

***Cidade Esponja* – Aplicação do Conceito e Métodos no Bairro Marechal Gomes da Costa, Porto**

Jéssica Simões Fogueiro

Mestrado em Arquitetura Paisagista

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2019

Orientador

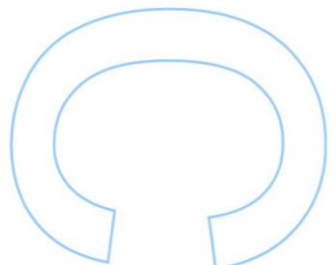
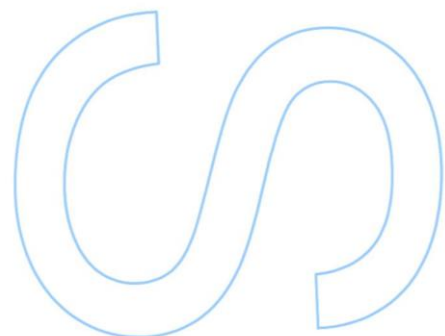
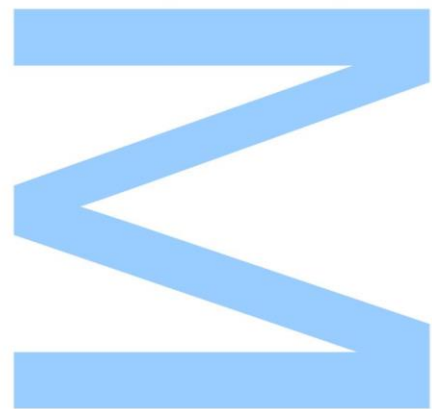
José Miguel Lameiras

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Paulo Palha

Neoturf





Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____ / ____ / ____

W

S

O

AGRADECIMENTOS

À minha irmã, Élia, por tudo, principalmente pelo apoio, sempre. Aos meus pais por me permitirem sempre fazer as minhas escolhas e me ensinarem o valor do trabalho.

Aos meus amigos, pelas noites e fins de semana de trabalho, e pelas noites e fins de semana de descontração, pela cumplicidade.

Ao prof. José Lameiras, pela paciência, disponibilidade, método de orientação e por nos ter trabalhado para que tudo corresse sempre pelo melhor.

Ao Eng. Paulo Palha e a toda a equipa, que me receberam tão bem. Pela orientação, pelas excelentes oportunidades que me proporcionam, pelo conhecimento profissional, e principalmente pela confiança transmitida.

À prof. Isabel Martinho, pela orientação e por toda a preocupação e acompanhamento ao longo do tempo, e principalmente pela sugestão de um tema que me cativa imenso.

RESUMO

As alterações climáticas são um problema inegável e cada vez com consequências mais extremas, com maior foco nas zonas urbanas, quer pela grande densidade humana quer pela grande densidade de construção e impermeabilização, onde as consequências negativas vão ser mais sentidas.

Conjugando o crescimento exponencial da população, que leva à massificação e impermeabilização do solo urbano, às consequências das alterações climáticas, resultam em fatalidades humanas, perda de biodiversidade e destruição de habitats, e perdas económicas imensas.

Para resolver este problema é necessário desenhar uma cidade para infiltrar ao contrário de escorrer a água, e desta necessidade nasceu a Cidade Esponja (CEs).

A implementação prática e formalização de uma cidade esponja reduz o risco de inundação, quer pelo aumento da infiltração da água no solo, quer pelo facto de retardar os picos de concentração das águas da chuva, promovendo a retenção de água.

Este conceito não só reduz o risco de inundação, como também melhora também a qualidade de água, mantém e restaura a biodiversidade, há uma mitigação do efeito ilha de calor, entre outras vantagens.

Para melhor entender como conseguir os resultados para uma CEs foi feita uma análise de casos de estudo, boas práticas projetuais relacionadas com a implementação de soluções relacionadas com a otimização da infiltração e absorção de águas, da sua construção e manutenção e uma reflexão a de como tornar estes instrumentos mais acessíveis, seja com incentivos financeiros, com reduções de impostos ou outros.

Com base na revisão da literatura e dos casos de estudo seguiu-se a aplicação do conceito num caso de estudo no Porto, localizado no Marechal Gomes da Costa, e calcular os índices aproximados de permeabilidade do espaço.

Foi então desenvolvida uma proposta, cm o objetivo de otimizar e aumentar a permeabilidade do espaço, assim como a sua capacidade ao nível da retenção de águas. Depois de reunir a informação necessária é analisada a área proposta pelo atelier, o bairro, e são calculados os índices aproximados de permeabilidade do espaço.

A proposta permitiu, por fim, comparar aproximadamente a área permeável atual do local e na proposta, a grande diferença coube maioritariamente por se tratar de uma área urbana consolidada, muito marcada pela presença de rede de circulação automóvel e pedonal, a proposta incidu sobre o espaço público, refletindo sobre as diferentes tipologias de vias de circulação, as praças e a possibilidade de criação de coberturas ajardinadas. As soluções propostas consideram a criação de uma rede de valas de infiltração, pavimentos permeáveis, jardins de chuva.

Palavras-chave: Água da Chuva, Cidade Esponja, Jardim de Chuva, Coberturas Verdes, Inundações, Cidades Resilientes, Permeabilidade, SUDS

ABSTRACT

Climate change is an undeniable problem and increasingly more extreme consequences, with a greater focus on urban areas, both due to the high human density and the high density of construction and waterproofing, where the negative consequences will be most felt.

Combining exponential population growth, which leads to the massification and sealing of urban land, the consequences of climate change, result in human fatalities, loss of biodiversity and habitat destruction, and immense economic losses.

To solve this problem, it's necessary to design a city to infiltrate as opposed to draining water, and from this need was born the Sponge City (CEs).

The practical implementation and formalization of a sponge city reduces the risk of flooding, either by increasing water infiltration into the soil or by slowing down the concentration of rainwater, promoting water retention.

This concept not only reduces the risk of flooding, but also improves water quality, maintains and restores biodiversity, there is a mitigation of the heat island effect, among other advantages.

To better understand how to achieve the results for an CEs, a case study analysis was done, good design practices related to the implementation of solutions related to the optimization of water infiltration and absorption, its construction and maintenance, and a reflection on how make these instruments more accessible, whether with financial incentives, tax breaks or others.

Based on the review of the literature and case studies followed the application of the concept in a case study in Porto, located in Marechal Gomes da Costa, and calculate the approximate rates of space permeability.

A proposal was then developed to optimize and increase the space permeability, as well as its water retention capacity. After gathering the necessary information, the area proposed by the studio, the neighborhood, is analyzed and the approximate space permeability indexes are calculated.

Finally, the proposal made it possible to compare approximately the current permeable area of the site and in the proposal, the major difference was mainly due to the fact that it is a consolidated urban area, very marked by the presence of a car and pedestrian circulation

network. public space, reflecting on the different types of traffic routes, the squares and the possibility of creating garden roofs. The proposed solutions consider the creation of a network of infiltration ditches, permeable pavements, rain gardens.

Key words: Stormwater, Sponge City, Rain Garden, Green Roofs, Floods, Resilient Cities, Permeable, SUDS

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS E FIGURAS.....	1
LISTA DE ABREVIATURAS	3
1. INTRODUÇÃO	5
1.1 ÂMBITO E OBJETIVOS	5
1.2 METODOLOGIA.....	7
2. CIDADES ESPONJA	8
2.1 PRINCÍPIOS ORIENTADORES	8
2.2. PRINCIPAIS PROBLEMAS ABORDADOS PELAS CIDADES ESPONJA	8
2.3 CONCEITO	9
2.3.1 O QUE É UMA CIDADE ESPONJA	10
2.4 BENEFÍCIOS DA CIDADE ESPONJA	11
2.5 ESTRATÉGIAS DE INCENTIVO À IMPLEMENTAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE ÁGUA PLUVIAL	12
2.6 SISTEMAS DE GESTÃO DE ÁGUA	13
2.6.1 JARDINS DE CHUVA	13
2.6.2 IMPLEMENTAÇÃO	14
2.6.3 VEGETAÇÃO.....	15
2.6.4 MANUTENÇÃO	17
2.7 COBERTURAS VERDES.....	18
2.7.1 DEFINIÇÃO	18
2.7.2 IMPLEMENTAÇÃO	18
2.7.3 MANUTENÇÃO	20
2.8. VALAS DE INFILTRAÇÃO	22
2.8.1 DEFINIÇÃO	22
2.8.1 IMPLEMENTAÇÃO	23
2.8.2 MANUTENÇÃO	24
2.9. O PAVIMENTO PERMEÁVEL.....	25
2.9.1 DEFINIÇÃO.....	25
2.9.2 IMPLEMENTAÇÃO	26
2.9.3 MANUTENÇÃO	27
2.10. BACIAS DE RETENÇÃO / ZONAS PANTANOSAS	27
2.10.1 DEFINIÇÃO	27

2.10.2	IMPLEMENTAÇÃO	28
2.10.3	MANUTENÇÃO	29
3.	CASOS DE ESTUDO	31
3.1	O BAIRRO RESILIENTE DE ST. KJELD.....	31
3.2	DERBYSHIRE STREET POCKET PARK	33
3.3	MELBOURNE, AUSTRÁLIA	34
4.	PROJETO PARA O BAIRRO MARECHAL GOMES DA COSTA.....	37
4.1	ANÁLISE	37
4.1.1	VEGETAÇÃO PROPOSTA.....	39
4.2	PROGRAMA	39
4.3	PROPOSTA	40
5.	CONCLUSÃO.....	57
	GLOSSÁRIO	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	SITES CONSULTADOS.....	63
	DOCUMENTOS CONSULTADOS	64
	ANEXOS	67

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Figura 1 Fotografia exemplo de jardim de chuva. Fonte: motherearthliving.....	14
Figura 2 Fotografia representativa de um jardim de chuva. Fonte: drscw.org	16
Figura 3 Exemplo das três zonas que constituem um jardim de chuva: zona seca, intermédia e de inundação Fonte: autora	17
Figura 4 - Representação em isometria explotada dos materiais usados na construção de uma CV. Fonte: nwclimate	19
Figura 5 – Projeto de CV na ETAR de Alcântara Fonte : Fig.cima- Leca Fig. baixo - Proap	21
Figura 6 - Vala de infiltração, West Lothian (Fonte: CIRIA Report)	22
Figura 7 - Vala de infiltração durante episódio de chuva (Fonte: CIRIA report)	23
Figura 8 - Representação do escoamento viário para a vala de infiltração. Fonte: jpalandscapeblog	24
Figura 9 - Representação em corte de uma vala de infiltração. Fonte: CIRIA Report	24
Figura 10 - Pavimento permeável no projeto da Turenscape University of International Relations Campus. Fonte: Turenscape.....	25
Figura 11 - Corte representativo da implementação de pavimento permeável. Fonte: CIRIA Report	26
Figura 12 - Representação esquemática da construção de uma lagoa. Fonte: CIRIA Report	28
Figura 13 - Representação em plano e elevação de uma bacia de retenção (Fonte:CIRIA Report)	29
Figura 14 - Simulação do projeto de St. Kjeld (fonte: Abitare).....	31
Figura 15 - Fotografia do projeto finalizado e da vegetação em desenvolvimento. Fonte:landscapeiskingston.....	32
Figura 16 - Simulação das soluções de tecnológicas utilizadas no projeto. Fonte: outdoordesign	32
Figura 17 - Fotografia de uma vala de infiltração Derbyshire Street pocket park. Fonte: London.gov	33
Figura 18 - Representação esquemática dos sistemas utilizados na Derbyshire Street pocket park. Fonte: London.gov	34
Figura 19 - Imagem exemplificativa do impacto da urbanização no ciclo da água, caso este não seja bem projetado. Fonte: Melbournewater	35
Figura 20 Fotografia de um jardim de chuva em Howard Street, Melbourne. Fonte: melbournewater	35
Figura 21 – Plano indicativo de intervenções.	38
Figura 22 - Representação da situação da zona A: a) atual; b) proposta.Figura 21 – Plano indicativo de intervenções.	38
Figura 22 - Representação da situação da zona A: a) atual; b) proposta.	41

Figura 22 - Representação da situação da zona A: a) atual; b) proposta. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 23 Situação atual (esq) e situação proposta para o jardim D. João III (drt).a) 41

Figura 23 Situação atual (esq) e situação proposta para o jardim D. João III (drt). 42

Figura 24 Pormenor construtivo do sistema subterrâneo da bacia de retenção. Fonte: CIRIA Report 42

Figura 25 Representação exagerada da situação atual e situação proposta para a área B- demonstração da diferença de cotas. 43

Figura 26 - Representação da vegetação e sistema de infiltração na Rua Diogo do Couto. 44

Figura 27 - Simulação da situação atual (acima) e da situação proposta da área C (a baixo) 45

Figura 28 - Representação em plano da situação atual da Avenida Marechal Gomes da Costa. .. 46

Figura 29 - Representação em plano da intervenção da Avenida Marechal Gomes da Costa. 47

Figura 30 Representação exagerada em corte da Avenida Marechal Gomes da Costa atualmente 47

Figura 31 Representação em corte da Avenida Marechal Gomes da Costa depois da intervenção proposta. 48

Figura 34 Representação em plano da via Rua Padre Fernão Cardim. 49

Figura 33 Corte exagerado da situação atual (esq.) e depois da intervenção (drt) 49

Figura 34 Representação em plano da via Rua Padre Fernão Cardim. 50

Figura 35 - Representação em corte do passeio com vegetação arbórea. Fonte: CIRIA Report ... 50

Figura 36 Corte representativo do antes (acima) e depois (a baixo) da intervenção proposta 51

Figura 37 - Representação em corte de um sistema de bio retenção. Fonte: CIRIA Report 52

Figura 38 - Mapa do sentido de drenagem proposta. 53

Figura 39 – Plano Geral da Proposta de Intervenção no Bairro Marechal Gomes da Costa 54

Figura 40 – Representação da vegetação existente, proposta e a excluir nas áreas de intervenção 55

LISTA DE ABREVIATURAS

SuDS – Sistema de Drenagem Sustentável/Sistemas Alternativos de Drenagem
(*Sustainable Drainage Systems*)

CE – Comissão Europeia

CV – Coberturas Verdes

CEs - Cidade Esponja

“A água é um património comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos. Cada um tem o dever de economizar e de a utilizar com cuidado.”

