

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA CLARA SOUZA BARROS

**JARDIM DE CHUVA: SISTEMA DE CONTROLE DE
INUNDAÇÃO**

ANÁPOLIS / GO

2020

ANA CLARA SOUZA BARROS

**JARDIM DE CHUVA: SISTEMA DE CONTROLE DE
INUNDAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: VANESSA HONORATO DOMINGOS

ANÁPOLIS / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

BARROS, Ana Clara Souza

Jardim de Chuva: Sistema de Controle de Inundação.

, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Permeabilidade

2. Permacultura

3. Sistema de Bioretenção

4. Drenagem Urbana

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARROS, Ana Clara Souza. Controle de inundação por sistema de bioretenção. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO. 2020..

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ana Clara Souza Barros

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Controle de inundação por sistema de bioretenção.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Ana Clara Souza Barros

E-mail: anaclarasouza@hotmail.com

ANA CLARA SOUZA BARROS

**JARDIM DE CHUVA: SISTEMA DE CONTROLE DE
INUNDAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADORA)**

**EDUARDO MARTIINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de dezembro 2020.

RESUMO

A infiltração, uma das etapas do ciclo hidrológico, tem como função alimentar os lençóis freáticos e escoar para abastecer os rios, mares e oceanos, a fim de que um novo ciclo seja reiniciado. Vêm sendo recorrente o número de casos de enchentes e alagamentos no Brasil devido ao fato de que a drenagem urbana tem se apresentado insuficiente. Sendo assim é necessário integrar esse sistema a outros que possam o auxiliar e realizar um manejo adequado de todo o ciclo d'água. A partir disso, uma das alternativas a fim de contribuir com essa integração é a implementação do jardim de chuva, onde, visa deixar as vias mais verdes e mais permeáveis usando uma técnica simples utilizada na permacultura. São jardins rebaixados que captam, limpam, infiltram e acolhem 100% do total de água de chuva captado nas áreas de contribuição. Foi adotado como estudo de caso a implementação do jardim de chuva na Praça Dom Emanuel, a qual está localizada no bairro Jundiá e faz confrontantes com a Avenida Goiás, Avenida Minas Gerais, Avenida São Francisco e Avenida Santos Dumont na cidade de Anápolis -Goiás. Na Praça foi implementado um jardim de aproximadamente 15 metros quadrados, com o tempo de execução de 23 dias, e é composto de manta Geotêxtil Bidin, tela de galinheiro, cimento, areia, terra, brita, blocos de cimento pigmentado e manilha de 1,5 m de altura, e blocos de cimento pigmentado. Durante o período chuvoso o jardim de chuva se mostrou eficiente como técnica compensatória auxílio da drenagem e manejo das águas pluviais.

PALAVRAS-CHAVE:

Infiltração, ciclo hidrológico, Praça Dom Emanuel

ABSTRACT

Infiltration, one of the stages of the hydrological cycle, has the function of feeding groundwater and draining to supply rivers, seas and oceans, so that a new cycle can be restarted. The number of floods and floods in Brazil has been recurring due to the fact that urban drainage has been unsustainable. Therefore, it is necessary to integrate this system with others that can assist it and carry out an adequate management of the entire water cycle. From this, one of the alternatives in order to contribute to this integration is the implementation of the rain garden, where it aims to make the roads greener and more permeable using a simple technique used in permaculture. They are sunken gardens that capture, clean, infiltrate and receive 100% of the total rainwater collected in the contribution areas. It was adopted as a case study the implementation of the rain garden in Praça Dom Emanuel, which is located in the Jundiá neighborhood and faces Avenida Goiás, Avenida Minas Gerais, Avenida São Francisco and Avenida Santos Dumont in the city of Anápolis -Goiás. In the square, a garden of approximately 15 square meters was implemented, with an execution time of 23 days, and consists of a GeotextileBidin blanket, chicken coop, cement, sand, earth, gravel, pigmented cement blocks and a shackle of 1.5 m high, and pigmented cement blocks. During the rainy season the rain garden proved to be efficient as a compensatory technique to help drain and manage rainwater.

KEYWORDS:

Infiltration. Hydrological cycle. Praça Dom Emanuel

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da Lei de Darcy	12
Figura 2 - Técnica de terraceamento	15
Figura 3 - Fluxo de ocorrência das enchentes/inundações urbanas.....	16
Figura 4 - Esquema de bioswale.....	17
Figura 5 - Desenho urbano sensível da água	18
Figura 6 - Cidade Cinza.....	19
Figura 7 - Cidade Verde	19
Figura 8 - Comparativo entre as denominações de drenagem sustentável	20
Figura 9 - Detalhe do Sistema de drenagem pluvial e seus componentes.....	20
Figura 10 - Microdrenagem.....	21
Figura 11 - escoamento para o jardim de chuva.	23
Figura 12 - NYC-Water.....	24
Figura 13 - Jardim de Chuva em Sidney-Australia	24
Figura 14 - Inicio das obras no canteiro central da Avenida Santo Amaro.....	25
Figura 15 - Pedra marroada e brita	27
Figura 16 - Instalação do jardim em rotatória e em calçadas	28

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Coeficiente de permeabilidade típica	14
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 JUSTIFICATIVA.....	9
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 METODOLOGIA	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 PERMEABILIDADE DOS SOLOS	12
2.2 LEI DO DARCY.....	12
2.3 DRENAGEM PLUVIAL	14
2.3.1 Contexto historico.....	14
3 RESULTADOS	26
3.1 EXECUÇÃO DO JARDIM DE CHUVA.....	26
3.2 PROJETO.....	28
3.3 ESTUDO DE CASO	30
4 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A infiltração, uma das etapas do ciclo hidrológico, tem como função alimentar os lençóis freáticos e escoar para abastecer os rios, mares e oceanos, a fim de que um novo ciclo seja reiniciado. Sendo assim, a vazão que é retomada para os rios regressa em alta velocidade e quantidade, gerando assim um transbordo que causa as enchentes. E em muitos casos ocorre a não infiltração por falta de área permeável ou saturação do solo, o que acarreta alagamentos de vias urbanas, por exemplo.

O número de casos de enchentes e alagamentos no Brasil vem aumentando. Em janeiro deste ano de 2020, trinta e oito pessoas morreram em Minas Gerais em razão das enchentes e dos deslizamentos provocados por chuvas fortes, de acordo com o site do jornal Estadão foram disponibilizados R\$ 90 milhões para ações imediatas de resposta ao desastre, o apoio abrangia desde a distribuição de kits de assistência humanitária a recursos para a contratação de serviços de limpeza de vias públicas, gastos estes que poderiam ter sido evitados.

Na cidade de Portland localizada no Estado de Oregon noroeste dos Estados Unidos, por sofrer dos mesmos problemas complexos em seu sistema de drenagem, desenvolveu o Programa de ruas verdes, que visam o manejo sustentável das águas pluviais, cujos princípios estão baseados no desenvolvimento integrado da drenagem com os demais sistemas de infraestrutura da cidade. Tal programa consiste na construção de jardins de chuva, pavimentos permeáveis, faixas gramadas e o plantio de árvores e tem como prioridade as vias que sofrem com alagamentos recorrentes, sendo reconhecido como uma estratégia importantíssima na redução do escoamento superficial (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

A Prefeitura de São Paulo, por meio da Subprefeitura Sé, está construindo mais de 20 mil metros de jardins de chuva nos distritos da Sé, República, Santa Cecília, Bela Vista, Bom Retiro, Cambuci, Consolação e Liberdade. Os jardins que estão sendo construídos pelas equipes da Subprefeitura Sé também são pioneiros na utilização da reciclagem do concreto removido da rua para o próprio jardim (REDAÇÃO CICLO VIVO, 2020).

