U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

U.PORTO
FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE DO PORTO

ESTRATÉGIAS DE PLANEAMENTO TERRITORIAL PARA A MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO AOS EFEITOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Ciclo de vida da água

TANILE LIMA PIRES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM PLANEAMENTO E PROJECTO URBANO

Orientador: Professora Doutora Teresa Manuel Almeida Calix Augusto

OUTUBRO DE 2022

MESTRADO EM PLANEAMENTO E PROJECTO URBANO 2021/2022 - FEUP / FAUP

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ mppu@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Planeamento e Projecto Urbano - 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Faculdade de Arquitetura Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2022*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A minha família

"Água, energia e alimentos estão gratuitamente disponíveis a toda a humanidade, assim que abandonarmos as leis do capital e seguirmos a lógica da natureza."

Dieter Duhm

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, professora doutora Teresa Calix, por sempre me ajudar nas dúvidas mais comuns e aparentemente banais, e por ter aceitado este desafio e missão.
À Célia, minha mãe, que sempre incentivou aos estudos e ao crescimento pessoal e profissional.
Ao meu marido, Mário, que não apenas me acompanhou, mas também vivenciou todo o percurso de pesquisa, desenvolvimento e conclusão deste trabalho.
Às minhas irmãs, Camila e Joana, que sempre me apoiaram na jornada da vida, sendo o meu apoio e a minha base, as quais sempre me lembravam das minhas raízes e origem.
Aos colegas do curso de mestrado em planeamento, por compartilhar as experiências e dificuldades ao longo do curso.
Aos professores do curso de mestrado, que se empenharam em compartilhar o conhecimento num momento delicado durante a pandemia do Covid-19.
Ao amigo e ex-professor da licenciatura, Sean, que sempre foi uma inspiração sobre a temática da sustentabilidade.
Aos professores e colegas da pós-graduação do curso Reabilita, da Universidade de Brasília, que me apresentaram um novo universo de conhecimento da área da reabilitação urbana sustentável.

RESUMO

Partindo da compreensão do fenómeno das alterações climáticas e das drásticas consequências percetíveis, tanto na atualidade como possíveis de serem previstas a curto e a longo prazo, principalmente no que se trata da retomada do equilíbrio do ciclo hidrológico como fundamental elemento para a sobrevivência humana e de diversos ecossistemas, este trabalho procura analisar os documentos com mais relevância sobre o desenvolvimento sustentável para garantir a sobrevivência no planeta. Os documentos verificados foram os relatórios oriundos da Conferência de Estocolmo de 1972, o Relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum (1987), o Protocolo de Kyoto (1997), o Acordo de Paris (2015), a Agenda 2030 das Nações Unidas e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (2015), o New European Bauhaus, e o Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT). Considerando os desafios e procurando contribuir para o desenvolvimento urbano sustentável, a dissertação toma como ponto de partida as Soluções Baseadas na Natureza (NBS) para repensar a forma de organização do território a nível urbano. O caminho metodológico permitiu a compreensão da utilização de técnicas e ferramentas reconhecidas como Soluções Baseadas na Natureza como um possível instrumento de gestão pública territorial possível de ser empregado e adaptado, com as devidas adaptações, em qualquer região geográfica, podendo evidenciar o seu sucesso nos estudos de caso. Entre as várias soluções aprofundou-se o conhecimento sobre os sistemas de biorretenção da água para um melhor aproveitamento das águas pluviais. Esses sistemas são caracterizados por corresponderem a um conjunto de estratégias de cunho paisagístico que agregam funções fundamentais no tratamento da água através de processos bioquímicos além de criar pequenos ecossistemas no meio urbano. As sete estratégias apresentadas, nomeadamente os lagos e valas de retenção, as bacias e canteiros de biorretenção, as trincheiras de infiltração, paradas de autocarro verde e o pavimento permeável, são responsáveis pela retenção, infiltração, tratamento da água e abastecimento das águas subterrâneas, colaborando para a absorção da água de forma lenta sob as camadas do solo. Esse percurso permitiu compreender a importância do equilíbrio do ciclo da água no meio como um todo e como os espaços urbanos podem utilizar o recurso natural da água de forma mais eficaz, sem prejudicar os ecossistemas e garantindo uma abordagem holística. A investigação evidencia a aplicação prática dos sistemas de biorretenção em três estudos de caso, com realidades bastante diferentes relativamente ao contexto social, geográfico e climatológico. O primeiro situa-se numa região árida no sul de Portugal, o segundo é oriundo de um concurso para a criação de um bairro sustentável na Alemanha, e por fim, o terceiro é a verificação do sistema de gestão da água numa cidade com invernos rigorosos, no sudoeste do Canadá. A análise sugere que a disseminação e intercâmbio do conhecimento é fundamental para que as nações possam desenvolver estratégias mais eficazes e, assim, implementar as Soluções Baseadas na Natureza como um instrumento menos agressivo aos ecossistemas, e com grandes benefícios para a gestão política e económica do território urbano.