Carta Europeia da Água, artigo X
Conselho Europeu
Estrasburgo, 6 de maio de 1968

1. INTRODUÇÃO

1.1 ÂMBITO E OBJETIVOS

Este relatório decorreu no âmbito da unidade curricular de Estágio do segundo ano de mestrado em arquitetura paisagista, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

O estágio foi realizado na Neoturf, empresa especializada em coberturas e paredes verdes, a. sob a orientação académica do Prof.^o José Miguel Lameiras, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e orientação profissional do Eng.^o Paulo Palha.

A Neoturf é especialista em infraestruturas verdes, soluções com base na natureza sendo especializada em coberturas verdes, sempre com a preocupação em melhorar técnicas ou produtos que aumentem o respeito pelo meio ambiente, tendo já um histórico de praticamente 20 anos (fundada em 1999), sediada em Matosinhos, Porto.

A empresa reúne uma equipa de arquitetos paisagistas e engenheiros agrónomos, garantindo assim a qualidade criativa e técnica dos serviços prestados e a multidisciplinaridade que oferece nos serviços de consultoria/projetos a Municípios, a escritórios de Arquitetura e Engenharia, executando também a construção/instalação.

Foi motivação para a escolha deste tema os desafios ambientais que o planeta está a passar, principalmente nas zonas urbanas. A sociedade atual enfrenta hoje incalculáveis desafios, para garantir a permanência da espécie humana.

As cidades são um excelente exemplo desse desafio, pois crescem a uma velocidade superior à da implementação de medidas que garantam a resiliência e qualidade de vida dos seus habitantes.

Uma cidade impermeabilizada e densamente construída é uma cidade que não tem capacidade de infiltrar água no solo, fazendo que esta escorra pelo pavimento, levando consigo os poluentes. Quando o sistema de drenagem urbano de não têm capacidade para suportar a quantidade de pluviosidade que ocorre em casos extremos que são cada vez

menos raros, ocorrem inundações, levando a perdas de vidas, destruição de habitats e perdas financeiras.

Segundo o relatório Avaliação Preliminar Do Risco De Inundações Em Portugal Continental da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) de 2018, a tendência de concentração da precipitação em períodos mais curtos deverá traduzir-se também num aumento da frequência de eventos extremos, com ocorrência de precipitações intensas mais frequentes (diminuição dos períodos de retorno) e eventualmente de maior intensidade. Esta situação representa riscos acrescidos no contexto das inundações de origem pluvial, por insuficiência nos sistemas de drenagem urbana para fazer face a estes eventos. De acordo com o relatório, Portugal tem 71 zonas com elevado risco de inundação.

O planeamento de recursos hídricos tem por objetivos gerais a “valorização, a proteção e a gestão equilibrada dos recursos hídricos nacionais, assegurando a sua harmonização com o desenvolvimento regional e sectorial através da economia do seu emprego e racionalização dos seus usos.” [1] para salvaguardar os recursos a água tem que começar a ser de novo infiltrada no solo e não escorrida para fora da cidade e direcionada para os rios e mar carregando poluentes que arrasta com ela durante o escoamento pelas vias e fachadas, que não são filtrados [2].

A solução é a construção de cidades que absorvam em vez de cidades que expelem, nesta necessidade foi criado o conceito de Cidade Esponja (CEs), que permite que a água pluvial se infiltre nos solos o mais rápido possível, concretizando o ciclo da água.

1. 2 METODOLOGIA

Para a realização desta proposta é necessário começar-se por uma 1. revisão de literatura para entender melhor o conceito de CEs, 2. será necessário colher dessa investigação as medidas adotadas ao longo do estudo de casos semelhantes ao que existe na área da proposta, 3. identificando igualmente as oportunidades e os benefícios que as intervenções estudadas trazem para o espaço circundante onde são implementadas. 4. Devem ser também estudadas técnicas não só para intervenção física como para o disseminar da implementação destas técnicas por todos, com por exemplo ajuda municipal de apoios financeiros.

Depois de toda a informação recolhida e explanada 5. terá que ser analisada a área da proposta, identificar as zonas mais sensíveis e perceber quais as áreas de intervenção e quais os métodos e vegetação que melhor se enquadram à área geográfica analisando e comparando dados ao longo do processo.

2. CIDADES ESPONJA

2.1 PRINCÍPIOS ORIENTADORES

A água é um recurso do qual todos os seres vivos dependem e embora se encontre em todo o lado, nem toda a água disponível é própria para consumo. “Somente 3% da água do planeta está disponível como água doce. Destes 3%, cerca de 75% estão congelados nas calotas polares, em estado sólido, 10% estão confinados nos aquíferos e, portanto, a disponibilidade dos recursos hídricos no estado líquido é de aproximadamente 15% destes 3% [3] a maior parte desta água encontra-se em glaciares ou água subterrânea, com estes dados pode observar-se o obvio, a água é um recurso escasso e de importância indispensável à vida, tem que ser protegido e gerido e tratado de forma a tirar o melhor proveito dele.

As alterações climáticas não podem ser consideradas um mito. Ao longo dos tempos têm-se verificado mudanças na frequência de cheias e secas, por todo o mundo. Mais recentemente, pode observar-se o aumento da intensidade e frequência dos eventos tanto de precipitação extrema em pouco espaço de tempo, como de meses de seca e temperaturas altas. Prevê-se que estes eventos se venham a agravar, o que poderá causar a morte de milhares de pessoas em todo o mundo, a perda financeira e de biodiversidade e a degradação dos habitats.

2.2. PRINCIPAIS PROBLEMAS ABORDADOS PELAS CIDADES ESPONJA

a. Há cada vez menos água disponível em áreas urbanas e periurbanas

Segundo (Council, 2016) a urbanização extensiva e a expansão urbana levaram à formação de milhares de quilómetros quadrados de áreas impermeáveis, formadas por estradas, zonas pavimentadas, telhados e estacionamento que não permitem a absorção de água no solo, recolhem a água da chuva através da infraestrutura de drenagem urbana e canalizam-na para rios, lagos ou para o mar. Este tipo tradicional de design levou à criação de cidades que são cada vez mais impermeáveis e têm um impacto cada vez maior sobre o ciclo natural da água. Na prática, isto significa que, uma vez que é mais difícil a

água pluvial penetrar em solo urbano menos água está disponível para ser extraída de aquíferos em áreas urbanas e periurbanas.

b. As águas poluídas são descarregadas nos rios ou no mar

A água da chuva e as águas residuais são recolhidas por um único sistema de drenagem. Este sistema de drenagem recolhe toda a água pluvial e as águas residuais das nossas casas e direciona-a para uma estação de tratamento de águas residuais onde é tratada antes de ser descarregada nos rios ou no mar. Quando chove, muitas vezes a estação de tratamento de águas residuais não consegue acomodar toda a água que os sistemas de drenagem transportam. Portanto, grande parte da água da chuva misturada com a água residual é descarregada sem tratamento nos rios. Quanto mais impermeável for a cidade, mais água será misturada com águas residuais e não poderá ser tratada, mas descarregada diretamente nos rios. Isso aumenta o nível de poluição das massas de água locais.

c. Há um aumento da intensidade e frequência das inundações urbanas

Considerando particularmente o aumento previsto em eventos climáticos extremos devido às mudanças climáticas. À medida que a capacidade de absorção da superfície urbana diminui, aumenta o risco de inundação provocadas por tempestades. A inundação leva ao aumento da poluição das águas subterrâneas e tem um impacto considerável em termos de danos a propriedades e questões relacionadas à saúde.

d. Os espaços estão cada vez mais impermeabilizados

As cidades crescem a um ritmo acelerado e muitas vezes desorganizado, para suportar o crescimento de população a viver nas zonas urbanas é necessário construir mais infraestruturas sem preocupação com a permeabilidade do solo [5].

2.3 CONCEITO

CEs é um conceito para espaços capazes de integrar a gestão da água urbana em políticas e projetos de planeamento urbano. Deve ter o planeamento adequado e as estruturas para implementar, manter e adaptar os sistemas de infraestrutura para recolher, armazenar e

tratar a água da chuva em excesso. Além disso, uma Cidade Esponja não só tem de ser capaz de lidar com água em excesso, mas também tem que ter capacidade de reutilizar a água da chuva para ajudar a mitigar os impactos de água "muito escassa" e "muito suja" [6].

O conceito surgiu após graves inundações em Pequim em 2012. O governo chinês tornou a resiliência à água uma prioridade para suas cidades. O plano é criar áreas que podem absorver grandes quantidades de água e retê-la até que possam ser lentamente devolvidas ao meio ambiente. O conceito envolve coberturas verdes, bacias de infiltração ou zonas de lago, vegetação autóctone e pavimento permeável [7].

Por trás deste conceito está, na Ásia, um dos principais arquitetos paisagistas do mundo, Kongjian Yu, famoso por ser o homem que reintroduziu antigos sistemas de água chineses no design moderno. Os projetos visam construir resiliência em cidades que enfrentam o aumento do nível do mar, secas, inundações e as tempestades de pluviosidade rápida e extrema.

Na Europa, o arquiteto Carlo Becker dedica-se o seu trabalho à “Estratégia da Cidade Esponja de Berlim”, projeto este que recicla a água da chuva ao mesmo tempo que evita grandes inundações e gere a temperatura da cidade para atenuar o efeito de ilha de calor.

2.3.1 O QUE É UMA CIDADE ESPONJA

Espaços verdes abertos e contínuos- hidrovias interligadas, canais e lagos em bairros que naturalmente detêm e filtram a água, bem como podem fomentar ecossistemas urbanos, aumentar a biodiversidade.

Telhados com cobertura verde- capacidade de retenção de água da chuva, minorando problemas de cheias e inundações em picos de precipitação, melhoram o microclima e consequente redução do efeito de ilha de calor;

Design com elevada permeabilidade- nas intervenções em toda a cidade, incluindo a construção de bio depressões e sistemas de bio retenção para deter o escoamento e permitir a infiltração de água subterrânea; estradas e pavimentos permeáveis que podem

acomodar com segurança o tráfego de carros e pedestres, permitindo que a água seja absorvida, aumente o caudal das águas subterrâneas; sistemas de drenagem que permitem a infiltração de água no solo ou que direcionam o escoamento da água da chuva para espaços verdes para absorção natural.

Economia e reciclagem de água- incluindo a extensão da reciclagem de água, especialmente de águas residuais, incentivando consumidores a economizar água por meio de prémios de poupança ou do aumento de tarifas para aumento de consumo, campanhas de consciencialização e melhores sistemas de monitorização inteligente para identificar vazamentos e uso ineficiente de água [5,8]

2.4 BENEFÍCIOS DA CIDADE ESPONJA

Melhor qualidade de água - Melhor filtração da água pluvial o que permite aos municípios confiarem nas fontes de água dentro dos seus limites, o que permite que haja uma maior acessibilidade a estes recursos

Maior quantidade de água limpa - O que significa menos esforço e menos recursos económicos dispensados para o tratamento de água pluvial.

Redução do risco de inundação - Como a cidade oferece uma maior quantidade de espaços permeáveis, de maneira a que as águas sejam absorvidas e não totalmente escoadas.

Menor carga para os sistemas de drenagem - Com a infiltração e filtração natural no solo consegue diminuir-se a quantidade de água levada para os sistemas de drenagem, não vai com tantas impurezas, o que torna mais fácil o seu tratamento.

Manter e restaurar a biodiversidade - Com a criação de mais espaços verdes e estes estando conectados, principalmente com existência de água, sabendo-se que um habitat húmido é dos mais biodiversos que pode haver.

Mitigação do efeito ilha de calor - Melhoraria do microclima e mitigação do efeito de ilha de calor. Aumento do teor de humidade na atmosfera através da evapotranspiração e para o aumento da reflexão da radiação solar, contribuindo para a regulação da temperatura [9].

Redução de custos - Redução dos custos de manutenção dos edifícios através da proteção da impermeabilização e redução dos custos energéticos pelo isolamento térmico que conferem aos edifícios. - Coberturas verdes (CV)

Valorização imobiliária - Proximidade a espaços verdes valoriza as habitações pela melhoria da qualidade visual e espaço de recreio.

Possibilidade de produção de alimentos locais frescos - São exemplo as coberturas verdes semi-intensivas ou intensivas, que criam espaço na cobertura para o cultivo de vegetais e criação de sentido de comunidade, caso seja espaço partilhado.

Isolamento acústico - As CV absorvem, refletem ou desviam as ondas sonoras através do substrato e vegetação [10].

2.5 ESTRATÉGIAS DE INCENTIVO À IMPLEMENTAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Para a implementação do conceito e para que as técnicas e instrumentos sejam acessíveis na construção pública e privada é necessário o desenvolvimento de um conjunto de estratégias de incentivo como:

- Criar políticas de recompensa ou penalização para os utilizadores de água municipal, caso a cota de utilização ultrapasse ou não o estipulado;
- Organizar campanhas eficazes de consciencialização sobre o assunto;
- Subsidiar temporariamente equipamentos de gestão de águas;
- Diminuir o vazamento e as perdas na rede de abastecimento de água de forma mais vigorosa;
- Premiar a implementação de soluções sustentáveis de reciclagem de água;
- Criar um selo de certificação ambiental;
- Criar um bónus para construção (compensação no índice de impermeabilidade para área construída).

2.6 SISTEMAS DE GESTÃO DE ÁGUA

2.6.1 JARDINS DE CHUVA

Jardins de chuva são pequenos jardins densamente vegetados usados para armazenamento e infiltração (Fig.1). O termo "jardim da chuva" é frequentemente usado de forma intercambiável com "área de biorretenção". Os jardins de chuva são normalmente aplicados ao nível da propriedade e perto de prédios para, capturar e infiltrar a drenagem do telhado.

O escoamento filtrado é então colhido e devolvido ao sistema de transporte (usando um sistema de drenagem) ou, se as condições do local permitirem, infiltrado no solo circundante. Os jardins de chuva visam capturar e tratar o escoamento de águas pluviais de eventos frequentes de chuvas, enquanto o excesso de escoamento de eventos extremos é passado para os sistemas de drenagem sustentável (SuDS). Os jardins de chuva devem ser plantados com vegetação nativa que esteja adaptada a resistir a inundações ocasionais [11]

Os jardins de chuva são compostos por três áreas em relação com a quantidade de humidade no solo: a zona menos funda, onde o solo é mais seco comparando com as restantes, onde pode ser colocada a vegetação que tem menos resistência a encharcamento, a zona intermédia que aguente encharcamento; temporário e solo húmido, na época de chuvas; e por fim, a área mais funda onde a água fica durante mais tempo à espera de ser absorvida pela solo, para onde têm de ser selecionadas plantas que aguentem encharcamento mais prolongado(Fig.1).