A solução de Jardim de chuva visa deixar as vias mais verdes e mais permeáveis usando uma técnica simples e barata de permacultura criada pelo africano Zephaniah Phiri Maseko. A ideia foi inspirada nos Jardins do Éden e ajudou a transformar uma terra em situação desértica no sustento da família de Maseko no Zimbábue, tornando-se uma solução para a escassez de água.

Maseko observou, durante a chuva, por onde a água percolava e, a partir disso, verificou que em alguns lugares a água simplesmente não infiltrava e em outras saturava o solo. Logo, ajustou essa infiltração com o auxílio de plantas e da gravidade, de tal forma que as águas da chuva chegassem até o jardim com menor velocidade e assim pudesse ser absorvida pela vegetação, tornando o solo um reservatório de água (REDAÇÃO CICLO VIVO, 2017).

Não é necessário ir muito longe para saber as consequências da quebra do ciclo hidrológico. Na cidade de Anápolis, por exemplo, em tempos chuvosos, é notório que as galerias pluviais recém executadas nas principais avenidas da cidade não conseguem sozinhas fazer todo o trabalho de drenagem. De acordo com o portal da Prefeitura de Anápolis no final do ano de 2018, foi estimado um gasto de no mínimo R\$ 8,5 milhões para a implantação de 10 quilômetros lineares de galerias de águas pluviais, e elas não estão trazendo o retorno desejado.

Mesmo com as medidas adotadas no novo plano diretor da cidade de Anápolis, onde em uma construção nova é obrigatório reservar uma parte do terreno para ser permeável e executar um poço de recarga, ainda se tem construções antigas as quais não possuem essas adequações, sendo assim geram também uma sobrecarga pluvial para avenidas e ruas, e a água não consegue penetrar pelo excesso de área impermeáveis.

1.1 JUSTIFICATIVA

Mesmo sendo calculada para receber uma grande vazão, as galerias não comportam a quantidade de água despejadas durante as grandes chuvas. A construção de jardins de chuvas nessas vias que recebem grande despejo das águas, tornaria um grande aliado a drenagem urbana, atuaria nessa situação como um paliativo, desafogando assim as galerias pluviais e dessa forma aumentando também a permeabilidade urbana e diminuindo o escoamento superficial.

São jardins rebaixados que captam, limpam e infiltram água de captação de chuva, acolhem 100% do total de água de chuva captado nas áreas de contribuição, eliminando a necessidade da rede de drenagem naquele trecho. Em resumo, o volume de água chega até esse jardim é integralmente retido, tratado e infiltrado, abastecendo assim o lençol freático.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo principal desse trabalho é associar técnicas utilizadas na agricultura e na engenharia afim de aumentar a permeabilidade urbana. E mostrar que é possível uma solução simples de intervenção nas grandes cidades para combater as enchentes.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar um projeto de como será a execução do jardim de chuva em meios urbanos;
- Realizar um estudo de caso da implantação do jardim de chuva na Praça Dom Emanuel em Anápolis-GO;
- Apresentar um projeto de como será a execução do jardim de chuva em meios urbanos.

1.3 METODOLOGIA

Foi realizado uma busca referencial de cidades que obtiveram sucesso na aplicação de jardim de chuva em seus canteiros. Será realizado testes de permeabilidade do solo observando quais vegetações possuem melhor desempenho no processo de infiltração a água, com os resultado dos dados obtido nessa etapa, será implantando a intervenção e aplicação do Jardim de chuva ao longo da Avenida Brasil na cidade de Anápolis como forma de solução para os alagamentos, inundações que ocorrem na mesma.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A divisão do trabalho se dará em cinco partes, onde a estrutura será determinada da seguinte maneira:

No Capítulo I – Expõe o tema que será abordado na introdução, apresentando os objetivos, justificativa e metodologia que será utilizada neste trabalho;

No Capítulo II – Será feito uma revisão bibliográfica, abordando tipo de pavimentos, estabilizantes, camadas do pavimento;

No Capítulo III – Será abordada a metodologia para chegar aos objetivos;

No Capítulo IV –Resultados dos experimentos;

No Capítulo V – Conclusão, onde será feita as considerações finais sobre o que foi abordado no trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PERMEABILIDADE DOS SOLOS

Segundo o Oxford Languages(1884), a palavra permeabilidade significa característica ou particularidade de permeável, ou seja, que consegue passar, fluir.

O solo possui essa propriedade, de permitir o escoamento da água através dele, sendo o grau de permeabilidade expresso numericamente pelo “coeficiente e permeabilidade”.

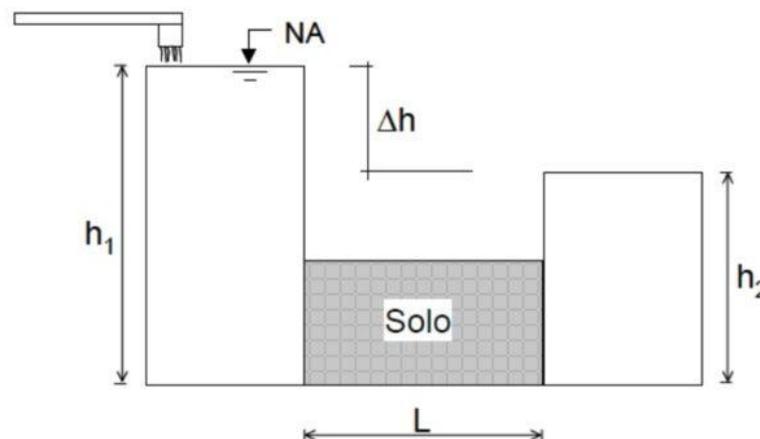
É muito importante o estudo da percolação de água no solo, pois a permeabilidade intervém num grande número de problemas práticos, tais como: drenagem, rebaixamento do nível d'água, cálculo de vazões, análise de recalques, estudo de estabilidade, etc.

A legislação de Goiânia capital do Estado de Goiás a qual também é usada em Anápolis define-se o índice de permeabilidade de 15 % da área do terreno (Lei de drenagem 9511/2014). Essa lei foi um meio do governo garantir melhor usos das águas pluviais que caem sobre os lotes.

2.2 LEI DE DARCY

É através do coeficiente de permeabilidade determinado através da Lei de Darcy, que é possível determinar se o solo é muito ou pouco permeável, na Figura 1 abaixo faz a representação da Lei de Darcy.

Figura 1 - Esquema da Lei de Darcy.



Fonte: (Guia da Engenharia, 2020)

A lei de Darcy é uma equação que descreve o fluxo de um fluido através de um meio poroso. Para determinar o coeficiente de permeabilidade, em 1856, o engenheiro francês Henry Darcy realizou um experimento com um arranjo similar ao mostrado na Figura 1, para que assim pudessem estudar as propriedades do fluxo de água através de uma camada de filtro de areia.

O autor notou que o fluxo ocorria com uma vazão (Q) a qual poderia ser obtida através da Equação 1.

$$Q = k \frac{h_1 - h_2}{L} A \quad (1)$$

Onde:

Q = é a vazão;

k = é a permeabilidade;

L = comprimento do solo;

A = área da seção transversal;

h1 = carga total no início do fluxo;

h2= a carga total no final do fluxo;

Através deste experimento constatou-se a correlação que relaciona a taxa de perda de energia da água (gradiente hidráulico) no solo com a sua velocidade de escoamento, conforme a Figura 1.

