo incorporadas em áreas já urbanizadas, como solução aos problemas oriundos do processo de urbanização (HERZOG, 2010).

---

<sup>4</sup> Tradução do francês: *Avenida*. Avenida larga e bastante arborizadas, constituídas de dois sentidos, projetadas com o objetivo de estética paisagística.

São tipologias da infraestrutura verde, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), sistemas relacionados à coleta e aproveitamento de águas pluviais, pavimentos permeáveis, jardins de chuva, ruas e corredores verdes, arborização na área urbana, tetos verdes e etc. (SCARPINELLA; OLIVEIRA; SILVA, 2013). Ainda são incluídas também biovaletas, bacias/lagoas de detenção e retenção, ruas arborizadas, manejo de águas pluviais e etc., tipologias essas relacionadas às técnicas de bioengenharia (HERZOG E ROSA, 2010).

De acordo Benedict e McMahon (2006 apud Vasconcellos, 2011, p.35), as infraestruturas verdes podem ser classificadas em diferentes escalas, sendo a “escala particular” composta pelas infraestruturas realizadas em edificações, como tetos e paredes verdes, instalados em edifício particulares; “escala local”, caracterizada pela criação de caminhos verdes que interconectam parques já existentes ou manuseio de águas pluviais, como jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas etc., instaladas a nível de cidade; “escala regional, estadual e nacional, que compreende as áreas de proteção das principais ligações da paisagem e dos habitats para os animais”.

A seguir veremos algumas das principais técnicas que fazem parte do sistema de infraestrutura verde, em sua maior parte técnicas relacionadas à bioengenharia, em todas as escalas de implantação de infraestruturas verdes, dando ênfase às técnicas de bioengenharia, as quais fundamentam os objetos de estudo deste trabalho.

### **2.3.1. Espaços Verdes Permeáveis**

São classificados como espaços verdes permeáveis todos os espaços vegetados presentes no meio urbano, sendo eles áreas verdes públicas destinadas ao lazer ou não, arborização em ruas, canteiros e etc. São caracterizados por jardins, parques urbanos e parques lineares, que utilizam a vegetação original ou plantada, contribuindo com a cidade em termos ambientais, culturais, sociais e ecológicos, através dos seus benefícios específicos em cada área (BENINI, 2010).

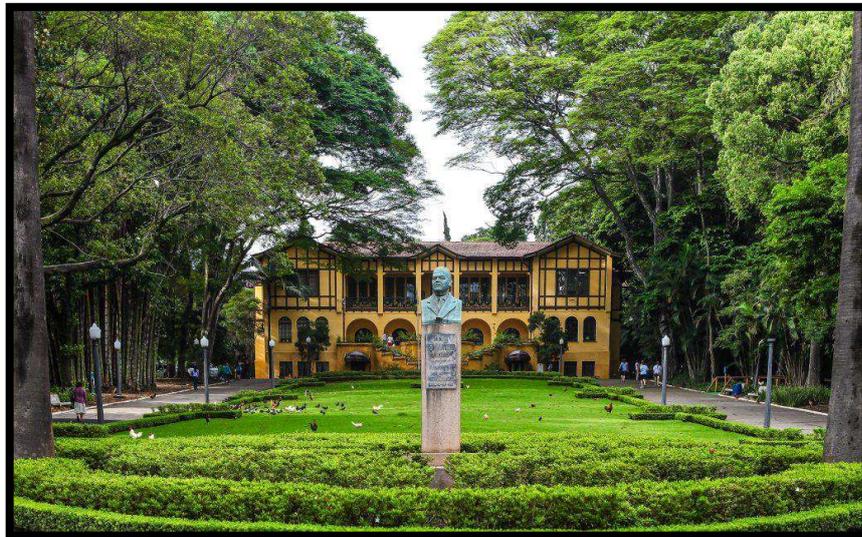
Os jardins e parques urbanos (Figura 06), segundo Benini (2010) são áreas destinadas à realização de atividades de lazer, contemplação, recreação e também vistos como uma opção de espaço para movimentos socioculturais, além dos benefícios ambientais que fornecem para a cidade, como o auxílio no conforto ambiental, acústico e térmico, sendo espaços que exercem uma extensa

multifuncionalidade, principalmente os parques urbanos, devido à escala na qual são projetados, exercendo todas as funções inerentes a um vasto espaço de área verde.

Os parques lineares e corredores verdes (Figura 07) são projetados numa escala menor, mas não menos importantes, pois auxiliam de forma bastante eficaz no processo de revitalização de rios, auxiliando no conforto acústico com a diminuição de ruídos urbanos, conforto ambiental com a melhoria dos microclimas entre outros benefícios ambientais. Segundo Benini (2010), são áreas verdes públicas inseridas no espaço urbano de acordo o traçado existente, aproveitando como eixos de ligações, elementos naturais.

Falcón e Herzog (2007, 2008 apud Benini, 2010, p.105) afirmam que:

(...) a implantação de corredores verdes permite a “conectividade entre fragmentos remanescentes de ecossistemas naturais”, contribuindo assim, para que “espécies e populações” circulem entre os “diversos fragmentos que compõem o mosaico da paisagem. Esse movimento pode ocorrer durante períodos de tempo variáveis, dependendo da espécie.



**Figura 06: Parque Urbano da Água Branca em São Paulo. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br> (Acessado em 31/03/2017 às 14:00).**



**Figura 07: Corredores Verdes da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Araçatuba, SP. Out. /2011. Disponível em: <http://mapio.net/pic/p-53242798/> (Acessado em 31/03/2017 às 14:34).**

### 2.3.2. Lagoa Pluvial

Também chamadas de bacias de bioretenção, as lagoas pluviais (Figura 08) são projetadas especificamente com o objetivo de receberem as águas pluviais e auxiliar no armazenamento e escoamento destas, colaborando com os sistemas de drenagem das cidades. Bonzi (2015, p.111) comenta que “essa tipologia cria importantíssimos habitats para a fauna e invariavelmente transforma suas imediações nas principais áreas de lazer e de recreação pública”.

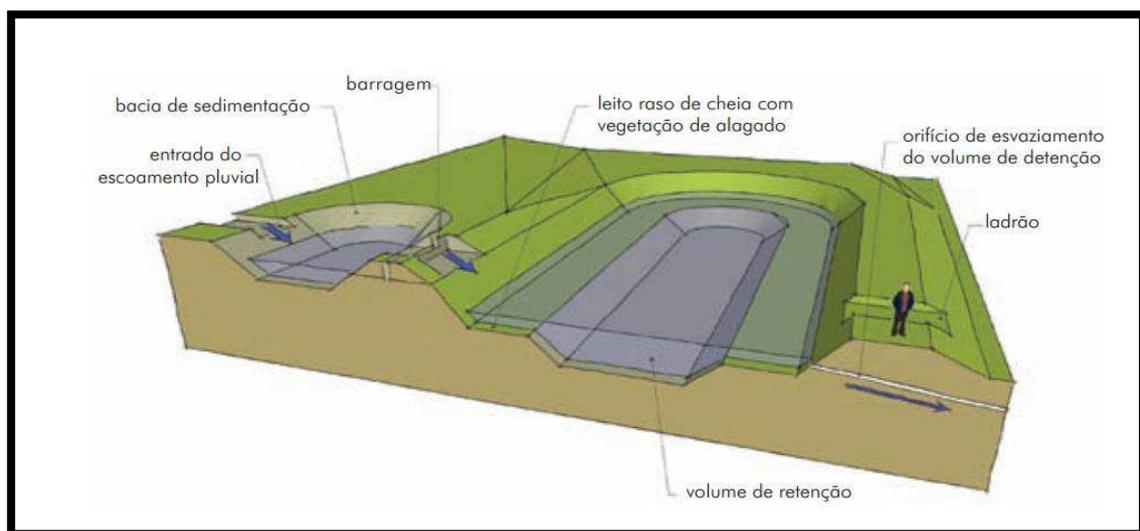
Sua implantação é indicada para os “fundos de vale”, depressões topográficas formadas naturalmente no meio ambiente que recebem e armazenam as águas pluviais provenientes de todo seu entorno, que auxiliam de forma benéfica as áreas em que o escoamento das águas pluviais precisa ser controlado antes de serem lançadas diretamente nos sistemas hídricos (BONZI, 2015).

A figura 09 ilustra de forma esquemática o funcionamento de uma lagoa pluvial, onde as águas pluviais do entorno são escoadas através de sistemas de drenagens até chegarem à entrada do escoamento pluvial, passando após pela bacia de sedimentação, que retém os possíveis poluentes e sedimentos trazidos pela chuva. Após esse processo, a água atravessa a barragem, que ajuda a reter a grande quantidade de água a ser escoada no volume de retenção. Antes da chegada das

águas pluviais ao compartimento do volume de retenção, elas passam pelo leito raso de cheia com vegetação de alagado, que auxiliam também na contenção de poluentes e que com a presença da vegetação, ajudam a não causar erosão no solo. O compartimento do volume de retenção armazena toda a água pluvial captada e tratada até esta ser escoada com velocidade e quantidade controlada pelo orifício de esvaziamento do volume de retenção, de forma a não provocar enchentes e alagamentos nas áreas do entorno, podendo ser esvaziadas nos sistemas hídricos próximos. O ladrão tem como função escoar o casual excesso de água armazenado no volume de retenção.



**Figura 08: Visão da lagoa pluvial *Meadowbrook*, Seattle, Washington, EUA. Fonte: Cormier e Pellegrino, 2008. Crédito: Nathaniel S. Cormier.**



**Figura 09: Corte esquemático de uma lagoa pluvial. Fonte: Cormier e Pellegrino, 2008. Crédito: Nathaniel S. Cormier.**

### 2.3.3. Lagoa Seca

Conhecidas também por bacias de detenção, as lagoas secas (Figura 10) têm utilidade tanto em dias chuvosos, recebendo e armazenando as águas pluviais, como em dias secos, servindo de espaços de lazer, estar e contemplação, como exemplifica Brandão e Crespo (2016, p.71), através da “construção de campos de futebol ou praças com cotas baixas”. Herzog (2010, p.8) comenta que as lagoas secas devem ser projetadas em “diversos pontos das bacias hidrográficas”, podendo assumir também a forma de grandes áreas verdes e jardins, contribuindo para a diminuição do escoamento superficial das águas pluviais que ocasionam enchentes e alagamentos nas regiões.

Brandão e Crespo (2016) citam como benefícios das lagoas secas a recarga de aquíferos<sup>5</sup>, elemento potencial de lazer e recreação, promoção do habitat para espécies da fauna e flora local, melhoria da qualidade do ar e do clima, com a mitigação das ilhas de calor, mas sobretudo, a função de elemento estético na paisagem urbana.



**Figura 10: Lagoa Seca no bairro de Rieselfeld, Freiburg – Alemanha. Disponível em: <http://meioambienteFrancine2sem2011.blogspot.com.br/2011/10/obraanaloga08-rieselfeld-em-freiburg.html> (Acessado em 31/03/2017 às 16:03)**

---

<sup>5</sup> Aquíferos são formações geológicas, como rochas e sedimentos, onde a água pode ser armazenada. Sua recarga é de fundamental importância ao ambiente, pois permite que a água possa passar de um lugar a outro devido a permeabilidade do aquífero que permite que a água se movimente.

### 2.3.4. Parede Verde

As paredes verdes (Figura 11) são também conhecidas por muros vegetais, e consistem na aplicação de uma vasta variedade de tipos de vegetações em muros ou fachadas das edificações, ajudando estas que não dispõem de muito espaço para a utilização vegetal tradicional, como a arborização em geral, a terem espaços verdes em seu ambiente. Sua utilização traz benefícios como o isolamento acústico e térmico para a edificação, redução de ilhas de calor, microclimas agradáveis, e principalmente valor estético à edificação (HERZOG, 2009 apud VASCONCELLOS, 2011). Dentro dessa tipologia também se encaixam as hortas verticais, que possuem os mesmos benefícios e funções que as paredes verdes.



**Figura 11: Parede verde na fachada do Museu *du Quai Branly*, Paris, França. Disponível em: [http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/turismoresponsable/ARTICULOWEBNOTA\\_INTERIOR\\_MULTIMEDIA-12451472.html](http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/turismoresponsable/ARTICULOWEBNOTA_INTERIOR_MULTIMEDIA-12451472.html). (Acessado em 31/03/2017 às 16:50)**

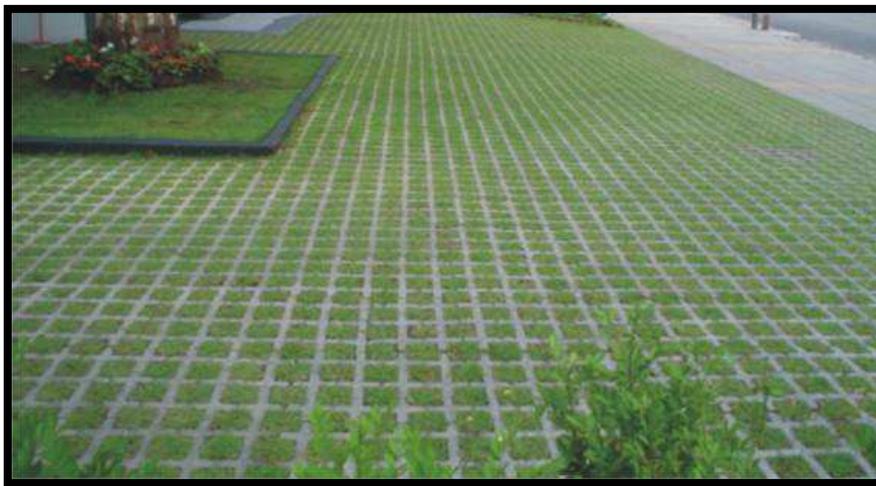
### 2.3.5. Pavimentação permeável

São pavimentações que possuem maior eficiência no processo de filtração (permeabilização) do que os demais tipos de pavimentos comumente utilizados, devido aos materiais com que são fabricados e a forma em que são implantados no espaço urbano.

Segundo Herzog (2010) existem diversos tipos de pavimentos permeáveis: concreto permeável, blocos intertravados, asfalto poroso, pisograma (Figura 12), entre outros. Todos estes permitem a infiltração das águas pluviais em sua superfície de forma mais rápida e eficiente, sendo utilizados em calçadas, estacionamentos,

quintais, parques, praças e os demais locais em que as águas pluviais devem ser filtradas rapidamente a fim de que não formem poças d'água.

Brandão e Crespo (2016) comentam que é necessário o estudo correto e específico de cada tipo de pavimento permeável para a sua adequada implantação, pois cada tipo possui características próprias e muitas vezes não possuem, por exemplo, a alta resistência de um pavimento tradicional. Nesse sentido é necessário um estudo prévio das características de cada tipo de pavimento para que este realmente venha ser uma solução e não um problema.



**Figura 12: Pisograma.** Disponível em: <http://www.projetoarquitetonico.com> (Acessado em 31/03/2017 às 17:10).

A utilização das tipologias da infraestrutura verde veio para ficar e tem se demonstrado como uma opção bastante eficaz para os problemas urbanos no século XXI, pois seus benefícios ultrapassam o tema de melhoria, não somente para a cidade em si, mas também para seus habitantes. Sua implantação nas cidades auxilia na melhoria da qualidade de vida, pois a inserção de ambientes verdes na área urbana promove saúde e bem-estar para a população, estabelecendo uma relação estável e amigável entre o homem x natureza.

Muitas das tipologias da infraestrutura verde são de fácil e rápida aplicação, com baixo custo econômico e benefícios notáveis nos espaços em que são implantadas. “Está na hora de evitar o uso de tecnologia ultrapassada e geradora de problemas urbanos e dar um passo rumo à sustentabilidade” (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2015).

As tipologias da infraestrutura verde jardim de chuva e teto verde, destinadas ao auxílio da drenagem urbana e aproveitamento das águas pluviais, dentre outros benefícios ambientais, são os principais objetos de estudo e serão abordados nos capítulos seguintes de forma mais detalhada.

#### **2.4. Benefícios da utilização de Infraestruturas Verdes**

São diversos os benefícios gerados pela implantação de uma infraestrutura verde em áreas urbanizadas, que variam dependendo da tipologia aplicada e o seu local de aplicação, pois cada uma possui características peculiares à sua composição, sendo algumas mais voltadas aos benefícios da drenagem urbana, outras voltadas à melhoria da qualidade do ar, qualidade ambiental, reaproveitamento das águas pluviais e etc.

Como destaca Brandão e Crespo (2016), os benefícios da utilização de uma infraestrutura verde variam dependendo do local em que são inseridas. Em áreas onde a urbanização não foi planejada, provavelmente auxiliará na solução das problemáticas ocasionadas pela ocupação desordenada do solo. Já em áreas urbanas consolidadas, funcionará como espaços para a realização de atividades de lazer, estar e contemplação. Em lugares onde o abastecimento da água é limitado, a implantação de uma infraestrutura verde com a função de purificação das águas tornará estas adequadas para o uso. Em locais vulneráveis a enchentes e deslizamentos, a utilização de uma infraestrutura verde com a função de infiltração evitará esses acontecimentos. Dessa maneira, cada tipologia deve ser utilizada de acordo a necessidade de cada caso em particular, partindo de qual benefício se pretende ter.