Figura 1 Fotografia exemplo de jardim de chuva. Fonte: *motherearthliving*

2.6.2 IMPLEMENTAÇÃO

A instalação de jardins de chuva é melhor aplicada a declives relativamente rasos (de 5%) e devem ser separadas das águas subterrâneas para evitar a contaminação do lençol freático.

Os jardins de chuva devem ser situados a uma distância de, pelo menos 3m, de edifícios e dos limites do local, considerar também não instalar na sombra de árvores, já que a escolha de vegetação que se adapta nestas condições é mais limitada e pode interferir com a raiz da árvore, considerar sempre como os jardins de chuva se vão relacionar com outros aspetos que estão em redor, sendo que a localização vai também depender da topografia do lugar [12].

Para testar se o solo é ou não indicado pode fazer-se um buraco de pelo menos 25 cm de profundidade, encher com água e deixar infiltrar, quando for absorvida, encher de novo. Se drenar a uma velocidade de 50mm por hora ou mais então há condições para a construção do jardim de chuva. A absorção não será tão rápida se a abertura estiver perto do lençol freático ou se o solo for muito argiloso.

Caso o problema seja o tipo de solo então é necessário ser melhorado. Para ter a certeza qual o tipo de solo pode pegar-se num bocado de solo húmido, e apertar com as mãos de forma a tentar fazer um aro, se a forma se mantiver no início, mas se se desfizer facilmente é um solo médio, siltoso, é ideal para o jardim de chuva. Se o pedaço de terra se desfizer e não conseguir aguentar a sua forma o solo é arenoso, que também é indicado para construção deste sistema. Se a amostra mantiver a forma intacta é solo argiloso e necessita ser melhorado [13].

Se for esse o caso deve fazer-se uma mistura 60/20/20 de *sharp sand*, composto e *top soil*, será necessário escavar o suficiente para armazenar esta mistura. Nos casos em que o solo é argiloso, mas a drenagem não é muito má devem retirar-se 15 a 30 cm de solo nativo e fazer a substituição pela mistura, quando o solo drena muito pobremente, deve retirar-se de 50 cm a 60 cm de solo nativo para ser substituído. [21]

As características do projeto da área de bio retenção devem incorporar quatro categorias básicas, pré-tratamento, tratamento, reduzida manutenção e paisagismo.

2.6.3 VEGETAÇÃO

O uso de plantações perenes nativas e de raízes profundas em vez de relva é recomendado sempre que possível.

As plantas mais altas têm tendência para ser colocadas no meio do jardim e as mais baixas nos limites do jardim de chuva, para que todas sejam vistas, e para que as plantas com raízes mais densas possam ficar na zona de solo mais profundo.

É aconselhado que o jardim de chuva contenha várias espécies que prosperem sem manutenção frequente, que seja densamente vegetado e estável. Estima-se então que se plantem 10 espécies, colocadas em 2 a 3 aglomerados por metro quadrado. Ao plantar várias espécies será criado um jardim de chuva que ainda pode ter sucesso mesmo que um ou duas espécies não prosperem.

Há uma grande variedade de plantas que pode ser plantada neste tipo de jardins (Fig.2), no entanto deve ser evitado o uso de plantas que não resistam a inundações ocasionais,

como por exemplo, espécies que geralmente estão associadas a jardins secos de estilo mediterrâneo.



Figura 2 Fotografia representativa de um jardim de chuva. Fonte: drscw.org

A vegetação deve ser colocada tendo em conta três zonas, como mostra a figura 3, o anel exterior - zona seca- é a zona menos húmida do jardim de chuva, esta área é mais alta que as duas seguintes, a água passa nesta zona, mas só em casos muito intensos chega a este nível do solo e permanece a esta altura. A vegetação plantada na zona seca deve suportar períodos de seca prolongada (Fig.3).

O anel do meio - zona húmida- é a área intermédia, nem tão seca como a área exterior nem tão húmida como a do centro.

A zona do centro do jardim de chuva – zona de inundação – é a área que fica inundada durante mais tempo durante a época de chuva e, nos meses mais secos fica igualmente seca, tendo que a sua vegetação suportar estes extremos, sendo que no clima atlântico do Porto não são extremos assim tão marcados.

Como mostra o anexo A, a vegetação deve ser autóctone para que não seja necessária tanta rega, evitando o desperdício de água.



Figura 3 Exemplo das três zonas que constituem um jardim de chuva: zona seca, intermédia e de inundação Fonte: autora

2.6.4 MANUTENÇÃO

No início da plantação dos jardins de chuva, é necessário regar diariamente as plantas durante duas semanas, recolocar *mulch* nas áreas já vazias, tratar e aparar as espécies que necessitem, inspecionar o solo, reparar zonas erodidas e remover lixo e detritos (todos

os meses), arrancar ervas indesejadas pela raiz, remover e substituir vegetação morta e doente.

2.7 COBERTURAS VERDES

2.7.1 DEFINIÇÃO

É designada CV (ou cobertura ajardinada ou cobertura viva) todo o tipo de instalação de vegetação sobre uma estrutura construída, independentemente do tipo de construção ou do tipo de vegetação (Fig.5). Apenas se excluem as paredes verdes construídas com trepadeiras ou sistemas de jardins verticais. Tipicamente são executadas recorrendo a um sistema com diversos materiais dispostos em camadas, que devem assegurar o bom desenvolvimento da vegetação, respeitando e promovendo a integridade física da estrutura construída [14]. Sendo estas classificadas em três tipos diferentes consoante a sua espessura e o tipo de vegetação que conseguem suportar, existindo a CV extensiva, intensiva e semi-intensiva

Coberturas Verdes

Instalação de vegetação sobre uma estrutura construída, excluindo paredes verdes construídas com trepadeiras e jardins verticais.

Estão classificadas em três tipos diferentes consoante a sua espessura e o tipo de vegetação que conseguem suportar.

CV Extensiva

- Baixa manutenção;
- Até 15cm de espessura;
- Suculentas e herbáceas perenes;

CV Intensiva

- Manutenção elevada;
- Espessura superior a 15cm;
- Herbáceas, subarbustivas, arbustos e árvores;

CV semi-intensiva

- Manutenção moderada;
- Herbáceas, subarbustivas e arbustos;

Fonte: autora

2.7.2 IMPLEMENTAÇÃO

Coberturas verdes podem ser instalados durante a construção inicial do edifício ou posteriormente, a quantidade de águas pluviais mitigada é proporcional à área que cobre, à profundidade, ao tipo do meio de cultivo, ao declive e ao tipo de plantas seleccionadas. Um edifício deve ser capaz de suportar o carregamento de materiais que constituem a cobertura verde, mesmo que esta esteja totalmente saturada de água.

Os materiais ou espessuras variam conforme o tipo de cobertura, usualmente são uma camada de impermeabilização, uma camada de solo ou substrato e uma camada de vegetação (Fig. 4).

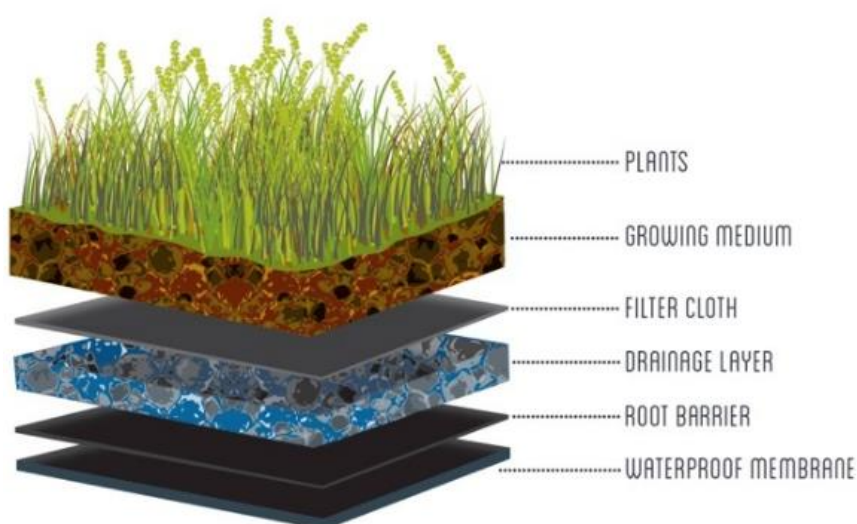


Figura 4 - Representação em isometria explodada dos materiais usados na construção de uma CV. Fonte: nwclimate

As plantas seleccionadas necessitam estar adaptadas às condições climáticas locais e podem variar de sedimentos, gramíneas e flores silvestres em telhados extensos a arbustos e pequenas árvores em telhados intensivos.

Devem ser considerados critérios de sustentabilidade e economia de recursos, evitando o excesso de rega, de fertilização e de tratamentos fitossanitários. No caso de grandes coberturas será de implementar um sistema de monitorização da qualidade das águas excedentárias no ponto de rejeição para o meio natural.

A instalação de rega deve estar protegida de possíveis danos causados por geadas.

A vegetação deve cumprir o máximo dos seguintes requisitos:

- Capacidade de viver com requisitos de manutenção mínimos;
- Resistência a longos períodos de seca, a altas temperaturas, geadas, à acumulação/encharcamento temporário de água, a radiação elevada e a ventos;
- Tolerância à contaminação urbana (Fig. 5);
- Crescimento controlado;
- Componente estética;
- Desenvolvimento rápido para revestimento do solo;
- Baixo peso e risco de incêndio;
- Não devem ser alergénicas.

2.7.3 MANUTENÇÃO

As coberturas verdes necessitam de ser monitorizados regularmente para garantir que a vegetação cresce. Na fase de inicial enquanto a vegetação está a adaptar-se ao local, as coberturas verdes precisam de ser regadas mais periodicamente se não houver precipitação suficiente.

A manutenção de cada cobertura diferente consoante a localização, exposição, orientação, incidência dos ventos dominantes, com o tipo de vegetação que se pretende instalar e com o seu uso.

Após a primeira estação, as CV apenas precisam de ser inspecionadas e levemente fertilizadas, aproximadamente uma vez por ano, podem precisar de podas ocasionais e, no clima português, exigem rega nos períodos mais secos.

Pode haver também o tipo de manutenção à estrutura que suporta a cobertura. Caso o sistema de estanquidade esteja danificado e daí resultem infiltrações deve proceder-se à reparação imediata dos problemas ocorridos.

Deve ser feito o controlo e limpeza dos sumidouros, das saídas de água, claraboias, sistemas de ventilação, conservação do bom estado dos elementos de alvenaria, tais como beirais, platibandas, etc; deve ser feita a inspeção e regulação das instalações de rega, inspeção e regulação das ancoragens e medidas de segurança para as pessoas, inspeção e regulação do nível da água em sistemas com reserva de água.

Deve ser realizada, nas saídas de água, a substituição dos filtros, controlo e limpeza das acumulações de carbonatos.

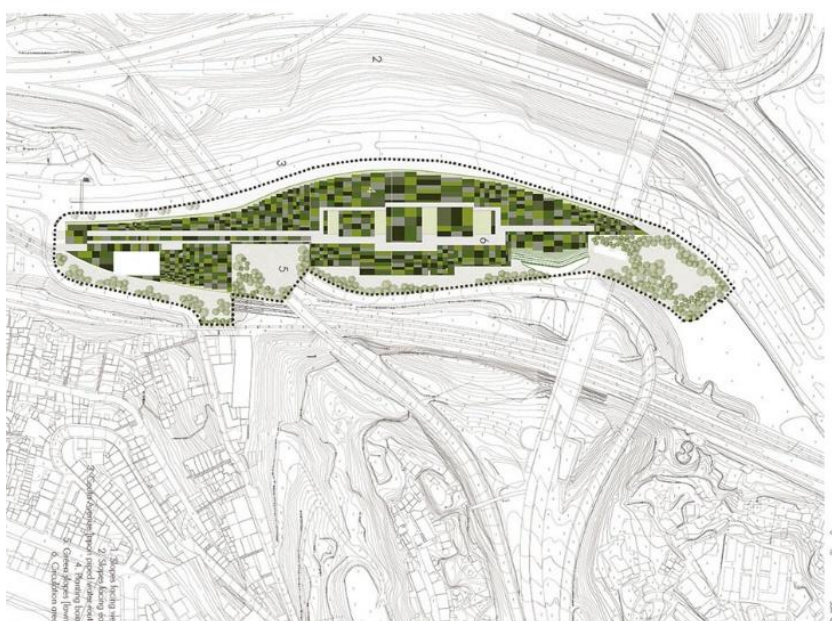


Figura 5 – Projeto de CV na ETAR de Alcântara Fonte : Fig.cima- Leca Fig. baixo - Proap

2.8. VALAS DE INFILTRAÇÃO

2.8.1 DEFINIÇÃO

Valas de infiltração são sistemas básicos de drenagem aberta tradicionais que são capazes de remover poluentes de águas pluviais, que possuem uma densa cobertura de vegetação (Fig. 6) através da qual todo o escoamento superficial é direcionado. Este tipo de valas diminui a velocidade dos fluxos (Fig. 7), através da deteção de águas pluviais, permite que sólidos suspensos se estabeleçam.



Figura 6 - Vala de infiltração, West Lothian (Fonte: CIRIA Report)



Figura 7 - Vala de infiltração durante episódio de chuva (Fonte: CIRIA report)

Os poluentes são então incorporados no solo, onde podem ser imobilizados e/ou decompostos por plantas e micróbios.

2.8.1 IMPLEMENTAÇÃO

As valas de drenagem são mais adequadas para tratar o escoamento de estradas e rodovias, calçadas de telhados e estacionamentos (Fig.8 e 9). Não devem ser construídas em solos com alto teor de argila e devem estar pelo menos de meio metro a um metro das águas subterrâneas.

Devem ter um caminho de acesso para a manutenção, as trincheiras devem ter uma maneira de drenar o excedente caso fiquem entupidas, como um tubo de drenagem.