Pode-se entender gradiente hidráulico (i) como a carga que se dissipa ao longo da percolação, como pode ser visto na Equação 2.

$$i = \frac{h}{L} \quad (2)$$

O coeficiente de permeabilidade (k) pode ser chamado de condutividade hidráulica.

A condutividade hidráulica considera as características do meio como porosidade, tamanho, distribuição, forma e arranjo das partículas, e as características do fluido que está escoando (CPRM, 2000). Esse parâmetro é um valor numérico que possibilita saber o quão permeável é aquele solo. Quanto maior o coeficiente de permeabilidade, maior o fluxo de água no solo, ou seja, mais permeável esse é.

Alguns são os fatores que influenciam no valor do coeficiente de permeabilidade do solo, como o índice de vazios, temperatura, grau de saturação e estrutura do solo.

Na Tabela 1 pode-se observar o coeficiente de permeabilidade para alguns materiais e a característica do escoamento.

Tabela 1 - Coeficiente de permeabilidade típica

K			Material	Características de escoamento
	<i>cm/seg</i>	<i>m/dia</i>		
10^{-2}	1 a 100	864 a 86400	Pedregulho limpo	Aquíferos bons
10^{-3}	0,001 a 1	0,86 a 864	Areias limpas, misturas de areia limpa e pedregulho	
10^{-7}	10^{-7} a 10^{-3}	$8,64 \cdot 10^{-5}$ a 0,86	Areias muito finas; siltes; misturas de areia, silte e argila; argilas estratificadas	Aquíferos pobres
10^{-9}	10^{-9} a 10^{-7}	$8,64 \cdot 10^{-7}$ a $8,64 \cdot 10^{-5}$	Argilas não alteradas	Impermeáveis

Fonte: (MARGARON, 2018)

2.3 DRENAGEM PLUVIAL

2.3.1 Contexto histórico

Machu Picchu, a famosa cidade perdida dos Incas, é objeto de estudo de drenagem por ter sido extraordinariamente projetada em um local onde não poderia receber tamanha obra, e os engenheiros da mesma, usaram técnicas para contornar os problemas que surgiram. Destaca-se uma técnica de agricultura conhecida como terraceamento, vista na Figura 2, cujo objetivo é conservar o solo, controlar as erosões e armazenar água no solo. Os terraços são construídos em nível, desta forma concentra a água da chuva dentro da lavoura. O sistema de drenagem dessa civilização formado por uma camada de solo arável, seguido por areia e posteriormente um, a camada de cascalho e pedras maiores.

Figura 2 - Técnica de terraceamento



Fonte: (TUCCI,2014)

Segundo Tucci (2014), drenagem urbana, pode ser definida como conjunto de medidas com o objetivo de minimizar a intensa urbanização que ocorre nas cidades, diminuindo assim os prejuízos causados por inundações e estimulando o desenvolvimento urbano de forma sustentável e planejada.

Alagamentos, inundações e enxurradas repetidamente são temas recorrentemente noticiados nos jornais, e, equivocadamente justificados como desastres naturais provocados pelo período do ano chuvoso. Porém, tais ocorrências podem ser explicadas pela somatória de fatores naturais (meteorológico e geotécnico) e antrópicos (urbanização). Com a remoção da vegetação natural e o nivelamento das depressões do terreno, para que seja implementado a construção, ocorre um aumento do escoamento superficial juntamente com a produção de sedimentos devido a erosão.

Analisando a Figura 3, pode-se observar o ciclo da evolução da urbanização, onde nota-se a expansão da área impermeabilizada e conseqüentemente a redução da permeabilidade do território, gerando assim um desequilíbrio do ciclo hidrológico urbano. Dentre os efeitos negativos provocados pela urbanização sem planejamento no meio ambiente, pode-se citar o aumento significativo no volume total de efluentes produzidos pela população residente, a diminuição de áreas verdes e a necessidade de ampliação da infraestrutura sem um devido controle.

Figura 3 - Fluxo de ocorrência das enchentes/inundações urbanas



Fonte: Archdaily (2020)

Ao longo dos tempos, e até à Idade Moderna, as obras de drenagem não foram consideradas, em regra, como infraestruturas necessárias e condicionantes ao desenvolvimento e ordenamento dos núcleos urbanos.

Um exemplo disso ocorreu em Anápolis, onde a obrigatoriedade de aprovação de loteamento com infraestruturas de drenagem só surgiu no Art. 12 da Lei Complementar 131 de 30 de outubro de 2006 onde passou a ser obrigatório para a aprovação de um loteamento e posteriormente a criação de um Plano Municipal de Drenagem Urbana com o Decreto Municipal de nº 40.224 de 01 de novembro de 2016 considerando que o “Sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente numa cidade para realizar a coleta, transporte e o lançamento final das águas superficiais” (Diário Oficial de Anápolis, 2016).

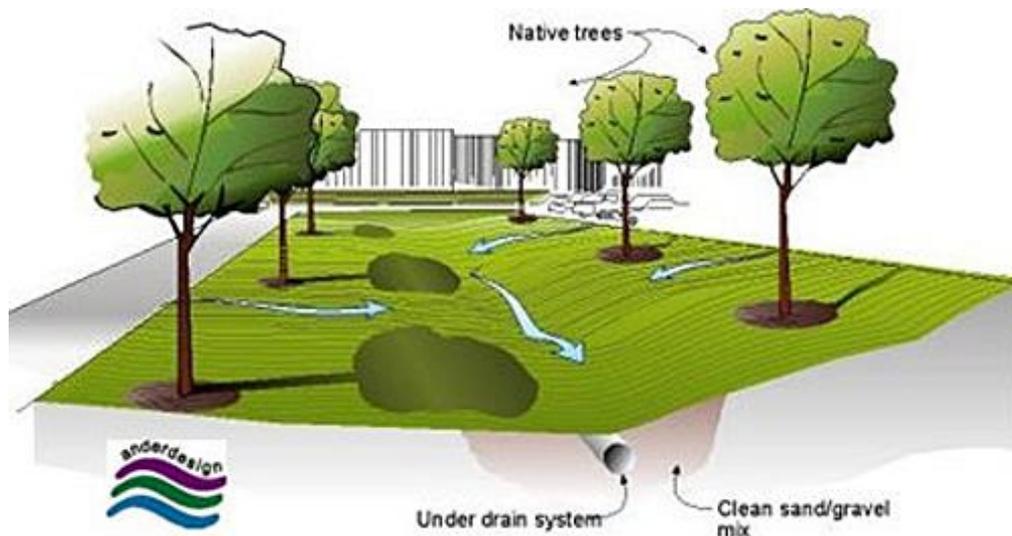
Nas últimas décadas, alguns estudos sobre Drenagem Sustentável foram desenvolvidos e passaram a ser utilizados nas grandes cidades, essas drenagens consistem em sistemas que tem como objetivo diminuir o escoamento superficial através de pequenos componentes que controlam as águas pluviais com a retenção e infiltração destes volumes, aumentando o tempo de detenção e proporcionando a diminuição da velocidade dos escoamentos, desta forma a vazão de pico é reduzida diminuindo a incidência dos alagamentos (MIGUEZ et al, 2016).

Segundo Tucci (2012) para conseguir atingir as metas de sustentabilidade vem sendo implantadas diversas técnicas e desenvolvidos alguns estudos sobre drenagem sustentável, por exemplo:

- *LowImpactDevelopment* (LID, desenvolvimento de baixo impacto);
- *WaterSensitiveUrban Design* (WSUD, Projeto Urbano de Água Adequado);
- *SustainableUrbanDrainage Systems* (SUDS, Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável).