Borba e Mendonça (2015) mencionam que é possível a implantação de infraestruturas verdes em lugares onde elas não foram inicialmente planejadas e que, ainda assim, é possível ter resultados positivos através do monitoramento do desempenho destas e se estão alcançando o resultado esperado. Em geral, as infraestruturas verdes auxiliam na diminuição da formação de ilhas de calor, formação de microclimas agradáveis, contenção de deslizamentos e redução de enchentes em áreas vulneráveis a esses acontecimentos, despoluição do ar e da água, melhoria no conforto acústico, drenagem e reaproveitamento de águas pluviais, preservação do habitat da fauna e flora local.

Segundo a União Europeia (2010, p.01), uma infraestrutura verde mantém também o harmonioso funcionamento dos ecossistemas, fornecendo à sociedade serviços que garantem a qualidade do ar e da água, ou seja, a qualidade ambiental em geral, promovendo uma melhor qualidade de vida nas áreas urbanas. Além de que:

A construção de uma infraestrutura verde ajudará a restabelecer a ligação entre as zonas naturais existentes, por exemplo, através de corredores para a fauna selvagem, de passagens naturais ou de ecodutos, e a melhorar a qualidade ecológica do ambiente em geral, para que este seja mais respeitador e permeável à vida selvagem. (União Europeia, 2010)

Cada tipologia da infraestrutura verde possui um objetivo que se relaciona a seus benefícios no meio urbano, de acordo com a forma que se comportam quando implantadas. Enquanto algumas tipologias têm como benefício maior as cidades e seus habitantes, e a promoção de elementos ecológicos, outras tipologias são voltadas aos benefícios culturais. Em sua grande parte, quando não relacionadas às técnicas de bioengenharia, as infraestruturas verdes são encontradas já em seu ambiente natural onde o planejamento urbano é realizado de acordo a sua localização, como por exemplo, a presença de ruas e praças arborizadas, mas é através do sistema de conexão entre infraestruturas verdes é que cada tipologia ganha seu verdadeiro valor e seus benefícios são mais evidenciados (BRANDÃO E CRESPO, 2016).

Quando se trata com benefícios específicos provenientes de infraestruturas verdes relacionadas ao manejo de águas pluviais, Vasconcellos (2011, p.139) lista os benefícios referentes à:

- Purificação, que compreende os processos de “sedimentação, filtração ou absorção biológica”, purificando as águas pluviais escoadas e deixando-as apropriadas para serem utilizadas posteriormente;
- Detenção, auxilia na “desaceleração da velocidade das águas pluviais que correm para os sistemas de drenagem, aliviando a pressão sobre eles” através de métodos como a infiltração por vegetação ou aumento da permeabilidade da área do entorno. As tipologias como jardins de chuva, biovaletas, canteiros pluviais entre outros, exercem essa função;
- Retenção, “alivia a pressão sobre o sistema de drenagem”, retendo as águas pluviais por um longo período, a fim de que sejam escoadas depois tranquilamente sem ocasionar problemas ou utilizadas posteriormente

para algum fim, sendo os alagados construídos e as lagoas pluviais responsáveis por esse processo;

- Condução, “a forma a qual o escoamento superficial é transportado a partir do ponto inicial da chuva até o seu final”, sendo biovaletas e ruas verdes as tipologias utilizadas para este fim;
- Infiltração, como o próprio nome já diz, processo pelo qual a água infiltra no solo “para recarga do lençol freático e aquíferos, com o benefício de purificação das águas”.

## 2.5. Princípios para Implantação das Infraestruturas Verdes

Benedict e McMahon (2006 apud Brandão e Crespo, 2016, p.45), definiram dez princípios que consideram como elementos fundamentais para que uma infraestrutura verde venha a ser implantada e apresente resultados eficientes.

O primeiro princípio tem como fundamento “*A conectividade é a chave*”, isto é, conectar tipologias da infraestrutura verde garante benefícios mais efetivos do que uma infraestrutura implantada sozinha, a não conexão não exclui o que cada infraestrutura pode oferecer por si só, mas o sistema de conexão entre elas favorece resultados mais eficazes, como por exemplo, a conexão entre parques urbanos como forma não somente de promover uma opção de lazer, mas também auxiliar na diversidade da fauna e flora.

O segundo princípio baseia-se na questão “*O contexto importa*”, na implantação de uma infraestrutura verde, assim como as demais infraestruturas, é necessário um estudo do contexto onde a infraestrutura verde será inserida, estudando possibilidades de conexão com outras infraestruturas verdes, entre outros requisitos, para que realmente sua implantação traga resultados ao meio inserido.

O terceiro princípio aborda que a infraestrutura verde “*deve ser fundada em conhecimentos científicos e na teoria e práticas do planejamento do uso do solo*”, para sua implantação é necessário conhecimento específico sobre a tipologia a ser aplicada, onde, como e quando aplicá-la, seus benefícios, além de conhecimentos acerca do uso e ocupação do solo onde será implantada a infraestrutura verde, com o objetivo de auxiliar de forma benéfica o meio urbano.

O quarto princípio abrange que a infraestrutura verde “*pode e deve funcionar como uma rede para a conservação e o desenvolvimento*”, ou seja, as tipologias da

infraestrutura verde auxiliam na conservação da vegetação existente através do planejamento urbano para o crescimento sustentável das cidades.

Quinto princípio: a infraestrutura verde deve ser “*planejada e protegida antes do desenvolvimento*”, planejamento é a chave para que alguma ideia apresente bons resultados ao final, com esse pensamento, a infraestrutura verde deve ser integrada ao que será construído, através dessa conexão e seu planejamento prévio, promove-se a preservação.

O sexto princípio comenta que “*a infraestrutura verde é um investimento público fundamental que deve ter prioridade de financiamento*”, tendo ciência dos benefícios que a implantação de uma infraestrutura verde pode trazer para uma cidade e sua sociedade, é importante que o investimento nessa área seja uma das prioridades para que se tenha cidades sustentáveis.

A infraestrutura verde “*proporciona benefícios para a natureza e para as pessoas*”, o sétimo princípio tem como base a qualidade de vida e ambiental que as implantações de infraestruturas verdes nas cidades podem trazer aos habitantes e ao meio natural, através da melhoria no ar, conforto acústico e térmico além de ser uma opção de lazer, como por exemplo, com a construção de parques urbanos.

O oitavo princípio caracteriza que “*a infraestrutura verde respeita as necessidades e os desejos dos proprietários e das partes envolvidas*”, para que uma infraestrutura verde funcione de forma a apresentar suas utilidades conforme o esperado pelo motivo de sua implantação, sendo realizado de acordo as necessidades apresentadas.

“*A infraestrutura verde implica a realização de atividades dentro e fora das comunidades*”, assim é determinado o nono princípio. Por serem infraestruturas fundamentadas com o objetivo de multifuncionalidade, a abrangência dos benefícios causados pela implantação de uma infraestrutura verde ultrapassa os limites internos das comunidades onde são inseridas, executando assim sua função de conectividade.

O décimo princípio baseia-se em que a infraestrutura verde “*requer um comprometimento de longo prazo*”, de forma que seus benefícios possam ser realmente apresentados, através do comprometimento de todas as partes envolvidas e beneficiadas para que suas funções possam ser conservadas por um longo período.

### **3. TIPOLOGIA: TETO VERDE**

O teto verde é um tipo de infraestrutura verde e tem ganhado bastante espaço no meio urbano. Cidades do mundo inteiro, inclusive algumas cidades brasileiras, tem utilizado essa técnica como forma de amenizar os problemas gerados pela crescente e acelerada urbanização que vem ocorrendo nos centros urbanos, que tem provocado uma diminuição de espaços verdes, provocando não só transtornos ambientais como também interferência na forma como o homem se relaciona com a natureza.

Uma das vantagens, que soluções técnicas de infraestruturas verdes como o teto verde proporcionam, é a possibilidade de drenar e reaproveitar as águas pluviais, auxiliando nos sistemas de drenagem convencionais, demonstrando resultados positivos e satisfatórios ao meio urbano.

Além disso, o teto verde é uma forma de restituir os espaços verdes substituídos por edificações nas grandes cidades, de maneira a devolver a estas os benefícios ambientais gerados pelos espaços naturais, além de, claro, possuir um grande valor estético.

#### **3.1. Conceituação**

Os tetos verdes, também conhecidos como coberturas verdes ou telhados verdes, consistem, basicamente, em uma camada de vegetação, formada por arbustos, árvores rasteiras ou de pequeno porte, frutíferas ou não, que são plantadas em uma camada de solo natural, aplicadas sobre as coberturas das edificações. O solo onde a vegetação é plantada constitui-se de compostos orgânicos e areia, sendo esse solo “espalhado sobre uma forração composta por uma barreira contra raízes, camada de drenagem e uma membrana à prova de água. ” (CORMIER E PELLEGRINO, 2008, p.135)

Segundo Vasconcellos (2011, p.150), o teto verde funciona como “substituição das áreas naturais permeáveis das edificações” que são substituídas para dar espaço às construções, recolhendo e armazenando as águas pluviais para que sejam utilizadas posteriormente, como por exemplo, na própria rega da vegetação do teto verde e demais atividades que não exigem a utilização de água potável.

Costuma-se pensar na aplicação dos tetos verdes somente em edificações que serão construídas, que ainda estão na fase da elaboração da concepção do

projeto. Certamente é interessante que esse tipo de infraestrutura seja pensado ainda na elaboração do projeto da edificação, porém não se descarta a possibilidade da aplicação do teto verde em edificações já consolidadas. Para que esse tipo de implantação aconteça, Baldessar (2012) comenta que é necessário averiguar todos os aspectos que envolvam o recebimento do teto verde pela edificação, como, por exemplo, a resistência da estrutura onde será aplicado o teto verde, se esta possui capacidade de sustentar todo o peso gerado pela composição do teto verde, as opções de impermeabilização da superfície que receberá o teto verde, e a inclinação da cobertura, e a drenagem a ser executada.

### **3.2. Origem e História**

Apesar de ser uma técnica muito utilizada nos tempos atuais, a utilização do teto verde tem seus primeiros indícios nos anos de 4000 a 600 a.C. com a construção dos Jardins Suspensos da Babilônia (Figura 13), sendo considerado “uma das sete maravilhas do mundo antigo e a construção mais importante entre os templos conhecidos como zigurates”. (NETO, 2014, p.16)

Segundo Ferreira e Moruzzi (2007), o teto verde foi idealizado primeiramente com o objetivo de melhorar a estética das edificações, dando uma nova configuração à um elemento construtivo presente em todas as edificações, o telhado, que não tinha outra função a não ser proteger o interior da edificação. Com esse pensamento foi construído os Jardins Suspensos da Babilônia. Ainda segundo Ferreira e Moruzzi (2007), os autores comentam que nesse período, nem todos os povos conseguiam construir suas habitações ao longo de rios e/ou lagos, prática muito comum nessa época que tinha como objetivo facilitar a realização das atividades do cotidiano dos povos, tornando-as práticas, cômodas e acessíveis a qualquer membro da comunidade. Assim, como não era sempre possível tal localização, desenvolveram outras formas de conseguir água, como o aproveitamento da água das chuvas através, por exemplo, da utilização dos tetos verdes, mesmo que construídos de forma rústica. (FERREIRA E MORUZZI, 2007)



**Figura 13: Representação dos Jardins Suspensos da Babilônia. Disponível em: <https://seuhistory.com/noticias/possivel-localizacao-dos-miticos-jardins-suspensos-da-babilonia-intriga-pesquisadores> (Acessado em 19/04/2017 às 19:25).**

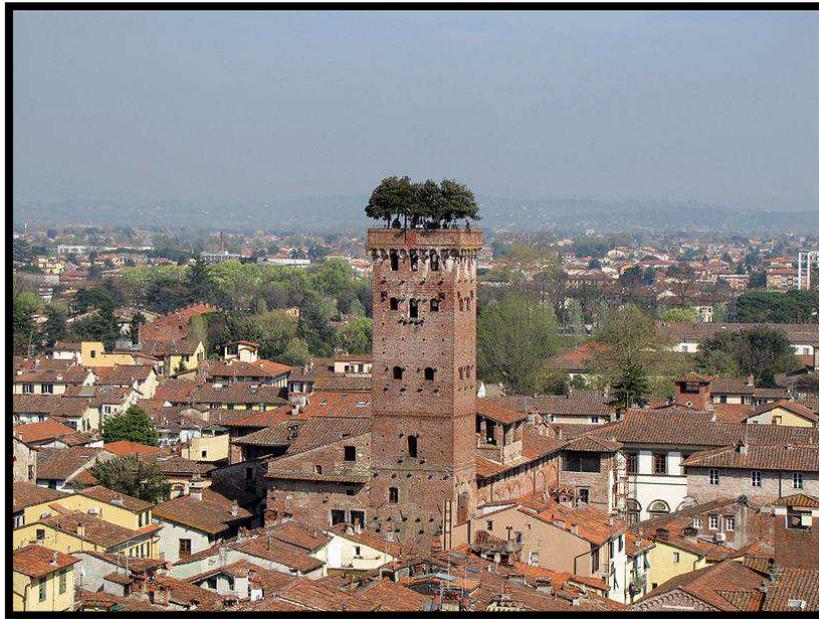
Ferraz e Leite (2011) comentam que durante esse período, o teto verde também foi utilizado como solução para a melhoria térmica nas edificações, de forma a deixar o interior das edificações confortáveis termicamente. Nos primórdios, o teto verde era construído de forma bem básica e simples, muito diferente dos tetos verdes atuais, que são compostos por diversas camadas a fim de que tenham um melhor desempenho.

Também foi datado durante o período dos vikings o uso do teto verde em suas construções, realizado de forma rústica e simples. As edificações construídas pelos vikings com a utilização do teto verde foram encontradas na Ilha de Terra Nova no Canadá, transformado em um sítio arqueológico e declarado como Patrimônio Mundial pela UNESCO em 1978, por ser um exemplar de como os povos nórdicos viviam e construíam suas habitações. As habitações foram reconstruídas, a partir de vestígios encontrados por estudiosos de história e arqueologia, de forma que a réplica (Figura 14) fosse exatamente igual às habitações originais, sendo estas feitas com pedras e madeiras locais com a cobertura em vegetação que servia como isolante térmico e acústico natural. A cidade onde hoje se encontram essas réplicas, na época dos vikings contava com mais ou menos oito edificações ao total, sendo desconhecido o número de habitantes. Ainda hoje podem ser visitadas, pois foram adaptadas como museus com a exposição de diferentes objetos utilizados pelos vikings. (ARQUITETURA SUSTENTÁVEL, 2015)



**Figura 14: Reconstrução das habitações com tetos verdes construídas pelos vikings. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/3040-ha-mais-de-mil-anos-vikings-ja-faziam-casas-com-qtelhado-verdeq.html> (Acessado em 19/04/2017 às 21:12)**

Segundo Neto (2014), o teto verde que conhecemos hoje, teve sua origem na Islândia e Escandinávia, onde a cobertura das edificações era composta por grama e pedra, assegurando conforto térmico dentro das habitações em dias de frio ou calor. Construções como essas foram encontradas também no Canadá e Estados Unidos nos séculos XIX e XX, sendo possivelmente os imigrantes europeus os responsáveis pela expansão da técnica. Ainda segundo Neto (2014, p.17), o teto verde além de ser utilizado como solução no conforto térmico, também foi utilizado como método de segurança na idade média, devido aos frequentes furtos pelos quais as habitações passavam, sendo eles os “espaços mais seguros para o plantio e armazenamento da água.” As construções de grande destaque desse período que utilizaram a técnica do teto verde foram, a Torre de Guinigi (Figura 15) na cidade de Luca, na Itália, e o monastério São Michel (Figura 16), na Normandia.



**Figura 15: Torre Guinigi na cidade de Luca, Itália. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torre\\_Guinigi,\\_Lucca.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torre_Guinigi,_Lucca.jpg) (Acessado em 20/04/2017 às 09:00)**



**Figura 16: Monastério de San Michel, Normandia. Disponível em: <http://catedraismedievais.blogspot.com.ar/2014/06/como-foram-os-monges-que-habitaram-o.html> (Acessado em 20/04/2017 às 09:43)-**

De acordo Heneine (2008) e Neto (2014), no início do século XX a utilização do teto verde não teve muito sucesso, pois ainda não haviam estudos suficientes que garantissem que a sua utilização fosse eficaz, sem gerar danos à estrutura da edificação, além de outros problemas que poderiam surgir, afetando os investidores

que não se arriscariam em arcar custos sem um retorno confirmado. Ainda assim, alguns arquitetos do período como Le Corbusier, Frank Lloyd Wright e Walter Gropius, tentavam incorporar o conceito do teto verde às suas construções, ainda que como elemento decorativo, e sendo utilizado em sua maioria em projetos para clientes de bom poder aquisitivo. (HENEINE, 2008; NETO, 2014)

Segundo Neto (2014, p.19), no início da década de 60, a utilização do teto verde era restrita a estacionamentos subterrâneos e metrô, “integrados com zonas habitacionais como espaços verdes públicos”, eram recorrentes infiltrações nas edificações geradas por algumas espécies de plantas, que também se mostravam inapropriadas para a estrutura da edificação. Diante disso evitava-se a utilização do teto verde em coberturas de ambientes internos das habitações, onde seria mais difícil encontrar uma solução. Neto (2014, p.19) comenta também que o avanço acerca dos conhecimentos da impermeabilidade dos tetos verdes só foi permitido devido aos estudos de Reinhard Bornkamm, que é considerado o “pai do teto verde extensivo” que conhecemos hoje, pois ele foi o responsável por analisar a durabilidade dos tetos verdes através de observações do comportamento deste, como impermeabilidade da vegetação e sua conservação, estudos que só tiveram conclusões concretas na década de 80.