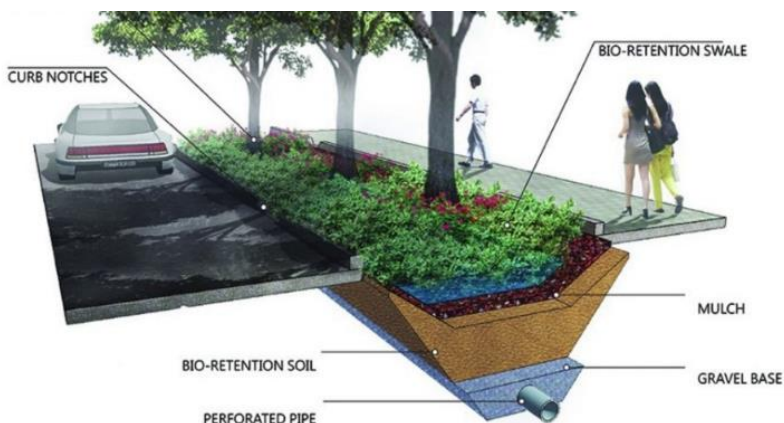


Figura 8 - Representação do escoamento viário para a vala de infiltração. Fonte: jpalandscapeblog

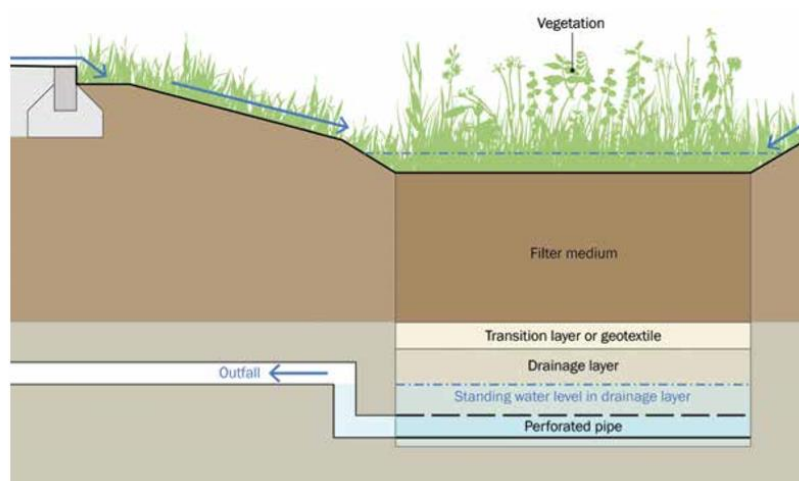


Figura 9 - Representação em corte de uma vala de infiltração. Fonte: CIRIA Report

2.8.2 MANUTENÇÃO

A manutenção das valas de bio retenção é fazer a remoção regular dos sedimentos acumulados.

A cada três meses deve ser verificado se há danos de erosão, caminhos de fluxo preferenciais, substituir solo em áreas erodidas, replantar áreas que necessitem.

Inspecionar a saúde das plantas, aparar quando necessário, cortar a relva, remover as plantas indesejadas, sem herbicidas, substituir plantas mortas por novas, tentando sempre

manter a consistência de seis a dez plantas por metro quadrado, se necessário regar as plantas.

Anualmente verificar se há acumulação de sedimentos, se necessário, removê-los, monitorizar o tempo de infiltração durante os eventos de chuva e identificar os locais que ficaram permanentemente inundados para correção [15].

2.9. O PAVIMENTO PERMEÁVEL

2.9.1 DEFINIÇÃO

O pavimento permeável (Fig. 10) fornece suporte estrutural do pavimento convencional, mas permite que a água da chuva drene diretamente através da superfície para a base de pedra e dos solos subjacentes através dos espaços por entre os seus poros, onde também bio degrada os poluentes que ocorrem normalmente em zonas residências e comerciais. É mais aconselhável em locais com pendente de 5% ou menor, deve ser instalado em zonas de tráfego baixo a médio.



Figura 10 - Pavimento permeável no projeto da Turenscape University of International Relations Campus. Fonte: Turenscape

2.9.2 IMPLEMENTAÇÃO

1ª camada: camada de asfalto: possui espessura de 65mm a 100mm. O pavimento permeável possui 16% de vazios muito maiores que os 3% a 5%, comumente encontrado nos pavimentos comuns.

2ª camada: filtro granular com espessura de 25mm a 50mm e agregado de 13mm. Serve para estabilizar a camada de asfalto ou concreto.

3ª camada: reservatório de pedra com diâmetro de 40mm a 75mm (pedra britada nº3 e nº4).

4ª camada: filtro granular que serve como uma interface entre o reservatório e o geotêxtil. Consiste em uma camada de 50mm com agregados de 13mm.

5ª camada: geotêxtil.

6ª camada: solo nativo que deverá ter condutividade hidráulica no mínimo 0,36mm/h conforme CIRIA Report, 2007 (Fig. 11). O lençol freático deverá estar no mínimo a 1,20m do fundo do pavimento permeável.

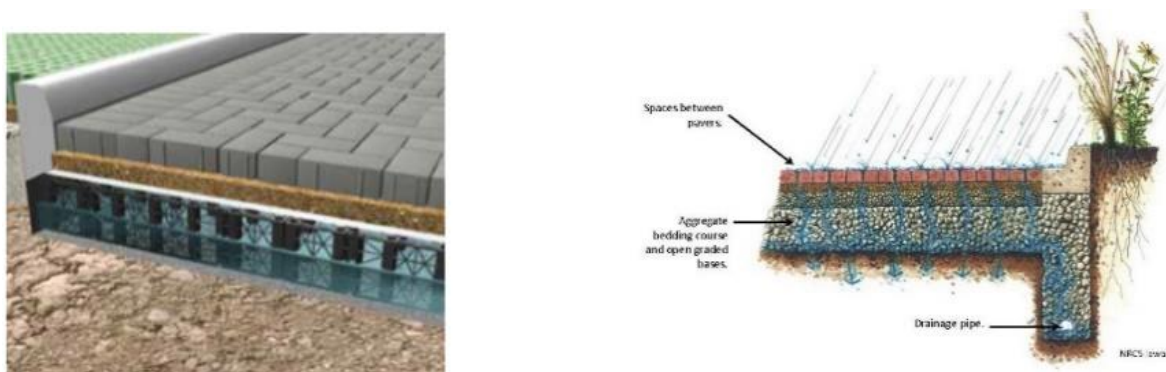


Figura 11 - Corte representativo da implementação de pavimento permeável. Fonte: CIRIA Report

Embora o pavimento permeável possa ser uma prática de tratamento altamente eficaz, a manutenção e a instalação adequada são necessárias para garantir a sua eficácia a longo prazo. A permeabilidade dos solos deve ser de pelo menos 12.7 mm de água por hora. A parte interior do reservatório deve ser plana para que o escoamento se possa infiltrar em toda a superfície.

O pavimento deve ser colocado entre 0.5 metros e 1.5 metros a cima do nível mais alto do lençol freático. As características do projeto devem incluir o pré-tratamento, tratamento, transporte e redução de manutenção.

2.9.3 MANUTENÇÃO

Devem ser usados empreiteiros especializados em técnicas de instalação de pavimento permeável. Para que o produto possa ter maior durabilidade é necessária inspeção mensal para garantir que a área de pavimentação esteja limpa de sedimentos.

A cada três meses e no seguimento de eventos de chuva verificar se há sedimentos acumulados, aspirar usar pressão de água para desentupir o pavimento, monitorizar as zonas de água parada, verificar se o tubo de drenagem e a abertura das caixas de inspeção estão entupidos por resíduos [16].

2.10. BACIAS DE RETENÇÃO / ZONAS PANTANOSAS

2.10.1 DEFINIÇÃO

Bacias de retenção são zonas húmidas que detêm fluxos de água durante um período prolongado permitindo simultaneamente a sedimentação de resíduos e a remoção dos contaminantes, facilitando a adesão destes à vegetação e à decomposição aeróbia, fornecendo assim atenuação e tratamento de águas pluviais. São formados por lagoas rasas e áreas pantanosas, cobertas quase inteiramente por vegetação aquática e devem ser projetadas de modo a que o fluxo entre a lagoa se espalhe gradualmente, otimizando o processo de sedimentação através da maximização de caminhos de fluxo (Fig. 12).

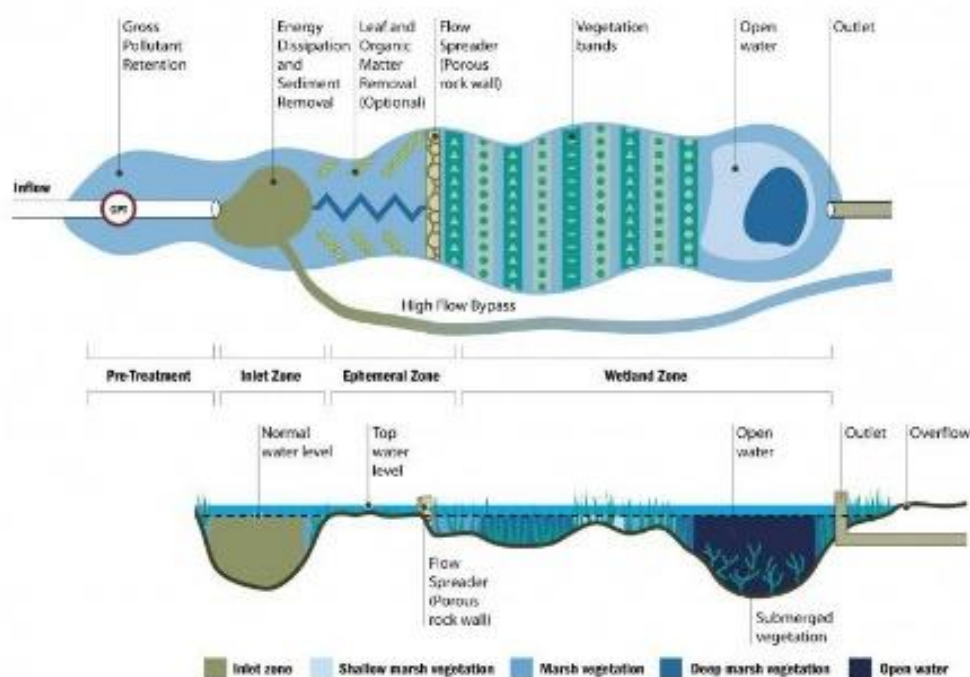


Figura 12 - Representação esquemática da construção de uma lagoa. Fonte: CIRIA Report

2.10.2 IMPLEMENTAÇÃO

Deve ser feita a escavação até que o solo seja pedra ou uma camada argilosa quase impermeável, com profundidade máxima de 3.6m de seguida deve encher-se o núcleo com solos ricos em argila em camadas de 0.3m de espessura, compactando cada uma, deve haver um declive de gradual (10% ou inferior) (Fig.13). Para garantir a longevidade da zona pantanosa e assegurar mais diversidade de plantas o que por sua vez melhorará a aparência da área húmida

A construção deve ser feita evitando formas quadradas ou retangulares e linhas retas que pareçam artificiais. Quanto mais graduais as encostas e mais largo o topo do pântano ou lagoa mais se mistura com o ambiente em redor.

Deve balançar-se entre zonas baixas e zonas altas, a zona de água permanente não deve ultrapassar os 2m de profundidade para evitar condições anóxicas.

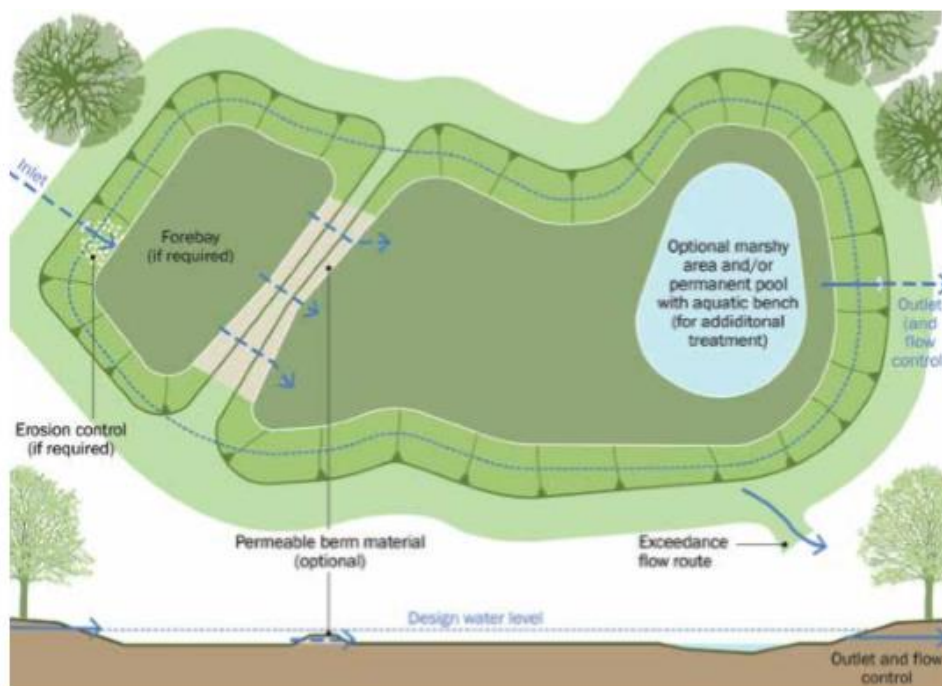


Figura 13 - Representação em plano e elevação de uma bacia de retenção (Fonte: CIRIA Report)

2.10.3 MANUTENÇÃO

As zonas húmidas devem ser projetadas com recurso a sistemas que não entopem, para poder reduzir a manutenção. São necessárias práticas regulares de manutenção e inspeção, incluindo limpeza e remoção de detritos das estruturas de entrada e saída. Deve ser feita nas laterais, feita a remoção de vegetação invasora e reparar as áreas que sofreram de erosão e fazer um controlo de sedimentação.

Como nos primeiros meses o espaço fica vulnerável à colonização de espécies infestantes, pois a vegetação ainda está em desenvolvimento, deve ser feito então o controlo destas espécies não desejadas.

Caso haja populações derivadas de mosquitos, deve fazer-se a limpeza do excesso de matéria orgânica, em caso de existência de água permanente, fazer a introdução de peixes que possam controlar a população de insetos.

Segundo David Scott, a chave para o sucesso de uma zona de pântano parece ser o acompanhamento e manutenção. Monitorizar trimestralmente a qualidade da água e levantamento anual de flora e fauna e replantar quando necessário.

3. CASOS DE ESTUDO

Para obter uma visão mais integrada das soluções das CEs num projeto de espaços exteriores, principalmente os problemas que tenta resolver e as resoluções que adota, foi feita uma análise de casos de estudo em projetos mais localizados com tipologia de bairro ou a nível municipal.

3.1 O BAIRRO RESILIENTE DE ST. KJELD

O programa de adaptação às alterações climáticas, Copenhaga prevê a redução de 20% das emissões de CO₂ e uma cidade neutra em carbono até 2025.