O *Low Impact Development* (LID) é uma estratégia desenvolvida pelos americanos, onde visa á estimulação de processos físicos, químicos e biológicos naturais para reduzir os impactos ambientais e diminuir os gastos com sistemas de tratamento por meio da busca das condições hidrológicas pré-existentes. O foco do projeto é analisar lotes individualmente, buscando a retenção das águas pluviais no local por mais tempo por meio da utilização de recursos naturais e de baixo custo como pode-se ver na Figura 4 (DAVIS, 2005).

Figura 4 - Esquema de bioswale



Fonte: *Pierce County, Washington / WSU Extension*

O *WaterSensitiveUrban Design* (WSUD) tem por objetivo integrar o planejamento urbano com a gestão e conservação do ciclo urbano da água onde busca restabelecer o ciclo natural das águas da chuva o mais próximo possível, melhorar a qualidade e a quantidade da água, seus estudos estão mais avançados e aplicados na Austrália e podem servir como modelo para o Brasil devido às circunstâncias climáticas serem equivalentes (POLETO, 2011).

Os princípios do WSUD são: o reaproveitamento de águas da chuva e também criar ambientes urbanos sustentáveis, por meio da utilização dos pavimentos permeáveis, jardins de chuva, valas e poços de infiltração e sistemas de reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis (ACT GOVERNMENT, 2014; CORKERY et al., 2004).

Figura 5 – Desenho urbano sensível da água



Fonte: Emerge Associates (2018).

O Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) desenvolvida nos países do Reino Unido consiste em sistemas de drenagens urbanas sustentáveis, onde visa amenizar o escoamento das águas na superfície e, por consequência, diminuir a poluição causada por detritos levados pelas águas das chuvas, erosão, alagamentos e enchentes onde, só é possível com a implantação de sistemas de infiltração e armazenamento, que permitem o retardo do escoamento, a diminuição do escoamento superficial e o tratamento das águas para aproveitamento de fins não potáveis (CIRIA, 2015). Nas Figuras 6 e 7 Thames evidencia como a cidade está atualmente e como a implantação do SUDS poderia transformá-la.

Figura 6 - Cidade Cinza.



Fonte: Thames21 (2019).

Figura 7 - Cidade Verde.

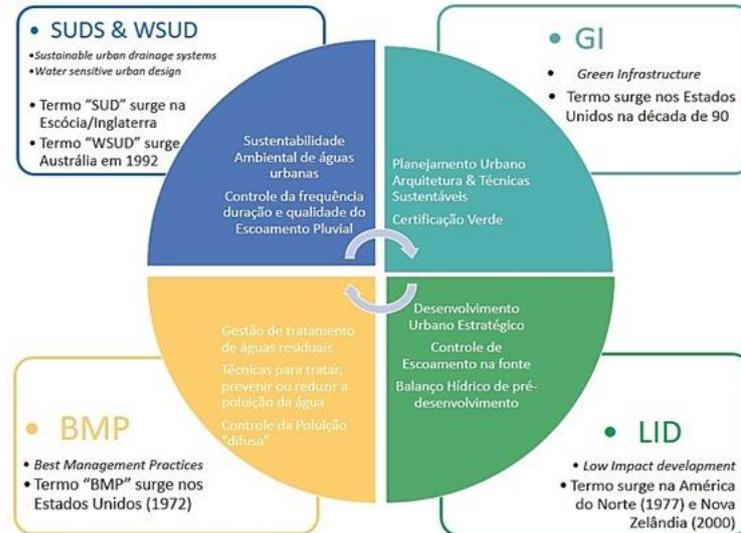


Fonte: Thames21 (2019).

Segundo Silveira (2008), SUDS se destaca e diferencia das técnicas de BMPs (Melhores práticas de gestão) por serem mais abrangentes no planejamento do sistema de drenagem. A SUDS também inclui medidas não-estruturais, como layouts alternativos de estradas e prédios para minimizar a impermeabilização do solo e maximizar o seu uso, preservação da vegetação nativa, redução das fontes de contaminação e programas de educação que promovam novas ações e/ou atividades. Ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos reforçam as vantagens apresentadas por esta concepção do tratamento da drenagem urbana, controlando não somente o pico, mas também o volume, a frequência e a duração, além da qualidade do escoamento (SOUZA, 2005).

A Figura 8 traz um resumo comparativo das melhores práticas de gestões ambientais urbanas.

Figura 8 - Comparativo entre as denominações de drenagem sustentável



Fonte: Archdaily (2020)

2.1 CONCEITO DRENAGEM

De acordo com Oxford Languages (1884) a drenagem é classificada como escoamento de águas de terreno excessivamente úmido por meio de tubos, valas e fossos os quais se encontram instalados na superfície ou nas camadas subterrâneas.

Assim sendo, a drenagem urbana pluvial é o conjunto de tubos, valas que tem como função administrar as águas da chuva, as quais procuram um meio de escoar assim que caem no solo. O sistema de drenagem pluvial é formado por estruturas e instalações de engenharia que foram calculadas para destinar essas águas a uma disposição final reservada para as mesmas (TUCCI, 2014).

Considerando as características acima pode-se agrupar os elementos que compõe um sistema de drenagem urbana em: guia, sarjeta, boca de lobo, galeria pluvial e poços de visita, conforme é apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Detalhe do Sistema de drenagem pluvial e seus componentes



Fonte: Adaptado de ASSEMAE (2015)

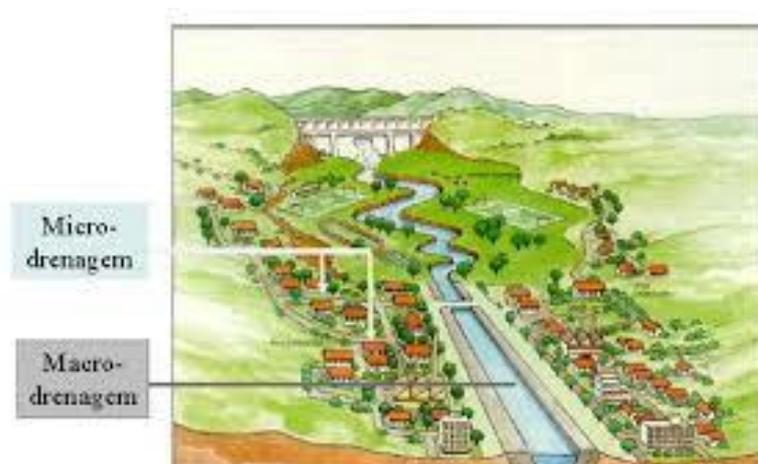
- Guia ou meio-fio: faixa longitudinal de separação do passeio com a rua.
- Sarjeta: canal situado entre a guia e a pista, destinada a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta;
- Bocas-de-lobo ou bueiro: estruturas destinadas à captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas; em geral situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta;
- Galerias: condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento. Possuem diâmetro mínimo de 400 milímetros;
- Poços de visita: câmeras situadas em pontos previamente determinados, destinados a permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;

2.2 SISTEMA DE DRENAGEM

Tucci (2008) escreveu um artigo sobre inundações e drenagens urbanas, onde os sistemas de drenagem são subdivididos em:

- Micro drenagem, onde é definida pelo seu sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana, este tipo de sistema drenagem é projetado para atender as precipitações com risco moderado.
- macrodrenagem, o qual envolve os coletores de diferentes sistemas de micro drenagem. Este tipo de coletor deve ser projetado para acomodar as precipitações superiores da micro drenagem.