Na década de 70, começaram a ser desenvolvidos na Alemanha estudos mais precisos sobre a utilização e benefícios do teto verde, através da parceria de universidades e centros de pesquisa que tinham como objetivo principal o aprofundamento dessa técnica como opção de desenvolvimento sustentável no meio urbano. Publicações como *“Roofgreening: luxury or necessity”*<sup>6</sup>, do renomado professor Hans Luz, artigo que tratava sobre a implementação do teto verde nos projetos urbanos como melhoria da qualidade ambiental urbana e *“Roof and Terrace Gardens”*<sup>7</sup>, de Hans-Joachim, que tinha como objeto de estudo as bases que compõem o teto verde do tipo intensivo, foram os grandes incentivadores da utilização do teto verde nas áreas urbanas das cidades alemãs, em diversos edifícios atingindo todas as classes sociais. (FERREIRA E MORUZZI, 2007; HENEINE, 2008; NETO, 2014)

A partir de então, passaram a ser publicados com mais frequência, estudos sobre o teto verde, pois começaram a ser entendidas de forma mais clara as

---

<sup>6</sup> Tradução do inglês: *Telhado Verde: Luxo ou Necessidade*

<sup>7</sup> Tradução do inglês: *Telhados e Terraços Jardins*

exigências para a melhor aplicação da técnica, quais os benefícios urbanos eles proporcionavam, qual a vegetação adequada para o melhor rendimento entre outros estudos essenciais para a implementação do teto verde.

Segundo Neto (2014), a aceitação do uso do teto verde em áreas urbanas na Alemanha foi apoiada pela Federação de Arquitetos Paisagistas Alemães, promovendo uma exposição que relatava os detalhes construtivos da técnica e suas vantagens na exposição Nacional *Garden Show*, em Stuttgart. O objetivo era mostrar de que forma a utilização do teto verde amenizaria as consequências climáticas oriundas da urbanização e de como era importante a utilização do teto verde nos projetos urbanos, surgindo a partir de então, certificados de qualidade gerados por organizações, como as certificações LEED que conhecemos hoje, para os projetos que tivessem como concepção o uso do teto verde, sendo uma forma de incentivo para a implementação da técnica nos projetos urbanos.

De acordo Heneine (2008, p.15), são diversas as motivações que levam ao uso da técnica do teto verde, sendo essas motivações “ambientais, culturais ou políticas”. No caso da Alemanha, a motivação ambiental foi o que levou o país à utilização e expansão da técnica do teto verde, devido à preocupação com a preservação da paisagem natural no meio urbano que vinha sendo perdida com o processo de urbanização, além dos problemas climáticos consecutivos a esse processo. Já na Noruega, a utilização da técnica foi baseada na relação homem x natureza, nos benefícios que essa relação proporciona a ambas as partes, além de que os telhados verdes são vistos como parte do patrimônio nacional. Na América do Norte, o uso do teto verde está ligado ao fator econômico, pois um dos benefícios do teto verde é proporcionar conforto térmico nas edificações, diminuindo o uso das tecnologias tradicionais de aquecimento e resfriamento que consomem muita energia elétrica para ambientar o interior das edificações.

No Brasil, a utilização do teto verde ainda não é tão abordada como em outros países, apesar de que muitas cidades brasileiras têm utilizado essa técnica há algum tempo e de existirem projetos de lei que incentivam a utilização do teto verde como auxílio no melhoramento das condições ambientais das cidades.

Porém, Silva (2011) destaca como o primeiro projeto no Brasil que teve indícios da utilização da técnica do teto verde, o prédio do Ministério da Educação na cidade de São Paulo (Figura 17), construído em 1936 por Roberto Burle Marx, sendo seguido pelo projeto do Banco Safra (Figura 18) também em São Paulo no ano de

1988. Até então, nenhum projeto tinha dado atenção a outros tipos de funções que a cobertura dos edifícios poderia exercer, ainda que nesse projeto de Burle Marx, o projeto na cobertura seja visto mais como um projeto paisagístico do que um projeto de teto verde em si.

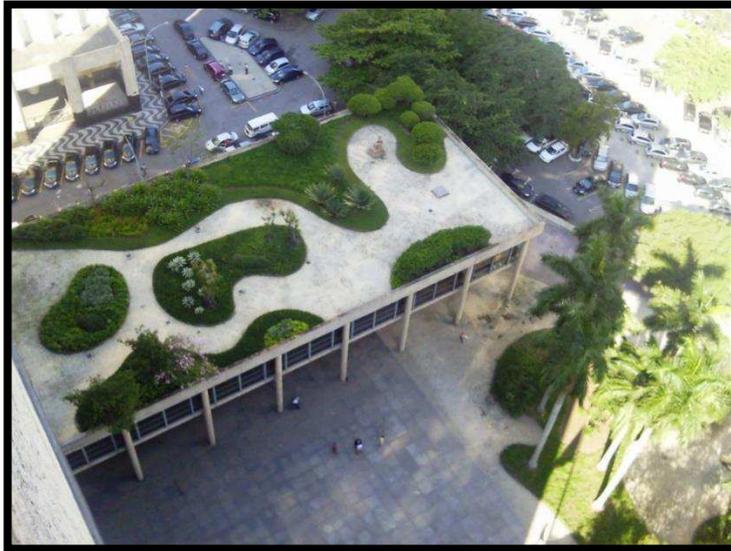


Figura 17: Cobertura do prédio do Ministério da Educação por Burle Marx, São Paulo. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/786960/avancam-os-trabalhos-de-restauro-do-palacio-gustavo-capanema/572cc129e58ece74ca000085-avancam-os-trabalhos-de-restauro-do-palacio-gustavo-capanema-foto> (Acessado em 20/04/2017 às 11:02)



Figura 18: Projeto paisagístico de Burle Marx para a laje superior do Banco Safra, São Paulo. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/15.060/5386?page=3> (Acessado em 20/04/2017 às 11:35)

### 3.3. Tipos de Teto Verde

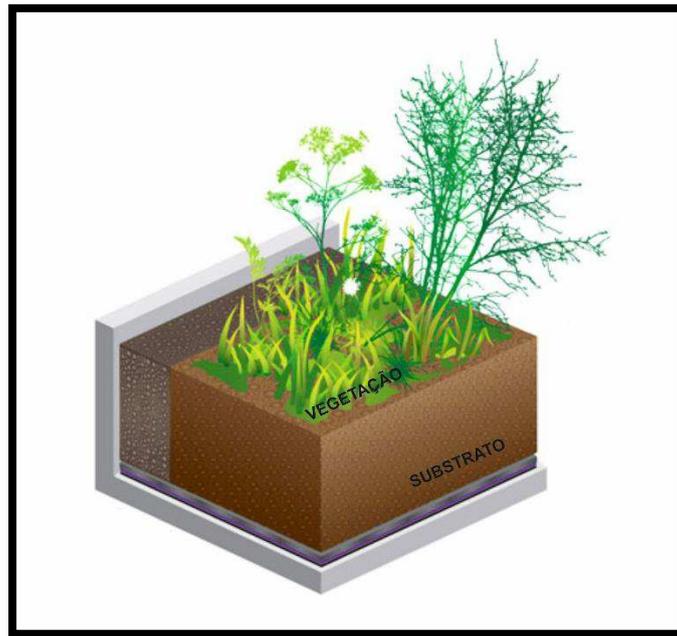
São três os tipos em que podem ser classificados os tetos verdes: intensivo, semi-intensivo e extensivo. A sua utilização depende de fatores que compreendem o tipo de cobertura onde será implantada a técnica, qual a função o teto verde deve exercer após a aplicação, qual o tipo de estrutura da edificação que irá receber a técnica e qual o tipo de vegetação a ser utilizada. Após essa análise é possível classificar qual a tipologia mais adequada a ser implantada.

#### 3.3.1. Intensivo

Os tetos verdes intensivos são aqueles que possuem em sua composição o substrato de grande profundidade, geralmente de 15 centímetros a 2 metros, permitindo a utilização de variados tipos de vegetação, desde os arbustos até árvores maiores (Figura 19), exercendo uma carga maior sobre a estrutura da edificação onde será aplicado.

Além de poder ser utilizado como um jardim de contemplação, também pode ser usado como um espaço de estar e convivência, servindo também como proteção ao telhado contra às intempéries, prolongando sua vida útil. Para isso, sua vegetação deve ser resistente à ação dos raios solares, chuvas e ventos, exigindo também grande quantidade de água para mantê-la, sendo necessário um sistema de irrigação próprio. (SILVA, 2011; NETO, 2014)

Sua aplicação não é possível em tetos inclinados, somente em tetos planos devido ao peso total da sua estrutura, que é em torno de 300 kg/m<sup>2</sup> a 1000 kg/m<sup>2</sup>. Sua manutenção possui cuidados específicos, como por exemplo, a poda das árvores, exigindo assim um custo de manutenção maior que os demais tipos de teto verde, pois os cuidados que se deve ter com o teto verde intensivo pode ser comparado aos cuidados que um jardim tradicional exige. Porém, seu custo-benefício vale a pena, pois possui todos os benefícios gerados pelos outros tipos de teto verde, mas devido à sua escala, promove efeitos positivos ao meio urbano de forma mais ampla. (ANTONINO, CABRAL, CIRILO, COUTINHO, MELO, 2013; MINKE, 2004)



**Figura 19: Desenho esquemático da composição da estrutura do teto verde tipo intensivo. Disponível em: <http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/> (Acessado em 20/04/2017 às 16:17)**

### 3.3.2. Semi-Intensivo

Os tetos verdes semi-intensivos possuem as características dos tetos verdes intensivos e dos extensivos, sendo um meio termo entre esses dois tipos, pois possuem substratos mais leves, como o teto verde extensivo, porém com uma profundidade maior, como o teto verde intensivo.

A vegetação a ser utilizada nesse tipo de teto verde são as gramíneas, arbustos e árvores de pequeno porte, sendo assim exigido um substrato com medida maior que 15 centímetros, para que possa comportar as raízes das árvores de pequeno porte. Sua manutenção exige um sistema de irrigação próprio e cuidados de jardinagem maior que a cobertura extensiva, sendo assim seu custo um pouco mais alto. (NETO, 2014)

### 3.3.3. Extensivo

Os tetos verdes extensivos são caracterizados por serem leves e de composição simples em relação aos outros tipos de tetos verdes, sendo composto por

um substrato que tem em média entre 5 a 15 centímetros de espessura e vegetação de pequeno porte, como gramíneas e plantas rasteiras.

Sua camada de vegetação é composta por plantas que não exigem cuidados constantes, pois o baixo custo de manutenção é uma das principais características desse tipo de teto verde. As plantas precisam ser de fácil adaptação e resistente aos períodos de seca, períodos chuvosos e ventos, proporcionando um aspecto natural ao ambiente, sendo muito utilizado em coberturas com o objetivo de contemplação. (HENEINE, 2008)

Sua composição (Figura 20) caracteriza-se por possuir uma camada drenante e outra retentora de umidade, com a função de escoar a água que sobra, retendo a quantidade necessária à sobrevivência da vegetação. Sua carga estrutural pesa em torno de 55 Kg/m<sup>2</sup> a 150 Kg/m<sup>2</sup>, podendo ser utilizada em tetos com inclinação de até 30°, devido a sua leve estrutura, aumentando em até 30 anos a vida útil do teto. (NETO, 2014; SILVA, 2011)

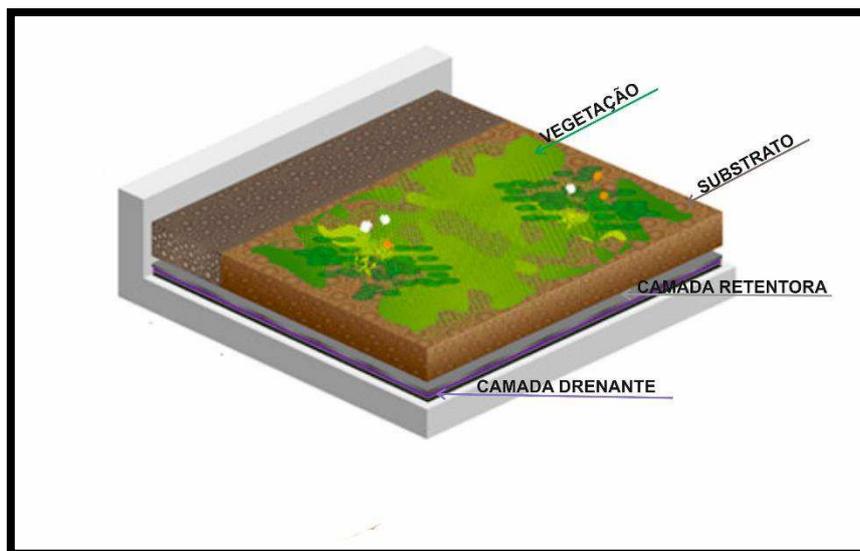
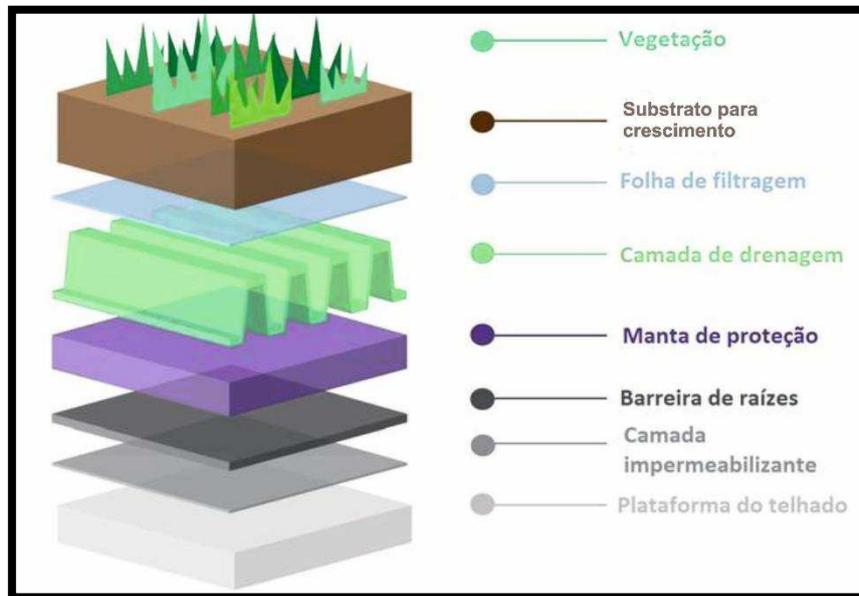


Figura 20: Desenho esquemático da composição da estrutura do teto verde tipo extensivo. Disponível em: <http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/> (Acessado em 20/04/2017 às 16:17)

### 3.4. Estrutura Geral dos Tetos Verdes

Em geral, os tetos verdes são compostos por camadas que podem variar de espessura e serem inseridas ou não dependendo de qual tipo de teto verde que se

deseja usar e suas especificidades. As camadas que compõem a estrutura do teto verde (Figura 21), conforme Araújo (2007) e Silva (2011) são:



**Figura 21: Desenho esquemático da composição das camadas do teto verde em geral. Disponível em: <http://sb11.com.br/telhadoverde> (Acessado em 20/04/2017 às 18:57)**

“Plataforma do telhado”: recebe toda a estrutura do teto verde.

“Camada impermeabilizante”: camada essencial em todos os tipos de tetos verdes, pois possui a função de proteção da laje contra possíveis infiltrações, podendo ser de diferentes materiais, como sintéticos ou betuminosos.

“Barreira de raízes”: também chamada de membrana de proteção contra raízes, protege as raízes da vegetação contra o crescimento de outras raízes que prejudicariam todo o sistema do teto verde.

“Manta de proteção”: também chamada de camada isolante térmica, é utilizado dependendo da quantidade de sol que a edificação recebe, tendo como função a absorção dos raios solares mantendo o conforto térmico na edificação.

“Camada de drenagem”: como o próprio nome já diz, serve para drenar as águas pluviais recebidas pelo teto verde, dando vazão à grande quantidade de água recebida pelo teto, servindo também como filtro. Pode ser composta por pedra brita e seixos.

“Folha de filtragem”: composta por um filtro que retém os fragmentos provenientes das águas pluviais.

“Substrato para crescimento”: o solo, composto por partículas orgânicas, onde as plantas deverão fixar-se, e dependendo da extensão das suas raízes, deve possuir uma grande profundidade ou não.

“Vegetação”: pode-se dizer que é a parte essencial para que o teto seja chamado de verde. As plantas que a compõem dependem do tipo do teto verde e seu objetivo.