Os objetivos gerais do plano estão além do design sustentável e são baseados em:

- Desenvolvimento de sistemas de drenagem de água em todas as partes da cidade;
- Criação de vastas áreas verdes em áreas seladas, como a criação micro parques, coberturas e paredes verdes para a retenção e filtração da água da chuva para reduzir o risco de inundações;
- Sistemas alternativos de ventilação de ar através de sombreamento, ventilação e isolamento de estruturas;
- Construção de sistemas de proteção contra inundações e subida do nível da água do mar.



Figura 14 - Simulação do projeto de St. Kjeld (fonte: Abitare)

St. Kjeld (Fig. 14) é o antigo distrito da classe trabalhadora que se estende próximo ao porto e que, em julho de 2011, ficou completamente alagado por fortes inundações.



Figura 15 - Fotografia do projeto finalizado e da vegetação em desenvolvimento. Fonte:landscapeiskingston

O escritório de arquitetura Tredje Natur, encarregado da reconstrução de St. Kjeld, começou por definir um plano mestre complexo que dá mais espaço às soluções ambientais que ao betão. Tais intervenções permitem, por um lado, embelezar a cidade e resolver problemas resultantes de desastres naturais através da vegetação (Fig. 15), por



Figura 16 - Simulação das soluções de tecnológicas utilizadas no projeto. Fonte: outdoordesign

outro, reduzir o custo de projeto usando soluções de tecnologia menos invasivas e mais baratas (Fig.16).

3.2 DERBYSHIRE STREET POCKET PARK

Derbyshire Street (Fig.17) não sofria com grandes problemas de inundações. Esta área em Londres foi projetada para contribuir para a redução da pressão bem documentada no sistema de drenagem de Londres.



Figura 17 - Fotografia de uma vala de infiltração Derbyshire Street pocket park. Fonte: London.gov

Para a sua concretização executou-se:

- Desvio de três condutas da Oxford House para valas de atenuação, onde é armazenada água antes de transbordar para um jardim de chuva, por meio de uma conexão encanada;
- Pavimentação permeável de um caminho pedonal;
- Abrigos de bicicleta com cobertura verde;
- Uma vala de infiltração no final do sistema recebe qualquer fluxo restante do jardim de chuva;
- Numa medida mais educativa foi também instalada uma placa personalizada para ilustrar a funcionalidade do espaço e explicar como o sistema SuDS funciona.

Benefícios adicionais incluem o aumento da biodiversidade causado pelo plantio de jardins de chuva e os abrigos da cobertura verde (que também incorporam painéis de habitat de insetos).

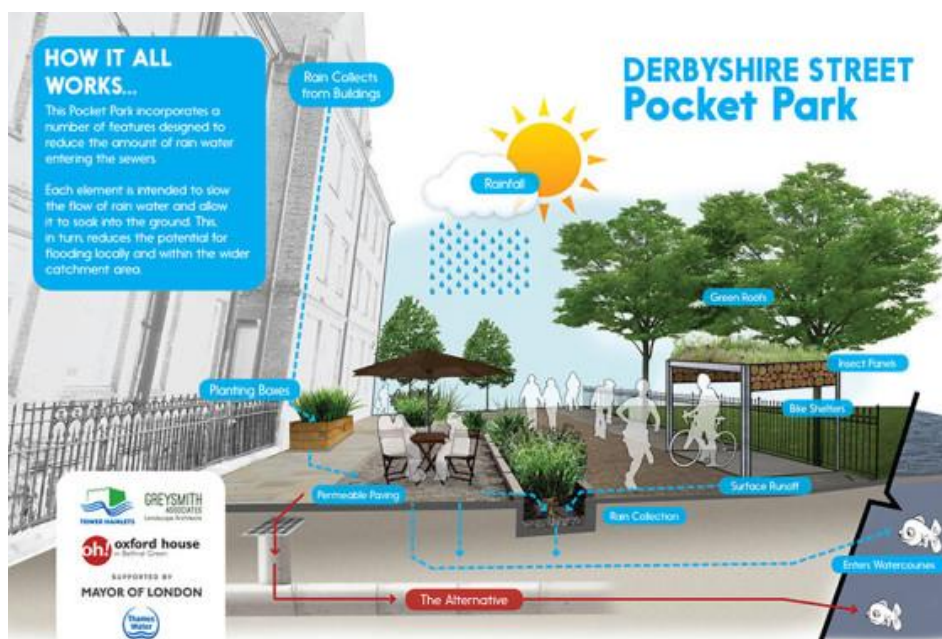


Figura 18 - Representação esquemática dos sistemas utilizados na Derbyshire Street pocket park. Fonte: London.gov

O projeto agora é visto pelas autoridades locais como uma referência para o projeto da paisagem urbana (Fig.18).

3.3 MELBOURNE, AUSTRÁLIA

As empresas de água de Melbourne estão a trabalhar com o governo e uma série de outros parceiros para garantir o abastecimento de água de qualidade às pessoas de Melbourne. Estão a ser implementadas medidas de eficiência hídrica, promovendo a educação dos habitantes (Fig. 19), investindo em iniciativas de água reciclada e recolhendo mais águas pluviais (Fig. 20) para reutilização em irrigação e outros usos adequados à finalidade [17].

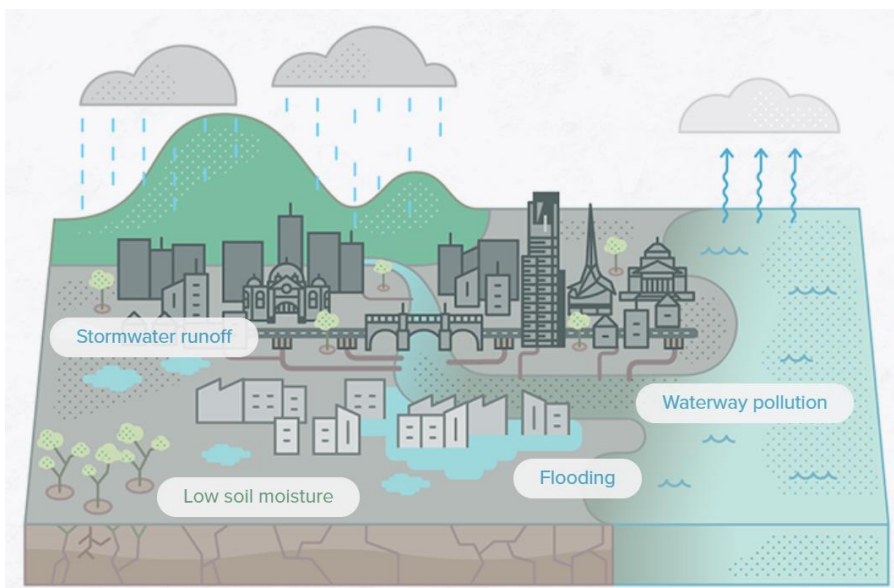


Figura 19 - Imagem exemplificativa do impacto da urbanização no ciclo da água, caso este não seja bem projetado. Fonte: Melbournewater



Figura 20 Fotografia de um jardim de chuva em Howard Street, Melbourne. Fonte: melbournewater

A água reciclada é fornecida aos “*Water retailers*” e depois usada para uma variedade de finalidades não relacionadas com ingestão, incluindo:

- Combate a incêndios;
- Parques aquáticos, jardins e áreas desportivas;
- Lavagem de carros;
- Agricultura e irrigação - o maior uso para a água reciclada.

Entretanto desenvolvem iniciativas novas e emergentes que incluem:

- 'Tubagem roxa' instalada em residências e empresas para atividades como lavar wc's e regar jardins;
- Reabastecer reservatórios subterrâneos naturais (aquíferos) que estão em uso excessivo ou têm água de baixa qualidade;
- Testando membranas cerâmicas, que podem produzir água a um custo menor;
- Usando kits de teste de campo para detetar algas verde-azuladas, o que ajuda a decidir rapidamente se a água reciclada pode ser fornecida com segurança.

4. PROJETO PARA O BAIRRO MARECHAL GOMES DA COSTA

Com base no que foi estruturado anteriormente, é então aplicado o conceito no caso de estudo no bairro Marechal Gomes da Costa. A escolha foi feita em conjunto com o orientador da entidade de acolhimento, o engenheiro Paulo Palha, por ser uma área muito diversa a nível de tipologias de vias, criando a oportunidade do desenvolvimento de modelos tipo e também por ser um bairro onde são realizadas, em maior número, obras e manutenções da Neoturf.

4.1 ANÁLISE

A área está situada a oeste do parque de Serralves, a nordeste da Avenida da Boavista, integrando a avenida Marechal Gomes da Costa (Fig. 21).

A zona proposta é maioritariamente composta por habitação unifamiliar, de famílias de estrato social médio a alto.

O bairro tem uma malha urbana ortogonal, onde se podem encontrar quatro tipos de vias, ruas que apresentam vegetação, principalmente arbórea, no separador central com passeio para peões, como exemplo a rua Dom Luís de Ataíde (H.), vias com a mesma tipologia, mas com uma escala e intensidade de tráfego mais elevada, a Avenida Marechal Gomes da Costa, vias com a mesma tipologia mas sem passeio,

Indicação das Áreas a Intervir



Figura 21 – Plano indicativo de intervenções.

Figura 22 - Representação da situação da zona A: a) atual; b) proposta. Figura 23 – Plano indicativo de intervenções.

Rua Diogo do Couto (D., vias partilhadas onde não há existência de passeios ou divisão

de faixas automóvel, Rua Francisco Barreto (F.), e vias com vegetação arbórea em caldeiras ao longo dos passeios, Rua Padre Fernão Cardim (G.). (Fig.21)

A área de intervenção tem cotas que variam entre o mínimo de 54 metros ao máximo de 66 metros, o espaço de intervenção tem cerca de 184253 m² de área total, sendo que 40.4% é área pública e desses 40.4%, só 12.7% são áreas tendencialmente permeáveis. A drenagem atual no espaço é realizada no sentido das habitações, sem que haja infiltração em grande parte da zona, 88.3% é estrada de asfalto impermeável, ou passeios igualmente de materiais tendencialmente mais impermeáveis.

Para o efeito pretendido é feita uma alteração no sentido da drenagem (Fig. 38), recorrendo à mudança da inclinação dos espaços, todo o escoamento é direcionado para as zonas permeáveis que foram projetadas, no centro ou nas bermas das vias, para que possa ser filtrado pela vegetação e infiltrado no solo, propõem-se também a substituição do pavimento neste momento impermeável, para pavimento permeável.

4.1.1 VEGETAÇÃO PROPOSTA

A vegetação presente no anexo A é vegetação autóctone, dividida pelas zonas secas, húmidas e de inundação, para melhor se adaptar às condições do sistema e do local, evitando a rega desnecessária. A vegetação está estritamente adaptada à área de intervenção, está adaptada a Portugal continental.

A intervenção ao nível da vegetação baseia-se na manutenção da vegetação existente e plantação de mais quantidade de vegetação autóctone resistente a maior quantidade de água, principalmente implementação de vegetação arbustiva e herbácea nas valas de infiltração, conseguindo assim espaços com vegetação mais densa que permite a filtração da água pluvial (Fig.40).

4.2 PROGRAMA

Sendo que o espaço público é composto numa grande percentagem pelas vias, podendo calcular uma grande percentagem área impermeável.

O objetivo principal da proposta é desenhar para que o espaço infiltre e filtre a água da chuva, para isso o uso de jardins de chuva, valas de drenagem, bacias de retenção, coberturas verdes, com vegetação autóctone.

Para atingir o objetivo acima referido vão ser implementados os instrumentos estudados anteriormente nos casos de estudo da CEs e irá ser proposta vegetação adaptada às condições geográficas da área e dos sistemas propostos.

4.3 PROPOSTA

Observando o mapa topográfico pode constatar-se que as zonas mais suscetíveis a inundação na área do projeto são a zona do largo de D. João III (C.) e a zona onde se encontra o Pingo Doce (A.)

Área A

Na zona A. é proposta a colocação de uma cobertura verde (Fig. 22) de 1453 m² num equipamento, pois sendo esta uma área, a cobertura verde foi a estratégia criada para captar e atrasar a chuva que cai naquela área.

Como se pode observar na figura 22, é também proposta uma rotunda nesta interseção com pequenos jardins de chuva na periferia(fig23), aumentando assim a área permeável oferecendo também área útil. A drenagem será feita sempre na direção das zonas permeáveis, e caso estas não existam será direcionada para o centro da via.

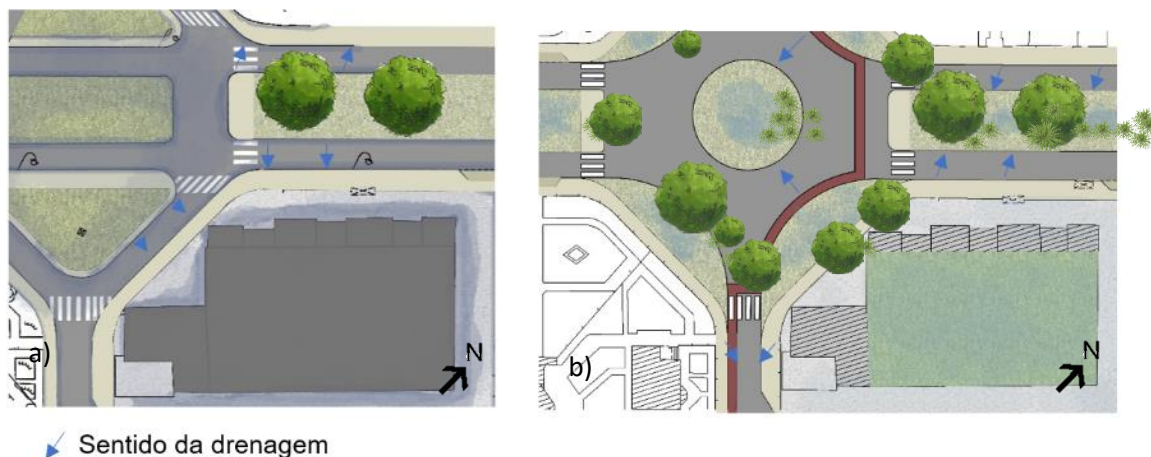


Figura 22 - Representação da situação da zona A: a) atual; b) proposta.