PALAVRAS-CHAVE: alterações climáticas, desenvolvimento sustentável, planeamento urbano, Soluções Baseadas na Natureza (NBS), sistemas de biorretenção da água.

ABSTRACT

Based on the understanding of the issues on climate change and the drastic perceptible consequences, not only on currently days, but they can be predicted in the short and long term as well, especially when it comes to restoring the balance of the hydrological cycle as a fundamental element for human survival and various ecosystems, this work aims to analyse the most relevant documents on sustainable development to ensure the survival on the planet. The documents verified were the reports arising from the 1972 Stockholm Conference, the Brundtland Report - Our Common Future (1987), the Kyoto Protocol (1997), the Paris Agreement (2015), the United Nations Agenda 2030 and the Sustainable Development Goals (2015), the New European Bauhaus, and the National Program for Spatial Planning Policy (PNPOT). Within this methodological approach in search of sustainable urban development, the dissertation takes Nature Based Solutions (NBS) as a starting point to rethink the way of organising the territory at the urban level. The methodological path allowed the understanding of the use of techniques and tools apprehended in nature-based solutions as a possible instrument of territorial public management possible to be employed and adapted, evidently, in any geographical region. The technique to be analysed was a deepening of knowledge about bioretention systems for a better use of rainwater. These systems are characterised as a set of landscaping strategies that add fundamental functions in water treatment through biochemical processes in addition to creating small ecosystems in the urban environment. The seven strategies presented, such as water retention ponds, bioretention basin, bioswales, infiltration trenches, bioretention planters, green bus stops, and permeable paving, are responsible for retention, infiltration, water treatment, and groundwater supply, and they help to slowly absorption of the water under the soil layers. This investigation allowed us to understand the influence of the water cycle balance on the whole environment and how urban spaces can use the natural resource of water more effectively, without harming ecosystems and in a holistic way. The research highlights the practical application of bioretention systems in three case studies and with quite different realities regarding the social, geographical and climatological context. One of them are located in an arid region in southern Portugal, the other one comes from a competition for the creation of a sustainable neighbourhood in Germany, and finally, the third one is the analysis of the water management system in a city with harsh winters, in southwestern Canada. The analysis suggests that the dissemination and exchange of knowledge is very important so that nations can develop more effective strategies and thus implement nature-based solutions as a tool less aggressive to the ecosystems, providing great benefits for the political and economic management of urban territory.

KEYWORDS: climate change, sustainable development, urban planning, Nature Based-Solutions (NBS), bioretention systems

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA 1
1.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO 3
1.2.1. OBJETIVO GERAL 3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.3. OBJETO DE ESTUDO 4
1.4. METODOLOGIA 4
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO 5

2. CONCEPTUALIZAÇÃO TEÓRICA 7
2.1. INTRODUÇÃO 7
2.2. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS 9

3. PRINCÍPIOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 15
3.1. INTRODUÇÃO 15
3.2. NOSSO FUTURO COMUM (1987) 17
3.3. PROTOCOLO DE KYOTO (1997) E O ACORDO DE PARIS (2015) 19
3.4. AGENDA 2030 DAS NAÇÕES UNIDAS (2015) 21
3.5. NEW EUROPEAN BAUHAUS 24
3.6. PROGRAMA NACIONAL DA POLÍTICA DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PNPOT) 26
3.6.1. CONTEXTUALIZAÇÃO 26
3.6.2. O PNPOT 27

4. CICLO HIDROLÓGICO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DOCE NO PLANETA 31

4.1. INTRODUÇÃO ... 31
4.2. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS ... 34
4.3. GESTÃO DAS ÁGUAS NO ESPAÇO PÚBLICO ... 35
4.4. REUSO DAS ÁGUAS CINZAS ... 36
4.5. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS NAS EDIFICAÇÕES ... 37

5. COMO (RE) CONSTRUIR CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS ... 39
5.1. SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (NATURE-BASED SOLUTIONS – NBS) ... 39
5.2. AS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E A ÁGUA ... 41
5.3. SISTEMAS DE RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS ... 42
5.3.1. ESTRATÉGIA 1: LAGOS DE RETENÇÃO ... 43
5.3.2. ESTRATÉGIA 2: BACIAS DE BIORRETENÇÃO ... 45
5.3.3. ESTRATÉGIA 3: VALAS DE RETENÇÃO ... 47
5.3.4. ESTRATÉGIA 4: TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO ... 48
5.3.5. ESTRATÉGIA 5: CANTEIROS DE BIORRETENÇÃO ... 50
5.3.6. ESTRATÉGIA 6: PARADAS DE AUTOCARRO VERDE ... 52
5.3.7. ESTRATÉGIA 7: PAVIMENTO PERMEÁVEL ... 54