### **3.5. Aplicações e Usos**

Os tetos verdes podem ser aplicados em diversos tipos de coberturas, sem restrição do tipo de edificação, podendo ser edificação residencial, comercial, pública ou privada, sendo o mais importante a análise da estrutura que irá receber a tecnologia, se é capaz de sustentar ou não a carga exigida em sua aplicação. Para Bonzi (2015, p.115), os tetos verdes devem ser utilizados “sempre que telhados existentes precisassem ser substituídos”.

De acordo Brandão e Crespo (2016), o fato do custo da instalação de um teto verde ser um pouco elevado em relação à utilização de um telhado convencional de cerâmica, por exemplo, muitas vezes leva à recusa de sua implantação, devido ao seu valor inicial assustar um pouco. Porém, o que não pode ser deixado de lado é a relação custo-benefício que os tetos verdes proporcionam. Análises constatam que o teto verde aumenta o tempo de durabilidade da cobertura de uma edificação e proporcionam também conforto térmico e acústico, ao passo que, ao final, o alto custo inicial investido na implantação do teto verde é retornado através dos benefícios que este proporciona.

O seu uso vem justamente com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos habitantes, o tempo útil da edificação e promover sustentabilidade nas cidades, devolvendo o verde ao meio urbano.

### **3.6. Exigências Técnicas**

Para a adequada implantação do teto verde, independentemente do tipo, e para que ele possa exercer suas funções de forma plena e com bom desempenho, é necessário obedecer algumas exigências.

Silva (2014) comenta que de acordo o tipo da cobertura da edificação, se é laje ou telhas de cerâmica, o passo inicial para a implantação do teto verde se difere. Se a edificação possui cobertura em laje, é necessário impermeabilizá-la para que esta possa receber toda a estrutura do teto verde. Se a edificação possui uma cobertura em telhas de cerâmica, é fundamental a retirada das telhas para a colocação de placas de compensado que servirão como base para o recebimento de todo o sistema que compõe a estrutura do teto verde, como, por exemplo, as camadas impermeabilizantes, drenante e filtrante.

Outra exigência que Minke (2004) comenta é a necessidade do cálculo do peso total do teto verde, incluindo o peso do “substrato em estado de saturação de água e a carga da vegetação”. Essa exigência pode ser considerada uma das mais importantes pelo fato de que a estrutura que irá receber o sistema do teto verde tem que estar apta para o recebimento de toda a carga gerada pelo sistema de forma que esse peso “extra” não prejudique a estrutura da edificação, pois a carga a ser recebida varia entre 50 kg/m<sup>2</sup> a 700 kg/m<sup>2</sup>.

Quanto à manutenção, é necessário ter em conta que esse processo também se torna indispensável para o bom desempenho do sistema do teto verde. Crescimento das plantas, poda, nutrientes a serem utilizados e o tipo de drenagem escolhido para o teto verde são quesitos que influenciarão na frequência da manutenção a ser realizada. (SILVA, 2008)

Heneine (2008, p.28) classifica a manutenção do teto verde em três estágios essenciais para que este atinja seu objetivo final. O primeiro estágio refere-se à “manutenção da instalação”, que diz respeito aos cuidados com a vegetação, como a rega regular e a utilização de nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. O segundo estágio, chamado de “desenvolvimento da manutenção”, são os cuidados com a vegetação antes que todo o telhado seja recoberto por plantas, sendo uma manutenção muito parecida com a do primeiro estágio, só que em menor grau. E o terceiro estágio resume-se em “manter a manutenção”, ou seja, fornece a manutenção necessária ao teto verde, como a poda e a retirada de ervas daninhas, com a frequência exigida por cada tipo de teto verde.

Minke (2004) destaca que saber sobre a inclinação da cobertura também é um dos fatores fundamentais para a implantação do teto verde, pois a partir de sua inclinação, escolhe-se a melhor forma de implantá-lo, a escolha da vegetação ideal a ser utilizada e também se é necessário a utilização de um sistema de drenagem

especial. A inclinação de uma cobertura pode variar entre 5% a 35%, sendo chamada de coberturas de leve inclinação, de 36% a 84% são chamados de cobertura de forte inclinação e a partir de 85% são as coberturas íngremes.

Ainda segundo Minke (2004), para as coberturas planas, a exigência necessária para a instalação do teto verde é que, por esse tipo de cobertura estar mais vulnerável ao acúmulo de água, deve-se colocar em sua composição uma camada de drenagem especial para que esta dê vazão ao excesso de água recebida pelo teto, evitando que se formem poças e essas prejudiquem no desenvolvimento das plantas. Já a cobertura de leve inclinação não necessita de uma camada drenante, pois sua inclinação propicia o desvio da água com fluidez, armazenando o necessário para a vida das plantas. As coberturas de forte inclinação exigem instrumentos que assegurem que as camadas que compõem o teto verde não deslizem da cobertura. Já para as coberturas íngremes, esses instrumentos não são o suficiente para que as camadas não deslizem. A única maneira de aplicar um teto verde em coberturas como essas é utilizando o tradicional teto verde composto por pedaços de terra como nos primórdios, misturando terra e vegetação de forma que estejam bem unidas ou utilizando rolos de vegetação, firmando-os na cumeeira da cobertura da edificação através de cabos na posição horizontal à cobertura.

### **3.7. Benefícios**

São diversos os benefícios gerados pela implantação de um teto verde em uma edificação. Alguns benefícios podem ser mais expressivos que os outros em determinados tipos de teto verde, porém, em geral, todos apresentam as mesmas vantagens.

Baldessar (2012, p.57) apresenta como os principais benefícios gerados pelo uso dos tetos verdes:

“Retenção de água da chuva”, pois através da camada drenante que constitui o sistema do teto verde, as águas pluviais são absorvidas e o restante retida por certo período de tempo até que possa ser escoada no sistema de drenagem urbana tradicional, com velocidade e quantidade adequada, reduzindo o volume das águas pluviais nas vias urbanas.

“Reutilização da água da chuva”, através da camada filtrante que compõe o sistema do teto verde, as águas pluviais são filtradas e podem ser armazenadas em

reservatórios planejados para este fim, para o reaproveitamento dessas águas como, por exemplo, para a própria rega da vegetação que compõe o teto verde.

“Reduzem o efeito de ilha de calor em áreas urbanas”, efeito presente em cidades com grande concentração de edificações construídas com materiais que geram calor, aumentando a temperatura em zonas específicas das cidades. A utilização da vegetação em edificações desse tipo ameniza o efeito através da “evapotranspiração realizada pelas plantas, auxiliando no esfriamento dessas áreas”, mitigando o efeito de ilha de calor, sendo mais bem observado quando implantado em grande escala o teto verde.

“Eficiência energética da edificação”, devido à quantidade de camadas utilizadas para compor o teto verde, estas servem como isolante acústico e térmico economizando o uso de aparelhos convencionais para ambientar o espaço, o que implica na economia de energia elétrica.

“Promoção do habitat”, promove uma maior diversidade de animais no entorno onde o teto verde é aplicado, como a presença de pássaros, auxiliando no ecossistema natural do ambiente.

“Qualidade do ar”, através da retenção do gás carbônico e produção do oxigênio a partir da vegetação, sendo capaz também de filtrar o ar e reter as partículas presentes no ar oriundas da poluição, promovendo um ar mais respirável.

“Maior durabilidade das coberturas”, o teto verde serve como uma proteção contra as intempéries sofridas pela cobertura e os “processos de dilatação e retração sofridos por ela”, tornando a vida útil de uma cobertura que utiliza o teto verde maior que uma cobertura comum.

“Estética do espaço urbano”, pelo fato de ser mais agradável aos olhos uma cobertura repleta de vegetação do que de telhas tradicionais, sendo também visto como a recuperação das áreas verdes perdidas para dar espaço à construção das edificações, além de promover espaços de lazer para a sociedade, restabelecendo a relação homem – natureza.

Em contrapartida, pode-se pontuar como “desvantagens” o custo inicial para a implantação do sistema, pelo fato de necessitar de mão de obra especializada, o custo é mais alto do que a aplicação de coberturas tradicionais, ainda mais quando se trata de tipos do teto verde que exigem mais dispositivos para o seu funcionamento. Porém, caso essa instalação não seja realizada de forma correta, a edificação fica suscetível à umidade gerada por infiltrações de água do sistema, prejudicando sua

estrutura, podendo neste caso, gerar custos desnecessários que poderiam ter sido evitados.

### **3.8. Leis sobre a utilização dos Tetos Verdes**

Em países onde a utilização do teto verde está consolidada, existem leis e/ou normas estabelecidas que incentivam a sua utilização, como, por exemplo, nos EUA, nas cidades de Portland e Chicago, que foram criados incentivos fiscais para motivar a implantação de tetos verdes nas edificações. (RIOS, 2007 )

No Brasil, não existem leis estabelecidas quanto ao uso do teto verde, porém, algumas cidades já propuseram projetos de lei que estabelecessem a utilização do teto verde nas edificações como uma obrigatoriedade. Cidades como Recife, Curitiba e São Paulo, foram as pioneiras na formulação de leis que incentivam a utilização do teto verde. Na cidade de Recife, um projeto de lei propõe que edificações com mais de quatro pavimentos, que não sejam habitacionais, e que possuam uma área maior que 400 m<sup>2</sup>, devem implantar um teto verde na cobertura. Já em São Paulo, uma lei propõe que todos os projetos de condomínios, sejam residenciais ou não, devem prever em seu projeto a instalação do teto verde. Em Curitiba, a proposta é que tenham desconto de 5% no IPTU as edificações que implantarem o teto verde, independente da natureza da edificação. (RIOS, 2007)

## 4. TIPOLOGIA: JARDIM DE CHUVA

O jardim de chuva é uma tecnologia da infraestrutura verde que ainda é pouco conhecida. São poucas as cidades no mundo, e muito menos cidades brasileiras, que utilizam essa tecnologia como meio de auxílio ao sistema de drenagem urbana tradicional, de maneira a solucionar os problemas de drenagem observados nas grandes cidades.

Ainda são poucos os estudos que abordam sobre a utilização dos jardins de chuva e seu papel como instrumento auxiliador na recuperação dos espaços urbanos modificados pela urbanização sem planejamento, que sofrem com enchentes e alagamentos nas vias públicas depois de chuvas intensas.

Tipologias como canteiros pluviais e biovaletas, costumam ser confundidos ou classificados com o mesmo conceito do jardim de chuva. De fato, são tipologias muito parecidas, porém cada uma com suas especificidades que as fazem diferir das outras, assunto que abordaremos ao longo deste capítulo.

### 4.1. Conceituação

Os jardins de chuva, também conhecidos por sistemas de biorretenção, são áreas projetadas em níveis menores que o nível das calçadas com o objetivo de reter e escoar de forma adequada as águas pluviais provenientes das ruas e coberturas das edificações, assim como de todos os espaços impermeáveis presentes no entorno de sua implantação. (CORMIER E PELLEGRINO, 2008; HERZOG, 2010)

A tecnologia dos jardins de chuva promove a remoção dos poluentes provenientes das águas pluviais através da vegetação utilizada na sua estrutura, retendo as partículas e infiltrando a água recebida, anulando as possibilidades de alagamentos nas vias públicas do entorno, além de colaborar com a estética do espaço onde está inserido. (SOLUÇÕES PARA A CIDADE, 2013)

### 4.2. Origem dos Jardins de Chuva

A concepção do jardim de chuva originou-se a partir do conceito dos sistemas de *wetlands* (Figura 22), um sistema composto por plantas aquáticas que são utilizadas como filtros que através de processos químicos e biológicos inerentes à vegetação utilizada, retiram os poluentes das águas pluviais, recuperando-as. Muitas

das vezes as *wetlands* são formadas naturalmente, porém é possível a construção de *wetlands* artificiais. (INSTITUTO APRENDA.BIO, 2014)

Com base nesse conceito, foi possível formular como funcionariam os sistemas de jardins de chuva, sendo estes projetados com base na composição natural das *wetlands*, utilizando o mesmo sujeito principal, a vegetação, porém com objetivos um pouco distintos, sendo o jardim de chuva voltado para a drenagem das águas pluviais através dos processos de infiltração e filtragem realizado pelas plantas.



**Figura 22: Sistema de *wetlands*. Disponível em: <http://wetlandscbc.weebly.com/> (Acessado em 27/04/2017 às 18:03)**

### **4.3. Estrutura**

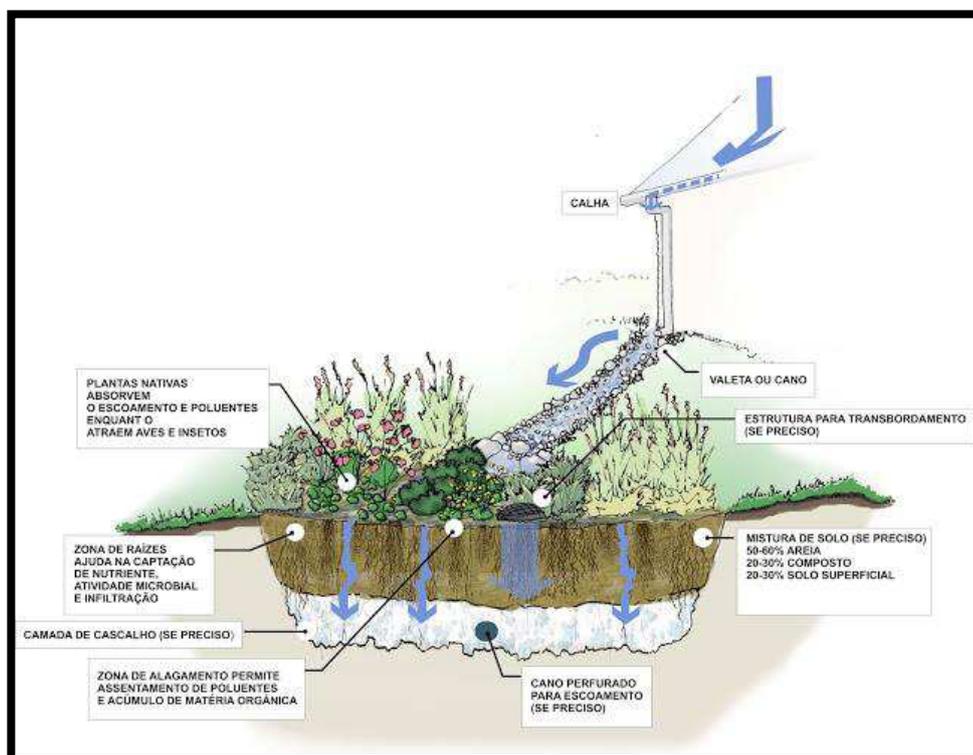
A estrutura do jardim de chuva, é composta, basicamente, por camadas que auxiliam na captação, armazenamento e drenagem das águas pluviais recebidas pelo sistema de drenagem urbana tradicional.

Cormier e Pellegrino (2008) relatam que a estrutura do jardim de chuva é composta por um substrato que é formado pela combinação de solo e areia, sendo incluídos nutrientes que contribuem para a fertilidade do solo e sua porosidade, com o objetivo de absorver e filtrar a água recebida; e uma camada de vegetação plantada nesse substrato, que auxilia na filtragem de poluentes, oferecendo também habitat para a fauna local, como pássaros e insetos.

Orienta-se utilizar vegetação nativa, pois estas não terão dificuldades no que se trata em adaptação ao solo, pois como são naturais àquele ambiente específico,

não necessitarão de cuidados extras que plantas alheias àquele tipo de solo necessitariam para desenvolverem. Assim, as plantas nativas conseguem resistir às condições naturais impostas por aquela área, podendo ser utilizadas variados tipos de plantas, rasteiras e arbustos, desde que atendam o requisito de serem nativas daquele local. (BONZI, 2015)

Ainda segundo Bonzi (2015), o autor destaca que a água recebida pelo sistema passa pelo processo de infiltração realizado pela vegetação e pode ser utilizada pelo terreno como recarga de aquífero, porém quando o sistema atinge sua capacidade, a água é escoada através de dispositivos de drenagem, incluso no projeto da estrutura do jardim de chuva, com velocidade adequada ao sistema de drenagem tradicional, evitando que as águas pluviais escorram em demasiada quantidade nas vias públicas.



**Figura 23: Esquema da composição da estrutura de um jardim de chuva. Disponível em: <http://genoa-arq.blogspot.com.ar/2015/07/museu-de-arte-parede-sistema-de.html> (Acessado em 27/04/2017 às 20:25)**

Como mostra a Figura 23, o funcionamento do sistema de jardim de chuva acontece a partir do momento em que as águas pluviais escorrem pela cobertura das edificações, através de sistemas de calhas e valetas/canos ou não, e chegam até a

estrutura do jardim de chuva projetada em localização adequada para o recebimento dessas águas. Quando as águas pluviais chegam ao sistema, estas passam pelo processo de remoção de poluentes oriundos das chuvas e seu percurso, sendo posteriormente absorvidas, sendo os dois processos realizados pela vegetação, que também tem a função atrativa de habitat. Após as águas serem absorvidas pelo solo, ficam retidos na zona de alagamento os poluentes e o excesso de matéria orgânica filtrada pela vegetação. A zona onde estão localizadas as raízes das plantas auxiliam na captação de nutrientes para o desenvolvimento da vegetação. Quando o sistema de jardim de chuva trabalha juntamente com o sistema de drenagem urbana tradicional, é necessário a construção de uma camada de cascalho com a presença de um cano que auxiliará no escoamento das águas ao sistema de drenagem, e caso a água recebida pelo jardim de chuva seja em grande quantidade e este não consiga infiltrá-las e escoá-las de maneira eficiente, é indicado a colocação de uma estrutura de transbordamento.