O espaço central atual (Fig. 22a) tem cerca de 1326.6 m² de área tendencialmente permeável, a proposta é que a área permeável seja aproximadamente 1753.9 m², adicionando depois a este resultado a proposta de pavimento permeável, 2880 m², considerando pelos testes da L nec 100% de permeabilidade, o resultado da proposta é de 4633.9 m² de area tendencialmente permeável, conseguindo assim um aumento de 71% de drenagem de água pluvial.

Area B

A zona B tem aproximadamente de area total 7447.7 m², é composta pela Rua Gil Eanes, Rua Duarte Lopes, Rua Afonso Albuquerque e jardim do largo de Dom Joao III.

Atualmente, todo o seu escoamento esta direcionado para os muros das habitações.

Atualmente dos 7447.7 m², aproximadamente 2270 m² são zonas tendencialmente permeáveis, cerca de 30.5%. Propõem-se que a area permeável seja de 100%.

É proposto que o jardim de D. João III, com a mudança de cotas (Fig. 23) para uma inclinação de 2-5% na direção do interior do largo, para que a área sirva como bacia de retenção (Fig.23 drt) e captação de águas pluviais (Fig.24).

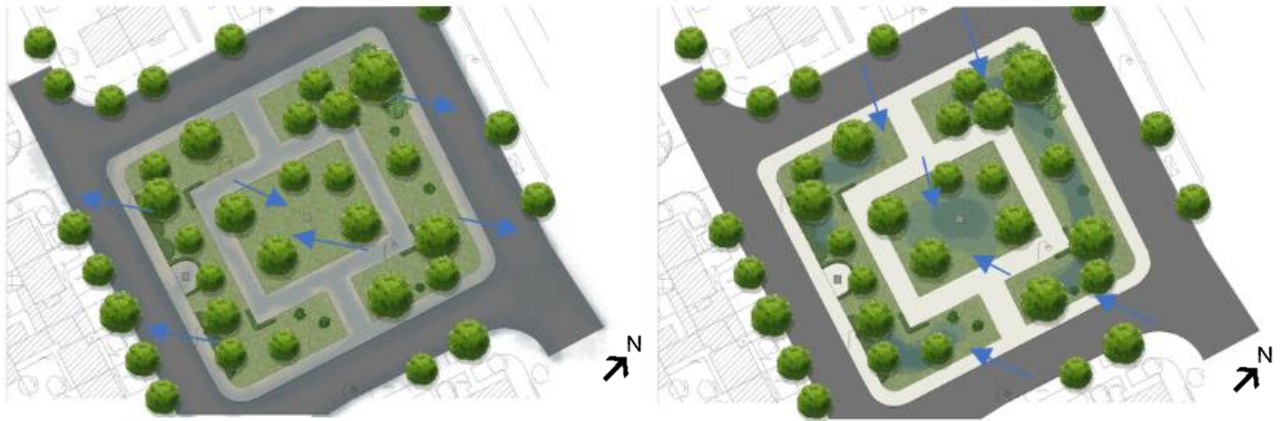


Figura 23 Situação atual (esq) e situação proposta para o jardim D. João III (drt).

Sugere-se que a tipologia da via seja via partilhada, para que haja uma melhor drenagem do local, sendo que os passeios não serão elevados e poderá e o escoamento poderá fluir para o centro do jardim. Para isto é feita uma diferenciação no pavimento utilizado, de forma a tornar óbvio o espaço que cada peão, automóvel ou bicicleta terá que ocupar, frisando as zonas com a utilização de mobiliário urbano.

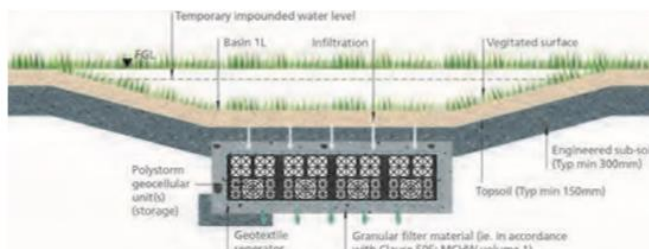


Figura 24 Pormenor construtivo do sistema subterrâneo da bacia de retenção. Fonte: CIRIA Report

Propõe-se que os pavimentos das áreas de passagem no largo do jardim sejam substituídos por pavimento permeável, e o pavimento da via seja substituído por asfalto permeável.

Propõem-se a implantação de tubagem subterrânea de captação de águas pluviais que levem o escoamento até ao centro do jardim, ligando os dois “U’s” ao centro, até a uma cisterna de infiltração, que filtrará a água e a vai infiltrando (Fig. 25).

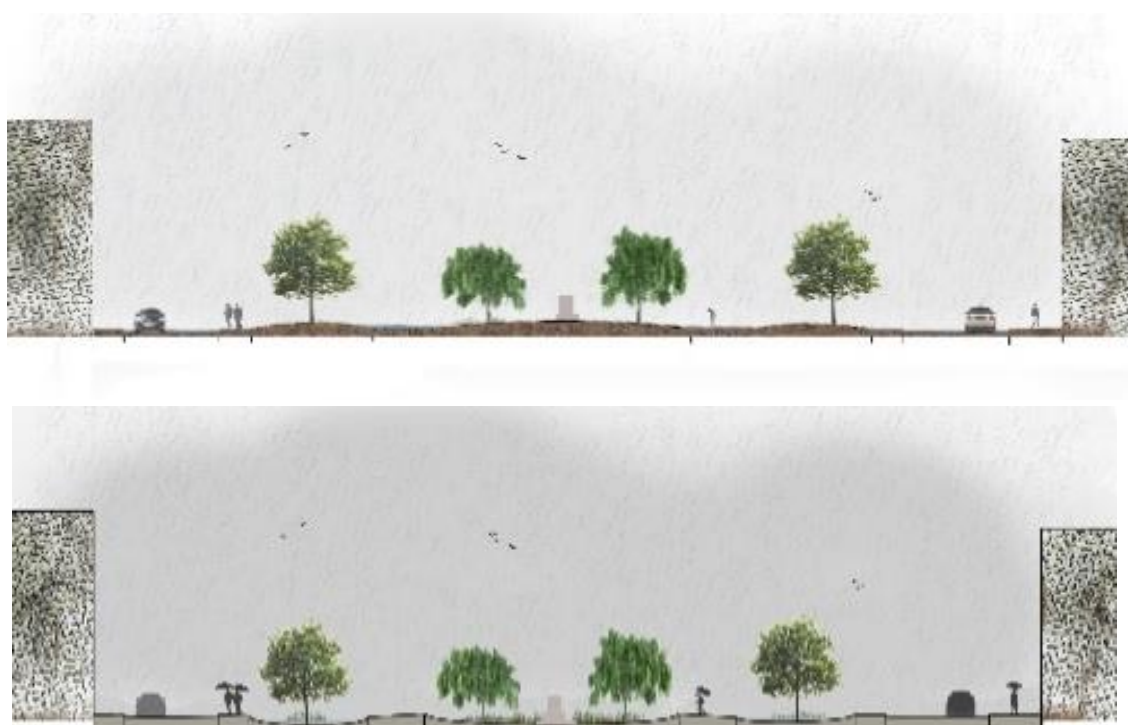


Figura 25 Representação exagerada da situação atual e situação proposta para a área B- demonstração da diferença de cotas.

Área C

Na Rua Diogo do Couto propõem-se que o acesso aos carros seja feito estritamente pelos residentes, propõem-se asfalto permeável no centro, e pavimento permeável nas extremidades para que com os materiais seja perceptível qual a área a usar por automóveis. Nos separadores laterais (Fig.26) é proposta a plantação a vegetação arbórea e herbácea para facilitar a infiltração, como exemplo *Betula celtiberica*, *Populus alba*, e de porte herbáceo ou arbustivo, *Carex elata*, *Juncus effusus* (Fig. 27/ Fig.40).



Figura 26 - Representação da vegetação e sistema de infiltração na Rua Diogo do Couto.



Figura 27 - Simulação da situação atual (acima) e da situação proposta da área C (a baixo)

A via atualmente tem 14% de permeabilidade, sendo esses 14% área do separador central com vegetação arbórea. Propõem-se que a área permeável sejam entre 80-100% com o aumento da área de vegetação e a substituição do pavimento.

Com a proposta de colocar separadores laterais foi possível aumentar o índice percentual de vegetação até 57%.

Área D

A área selecionada da avenida Marechal Gomes da Costa (Fig.2) tem um total de 6010 m² de área total pública, atualmente 1243.9 m², ou seja 27% é permeável, o que se propõem é que a área fique entre os 80-100%.de permeabilidade em espaço público.

Na avenida Marechal Gomes da Costa (Fig. 29) propõem-se a mudança de cotas das vias, para que o escoamento seja feito para o interior onde se encontra a área tendencialmente mais permeável (Fig. 30). No separador central sugere-se a colocação de mais vegetação herbácea e arbustiva, para ajudar na eficácia da drenagem e filtração.

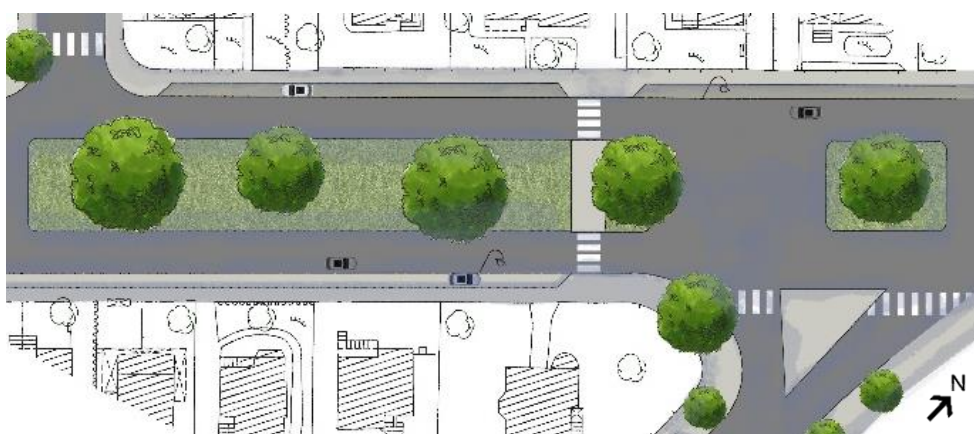


Figura 28 - Representação em plano da situação atual da Avenida Marechal Gomes da Costa.



Figura 29 - Representação em plano da intervenção da Avenida Marechal Gomes da Costa.

Pretende-se a colocação de asfalto permeável, bem como blocos permeáveis no passeio, para que, como referido anteriormente, a drenagem seja feita de imediato (Fig. 31).



Figura 30 Representação exagerada em corte da Avenida Marechal Gomes da Costa atualmente



Figura 39 Representação em corte da Avenida Marechal Gomes da Costa depois da intervenção proposta

Área E

A Rua Duarte Lopes é uma via de dois sentidos, cada faixa com 5 metros de largura, e separador central de 3 metros. A área é aproximadamente 14% permeável, mas pretende-se que a permeabilidade esteja entre os 80-100% em espaço público.

O pavimento da via será substituído por uma camada de asfalto permeável, que drene a água da chuva para o separador central com uma inclinação de 2-5%.

Área F

A Rua Francisco Barreto (Fig. 32 e 33 esq) é uma via partilhada com 6 metros de largura, sem vegetação no espaço público, a intervenção proposta para esta área é baseada na mudança da direção do escoamento (Fig.33 drt), para o centro, projetando a via com uma inclinação de 2-5% e substituir o alcatrão impermeável para permeável.

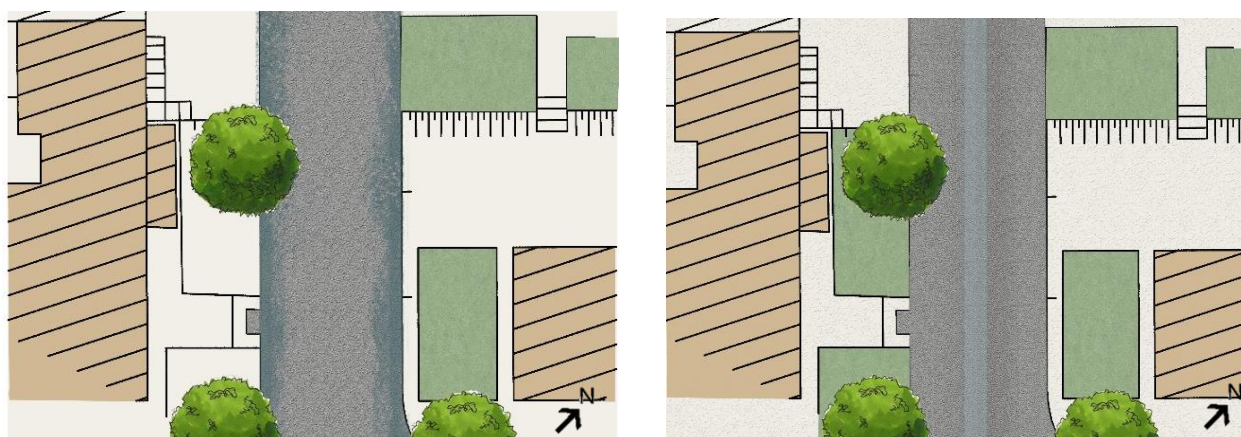


Figura 32 - Representação em plano da intervenção na Rua Francisco Barreto

Figura 42 Corte exagerado da situação atual (esq.) e depois da intervenção (drt) Figura 43 - Representação em plano da intervenção na Rua Francisco Barreto

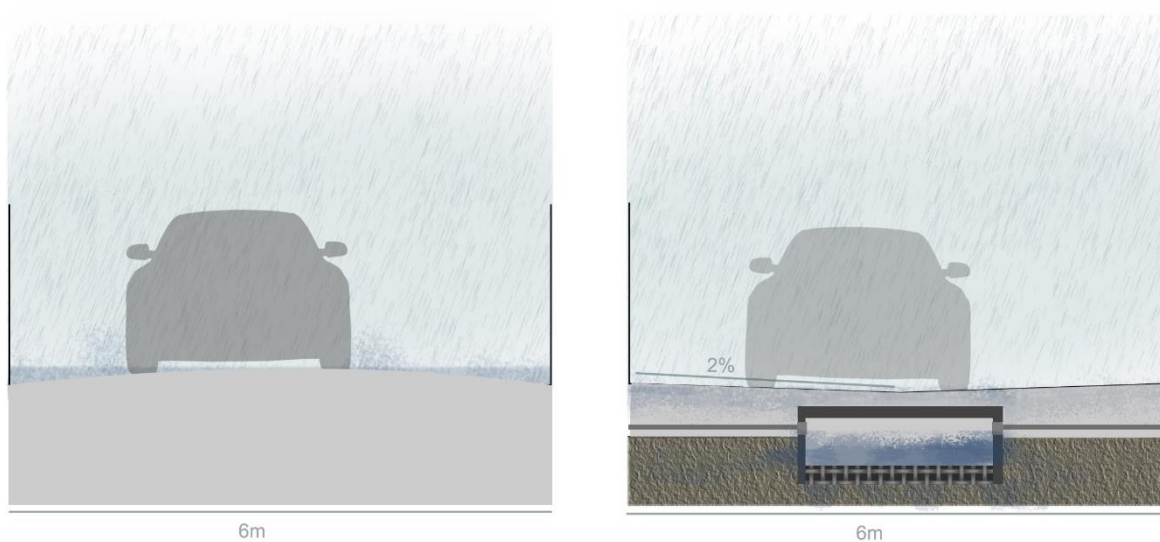


Figura 33 Corte exagerado da situação atual (esq.) e depois da intervenção (drt)