Figura 10 - microdrenagem



Fonte: Prof. Hugo Alexandre (2017)

2.3 SISTEMA DE BIORETENÇÃO

O Jardim de chuva, também chamados de sistemas de bioretensão, são áreas escavadas e preenchidas com uma mistura de solo de alta permeabilidade e material orgânico. São medidas que utilizam a combinação da atividade biológica das plantas para ajudar na infiltração e retenção dos volumes de água precipitados. Esses sistemas tendem a proporcionar a máxima infiltração das águas escoadas e o crescimento vegetativo, controlando a quantidade e qualidade das águas advindas do escoamento superficial, através das propriedades químicas, biológicas e físicas das plantas, micro-organismos e solo compõem o sistema (TROWSDALE & SIMCOCK, 2011).

Jardim de chuva, assim como qualquer outra estrutura drenante construída por homens com intuito de melhorar o que a natureza faz é considerado um serviço ambiental já o que o meio ambiente oferece é um serviço ecossistêmico. O jardim de chuva é um serviço ambiental, prestando um serviço ecossistêmico com a drenagem de água, quando acontece essa drenagem trabalha-se as resiliências da cidade, pois com as mudanças climáticas têm-se episódios de chuvas com maior concentração assim como a ausência da mesma, isso significa que em alguns períodos a vazão de água será maior em outros a vazão menor por longos períodos, guardando água no lençol aumenta-se esta resiliência e trabalha-se a biodiversidade.

Estas estruturas têm a característica de receber águas do escoamento superficial e também desafogar as galerias pluviais, assim como mostra na Figura 11.

Figura 11 - Escoamento para o jardim de chuva.



Fonte: Glen Dake via Soluções para Cidades.

Segundo Drummond et al. (2015), os Jardins de chuvas possuem muitas vantagens, entre elas está o fato de promover o aumento da infiltração e filtração das águas que abastecem os aquíferos regionais diminuendo assim a poluição, pois sua estrutura funciona como um filtro, retendo os poluentes e evitando o transporte dos mesmos até os corpos hídricos, contribuem também para a diminuição das ilhas de calor nas cidades e o aumento da biodiversidade urbana.

Os Jardins de chuva podem ser aplicados em ruas, praças, parques e residências, coletando os escoamentos das vias, calçadas e telhados, pois são de fácil manejo e proporcionam um ambiente agradável, agregando beleza e funcionalidade, bem aceitas pela população, sendo uma solução para a micro drenagem das cidades contribuindo com a diminuição dos pontos de alagamentos (TUCCI, 2007).

Segundo a revista digital Ciclo Vivo (2019) a cidade de Nova York começou a construir mais de 5.000 jardins de chuva por seus bairros, entre eles Brooklyn, Bronx e Queens. Anunciadas pelo prefeito Bill de Blasio, as obras fazem parte de um Programa de Infraestrutura Verde da prefeitura.

De acordo com a Revista Ciclo Vivo o Prefeito de Nova York, em uma entrevista expressou sua opinião sobre a implantação dos Jardins de Chuva.

“Estamos empregando todos os recursos à nossa disposição para enfrentar o desafio do aquecimento global de frente, ... Estamos dobrando o tamanho do maior programa de infraestrutura verde do país, criando oásis verdes em nossos bairros e protegendo nossas hidroviárias para todos os nova-iorquinos.” (BLASIO, 2019)

Figura 12 - NYC-Water.



FONTE: CicloVivo -2019

Outras cidades no exterior que já adotaram tais medidas, a primogênita foi a cidade de Tucson, no Arizona, a qual implementou os jardins em larga escala, a técnica desenvolvida pelo africano Phiri Maseko também foi utilizada na cidade de Sydney na Austrália.

Em setembro de 2019 no Rio de Janeiro foi feita a primeira instalação de um Jardim de Chuva, de 200 metros quadrados o qual ficará em frente ao Arco da Lapa. Em São Paulo por meio da Sub Prefeitura Sé, a Prefeitura está construindo mais de 20 mil metros de Jardins de Chuva, na Figura 14 nota-se o início das obras no canteiro central da Avenida Santo Amaro.

Figura 13 - Jardim de Chuva em Sidney-Australia.



Fonte: Folha Alphaville

Figura 14 - Início das obras no canteiro central da Avenida Santo Amaro.



Fonte: Ciclo Vivo (2020)

“A Prefeitura de São Paulo entregará à população o maior sistema de jardins de chuva da área central, localizado no eixo da Rua Major Natanael, no Pacaembu, Zona Oeste (Figura 14). Serão cinco jardins, com área de 2.300 m², que terão a função de ampliar a permeabilidade urbana” (Ciclo Vivo, 2020).

3 RESULTADOS

3.1 EXECUÇÃO DO JARDIM DE CHUVA

A execução do Jardim de chuva poderá variar de acordo com o local a ser instalado como: canteiros centrais de avenidas largas, calçadas largas, pátios, estacionamento ou até mesmo em praças públicas. A base da execução sempre será a mesma variando apenas no tamanho de cada jardim de acordo com o espaço de instalação.

Inicialmente são necessárias algumas autorizações antes do início da obra, sendo elas:

- Licença Ambiental;
- Autorização do órgão responsável pelo tráfego (caso a instalação seja efetuada em via pública);
- Autorização do proprietário do lote (caso a instalação seja no calçamento de terceiros);

Com os documentos de autorização da execução em mãos é necessário ter o projeto de execução, orçamento, a mão de obra, equipamentos como fresadoras e escavadeira e o material já previamente separado.

Para execução do jardim, após todo processo burocrático finalizado o primeiro passo é a retirada da cobertura inicial e a escavação das valas. Após a abertura das valas e drenos com conexão ao meio fio, forra-seco fundo com uma manta geotêxtil, esse material possibilita apenas a passagem de água, se comportando como um feltro grosso, a manta geotêxtil é constituída por filamentos de material sintético, onde a matéria-prima é proveniente de material reciclável como garrafa PET (poli tereftalato de etileno) tornando assim um produto ambientalmente correto.

Após a colocação da manta, acopla-se uma manilha no centro da vala e preenche o seu entorno pedra marroada, que são pedras grandes com dimensões acima de 10 cm obtidas através de marretadas e com brita nº 04 e 05 que possuem dimensões maiores que 5 centímetros e menores que 10 centímetros. A manilha é colocada no centro para evitar o risco da água extravasar. Na Figura 15 têm-se primeiramente a pedra marroada seguida da brita onde nota-se a diferença de dimensões entre elas.

Figura 15 - pedra marroada e brita

Fonte: Google (2020)

A importância das plantas no jardim de chuva, se deve pela continuidade da infiltração. Ao direcionar a água para o jardim que está forrado com a manta geotêxtil e se comporta como uma caixa de pedra, essa água não chega limpa até o jardim, e sim, carregada de detritos, com matéria orgânica, que irá ficar depositada nos espaços vazios entre as pedras e poderiam assim entupir os canais de infiltração. Quando se coloca plantas, cria-se uma estrutura viva que irá crescer por entre esses caminhos, criando assim novos dutos para que a água passe. Na época da chuva, as plantas bombeiam as águas. Sendo isso uma tecnologia baseada na natureza, pois, reproduz exatamente como a natureza funciona. É uma das características de soluções baseadas na natureza é trabalhar com biodiversidade, portanto aconselhável a instalação de plantas locais. A escolha das plantas irá depender do local a ser instalado, do tamanho disponível para implantação do jardim e do clima típico da região.