#### **4.4. Aplicações e Usos**

Os jardins de chuva, por serem, basicamente, áreas escavadas preenchidas com materiais que facilitam a permeabilidade do espaço onde são colocados, tem sua aplicação indicada principalmente ao lado de amplas calçadas, estacionamentos, áreas livres e impermeáveis de condomínios e demais edificações, além de serem apropriadas para ruas onde o tráfego de veículos não é intenso ou ruas onde se tem como objetivo diminuir a velocidade dos veículos que ali transitam, como em zonas escolares e hospitais. (SOLUÇÕES PARA AS CIDADES, 2013)

Sua aplicação, além de auxiliar no sistema de drenagem urbana, também propõe uma nova estética ao ambiente em que é utilizado sem gastos exorbitantes, fazendo o papel de verdadeiros jardins, porém com a pequena diferença de auxílio direto ao sistema de drenagem urbana, sendo incorporadas às paisagens de forma tão natural que não transparecem o objetivo real da sua utilização. É o verdadeiro casamento entre o valor estético e ambiental. (TIEPO, 2014)

#### **4.5. Exigências Técnicas**

O jardim de chuva é uma técnica que apesar de parecer fácil executá-la, pois em tese trata-se de uma simples escavação em uma área para que esta possa receber

as águas pluviais de coberturas e vias públicas, também possui exigências para que esta venha a desempenhar não só seu papel na busca da eficiência ambiental, mas também na estética do ambiente.

No passo inicial para sua implantação é necessário o preparo do solo onde será aplicada a técnica, escavando-o e preenchendo-o com brita e areia, camada permeável que auxiliará na infiltração das águas. Depois faz-se necessário a construção em concreto das paredes da vala, compostas por peças pré-moldadas de concreto que servirão como limitação do espaço do sistema. Em certos casos, é importante também a construção de dispositivos que facilitem a entrada e saída das águas recebidas, podendo haver ou não um espaço para o depósito de partículas provenientes da chuva, sendo retidas ali para que as águas estejam purificadas ao final do percurso. Depois preenche-se a vala com solo e vegetação, esta que deve ser escolhida de forma a colaborar na infiltração da água e na sua purificação. Todas as etapas necessárias devem ser obedecidas para que o jardim de chuva possa ter um bom desempenho. (JACOB, 2014; SOLUÇÕES PARA AS CIDADES, 2013)

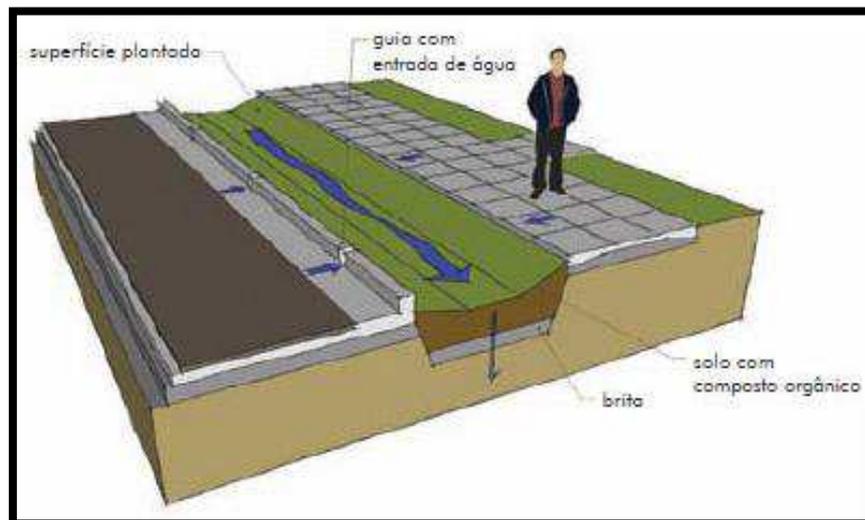
O manual do Projeto Técnico dos Jardins de Chuva Soluções para as Cidades (2013) indica que seja realizado um teste ao final da construção do sistema para saber se de fato este se encontra apto para cumprir sua função. O teste pode ser realizado com a simulação de chuva sobre o sistema, para comprovar se a tecnologia conseguirá “absorver toda a água necessária, se a vazão está conectada a um corpo d’água natural, de forma a evitar a sobrecarga no sistema de drenagem tradicional”.

Segundo Vasconcelos (2014), a construção do jardim de chuva é definida por alguns critérios e especificações durante a sua concepção, sendo que o mais importante a ser analisado é a definição da altura da escavação para a construção do jardim de chuva, sendo esta “definida dependendo do volume final a ser armazenado e pela taxa de infiltração de água pelo solo”, ou seja, sua capacidade de permeabilidade, não podendo também ser uma altura muito grande, para que não aconteça incidentes. O volume extra das águas deve ser escoado através do leito granulado, composto por brita ou cascalho, que tem a espessura determinada também de acordo ao volume de água a ser recebido sem que haja necessidade de transbordamento das águas. Caso o leito granular não seja capaz de infiltrar toda a água recebida, seja pelo fator do “grande volume de água pluvial ou pela baixa capacidade de permeabilidade do solo”, é necessário a utilização de um dreno,

projetado para a estrutura, de maneira a ajudar na saída da água até a chegada ao leito carroçável.

#### 4.6. Jardim de Chuva X Biovaleta X Canteiro Pluvial

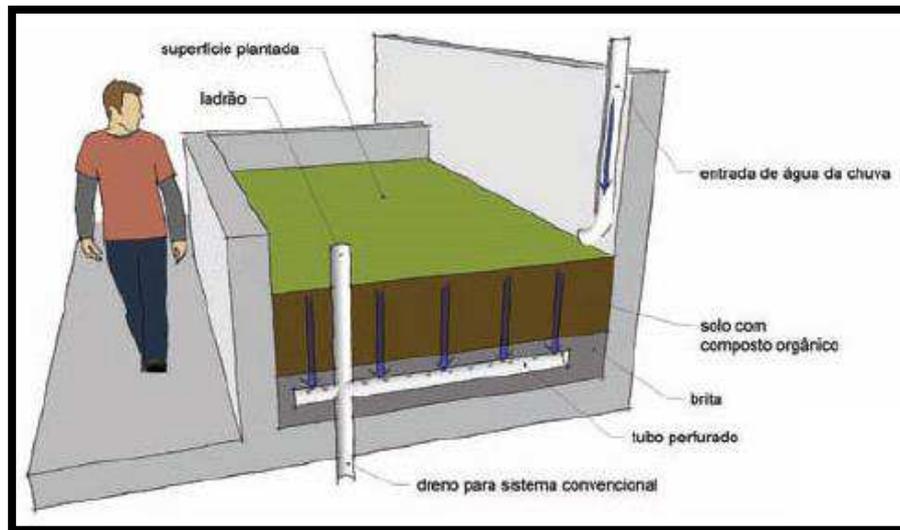
O jardim de chuva é um sistema que possui características que se assemelham a outras tipologias, como as biovaletas e o canteiro pluvial, por serem tipologias que também tem como função primordial auxiliar na drenagem das águas pluviais em áreas urbanas. Mesmo sendo similares, existem algumas poucas diferenças que ajudam a determinar qual o tipo de técnica se trata e quando deve ser utilizada de acordo o objetivo desejado.



**Figura 24:** Corte esquemático de um sistema de biovaleta. Fonte: Cormier e Pellegrino, 2008. Crédito: Nathaniel S. Cormier. Disponível em: <http://reformafacil.com.br/ecologia/infra-estrutura-verde-biovaleta/> (Acessado em 22/04/2017 às 19:07)

Cormier e Pellegrino (2008, p.132) definem o sistema de biovaleta (Figura 24) como “depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes”, sendo nesse ponto, similar ao jardim de chuva. Porém, a diferença é que elas trabalham em conjunto com o jardim de chuva. As biovaletas realizam o processo de limpeza das águas pluviais e aumentam o seu tempo de escoamento, dirigem essas águas, depois de purificadas, aos jardins de chuva, quando existentes no entorno, de forma que os jardins de chuva possam infiltrar essas águas em sua estrutura, enquanto a biovaleta é responsável por reter as partículas provenientes das águas pluviais. Não que o jardim de chuva não seja capaz de reter poluentes, porém

as biovaletas os fazem com maior precisão. Bonzi (2015, p.110) ainda comenta que as biovaletas “devem substituir quando possível, as drenagens convencionais, sobretudo quando estas se tornam obsoletas por sua vida útil ou até mesmo pelo aumento do escoamento superficial desencadeado pela impermeabilização.”



**Figura 25: Corte esquemático de um sistema de canteiro pluvial. Fonte: Cormier e Pellegrino, 2008. Crédito: Nathaniel S. Cormier. Disponível em: <http://reformafacil.com.br/ecologia/infra-estrutura-verde-biovaleta/> (Acessado em 22/04/2017 às 19:18)**

Já os canteiros pluviais (Figura 25), Herzog (2010, p.07) conceitua como “jardins de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser projetados em ruas, residências, edifícios...para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis”. Ou seja, o processo de operação é o mesmo, sendo diferenciado somente pela localização da implantação do sistema, sendo os canteiros pluviais localizados próximos ao meio fio e os jardins de chuva incorporados à paisagem e complementares aos sistemas de drenagem tradicional. (BRANDÃO E CRESPO, 2016)

Cormier e Pellegrino (2008, p.130) comentam ainda que os canteiros pluviais são tipologias que tem como processo de funcionamento a “evaporação e a evapotranspiração do escoamento superficial armazenado durante a chuva”, sendo os jardins de chuva uma tipologia que faz o exercício somente do processo de infiltração das águas pluviais.

#### 4.7. Benefícios dos Jardins de Chuva

O manual do Projeto Técnico dos Jardins de Chuva Soluções para as Cidades (2013, p.03) lista como os principais benefícios gerados pela implantação do sistema de jardim de chuva, a redução das águas pluviais nas vias públicas, que diminui a probabilidade de alagamentos nas vias e a melhoria da qualidade dessas águas através do processo de filtração, que retém os possíveis poluentes presentes nas águas. No ponto de vista econômico, é uma técnica que não exige alto custo para sua construção, produzindo resultados positivos, além de que “possibilita grande flexibilidade de desenho nos projetos”, sendo incorporado à paisagem de forma natural, sem causar grandes impactos. Em se tratando de benefícios ambientais, a utilização do jardim de chuva promove atração da fauna e flora local, atraindo pássaros e borboletas, por exemplo, além de possuir um grande valor estético, colaborando com o aumento dos elementos vegetativos nas vias urbanas.

Em contrapartida, o manual do Projeto Técnico dos Jardins de Chuva Soluções para as Cidades (2013, p.03) comenta também que algumas das “desvantagens” da utilização dos jardins de chuva são a sua restrição de implantação, não podendo ser utilizadas em áreas onde há limitação de espaço, pois a sua implantação reduz o espaço de via trafegável e as chances de “sofrer colmatação<sup>8</sup>, sendo necessário um pré-tratamento com faixa gramada em áreas que receberão muitos sedimentos”.

---

<sup>8</sup> Elevação do solo por meio de atritos, ocasionando aparecimento de fissuras.

## 5. APLICABILIDADE NA CIDADE DE SÃO LUÍS

A cidade de São Luís nos últimos anos tem passado por um processo de urbanização crescente e frenético, onde vazios urbanos e/ou áreas que deveriam ser preservadas tem cedido espaço a construções dos mais diversos tipos de empreendimentos, muitos não obedecendo às leis estabelecidas sobre uso e ocupação do solo, taxa de permeabilidade, lei de zoneamento entre outras orientações que devem ser respeitadas quanto à utilização do solo urbano, ocasionando, com o não cumprimento destas, alterações no que diz respeito aos processos ambientais no âmbito urbano. (ARAÚJO E RANGEL, 2012)

Variações climáticas que tem como consequências microclimas desagradáveis e formação de ilhas de calor, ausência de áreas verdes no espaço urbano prejudicando no auxílio à ventilação natural, impermeabilização de ruas e calçadas afetando na infiltração das águas pluviais e a consequente sobrecarga ao sistema de drenagem convencional, aterramento de rios e falta da qualidade do ar, são alguns dos problemas urbanos que São Luís tem apresentado nos últimos anos devido à maneira como a urbanização não planejada tem acontecido na cidade. Diante desse contexto, algumas providências governamentais foram tomadas de maneira a solucionar as adversidades enfrentadas pela cidade, como por exemplo, criação de novos pontos de sistemas de drenagem e arborização das vias públicas, mas ainda assim essas medidas tomadas não foram o suficiente para a solução dos problemas, pois São Luís ainda apresenta muitos pontos de alagamento e os problemas climáticos persistem.

Ao longo desse capítulo, será abordado o estudo da aplicabilidade das tipologias das infraestruturas verdes, jardim de chuva e teto verde, na cidade de São Luís como medidas de auxílio na reparação dos problemas ambientais e de drenagem gerados pela urbanização, tendo em vista que as providências convencionais realizadas não foram de eficácia total para a solução dos problemas.

A utilização do teto verde e jardim de chuva vem como uma proposta de solução sustentável aos problemas urbanos presentes em São Luís, de forma a solucioná-los sem ocasionar outros problemas. Como São Luís não dispõe da utilização desses dispositivos sustentáveis, torna-se interessante o estudo sobre como aplicá-los e tê-los como alternativa no processo da urbanização sustentável.

## 5.1. CONTEXTO GEOGRÁFICO DA CIDADE DE SÃO LUÍS

A cidade de São Luís, localizada no litoral do estado do Maranhão (Figura 26), possui uma população de aproximadamente 1.082.935 habitantes em uma área de 834,785 Km<sup>2</sup>, segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016. Apresenta as coordenadas geográficas 02°32' S de latitude e 44° 17' de longitude W com altitude de 32 metros acima do nível do mar. (LEITE, 2008)

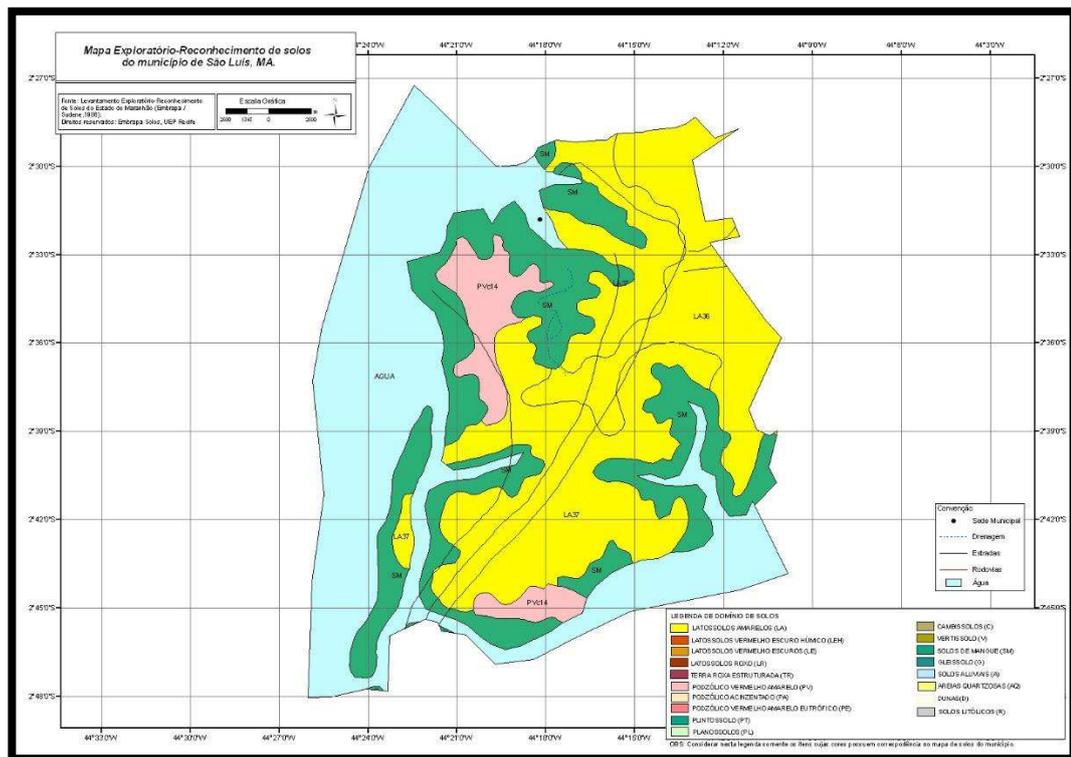
Ainda segundo Leite (2008), a cidade apresenta um relevo do tipo planície litorânea com dunas e costa recortada, com vegetação em todo o Estado bastante variada por possuir características do clima superúmido e do semiárido, com presença de manguezais, mata de cocais, cerrado e vegetação amazônica, mesmo com a cidade de São Luís apresentando o clima tropical quente úmido, sendo essa variação de climas propício ao surgimento de diferentes tipos de plantas.