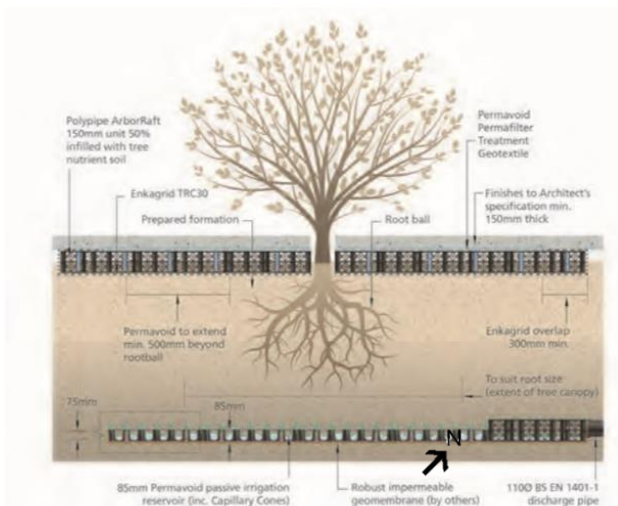
Área G

A Rua Padre Fernão Cardim (Fig. 34) tem 9.6 metros de largura, com passeio de 2.5 metros, apresenta vegetação em caldeiras no passeio e tomando as medidas certas para manter a vegetação existente em ótimas condições (Fig. 35), como as vias anteriores, a drenagem atual é direcionada para as habitações (Fig.36)

Pretende-se que o pavimento seja substituído por asfalto permeável, tal como as vias anteriormente referidas, deve apresentar uma inclinação de 2-5%, a drenagem deve ser direcionada para o centro da via (Fig.39).



Figura 34 Representação em plano da via Rua Padre Fernão Cardim.



Typical Permavoid protective raft and underlying passive irrigation system; used to protect new tree pit rooting zone and create additional water storage and sustainable irrigation.

Figura 35 - Representação em corte do passeio com vegetação arbórea. Fonte: CIRIA ReportFigura

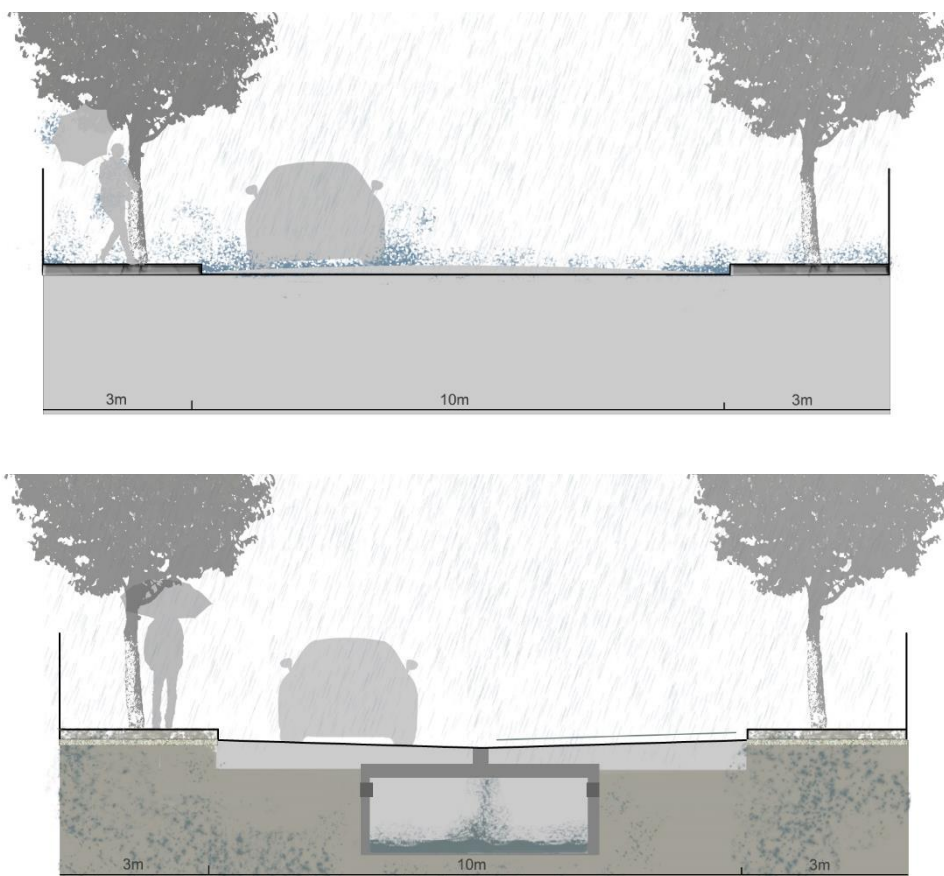


Figura 36 Corte representativo do antes (acima) e depois (a baixo) da intervenção proposta

A taxa de permeabilidade atual é aproximadamente de 6%, depois da intervenção, a permeabilidade da área espera-se que chegue ao mínimo de 80%.

Área H

A Rua Dom Luís de Ataíde é uma via de dois sentidos, cada um com 5 metros de largura, e separador central de 3 metros. A área é aproximadamente 15.5% permeável, pretende-se que a permeabilidade esteja entre os 80-100% em espaço público.

Não existe diferenciação de pavimentos entre o espaço de peões e viaturas.

A intervenção projetada para esta via é a descida da cota do separador central, para que a drenagem seja feita nessa direção (Fig. 36 baixo). A cota das árvores mantém-se para

que se mantenham a uma cota superior à área inundada. Propõem-se que seja colocado pavimento permeável, e a água pluvial seja direcionada para o separador (Fig.37).

O pavimento da via será substituído por uma camada de asfalto permeável, que drene a água da chuva para o separador central com uma inclinação de 2-5%.

O separador central apresenta atualmente vegetação arbórea, propõem-se que neste espaço seja plantada vegetação herbácea e arbustiva, como por exemplo, *Carex elata*, *Juncus effusus* e *Nerium oleander*, *Lychnis flos-cuculi* (Fig.40), para a drenagem e filtração seja mais eficaz.

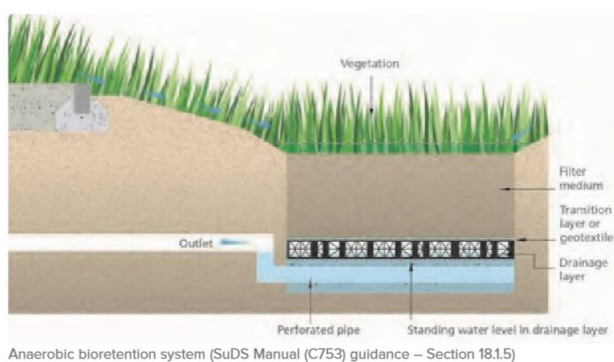


Figura 37 - Representação em corte de um sistema de bio retenção. Fonte: CIRIA Report

É proposto num todo do projeto a densificação da vegetação não só com espécies herbáceas e arbustivas, mas também vegetação de porte arbóreo.

Representação do Sentido da Drenagem Atual e Proposto

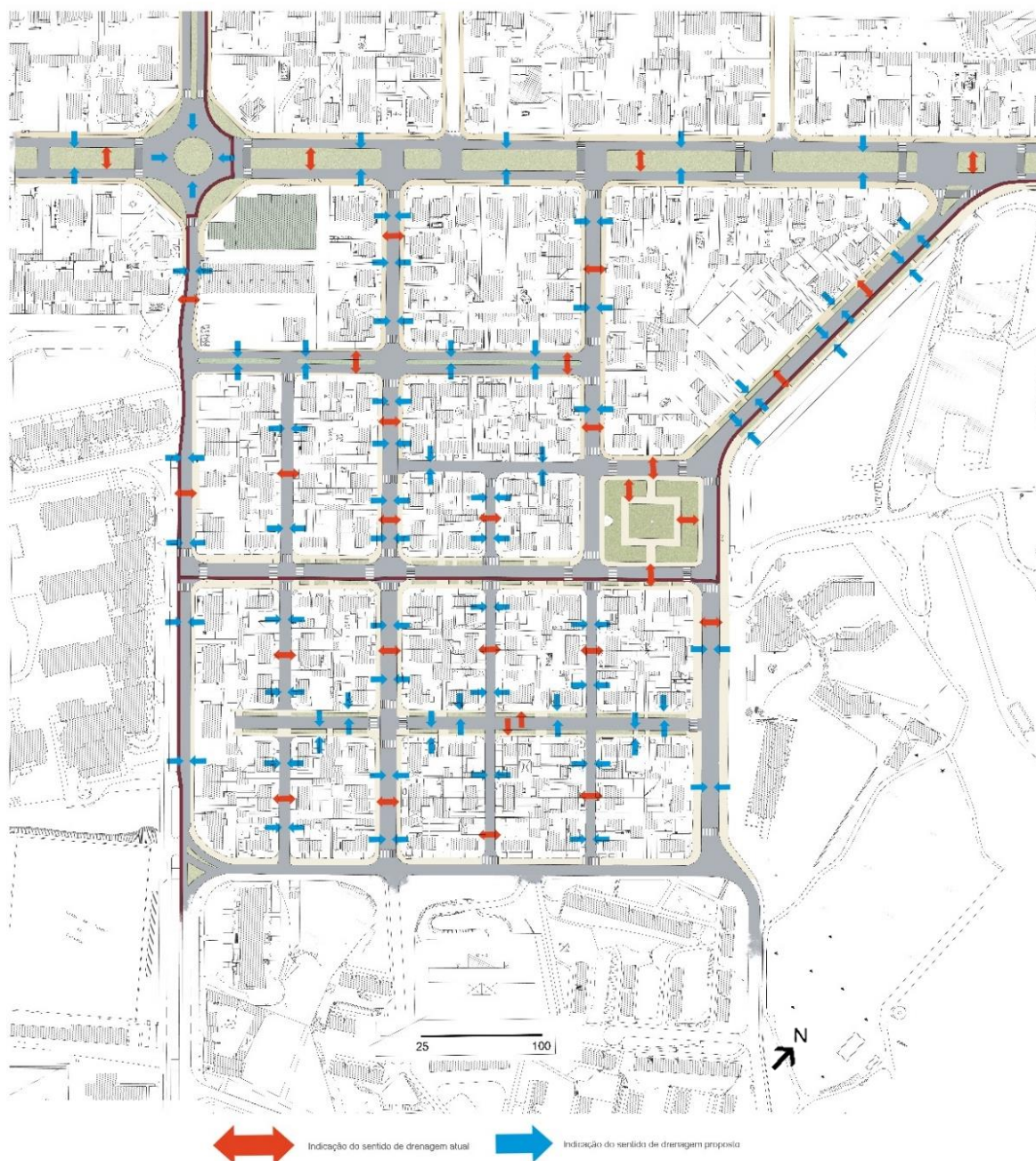


Figura 50 - Mapa do sentido de drenagem proposta.

É feita uma substituição em locais em que estas se encontrem demasiado degradadas ou a densificação em locais em que as árvores se encontrem mais esparsas (Fig.40).

Locais como a interseção/rotunda e a Rua Diogo do Couto é proposta a plantação total, de novo, sendo que estes locais não apresentavam vegetação arbórea anteriormente ou foram intervencionados e as árvores anteriores não puderam ser mantidas (Fig.39).

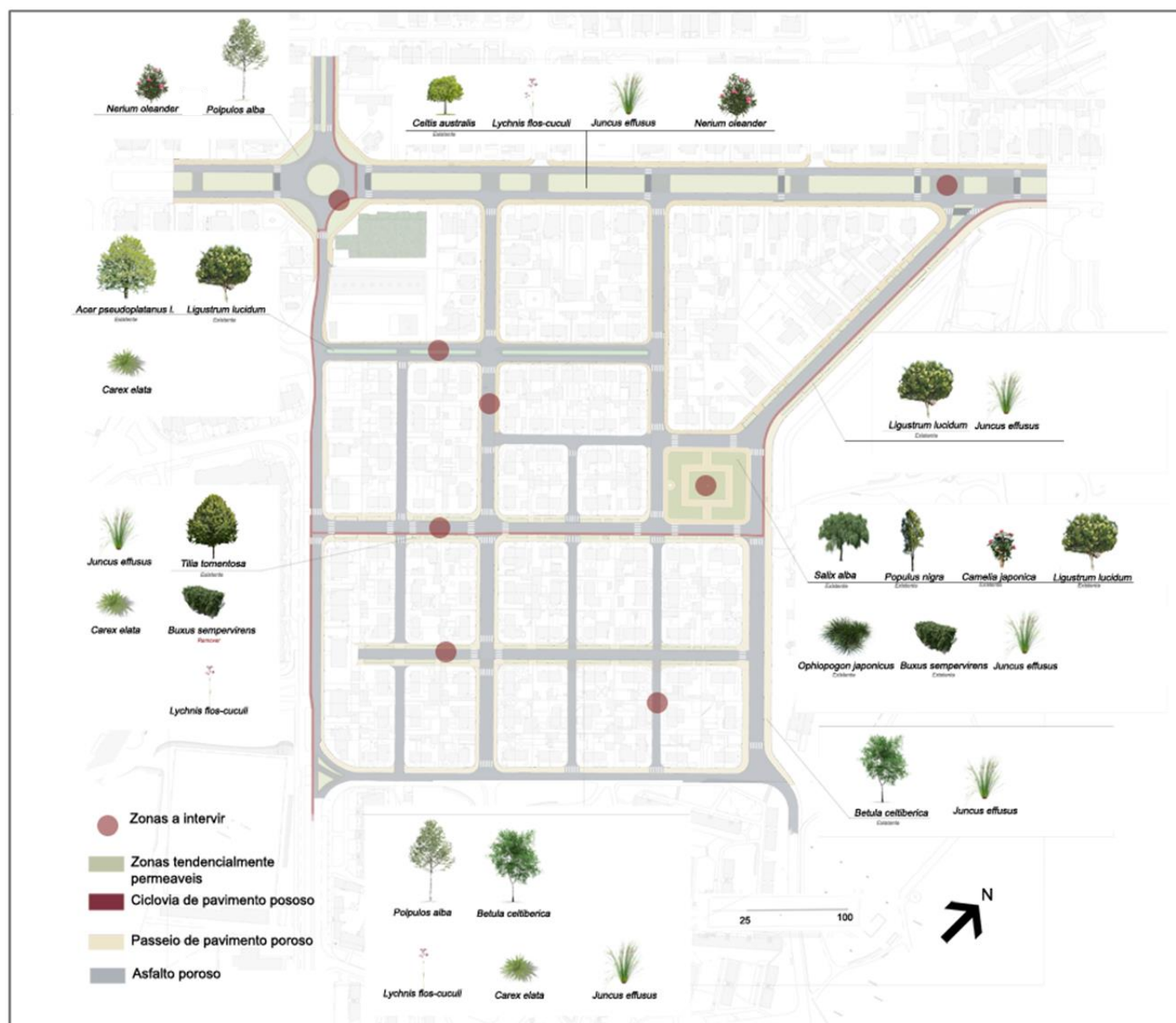


Figura 39 - Representação da vegetação existente, proposta e a excluir nas áreas de intervenção