Jardins instalados em calçadas e em canteiros de avenidas podem ser usados: gramas, pequenos arbustos e plantas menores. Jardins maiores instalados em praças e trevos podem ser usados plantas de maior porte, e assim terá a estrutura necessária de raízes crescendo entre as pedras fazendo com que a água infiltre. Já as gramas conseguem sobreviver por cima das pedras porque elas lançam raízes por esses vãos buscando nutrientes e água. No caso da Figura 16 as plantas usadas na rotatória foram de pequeno porte para que não atrapalhasse a visão e na calçada, plantas de porte intermediário.

Por cima das pedras é colocada grama e/ou plantas, já que a chuva traz nutrientes fazendo com que as plantas e/ou a grama grudem nas pedras e assim cresçam normalmente. Os tipos de gramas e plantas que podem ser usadas irão variar com o local, clima e região de implantação, são: a grama amendoim que possui características sazonais que secam na seca e volta assim que chove e também a grama batatais; o mesmo serve para as plantas que são

sazonais, o importante é que tenham estruturas de raízes descendo entre os nutrientes das pedras.

Figura 16 - instalação do jardim em rotatória e em calçadas

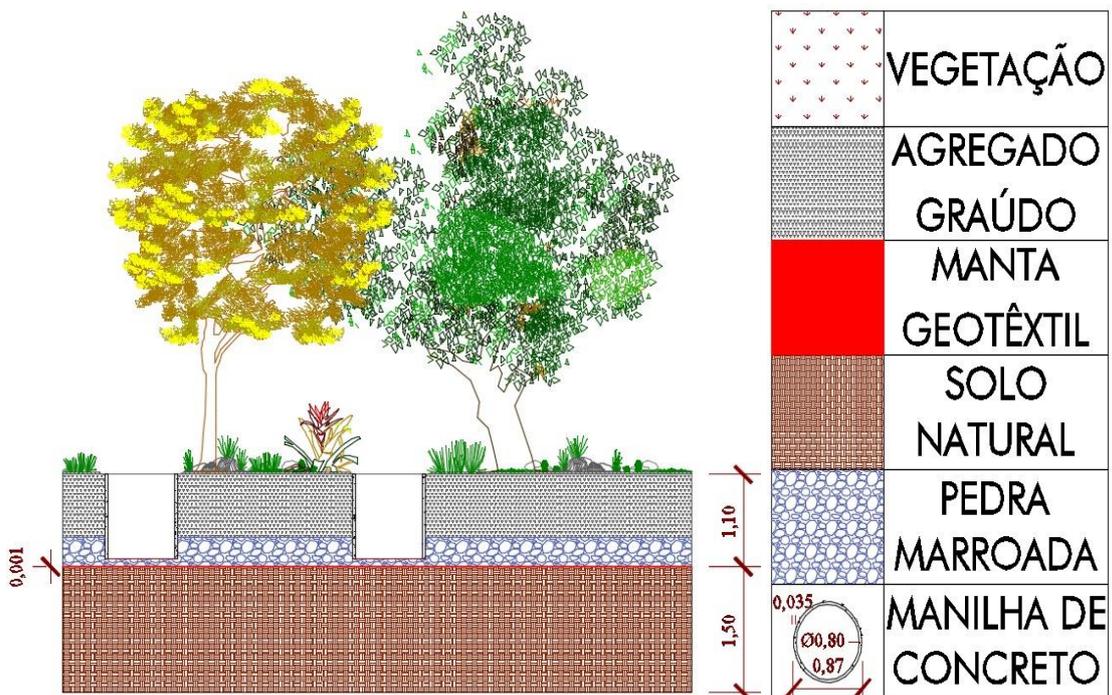


Fonte: Ciclo vivo (2018)

3.2 PROJETO

Um projeto de um jardim de chuva elaborado pela autora, idealizado para uma praça onde a um grande espaço de implantação. Pode ser observado através das Figuras 17 e 18, onde a Figura 17 é uma vista frontal e a Figura 16 uma vista superior.

Figura 17: Vista frontal do projeto de jardim de chuva



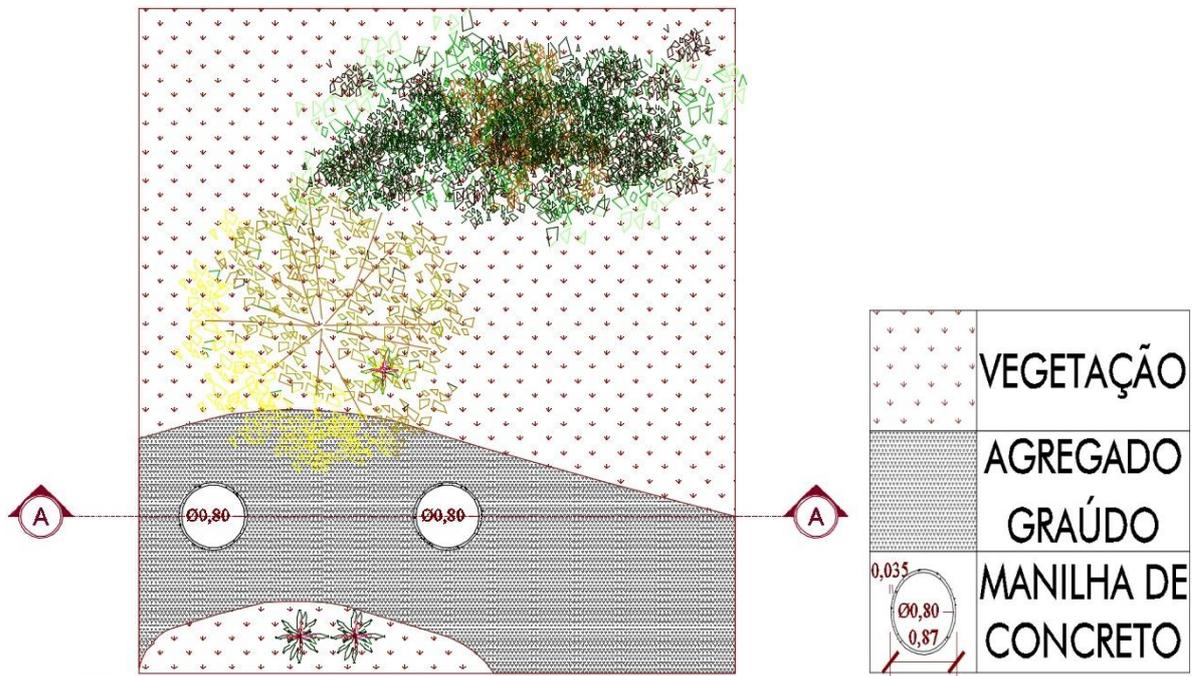
Fonte: Própria Autoria (2020)

Na Figura 17, de cima para baixo tem-se uma mistura de agregado graúdo o qual é composta por brita nº4 e nº5 misturado com pedra marroada com 1,1 metros de espessura, seguido pela presença da manta geotêxtil e abaixo dela o solo natural.

A brita e pedra marroada tem fundamental importância no espaçamento do jardim, por terem grandes dimensões permitem que haja espaços vazios entre elas, onde a água possa percolar com facilidade, já a manta geotêxtil tem a função de drenagem e filtração pois impossibilita a passagem de mistura de diferentes materiais, ficando retido acima da manta. As manilhas de concreto funcionam como um reservatório e também evita que água extravase, ficando retida ali por mais tempo e gradualmente sendo infiltração no solo.

Na Figura 18, têm-se a vista superior do jardim de chuva, onde é visto a vegetação circundante ao jardim, composto por diferentes vegetações, algumas de maior porte outras já rasteiras, também é possível notar a presença das manilhas que foram propostas no projeto e as pedras superiores do jardim.