**Figura 26: Mapa com a localização do estado do Maranhão no Brasil destacado em vermelho na parte esquerda abaixo e o mapa central com a localização da cidade de São Luís, destacado em laranja, no estado do Maranhão. Fonte: Adaptado de Wikimedia, 2006. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maranhao\\_MesoMicroMunicip.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maranhao_MesoMicroMunicip.svg) (Acessado em 01/06/2017 às 20:19)**

Em relação ao solo existente em São Luís, observa-se no mapa da Figura 27 que o solo predominante é do tipo latossolo amarelo, que possui características como baixa fertilidade natural, por serem solos geralmente ácidos, porém são bastante

permeáveis, quando não demasiado argiloso, de forma a auxiliar no processo de drenagem. Em segundo lugar, observa-se o solo do tipo plintossolos, que são solos que não possuem grande capacidade de drenagem e em sua maior parte são ácidos, seguido do solo do tipo podzólicos, caracterizados por possuírem uma textura que varia da arenosa a argilosa. (EMBRAPA, 2006)



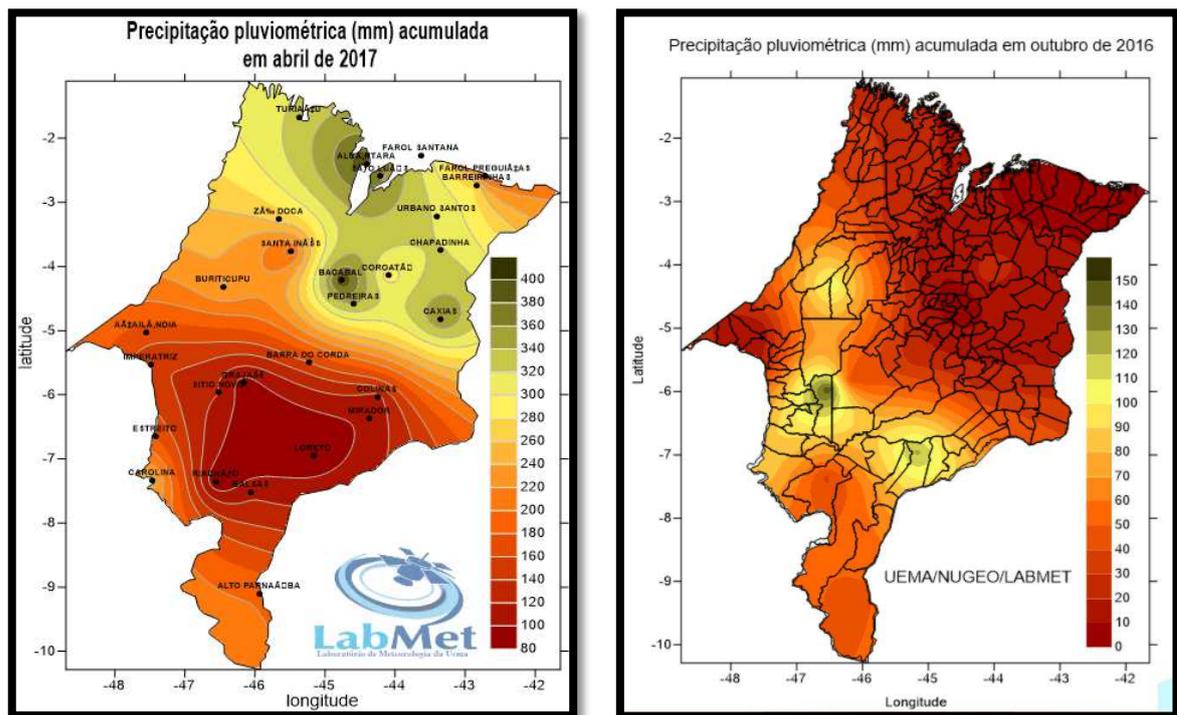
**Figura 27: Mapa com a classificação dos tipos de solo presentes na cidade de São Luís. Fonte: EMBRAPA, 2006. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ma> (Acessado em 01/06/2017 às 22:57)**

De acordo Leite (2008), os ventos predominantes na cidade de São Luís são provenientes da direção leste (E) e nordeste (NE), sendo que a cidade recebe os ventos da direção leste durante sete meses do ano, em todo o inverno e parte do verão, com uma velocidade de aproximadamente 5m/s, e os ventos da direção nordeste tem predominância sobre a cidade durante cinco meses do ano, durante todo o verão, podendo alcançar uma velocidade de até 6m/s.

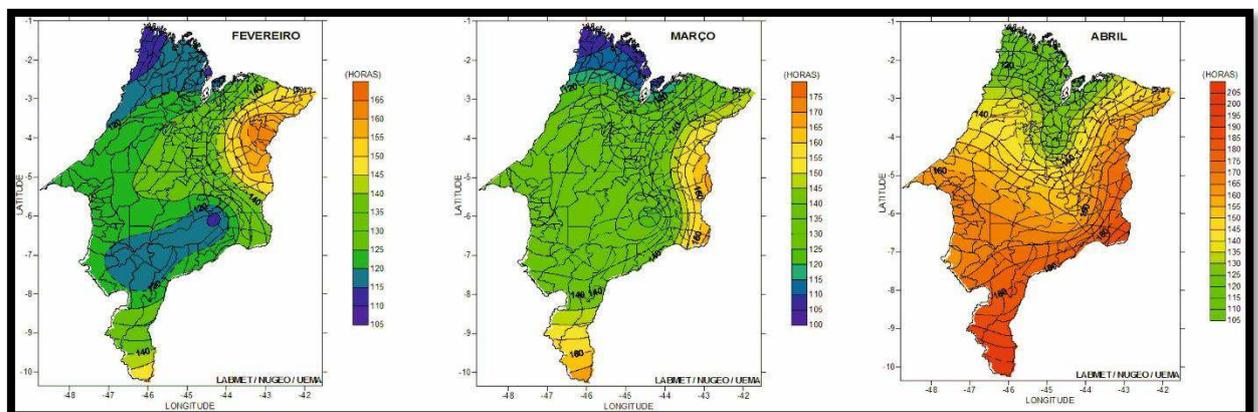
Com o clima classificado como tropical quente úmido, a temperatura da cidade de São Luís varia entre 24 a 33 graus, com temperatura média anual de 26 graus, possuindo somente duas estações bem definidas: inverno, de janeiro a junho, e verão, de julho a dezembro, sendo fevereiro, março e abril os meses mais frios e chuvosos,

setembro, outubro, novembro e dezembro os meses mais quentes e secos. (INMET,2009)

Segundo Araújo e Rangel (2012), a pluviometria média da cidade de São Luís alcança cerca de 2.900 mm/ano, sendo o mês de abril o com maior precipitação pluviométrica (Figura 28), chegando a valores que ultrapassam a marca de 400mm, e o mês de outubro (Figura 29) com a menor precipitação pluviométrica, com menos de 60mm.

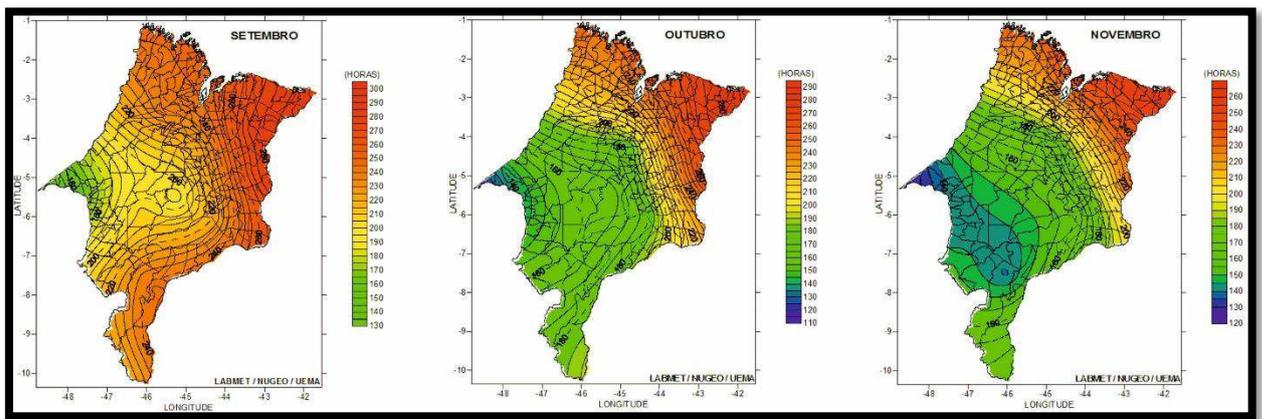


**Figuras 28 e 29:** Mapa com o mês com maior precipitação anual (à esquerda) e mapa com o mês com menor precipitação anual (à direita) na cidade de São Luís. Fonte: NuGeo, 2016/2017. Disponível em: [http://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=3616](http://www.nugeo.uema.br/?page_id=3616) (Acessado em 02/06/2017 às 08:11)

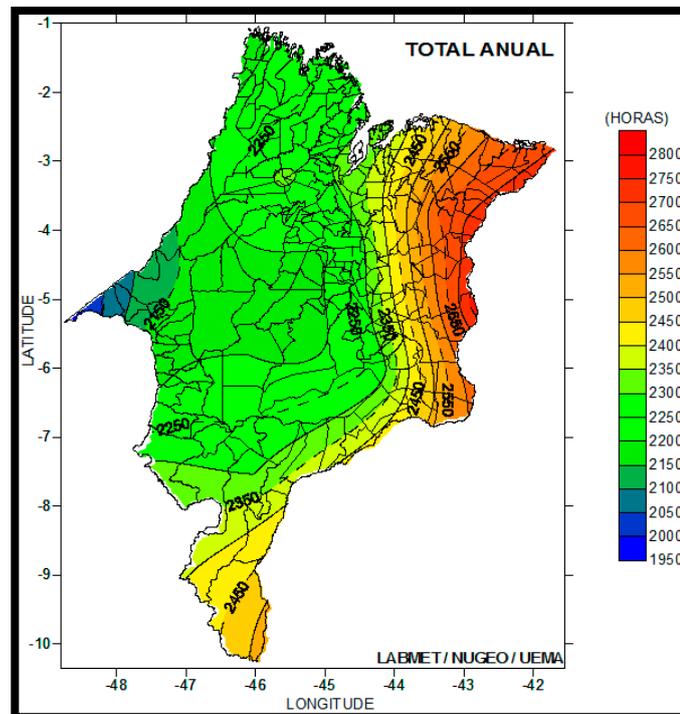


**Figura 30:** Mapa do trimestre com menor insolação no estado do Maranhão, com destaque para a cidade de São Luís. Fonte: NuGeo, 2012. Disponível em: [http://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=155#prettyPhoto](http://www.nugeo.uema.br/?page_id=155#prettyPhoto) (Acessado em 02/06/2017 às 10:04)

Em se tratando de insolação, ou seja, “o intervalo total de tempo, entre o nascimento e o pôr do sol, em que o disco solar não esteve oculto por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza” (INMET,2001), sendo o valor definido por horas, o Núcleo Geoambiental (NuGeo,2012) da Universidade Estadual do Maranhão, apresenta na cidade de São Luís como os meses de insolação menos intensa o trimestre de fevereiro, março e abril (Figura 30), e o trimestre com maior insolação os meses de setembro, outubro e novembro (Figura 31), sendo a insolação média anual definida com o valor de aproximadamente 2250 horas (Figura32).



**Figura 31: Mapa do trimestre com maior insolação no estado do Maranhão, com destaque para a cidade de São Luís. Fonte: NuGeo, 2012. Disponível em: [http://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=155#prettyPhoto](http://www.nugeo.uema.br/?page_id=155#prettyPhoto) (Acessado em 02/06/2017 às 10:04)**



**Figura 32: Mapa da insolação anual no estado do Maranhão, com destaque para a cidade de São Luís. Fonte: NuGeo, 2012. Disponível em: [http://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=155#prettyPhoto](http://www.nugeo.uema.br/?page_id=155#prettyPhoto) (Acessado em 02/06/2017 às 10:04)**

## 5.2. CONTEXTO URBANO DA CIDADE DE SÃO LUÍS

A urbanização pela qual a cidade de São Luís tem passado nos últimos anos, como já mencionado no início deste capítulo, tem acarretado como consequências não somente problemas relacionados ao traçado urbano devido a ocupação desordenada e a falta de planejamento, mas também um desequilíbrio nos processos naturais que ocorrem em uma cidade, ou seja:

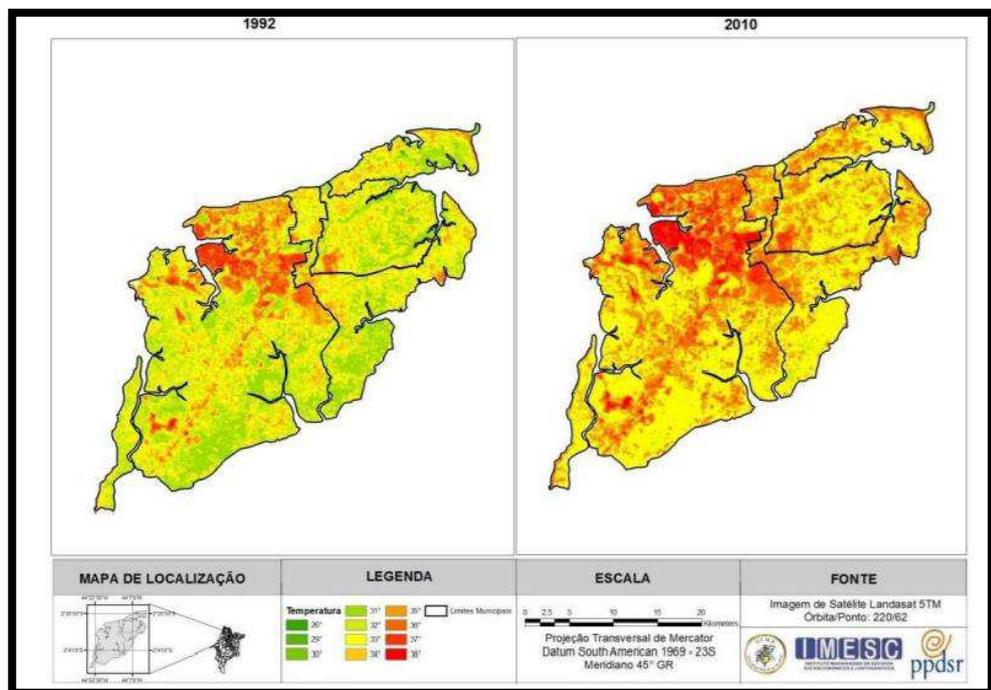
À medida que o crescimento horizontal da cidade se materializa, as áreas vegetáveis, bosques, nascentes de rios ou manguezais são convertidos em superfícies impermeáveis, provocando o aumento do volume de escoamento superficial e da carga de poluentes. (MASSULO E SANTOS, 2014, p.06)

A citação de Massulo e Santos (2014) acima descreve exatamente o cenário apresentado pela cidade de São Luís, que para dar espaço ao aglomerado de construções que tem sido executado na cidade, tem perdido suas áreas verdes e vazios urbanos, mesmo existindo leis de zoneamento, uso e ocupação do solo e plano diretor que determinam o modo como o solo urbano deve ser utilizado, de forma a organizar a cidade. Esse amontoado de construções tem sido incentivado principalmente por programas governamentais, como o Minha Casa Minha Vida, que tem como objetivo oportunizar a obtenção da moradia própria às pessoas de baixa renda, no entanto não tem como preocupação a qualidade ambiental urbana que os habitantes terão, preocupando-se somente em construir e deixando de lado a importância do verde na estruturação de uma cidade. O crescimento da construção de condomínios residenciais para a classe média também é um dos fatores que tem influenciado no aglomerado urbano, pois cada vez mais tem-se construído condomínios que mais se parecem com pequenas cidades dentro da própria cidade do que lugares destinados somente à moradia, sendo muitos deles construídos em espaços que, de acordo o zoneamento da cidade, são áreas impróprias para esse tipo de uso.

Diante desse contexto, abordaremos principalmente duas questões específicas acerca dos problemas de clima e drenagem urbana na cidade de São Luís: como a temperatura da cidade tem aumentado nos últimos anos e a formação das ilhas de calor como consequência desse evento, e os problemas de alagamentos que

tem ocorrido na cidade devido ao sistema de drenagem urbano não suportar o volume das águas pluviais.

Araújo e Rangel (2012) comentam que em aproximadamente 25 anos, o aumento da temperatura na cidade de São Luís ocorreu de forma bastante vertiginosa. Nos anos 90, áreas que apresentavam temperatura em torno de 35 graus, passaram a apresentar no ano de 2010 cerca de 37 graus. De acordo a Figura 33, observa-se o fenômeno do aumento da temperatura em várias áreas da cidade e a proporção entre zonas mais quentes e zonas mais frias no ano de 1992 e 2010, tendo elevado de maneira bastante evidente as áreas quentes, coloradas em vermelho, no intervalo entre esses anos.