Figura 40 – Plano Geral da Proposta de Intervenção no Bairro Marechal Gomes da Costa

Analisando os dados da intervenção proposta chega-se aos resultados de um aumento de 223 m² de espaço verde, conseqüentemente uma diminuição de área pavimentada da

mesma medida. Com a proposta de substituição do pavimento impermeável para pavimento permeável e calculando que o seu índice de permeabilidade mínimo seja de 80%, a área atualmente com 12.7% de permeabilidade em espaço público, depois do projeto implementado conseguiria chegar aos 80% de permeabilidade em espaço público.

5. CONCLUSÃO

O programa da Cidade Esponja nota-se de uma enorme necessidade, não só em cidades que já tenham sofrido eventos extremos de cheias e inundações, como em cidades que ainda não foram atingidas por catástrofes meteorológicas tão extremas e tenham um nível de impermeabilização mais baixo. É necessário começar a aplicar estes instrumentos assim que possível, não só para este tipo de eventos não chegar a ter uma repercussão grave no imediato, como perdas financeiras e, mas também para salvaguardar os recursos hidrológicos, habitats e biodiversidade.

Pelo estudado pode considerar-se que Portugal não é o país que mais avançado está na implementação destas medidas, que devem ser implementadas o quanto antes, temos exemplo de Singapura, Londres, entre outras cidades que estão a implementar estes métodos por todos os bairros, ou o exemplo da China, que já sentiu os efeitos que a massificação das cidades causa, acompanhada das alterações climáticas, onde inundações e cheias já mataram milhares de pessoas e causaram perdas financeiras avultadas, tanto como secas extremas que causam igualmente esses efeitos, sempre acompanhados com a perda de culturas e habitats.

Com a implementação deste conceito consegue atingir-se uma melhor qualidade de água, maior quantidade de água limpa, a redução do risco de inundação, menor carga para os sistemas de drenagem, ajuda a manter e restaurar a biodiversidade, a mitigar o efeito ilha de calor e a valorização imobiliária, criando a possibilidade de produção de alimentos locais frescos.

Para conseguir a implementação por parte dos municípios e habitantes de estratégias de gestão e poupança de águas, propõem-se a criação de políticas de recompensa ou castigo para os utilizadores de água municipal, caso a cota de utilização ultrapasse ou não o estipulado, organizar campanhas eficazes de consciencialização sobre o assunto, subsidiar temporariamente equipamentos de gestão de águas, diminuir o vazamento e as perdas na rede de abastecimento de água de forma mais vigorosa e premiar quem implementa soluções sustentáveis de reciclagem de água, a criação um selo de certificação ambiental ou um bónus para construção no índice de permeabilidade.

Analisando a proposta realizada, pode observar-se que simplesmente com a substituição do pavimento impermeável para pavimento permeável e calculando que o seu índice de permeabilidade mínimo em espaço público seja de pelo menos 80%, a área atualmente com 12.7% de permeabilidade em espaço público, depois do projeto implementado conseguiria chegar -considerando sempre que o pavimento tem no mínimo 80% de permeabilidade - aos 80% de permeabilidade em espaço público.

À permeabilidade junta-se a filtração de água e a criação de habitats, entre todos os outros benefícios que a vegetação oferece, e que não se conseguiria sem a implementação de mais espaços verdes e a plantação de mais vegetação -autóctone- nestes espaços.

Foi possível assim, com as propostas apresentadas, passar de um índice de permeabilidade de menos de 15% para um mínimo de 80% de permeabilidade em espaço público, enquanto se adicionaram todos os benefícios que foram a cima referidos.

GLOSSÁRIO

Cobertura verde extensiva: cobertura de edifícios ou de outras construções com uma camada de vegetação que requer baixa manutenção, uma vez instalada. As plantas da cobertura verde extensiva (suculentas, herbáceas perenes) desenvolvem-se sobre uma camada de substrato com uma espessura máxima de 15cm e, em geral, a vegetação não ultrapassa os 50 cm de altura. O peso do conjunto do perfil de substrato e da vegetação é geralmente inferior a 120kg/m² [13].

Cobertura verde intensiva: cobertura de edifício e outras construções que apresentam um coberto vegetal de tratamento intensivo ou semi-intensivo requerendo uma manutenção elevada, idêntica à de um jardim convencional. As plantas da cobertura verde intensiva podem ser herbáceas, sub-arbustos, arbustos e árvores. Desenvolvem-se numa camada de substrato com uma espessura superior a 15cm. O peso conjunto da camada de substrato e da vegetação é superior a 120kg/m² [13].

Cobertura verde semi-intensiva: cobertura de edifício ou de outras construções que apresentam um coberto vegetal misto (intensivo e extensivo) e que requer manutenção moderada. A vegetação de uma cobertura viva semi-intensiva é geralmente composta por plantas herbáceas, sub-arbustivas e arbustivas. Desenvolvem-se numa camada de substrato com uma espessura de 10cm a 25cm [13].

Evapotranspiração – Processo de perda de água do solo por evaporação e por transpiração através de plantas que crescem no solo [18].

Ilha de Calor - Fenómeno climático que ocorre nos centros urbanos, e que se traduz num aumento de temperatura comparativamente com as áreas da envolvente [19].

SuDS - Gama de tecnologias de drenagem que são mais sustentáveis do que as soluções convencionais, e podem incluir tipos de infraestrutura verde, por exemplo, telhados verdes, superfícies permeáveis e lagoas construídas propositadamente e zonas húmidas. Essas técnicas usam características da paisagem e processos naturais para diminuir o fluxo de água, aumentar a evaporação e incentivar a infiltração no solo. Como um co-benefício, as estratégias SUDS podem melhorar os serviços ecossistémicos, como o habitat da vida selvagem, o sequestro de carbono, a recreação e a educação. A drenagem convencional,

por sua vez, concentra-se em canalizar a água para áreas de drenagem o mais rápido possível [20].

Alterações Climáticas- As alterações climáticas, em termos gerais, referem-se a qualquer mudança significativa nas medidas de clima (como temperatura, precipitação ou vento) que persistam por um período prolongado (décadas ou mais longo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Decreto-Lei nº 45/1994 de 22 de Fevereiro. Diário da República. Série I-A
- [2] Vale MJ, Painho M. Planeamento e gestão de recursos hídricos, ordenamento do território e partilha de sistemas de informação: Exemplo de aplicação à área abrangida pelo Plano de Ordenamento da Albufeira de Castelo de Bode e área envolvente. 4º Congresso da Água, Lisboa, 1998
- [3] Tundisi, J. Água No século XXI: Enfrentando a Escassez. 1th ed. Rima Lie; 2003
- [4] Council 2016
- [5] Sponge Cities: What is it all about?. Disponível em <https://www.worldfuturecouncil.org/sponge-cities-what-is-it-all-about/> [acedido em 28/07/2019]
- [6] Jiang Y, Zevenbergen C, Ma Y. Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China’s challenges and “sponge cities” strategy. Environmental science & policy 2018 Feb; 80: 132-143
- [7] Shanghai Experiments With “Sponge City” Technology. Disponível em <https://cleantechnica.com/2017/12/29/shanghai-experiments-sponge-city-technology/> [acedido em 28/07/2019]
- [8] Xiaoning L, Junqi L, Xing F, Yongwei G, Wenliang W. Case Studies of the Sponge City Program in China. 295-308. 2016
- [9] Dan L, Bou-Zeid E, Oppenheimer M. The effectiveness of cool and green roofs as urban heat island mitigation strategies. Environmental Research Letters 2014 May; 9 (5)
- [10] Renterghem TV, Botteldooren D. In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. Building and Environment 2011 March; 46 (3) 729-738
- [11] European Comission - Nature-Based Solutions, The challenge. Disponível em <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs> [acedido em 13 de Dezembro de 2018]

[12] Dunnett N, Clayden A. Jardim de chuvas: Managing Water Sustainably in the Garden and Designed Landscape: Sustainable Rainwater Management for the Garden and Designed Landscape 2007

[13] Steiner LM, Domm RW. Rain Gardens: Sustainable Landscaping for a Beautiful Yard and a Healthy World. 1 ed. Voyageur Press; 2012

[14] ANCV Greenroofs 2018 Disponível em (<http://www.greenroofs.pt/pt/faq>)

[15] WSUD maintenance guidelines Inspection and maintenance activities. Disponível em <https://www.melbournewater.com.au/sites/default/files/WSUD-Maintenance-Inspection-and-maintenance-activity-guidelines.pdf> [acedido em 15 de Dezembro de 2018]

[16] Department for Environment, Food and Rural Affairs. The SuDS Manual CIRIA Disponível em <http://www.hrwallingford.com.cn/pdfs/news/CIRIA%20report%20C753%20The%20SuDS%20Manual-v2.pdf> [acedido em 23 de Fevereiro de 2019]

[17] Raingardens - These specially designed garden beds improve the health of our waterways and reduce stormwater flows. Disponível em <http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/industry/treatment-types/what-is-a-raingarden/> [acedido em 15 de Dezembro de 2018]

[18] Christensen, A.J. (2005). Dictionary of Landscape Architecture and Construction. USA: The McGraw-Hill Companies

[19] Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics. Disponível em <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basiccompendium.pdf>

[20] Disponível em http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/sustainable_urban_drainage_systems_green_roofs_permeable_southern_italy_503na2_en.pdf

[21] Rain Gardens, Managing water sustainably in the garden and designed landscape
Nigel Dunnett and Andy Clayden, pag 60

SITES CONSULTADOS

http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/sustainable_urban_drainage_systems_green_roofs_permeable_southern_italy_503na2_en.pdf

<http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/industry/treatment-types/what-is-a-raingarden/>

<https://www.melbournewater.com.au/>

<https://catalogo.up.pt/>

<https://dre.pt/>

<https://flora-on.pt/>

<https://garden.org>

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basicscompendum.pdf>

<https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/climate-change/surface-water/london-sustainable-drainage-action-plan#acc-i-56748>

<https://www.researchgate.net/>

<https://www.turenscape.com/en>

<https://www.worldfuturecouncil.org/sponge-cities-what-is-it-all-about/>

DOCUMENTOS CONSULTADOS

Grass Barrier And Vegetative Filter Strip Effectiveness In Reducing Runoff, Sediment, Nitrogen, And Phosphorus Loss

Humberto Blanco-Canqui,* C. J. Gantzer, S. H. Anderson, E. E. Alberts, And A. L. Thompson

Urban Water Cycle Modelling And Management

Meenakshi Arora, Hector Malano

Sustainable Drainage Systems (Suds) - A Guide For Developers

Environment Agency

Sistemas De Aproveitamento De Águas Pluviais, Dimensionamento E Aspectos Construtivos

José Carlos Moreira Resende Rodrigues, Feup (Tese)

Recursos Hídricos, 2003

José Galizia Tundisi, Instituto Internacional De Ecologia

Suporte Biofísico E Ambiente, Caracterização Biofísica, 2018

Câmara Municipal do Porto

Planeamento E Gestão De Recursos Hídricos, Ordenamento Do Território E Partilha De Sistemas De Informação

Maria J. Vale, Marco Painho

Os Riscos De Inundação Urbana: Uma Proposta De Gestão Das Águas Pluviais Nos Aglomerados Urbanos

Pedrosa, António De Sousa; Abreu, Carlos Felipe Nardin Rezende De; Danelon, Jean Roger Bombonato

Carta Europeia Da Água Do Conselho Da Europa

Proclamada Em Estrasburgo Em 6 De Maio De 1968

Aproveitamento De Águas Pluviais – Implementação De Um Sistema Na Fcup

Pedro Fernandes Da Silva (Tese)

Case Studies Of The Sponge City Program In China, 2016

Li, Xiaoning & Li, Junqi & Fang, Xing & Gong, Yongwei & Wang, Wenliang

Design For Flooding, 2011

Donald Watson, Faia, And Michele Adams, P.E.

Adoption Guidelines For Stormwater Biofiltration Systems, Cities As Water Supply Catchments –

Sustainable Technologies, 2015

Emily Payne, Belinda Hatt, Ana Deletic, Meredith Dobbie, David Mccarthy And Gayani Chandrasena

Stadtentwicklungsplan Klima, Konkret, Klimaanpassung In Der Wachsenden Stadt, 2016

Engelbert Lütke Daldrup, Christian Gaebler

The Benefits Of Sustainable Urban Drainage Systems,

Asaad Saeed

The Suds Manual, Ciria Report, 2015

Woods Ballard, Wilson, Illman H

Polypipe, The Design Guide, 2019

Green roof plants: a resource and planting guide, 2006

Edmund Snodgrass, Lucie Snodgrass

Dense + Green: Innovative Building Types for Sustainable Urban Architecture

Thomas Schroepfer

Rain Gardens, Managing water sustainably in the garden and designed landscape

Nigel Dunnett and Andy Clayden

ANEXOS

Anexo A – vegetação

Anexo B – Ficha Pavimento permeável