Figura 18: Vista superior do projeto de jardim de chuva

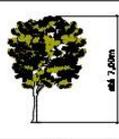
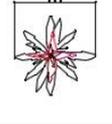
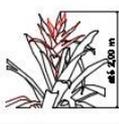


Fonte: Própria Autoria (2020)

As plantas instaladas no jardim vão depender também do clima da região que serão implantadas, na Figura 19 têm-se alguns exemplos de plantas típicas do cerrado que podem ser utilizadas e bem adaptadas ao clima sazonais presente em alguns Estados Brasileiros. Os exemplos apresentados são:

- Ipê-do-cerrado: muito utilizado em paisagismo urbano, preferida pela precocidade da floração e pelo porte não tão alto, nativa do cerrado Brasileiro;
- Copaíba: típica em zonas de transição entre mata atlântica e o cerrado, árvore de folhas alternas e muito usada na restauração de áreas degradadas;
- Gravatá: uma espécie de bromélia, é bem resistente à diversidade de solo, temperatura e estiagem. Possui ciclo perene, poucas folhas espinhosas, produz frutos comestíveis e utilizados na medicina popular.

Figura 19: Exemplos de Plantas típicas do Cerrado.

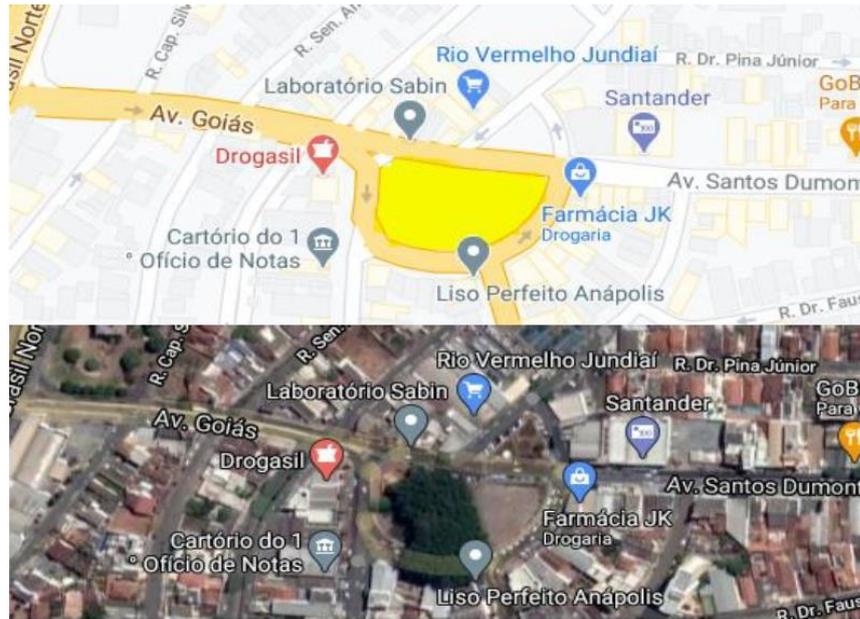
LEGENDAS						
	Nome	Descrição	Planta	Vista	Tipo	Porte
	Ipê-do-cerrado (<i>Handroanthus ochraceus</i>)	Árvore de médio porte, 6 a 14 metros de altura, bem copada. Tronco fissurado e de casca grossa. Folhas digitadas com cinco folíolos, lisas na face superior, esbranquiçadas na face inferior. As flores são amarelas em cachos.			Árvore	Pequeno
	Copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i>)	Tende a medir de 5 a 35 metros de altura. Porém, em áreas de cerrado e caatinga sua altura varia de 1,80 a 13 metros de altura, tendo menor porte.			Árvore	Médio
	Gravatá(<i>Bromelia antiscantha</i>)	Esta espécie apresenta hábito terreste, chegando a alcançar 2 metros de altura.			Arbusto	Médio

Fonte: PrópriaAutoria (2020)

3.3 ESTUDO DE CASO

Foi adotado como estudo de caso a implementação do jardim de chuva na Praça Dom Emanuel, a qual está localizada no bairro Jundiá e faz confrontantes com a Avenida Goiás, Avenida Minas Gerais, Avenida São Francisco e Avenida Santos Dumont na cidade de Anápolis-Goiás. Na Figura 20 está a visão via satélite acompanhada de mapa mostrando a localização da praça.

Figura 20: Mapa da localização da praça adotada como estudo de caso



Fonte: Google Maps (2020)

A praça tem este nome, homenageando o primeiro arcebispo de Goiás, Dom Emanuel o qual foi responsável pela solicitação que trouxe os frades franciscanos para a região. A praça também foi alvo de polêmica no final do ano de 2018, onde por solicitação da secretaria do meio ambiente, foram retiradas quatro árvores de centenárias do local, por estarem com suas raízes podres e comprometidas colocando assim em risco a população. No local destas, após estudos de uma equipe de engenheiros da prefeitura, foi implantado o jardim de chuva como forma de conter o grande lançamento de água sobre a região. A Figura 21 mostra a praça antes da implementação do jardim e o depois.

Foi feita a escolha dessa praça em específico como teste inicial da implantação do jardim de chuva em Anápolis, a praça é circundada por grandes avenidas e recebe uma grande vazão de água devido a declividade da Avenida São Francisco que desagua diretamente na praça, sendo assim era uma região de grandes alagamentos e inundações. Logo abaixo da praça a algumas quadras existe a Praça do Ancião que também recebia um grande volume de água advindo da junção na Praça Dom Emanuel e do córrego que passa ao lado, sendo assim a implantação do jardim de chuva na Praça Dom Emanuel desafogaria também essa Praça do Ancião que tinha inundações recorrentes.

Na Praça foi implementado um jardim de aproximadamente 15 metros quadrados a Figura 21 mostra o projeto que foi implementado e outras modificações que foram feitas na praça.

Figura 21: Antes e depois da implementação do jardim de chuva na praça Dom Emanuel.



Fonte: Site oficial da prefeitura de Anápolis (2019)

Figura 22: projeto paisagístico da praça Dom Emanuel.