**Figura 33: Mapa da representação da elevação da temperatura na cidade de São Luís entre os anos 1992 e 2010. Fonte: IMESC (2013 apud Massulo e Santos, 2014).**

Esse fato comprova o mau uso e ocupação do solo que tem acontecido na cidade de São Luís no que se trata da modificação da paisagem natural para abrigar grandes edificações, sem o estudo prévio dos tipos de impactos que o empreendimento poderá acarretar no entorno. Muitas dessas edificações utilizam materiais não sustentáveis e com grande capacidade de aquecimento, o que ocasiona o aumento de temperatura da área e a formação de ilhas de calor. Assim, “com menos vegetação que seus arredores, o centro das cidades acaba tendo uma menor umidade

do ar em consequência da maior temperatura, o que provoca áreas de baixa pressão.  
” (MASSULO E SANTOS, 2014, p.01)



Figuras 34 e 35: Notícias sobre alagamentos pós-chuva em São Luís. Fonte: Imirante.com, 2015/2016. Disponível em: <http://imirante.com/sao-luis/noticias/2015/03/20/chuva-causa-varios-pontos-de-alagamento-em-sl.shtml> / <http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2016/02/chuva-causa-alagamento-em-varios-pontos-de-sao-luis-veja-fotos.html> (Acessado em 05/06/2017 às 13:00)



Figuras 36 e 37: Notícias sobre alagamentos pós-chuva em São Luís. Fonte: Imirante.com e O Estado, 2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2017/02/chuva-forte-alaga-rua-em-bairro-em-sao-luis.html> / <http://imirante.com/oestadoma/noticias/2017/03/01/forte-chuva-desta-quarta-feira-1o-causa-transtornos-em-sao-luis.shtml> (Acessado em 05/06/2017 às 13:16)

Outro fator consequente do processo da urbanização sem planejamento, é a impermeabilização do solo, percebida em São Luís principalmente nos períodos de

chuvas, intensas ou não, sendo constatado com a observação de vários pontos de alagamentos na cidade.

Todos os anos, noticiários da cidade estampam em suas páginas (Figuras 34,35,36 e 37) os transtornos ocasionados por esse fenômeno, que é bastante frequente quando se inicia o inverno na cidade. Ruas e avenidas principais são tomadas pelo grande volume de águas pluviais, acarretando alagamentos que tornam as vias públicas intransitáveis tanto para pedestres como para automóveis.

Com o aumento da impermeabilização do solo ocasionado pela construção de edifícios, ruas e calçadas, o caminho natural das águas pluviais é interrompido, encontrando espaço para fluir nas vias públicas, sobrecarregando não somente ruas e avenidas, mas também os sistemas de drenagem urbanos, como os canais, galerias, bueiros e boca de lobo. Devido a impermeabilização, o processo de infiltração da água no solo se torna mais difícil e o fluxo de água nas ruas é intenso.

Segundo a Defesa Civil, em 2015 a cidade apresentava 29 pontos de alagamentos recorrentes. De acordo o doutor em saneamento ambiental Lúcio Macêdo, em entrevista concedida ao G1 do Canal da Mirante no ano de 2015, o problema dos alagamentos ocorridos em São Luís é devido a drenagem ser insuficiente para o recebimento das águas pluviais, pois o sistema fora projetado antes do processo de urbanização, sendo capaz de escoar as águas que antes contavam com espaços permeáveis onde poderiam ser infiltradas, que com a impermeabilização prejudicou o processo. Ainda segundo Lúcio Macêdo, um dos fatores primordiais para a solução desse problema é ocupar-se do processo de “revegetação” das áreas que antes eram verdes e que foram substituídas para abrigar a urbanização. Porém, o governo tem como prioridade o investimento em reparos no sistema de drenagem urbana tradicional, que na maioria das vezes, ao final, não trazem o retorno desejado.

O acúmulo de lixo nas vias públicas também é um dos fatores determinantes para o impedimento da fluidez das águas pluviais. A quantidade elevada ou não de lixo nas ruas, ocorrido devido à deficiência da limpeza das ruas da cidade e até mesmo do acúmulo de um papel de bala, por exemplo, jogado por um passageiro da janela do ônibus por sua falta de conscientização do local adequado onde deve ser depositado o lixo, acarreta na obstrução de galerias e bueiros que compõem o sistema de drenagem urbana. Quando chove, todo o volume de lixo deixado pelas ruas escoam juntamente com as águas pluviais, que chegando ao sistema de drenagem, ficam retidas devido a obstrução ocasionada pelo lixo. A solução para esse problema seria

a conscientização das pessoas quanto ao descarte adequado do lixo, o que auxilia também no procedimento que é a coleta de lixo urbano.

### 5.3. EXIGÊNCIAS TÉCNICAS X APLICABILIDADE

Considerando os estudos acerca de São Luís e suas necessidades apresentadas, as tipologias teto verde e jardim de chuva, que fazem parte do vasto grupo das infraestruturas verdes, serão indicados neste trabalho como forma de auxílio na diminuição das problemáticas apresentadas pela cidade relativas à drenagem e ao clima urbano. Através dos dados apresentados nos itens 5.1. e 5.2., será analisada a aplicabilidade dessas duas tecnologias na cidade, com base nos quesitos exigidos para a aplicação das infraestruturas e o contexto apresentado por São Luís.

De acordo Catuzzo (2013), um dos principais objetivos do teto verde é a colaboração na redução dos impactos ambientais gerados pela urbanização, acerca do clima e substituição das áreas verdes. Como possui uma grande capacidade no aumento da umidade do ar através dos processos naturais realizados pela vegetação, tendo como benefício a redução do aquecimento de áreas e a promoção de microclimas amenos, a utilização do teto verde na cidade de São Luís vem como uma opção de solução promissora na redução das ilhas de calor que tem crescido nas últimas décadas na cidade, com dados apresentados no item 5.2.

#### Quadro 2 – Exigências ambientais para a implantação de um teto verde e os dados apresentados na cidade de São Luís

	<b>EXIGÊNCIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO TETO VERDE</b>	<b>DADOS APRESENTADOS POR SÃO LUIS - MA</b>
<b>CLIMA</b>	Estudo do clima para a escolha da vegetação	Tropical Quente úmido
<b>PLUVIOSIDADE</b>	Estudo do índice pluviométrico para a escolha da vegetação e o tipo de impermeabilização a ser utilizada	Índice pluviométrico: 2.900 mm/ano
<b>SOLO</b>	Adequado à vegetação que será utilizada	Predominância do latossolo amarelo

<b>TIPO DE VEGETAÇÃO</b>	Utilização de vegetação que se adeque ao clima local para melhor desempenho	Vegetação pertencente ao clima tropical quente úmido
<b>INSOLAÇÃO</b>	Estudo da insolação para a escolha da vegetação resistente ao fenômeno.	Índice de insolação: 2250 horas/ano

Fonte: Autora (2017).

Com base no Quadro 2 apresentado acima, comparando as exigências para a implantação de um teto verde e com os dados climáticos de São Luís, percebemos que os requisitos para a instalação de um teto verde são atendidos pelos dados apresentados pela cidade de São Luís, pois trata-se de requisitos flexíveis que podem ser aplicados na cidade a partir do entendimento e adaptação de acordo os dados climáticos da cidade.

Em se tratando do clima, pode-se dizer que este é o elemento principal que rege todos os outros requisitos pedidos para a implantação de um teto verde. Através do estudo do clima, determina-se como será definido o tipo do elemento determinante na composição do teto verde: a vegetação. Segundo Catuzzo (2013), o estudo para a escolha do tipo de planta, analisando toda a sua estrutura, tamanho, padrões de folhagem etc., é um dos principais responsáveis para o sucesso do teto verde, sendo necessário o conhecimento ideal sobre o tipo do clima onde a tecnologia será implantada.

Através da classificação do clima da cidade de São Luís como tropical quente úmido, a sugestão do tipo de plantas que podem ser utilizadas na cidade por serem adaptáveis ao clima, são listados no Quadro 3. Com a utilização dessas plantas (Figura 38), o teto verde instalado em São Luís proporcionará os benefícios gerados por sua instalação, desde que obedeça às demais regras de instalação do teto verde.

### Quadro 3 – Opções de plantas a serem utilizadas na instalação do teto verde em São Luís

<b>NOME DA PLANTA</b>	<b>INFORMAÇÕES</b>
<b>GRAMA AMENDOIM (<i>Arachis repens</i>)</b>	Pertencente à família <i>fabaceae</i> , é originária do Brasil e possui de 10 a 30cm. Deve ser cultivada a sol pleno ou meia sombra. Perene, não exige podas periódicas e tolera tempos secos.

<b>VEDÉLIA</b> ( <i>Sphagneticola trilobata</i> )	Pertencente à família <i>asteraceae</i> , é originária do Brasil e possui cerca de 10 a 30cm. Deve ser cultivada a sol pleno ou meia sombra. Perene, tolera secas e encharcamentos. Não exige podas periódicas.
<b>FALSA ÉRICA</b> ( <i>Cuphea gracilis</i> )	Pertencente à família <i>lythraceae</i> , é originária do Brasil e cresce até cerca de 30cm. Deve ser cultivada a pleno sol ou meia sombra. Ideal para áreas com terra úmida e demasiado adaptável ao clima quente úmido.
<b>ONZE HORAS</b> ( <i>Portulaca grandiflora</i> )	Pertencente à família <i>portulacaceae</i> , é originária do Brasil e cresce cerca de 15 a 20cm. Desenvolve-se de maneira bastante satisfatória em climas quente úmido.
<b>BROMÉLIA IMPERIAL</b> ( <i>Alcantarea imperialis</i> )	Pertencente à família <i>bromeliaceae</i> , é originária do Brasil e cresce até 1,50m. Perene, seu crescimento é lento e exige poucos cuidados. Seu desenvolvimento é satisfatório em regiões com clima quente úmido.
<b>PERIQUITO</b> ( <i>Alternanthera ficoidea</i> )	Pertencente à família <i>amaranthaceae</i> , é originária do Brasil e possui cerca de 20 a 25 cm de altura. Deve ser cultivada em sol pleno e é muito sensível ao clima frio.

Fonte: Autora (2017)



Figura 38: Plantas listadas no Quadro 3. (I) Gramma amendoim; (II) Vedélia; (III) Falsa Érica; (IV) Onze horas; (V) Bromélia Imperial; (VI) Periquito. Fonte: Adaptado pela autora.

As exigências acerca do solo e da insolação, são importantes também para a definição do tipo de vegetação a ser utilizada, que se adeque ao solo, podendo ser

capaz de desenvolver-se naturalmente e que resista aos períodos de insolação, que na cidade de São Luís possui um valor relativamente alto, por possuir um clima que garante seis meses de chuva e seis meses secos.

A pluviosidade é uma das maiores preocupações acerca da aplicabilidade do teto verde em cidades que possuem um longo período de chuva com elevado índice pluviométrico anual, como São Luís. A preocupação gira em torno de como o teto verde desempenhará suas funções, se os resultados serão os mesmos que em lugares com índices pluviométricos menores. Antes de tudo, o mais importante é a averiguação da estrutura que receberá a tecnologia, se esta é capaz de suportar toda a carga do sistema mesmo em estado de saturação, sabendo que na cidade de São Luís, o tempo do solo saturado será por cerca de seis meses, devido a ocorrência das chuvas durante esse período. O segundo ponto em que se deve ter atenção, é o tipo de impermeabilização a ser utilizado na cobertura. De acordo Neto (2014), a impermeabilização da cobertura é de suma importância quando utilizado o teto verde em climas com altos índices pluviométricos, pois a camada drenante será a determinante do funcionamento do sistema, sendo a dimensão delas calculadas de acordo o volume da água que será retido na cobertura. Seguindo essa instrução, a questão do alto índice pluviométrico da cidade de São Luís não se torna um empecilho na aplicação do teto verde.

Segundo Moura (2009, p.53), “o telhado verde possui uma capacidade de aproximadamente 50% de absorção da água da chuva utilizando uma camada de composição total da estrutura de 7 a 10cm”. Para uma área com alto índice pluviométrico como São Luís, faz-se necessário o aumento dessa camada para que a estrutura possa infiltrar e drenar com fluidez as águas pluviais recebidas pelo sistema.

Após o estudo de todas as exigências climáticas e estruturais para a aplicação do teto verde, escolhe-se o tipo do teto verde a ser utilizado de acordo as necessidades apresentadas pela área e pela edificação. Esse estudo não tem como objetivo definir o tipo de teto verde a ser utilizado em determinada edificação, porém, o Quadro 4 apresenta a descrição de cada tipo do teto verde, suas funções e custos quando a ser utilizado em um projeto.

**Quadro 4 – Critérios que auxiliam na escolha do teto verde a ser utilizado**

	<b>TETO VERDE EXTENSIVO</b>	<b>TETO VERDE SEMI INTENSIVO</b>	<b>TETO VERDE INTENSIVO</b>
<b>MANUTENÇÃO</b>	Baixa	Média	Alta
<b>IRRIGAÇÃO</b>	Não precisa	Periodicamente	Regularmente
<b>TIPOS DE PLANTAS</b>	Musgos, herbáceas e gramíneas	Gramíneas, herbáceas e arbustos	Gramado permanente, árvores e arbustos
<b>ALTURA DO SISTEMA CONSTRUTIVO</b>	60 - 200mm	120 - 250mm	150 - 400mm
<b>PESO</b>	60 - 150 Kg/m <sup>2</sup>	120 - 200 Kg/m <sup>2</sup>	180 - 500 Kg/m <sup>2</sup>
<b>CUSTO</b>	Baixo	Médio	Alto

**Fonte: International Green Roof Association - IGRA (2014) apud Neto (2014)**

Com o objetivo de auxiliar o sistema de drenagem urbano existente na cidade de São Luís, propõe-se o uso dos jardins de chuva. Com base nos dados estudados, observa-se que a cidade passa por constantes alagamentos nos períodos de chuva, por conta de o sistema de drenagem não ser capaz de drenar todo o volume de água recebido.

O sistema de drenagem da cidade de São Luís é apresentado pelos elementos que compõem a microdrenagem e macrodrenagem, ou seja, é composto por bocas de lobo, sarjetas, meio fio e galerias, de forma que todo esse conjunto trabalha com a função de escoar as águas pluviais. Porém, como já mencionado no item 5.2, o sistema de drenagem não tem se apresentado sobrecarregado por não conseguir escoar com fluidez as águas pluviais, devido às suas dimensões terem sido projetadas de maneira a escoar um certo volume de água determinado antes do processo da impermeabilização do solo que tem ocorrido na cidade, tendo como consequência a sobrecarga de ruas e avenidas nos períodos chuvoso, fora a quantidade de lixo nas ruas que entopem as galerias e bueiros e não colaboram para a fluidez do escoamento.

Com base nos requisitos exigidos para a implantação de um jardim de chuva e os dados climáticos e geográficos apresentados pela cidade de São Luís, o Quadro 5 avalia a questão da aplicabilidade desse sistema na cidade, através da comparação entre o que é exigido e o que é apresentado por São Luís.

**Quadro 5 – Exigências ambientais para a implantação de um jardim de chuva e os dados apresentados na cidade de São Luís**

	<b>EXIGÊNCIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO JARDIM DE CHUVA</b>	<b>DADOS APRESENTADOS POR SÃO LUIS - MA</b>
<b>PLUVIOSIDADE</b>	Estudo do índice pluviométrico para a determinação da profundidade do sistema	Índice pluviométrico: 2.900 mm/ano
<b>SOLO</b>	Estudo do solo para o conhecimento da capacidade de infiltração	Predominância do latossolo amarelo que possui alta capacidade de infiltração
<b>TIPO DE VEGETAÇÃO</b>	Utilização de vegetação que possua grande capacidade de drenagem e resista a umidade	Plantas do meio aquático

**Fonte: Autora (2017).**

De acordo as informações do quadro comparativo acima, observa-se a aplicabilidade do jardim de chuva na cidade de São Luís. Os critérios exigidos podem ser cumpridos, pois trata-se de exigências flexíveis que podem ser executadas na cidade.

Os dados acerca do índice pluviométrico são de importância para a definição da profundidade do sistema do jardim de chuva, pois dependendo da quantidade de água recebida, a profundidade varia. Como São Luís possui alto índice pluviométrico, um sistema de jardim de chuva instalado na cidade terá uma profundidade maior para reter toda o volume das águas pluviais. Aliado ao índice pluviométrico, encontra-se também o tipo de solo, responsável por filtrar a água recebida. O solo predominante em São Luís é do tipo latossolo, solo que tem como uma das características principais a eficiente capacidade de infiltração, tendo como velocidade de infiltração básica 56,60 mm/h, em uma camada de solo de 20 a 80cm. (CURI, FERREIRA E OLIVEIRA,

1999), o que garante que o solo existente na cidade de São Luís possui potencialidade quanto à instalação do jardim de chuva.

Quanto a vegetação adequada ao sistema, opta-se por vegetações que possuam eficiência na drenagem e resistência à umidade, de preferência nativa. O Quadro 6 exemplifica alguns tipos de plantas (Figura 39) que podem ser utilizados na construção de um jardim de chuva na cidade de São Luís.

**Quadro 6 – Opções de plantas a serem utilizadas na instalação do jardim de chuva em São Luís**

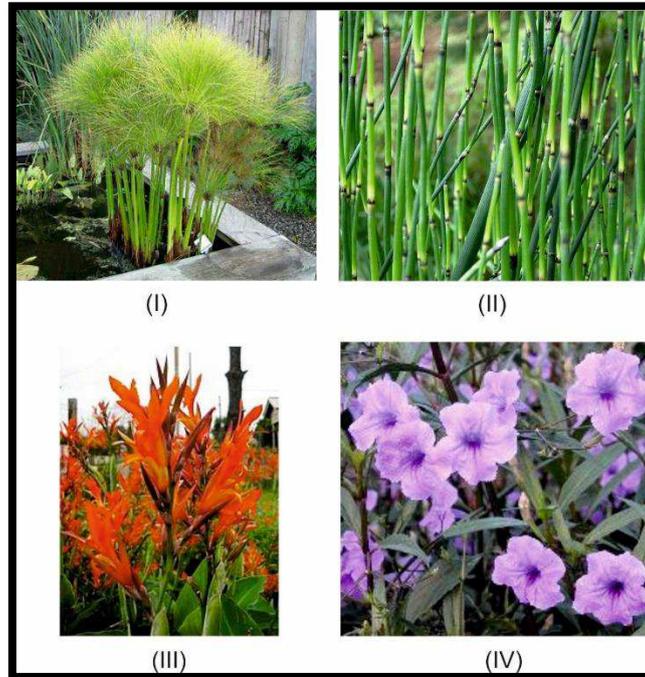
NOME DA PLANTA	INFORMAÇÕES
<b>PAPIRO</b> ( <i>Cyperus giganteus</i> )	Pertencente à família <i>cyperaceae</i> , é originária do Brasil e pode chegar até 3 metros de altura. Perene, desenvolve-se a sol pleno e adaptável à lugares úmidos, devendo ser cultivadas sempre próximas à água.
<b>CAVALINHA</b> ( <i>Equisetum spp.</i> )	Pertencente à família <i>equisetaceae</i> , é originária da América do Sul, África, América Central, América do Norte, Ásia e Europa. Pode chegar até 4 metros de altura. Desenvolve-se em sol pleno ou meia sombra, em locais úmidos e indicadas para composição com outras plantas na beira de fontes e lagos.
<b>BERI SILVESTRE</b> ( <i>Canna limbata</i> )	Pertencente à família <i>cannaceae</i> , é originária do Brasil. Pode chegar até 1,80 metros. Perene, desenvolve-se a sol pleno e lugares bastante úmidos, com áreas aquáticas adjacentes.
<b>RUÉLIA AZUL</b> ( <i>Ruellia coerulea</i> )	Pertencente à família <i>acanthaceae</i> , é originária do Brasil, Argentina, Paraguai. México e América do Norte. Pode chegar até 90cm. Desenvolve-se a sol pleno ou meia sombra, bastante tolerante a encharcamentos e períodos de seca.

**Fonte: Autora (2017).**

A utilização da vegetação adequada, da locação correta do sistema e do dimensionamento necessário, são fatores decisivos no desempenho do jardim de chuva.

A proposta da utilização do sistema de jardim de chuva em São Luís, tem como objetivo a implantação da tecnologia em áreas suscetíveis à alagamentos, espaços públicos como praças e ruas que estão localizadas em determinada cota

topográfica que as tornam vulneráveis ao fenômeno dos alagamentos. A união do sistema de drenagem convencional utilizado em São Luís com a tecnologia do jardim de chuva, auxiliará no escoamento eficiente das águas pluviais.



**Figura 39: Plantas listadas no Quadro 6. (I) Papiro; (II) Cavalinha; (III) Beri Silvestre; (IV) Ruélia Azul. Fonte: Adaptado pela autora.**

A cidade de São Luís apresenta grande potencial para o investimento desse tipo de infraestruturas. Por serem tipologias que possuem exigências flexíveis, o teto verde e jardim de chuva são uma opção de infraestrutura urbana sustentável que auxiliaria de forma eficiente na mitigação dos problemas oriundos da urbanização não planejada na cidade de São Luís.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como estudamos ao longo de toda essa pesquisa, a urbanização acelerada e não planejada que vem ocorrendo na cidade de São Luís tem colaborado de forma expressiva para o surgimento de diversos problemas socioambientais, com consequências tanto para o meio ambiente urbano como para a própria população.

Algumas medidas são tomadas pelo poder público como forma a solucionar essas consequências observadas, porém, é interessante saber e ponderar quando as medidas usuais utilizadas não estão trazendo o retorno da forma desejada. Diante desse cenário, partir para outras soluções e buscar outras saídas para que os problemas sejam resolvidos se torna uma opção interessante, ainda mais quando essas outras opções são sustentáveis.

Diversos países no mundo têm se utilizado de tecnologias sustentáveis como objeto de restauração ambiental, de maneira a amenizar os malefícios causados pela urbanização não idealizada com princípios de sustentabilidade. Porque não utilizar esse tipo de infraestrutura verde na cidade de São Luís? A cidade já apresenta consequências causadas pela urbanização e não se pode descartar as possibilidades de crescimento da cidade em termos de urbanismo sustentável.

A proposta da utilização do teto verde no meio urbano de São Luís tem como propósito auxiliar na diminuição, principalmente, das ilhas de calor na cidade que tem crescido nos últimos anos. Além de que é uma forma de substituição das áreas verdes extintas para abrigar a urbanização e também gera benefícios particulares para as edificações que utilizam a técnica, como melhoria no conforto térmico, captação de água pluvial e possibilidade de um novo espaço de lazer dentro da área.

Como analisado ao longo desse estudo, existe a possibilidade da aplicação da tecnologia em São Luís e a obtenção dos seus benefícios, desde que implantada segundo a realidade da cidade. E um dos fatos mais importantes, de acordo Neto (2014), acerca da implantação do teto verde, é que é uma tecnologia que não exige uma reorganização radical na cidade, que seja necessário a mudança do traçado urbano, por exemplo, pois trata-se de uma tecnologia adaptável ao tipo de cenário encontrado.

Em se tratando do sistema dos jardins de chuva, a proposta da utilização dessa tecnologia como auxílio ao sistema de drenagem convencional existente em São Luís, se torna interessante pelo fato de ser uma tecnologia de fácil aplicação,

baixo custo e que além de gerar benefícios no âmbito da drenagem urbana, traz melhorias na qualidade do ar, pela presença da vegetação e propõe um novo cenário estético para a cidade, ainda mais se tratando de São Luís, onde os canteiros de ruas e avenidas são dominados pelo uso do concreto.

O importante mesmo é pensar em métodos inovadores para solucionar as problemáticas das cidades. Se os planos utilizados usualmente não estão trazendo resultados, parte-se para outro plano. É importante estar aberto às novas tecnologias apresentadas pelo mundo. Em São Luís, falta consciência por parte do poder público e da própria população, em alguns casos, para a utilização e funcionamento dessas novas tecnologias para o meio urbano. É interessante a realização de estudos acerca da aplicabilidade dessas tecnologias e utilizá-las como possibilidade de uma mudança que beneficiará não só o meio urbano, mas também toda uma população.

## REFERÊNCIAS

- AHERN, J. Green infrastructure for cities: the spatial dimension. Edição de Vladimir Novotny e Paul Brown. **Cities of the Future: towards integrated sustainable water and landscape management.** Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=sb330MpHEb4C&pg=PA267&lpg=PA267&dq=Green+infrastructure+for+cities:+The+spatial+dimension&source=bl&ots=pzJW5t9x\\_7&sig=77mztP6Xe18E0JHPS7xe74Sa1A0&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiapdLFle3TAhWBjpAKHaLqAO4Q6AEIPjAD#v=onepage&q=Green%20infrastructure%20for%20cities%3A%20The%20spatial%20dimension&f=false](https://books.google.com.br/books?id=sb330MpHEb4C&pg=PA267&lpg=PA267&dq=Green+infrastructure+for+cities:+The+spatial+dimension&source=bl&ots=pzJW5t9x_7&sig=77mztP6Xe18E0JHPS7xe74Sa1A0&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiapdLFle3TAhWBjpAKHaLqAO4Q6AEIPjAD#v=onepage&q=Green%20infrastructure%20for%20cities%3A%20The%20spatial%20dimension&f=false)>. Acesso em: 27 mar. 2017, às 14:43.
- AMORIM, M. C. da C. T. **Caracterização das áreas verdes em Presidente Prudente/SP.** In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org.). Textos e contextos para a leitura geográfica de uma cidade média. Presidente Prudente: [s. n.], 2001.
- ARAÚJO, S. R. **As funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.** 2007. 28f. Monografia (Graduação em Engenheiro Florestal) -Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.
- ARAÚJO, R. R.; RANGEL, M. E. S. **Crescimento urbano e variações térmicas em São Luís-MA.** Revista GEONORTE. Amazonas, Edição Especial 2, v.2, n.5, p. 308-318, maio 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2497/2305>>. Acesso em: 25/05/2017 às 17:27.
- BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada.** 2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) -Universidade Federal do Paraná, 2012.
- BARROS, A.H.C. **Solos do Nordeste.** Fonte: Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado do Maranhão: Escala: 1:1. 000.000. EMBRAPA, 2006. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ma>. Acessado em: 29/05/2017 às 20:06.
- BENEDICT, M. A. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. **Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series**, Washington, sep. 2002.
- 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. 2015. 220f. Tese (Doutorado em Geografia) -Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente/SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2015.
- BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta:** a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas densamente urbanizadas. 2015. 159f. Dissertação (Mestrado em Paisagem

e Ambiente) -Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2015.

BORBA, G. G.; MENDONÇA, R. Infraestrutura verde em Suzano, São Paulo. **Cidades Verdes**, São Paulo, v. 3, n. 5, 2015. Disponível em: <[https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades\\_verdes/article/view/953](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades_verdes/article/view/953)>. Acesso em: 10 fev. 2017, às 14:21.

BRAGA, D. **Braga Paisagismo: que tal um jardim de chuva no seu caminho?** In: Instituto Aprenda.bio, out. 2014. Disponível em: <<http://www.aprenda.bio.br/porta1/?p=10027>>. Acesso em: 12 abr. 2017, às 09:50.

BRANDÃO, F. C. A. dos S.; CRESPO, H. de A. **Diretrizes relacionadas à implantação da infraestrutura verde para aumentar a resiliência urbana às mudanças climáticas.** 2016. 129f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CATUZZO, H. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar: O Caso da Cidade de São Paulo.** 2013. 207f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2013.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Revista Paisagem e Ambiente**, Universidade de São Paulo, n. 25, p. 127-142, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/105962>>. Acesso em: 17 fev. 2017, às 10:43.

COSTA, C. S. Áreas Verdes: um elemento chave para a sustentabilidade urbana, *Arquitextos*, **Vitruvius 126.08**, ano 11, 11/2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.126/3672>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

DIGE, G. **Infraestrutura Verde: viver melhor graças a soluções baseadas na natureza.** In: Agência Europeia do Ambiente, 2015. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/pt/articles/infraestrutura-verde-viver-melhor-gracas>>. Acesso em: 20 fev. 2017, às 18:50.

FEIJÓ, J. M. L. **Infraestrutura verde e qualidade de vida.** In: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura-Fórum da Construção. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1614>>. Acesso em: 15 fev. 2017, às 19:27.

FERRAZ, I. L.; LEITE, B. C. C. O comportamento da grama-amendoim (*Arachis repens*) na cobertura verde extensiva. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 6, 4, 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: ELECS, 2011.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4, 2, 2007, Vitória. **Anais...** Vitória: ELECS, 2007.

FIREHOCK, K. **A Short History of the Therm Green Infrastructure and Selected Literature.** In: Green Infrastructure Center, Virgínia, jan. 2010.

HENEINE, M. C. A. de S. **Cobertura Verde: tecnologia e produtividade das construções.** 2008. 49f. Monografia (Especialização em Construção Civil) -Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura Verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE**, Universidade de São Paulo, n. 1, p. 69-90, out. 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61281/64217>>. Acesso em: 05 mar. 2017, às 20:30.

HERZOG, C. P. Infraestrutura verde para cidades mais sustentáveis: produtos e sistemas relativos à infraestrutura. **Secretaria do Ambiente-Ambiente Construído**, Rio de Janeiro, Seção IV, nov. 2010.

HERZOG, C. **Infraestrutura Verde, Sustentabilidade e Resiliência Urbana.** In: Instituto de Pesquisas em Infraestrutura Verde e Ecologia Urbana, Rio de Janeiro, jul. 2010.

HOUGH, M. **Design with city nature:** na overview of some issues. In: The Ecological City. (orgs.), Platt, R. H., ROWNTREE, R. A. e MUICK, P. C. The University of Massachusetts Press, Amherst, 1994.

**INMET: Instituto Nacional de Meteorologia.** 2001, 2009. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>. Acessado em: 04/06/2017 às 15:52.

JACOB, A. C. P. **Mais jardins, por favor!** In: Aquafluxus Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos, jul. 2014. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/mais-jardins-por-favor/>>. Acesso em: 15 abr. 2017, às 11:34.

LEAL, I. **Há cerca de 1.000 anos, os vikings já construíam vilas inteiras cobertas por telhados verdes.** In: Arquitetura Sustentável, jan. 2015. Disponível em: <<http://www.arquiteturasustentavel.org/ha-cerca-de-1-000-anos-os-vikings-ja-construam-vilas-inteiras-cobertas-por-telhados-verdes/>>. Acesso em: 30 mar. 2017, às 17:33.

LEITE, C. G. **Alterações na ventilação urbana frente ao processo de verticalização de avenidas litorâneas: o caso da Avenida Litorânea de São Luís-MA.** 2008. 227 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura). Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008.

LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D. Áreas Verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Revista Ambiência**, Paraná, v.1, n.1, 2005. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/157/185>>. Acesso em: 29 mar. 2017, às 15:37.

MADUREIRA, H. Infraestrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. **Revista da Faculdade de Letras**, Universidade do Porto, III série, vol. 1, pg. 33-43, 2012.

MASULLO, Y. A. G.; SANTOS, J. de R. C. **Geoprocessamento aplicado a análise do avanço do processo de urbanização e seus impactos ambientais na ilha do Maranhão.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte. Anais... Manaus: IMESC/IBEAS, 2014.

MELO, T. dos A. T. et al. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.14, n. 4, p. 147-165, out. /dez. 2014.

MENEGUETTI, K. S. **De cidade-jardim a cidade sustentável:** potencialidades para uma estrutura ecológica urbana em Maringá – PR. 2007. 205f. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) -Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2007.

MINKE, G. **Techos Verdes:** planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2004.

MOURA, L. F. V. **Telhado Verde: alternativa sustentável na arquitetura.** 2009. 79f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Estadual do Maranhão, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Luís, 2009.

NETO, A. C. de O. **Cobertura Verde:** estudo de caso no município de São José dos Campos – SP. 2014. 95f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2014.

NUCCI, João C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano:** um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: Edição do autor, 2008.

NuGeo: Núcleo Geoambiental, UEMA. **INSOLAÇÃO TOTAL**, 2012. Disponível em: [http://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=155](http://www.nugeo.uema.br/?page_id=155). Acessado em: 30/05/2017 às 22:40.

RIBEIRO, M. E. J. **Infraestrutura verde**: uma estratégia de conexão entre pessoa e lugares, por um planejamento urbano ecológico para Goiânia. 2010. 179f. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) -Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2010.

RIOS, M. **Telhado Verde**: uma estratégia para as cidades sustentáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GRUPOS DE TRABALHOS DO MEIO AMBIENTE, 2, CONFEA, 2007.

RIVALDO, S.; ROSSI, A. M. G. Integrando a paisagem natural à infraestrutura urbana através da abordagem da infraestrutura verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

SCHUTZER, J. G. Infraestrutura verde no contexto da infraestrutura ambiental urbana e da gestão do meio ambiente. **Revista LABVERDE**, Universidade de São Paulo, n. 8, p. 12-30, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/83532>>. Acesso em: 21 mar. 2017, às 11:57.

SCARPINELLA, G. D.; OLIVEIRA, S. C.; SILVA, R. S. Aplicação de elementos de infraestrutura verde em núcleo habitacional popular. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA/ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA URBANA, 4, 1,2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PEU/POU, 2013.

SILVA, D. F. R. **Aproveitamento de água de chuva através de um sistema de coleta com cobertura verde**: avaliação da qualidade da água drenada e potencial de economia de água potável. 2014. 110f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) -Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, N. da C. **Telhado Verde**: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 63f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Projeto Técnico**: Jardins de Chuva. 2013b. Disponível em: <[http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF\\_Jardins-de-Chuva-online.pdf](http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2017, às 10:45.

TIEPO, C. et al. **Permeabilidade urbana e infraestrutura verde**: alternativas para a sustentabilidade urbana. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 3, 2014, Passo Fundo: IMED, 2014.

UNIÃO EUROPEIA – EU. **Uma infraestrutura verde.** 2010. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/green\\_infra/pt.pdf](http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/green_infra/pt.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2017, às 21:15.

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura Verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana na Bacia Ambiental do Córrego D’Antas, Nova Friburgo – RJ.** 2011. 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2011.

VASCONCELOS, A. F. **Estudo e proposição de critérios de projeto para implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte.** 2014. 192f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.