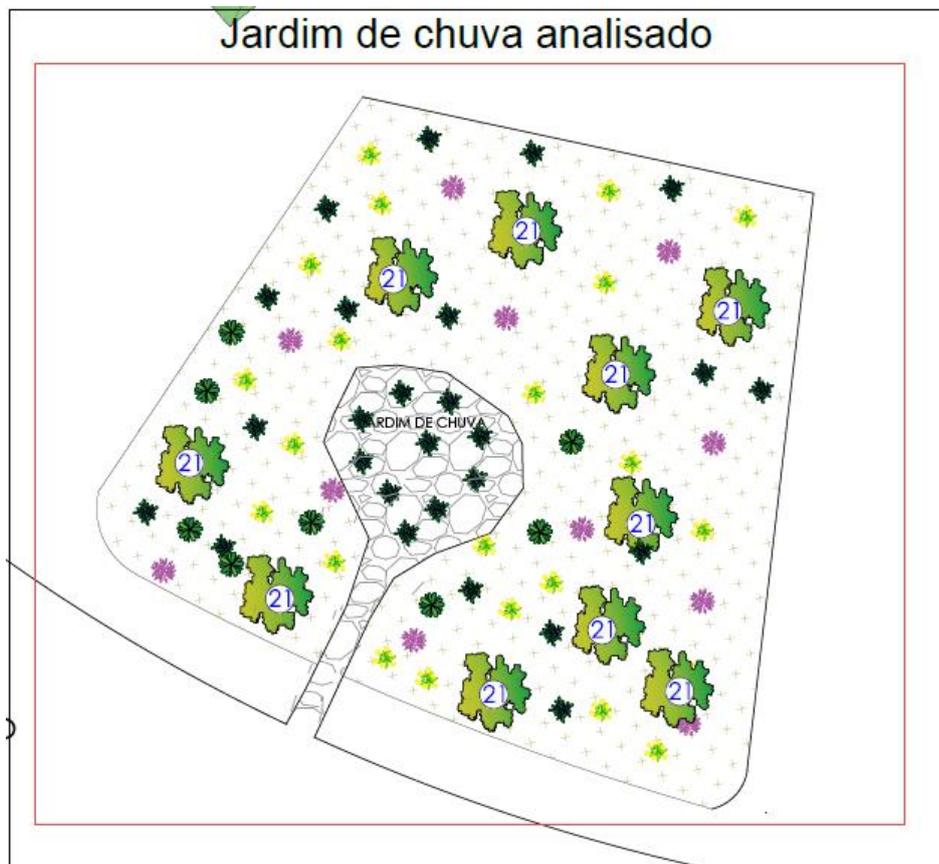


Fonte: acervo da prefeitura municipal de Anápolis (2018)

O jardim de chuva implementado a vista em planta consta na figura 22, no tempo de execução de 23 dias, e é composto de manta Geotêxtil Bidin, tela de galinheiro, cimento, areia, terra, brita, blocos de cimento pigmentando e manilha de 1,5 m de altura, e blocos de cimento pigmentado, o processo executivo foi abertura da bacia seguida por forragem com a manta bidin, a qual foi coberta por pedra amarrada e brita acomodados e dando sustentação mecânica as manilhas que foram colocadas em cima dos drenos no caso de extravaso da água.

A vegetação do jardim foi constituída de Ipês, Sigônio, Dracena Cordeline, Dama da noite, Filo dendro verde, Pêlo de Urso, Capim palmeira, Hileia Verde, Palmeira Leque, Sibipiruna, Grama Amendoim(*Arachis pintoii*), Camarão Azul, Pau Brasil, Guariroba, Palmeirafênix, Dracena tricolor, Palmeira rubra, Pau ferro, Azaleia, Lantana, Clorofitos e Cagaita. O projeto foi feito por servidores da Prefeitura e o material utilizado foi de estoque de algumas outras obras que haviam sobrado sendo assim não foi feito a contabilização e orçamento do mesmo. Na Figura 23 é possível ver com mais detalhes o projeto paisagístico realizado.

Figura 23: projeto ampliado



Fonte: acervo da Prefeitura Municipal de Anápolis (2018)

4 CONCLUSÃO

A utilização de técnicas e alternativas que contribuam no manejo de águas pluviais de maneira sustentável e eficiente é fundamental para a melhoria da qualidade do sistema urbano ambiental. O intuito dessas alternativas são diminuir os efeitos negativos causados pela urbanização. Dessa maneira, através do exposto nesse trabalho pode-se evidenciar o enorme potencial do projeto apresentado como solução para a restauração de ecossistemas urbanos.

A relação do indivíduo com a água tem a ver com a forma de ocupar o solo e com a sua maneira de resistir às mudanças climáticas que acontecem inclusive no município de Anápolis. Nessa perspectiva, a relação do indivíduo com a água estabelece relações extremas, onde se têm a falta de água durante a seca e cada vez mais chuvas avassaladoras, acentuando gradativamente mais devido a ao fato das mudanças climáticas serem mais rápidas do que a adaptação do sistema de esgoto.

Os jardins de chuva são uma forma de potencializar os serviços ecossistêmicos e dessa forma trabalhar e aumentar a resiliência da relação do indivíduo com a água. Potencializar o serviço ecossistêmico é fazer o que a natureza já faz, ou seja, guardar a água no lençol freático o jardim de chuva traz de volta esse sistema, o qual devido ao grande aumento da impermeabilização urbana, não consegue mais, voltando assim a ter sustentabilidade nas nascentes. O Jardim de chuva é uma forma prática de solucionar os problemas das enchentes, não é necessário uma mão de obra qualificada para o serviço comparado a uma obra de drenagem, o tempo de instalação é curto e é uma obra limpa onde não é necessário tanta movimentação de terra para que se faça a instalação sendo também um ponto muito positivo. Sendo assim temos o jardim de chuva como uma bacia de infiltração das águas pluviais o que auxiliam no controle de enchentes e a purificação da água à ser infiltrada no solo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.M.S.; BLUMENSCHHEIN, R.N. **Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão?**Paranoá, Brasília, no 10, p. 59-76, 2013.

Anne Guillette,EstúdioProfissional de Design de Baixo Impacto Credenciado pelo LEED (anteriormente com o Centro de Desenvolvimento de Baixo Impacto) -2016
Archdaily, drenagem-urbana-sustentavel-para-a-concretizacao-de-metas-de-ods-onu/5d1ca93f284dd110560001f2-drenagem-urbana-sustentavel-para-a-concretizacao-de-metas-de-ods-onu-imagem,2020.

Ashok Sharma Ted Gardner Don Begbie, Approaches to Water Sensitive Urban Design, 2018

Blasio, 2019- Entrevista para Revista Ciclo Vivo.

Ciclo Vivo, (2017), Mão na Massa- Permacultura.

Ciria, (2015). Org/Memberships/The_SuDs_Manual_C753_Chapters.aspx.

CPRM. (2000). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações 2ª Edição.

CPRM. (2008). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações 3ª Edição. CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Poleto, C. (2011). SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. *Revista Thema*, 8(1). Recuperado de <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/38>.

Faculdade de Engenharia – NuGeo/Núcleo de Geotecnia Prof. M. Marangon Mecânica dos Solos II HIDRÁULICA DOS SOLOS

Hinman, C. & DAVIS (2005)- Low Impact Development: technical guidance manual for puget sound. Puget Sound Action Team & Washington State University Pierce County Extension. 246p.

Hugo Guedes, Drenagem Urbana, Microdrenagem,2017.

LEI Nº 9.511, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2014/ Prefeitura de Goiania

Leis Complementares, Anapolis

(<http://www.leis.anapolis.go.gov.br:8104/leis/page/listaLeisComplementar.jsf>)

MIGUEZ, Marcelo G. et al. Drenagem urbana: do projeto à sustentabilidade. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

Orientação sobre a construção de SuDS (C768) – CIRIA – 2015

Por Alexson Scheppa Peisino(AlexSP) - Obra do próprio, Domínio público, terracamento Peru. 2007.

RevistaCicloVivo , Jardins de Chuvacentro de São Paulo, 2020.

Secretaria de MeioAmbiente, Habitação e Planejamento Urbano de Anápolis – PRÓÁGUA.

SOUZA, C. F. **Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana, 2005**, 174f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SILVEIRA, Geraldo L. Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais: incentivo à sustentabilidade. Relatório de Pós-Doutorado, 2008.

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2005.

Soluções para Cidades, Saneamento, Revitalização de Ruas de Portland, 2013.

TROWSDALE, S. A. & SIMCOCK, R. **Urban Stormwater treatment using bioretention. Journal of Hydrology**. V. 397, p. 167-174. 2011.

Tucci CEM, Cordeiro OM. **Diretrizes estratégicas para a ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil**. REGA. 2004; 1(1):21-35

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. Capítulo 14 do Livro Água Doce. UFRGS. 1997.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4º ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014.

WSUD. Water Sensitive Urban Design Program. City of Melbourne WSUD guidelines applying the model WSUD guidelines. Melbourne Water, 200