6. ESTUDOS DE CASO ... 57
6.1. COMUNIDADE DE TAMERA, PORTUGAL ... 57
6.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO NA EUROPA ... 57
6.1.2. A COMUNIDADE DE TAMERA, PORTUGAL ... 58
6.2. VAUBAN, ALEMANHA ... 62
6.2.1. A QUESTÃO DA GESTÃO DA ÁGUA NA ALEMANHA ... 62
6.2.2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE VAUBAN ... 62
6.3. CALGARY, CANADÁ ... 66

7. CONCLUSÃO ... 71
7.1. COMENTÁRIOS E RECOMENDAÇÕES ... 71

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ... 75

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Primeira fotografia integral do Planeta Terra. Conhecida como a “Esfera Azul”, foi tirada em 7 de dezembro de 1972, na operação do Apollo 17. 8

Fig. 2 – O aquecimento global induzido pelo homem atingiu aproximadamente 1º C acima dos níveis pré-industriais em 2017 10

Fig. 3 - Imagem aérea de áreas inundadas depois das chuvas na cidade de Recife, Brasil, em 2022... 12

Fig. 4 - Mapa de alterações de temperatura na Europa 12

Fig. 5 - Imagens de satélite do antes do incêndio de Pedrógão Grande. 13

Fig. 6 - Imagens de satélite do depois do incêndio de Pedrógão Grande. 13

Fig. 7 - “Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável”, proposta pelas Nações Unidas, é constituída por 17 objetivos. 22

Fig. 8 - Princípios do New European Bauhaus (NEB). 25

Fig. 9 - Esquema dos instrumentos de gestão territorial (IGT), em Portugal. 26

Fig.10 - Síntese dos fatores, impactos e tendências territoriais das mudanças ambientais e climáticas explicitadas no Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território. 28

Fig. 11 - Esquema dos 10 compromissos para o território e dos 5 domínios de intervenção. 29

Fig. 12 - Distribuição dos corpos de água no mundo. 32

Fig. 13 - Em (a) está representado o sistema convencional de esgoto sanitário, e em (b) é o sistema adaptado para o reúso de águas cinzas com separação de efluentes que necessitam de maior tratamento 37

Fig. 14 - Exemplo de um lago de retenção em área urbana, em Potsdamer Platz, Berlim, Alemanha. 43

Fig. 15 - Esquema de um lago de retenção. 44

Fig. 16 - Exemplo de uma bacia de biorretenção, em Labelle Park, Minnesota, Estados Unidos. 45

Fig. 17 - Seção esquemática de um sistema de bacias de retenção. 46

Fig. 18 - Exemplo de uma vala de retenção 47

Fig. 19 - Seção esquemática de uma bacia de retenção. 47

Fig. 20 - Exemplo de uma trincheira de infiltração com pedras em uma área urbana 49

Fig. 21 - Exemplo de uma trincheira de infiltração com pedras em Banff, Canadá 49

Fig. 22 - Seção esquemática de uma trincheira de infiltração. 49

Fig. 23 - Exemplo de canteiros de biorretenção em Washington, EUA 51

Fig. 24 - Exemplo de canteiros de biorretenção em em Gdynia, Polônia. 51

Fig. 25 - Seção esquemática de um canteiro de biorretenção. A esquerda representa um canteiro de infiltração, e a direita retrata um canteiro de filtração. 51

Fig. 26 - Exemplo de uma parada de autocarro verde em Bialystok, Polônia 53

Fig. 27 - Seção esquemática de uma parada de autocarro verde 53

Fig. 28 - Exemplo de um pavimento permeável 54

Fig. 29 - Seção esquemática de um exemplo de pavimento permeável. 55

Fig. 30 - Mapeamento dos estudos de casos de NWRM a nível europeu 57

Fig. 31 - Ecovila de Tamera, localizada no Sul de Portugal, a aproximadamente 180 km de Lisboa e a 140 km de Faro. 59

Fig. 32 - Transformação da paisagem no Lago 1, em Tamera em 2007, 2011 e 2014. 60

Fig. 33 - Imagem de satélite em Tamera em 2006 61

Fig. 34 - Imagem de satélite em Tamera em 2010 61

Fig. 35 - Elementos individuais do conceito de drenagem para adoção de medidas de gestão descentralizada das águas pluviais. 64

Fig. 36 - Elementos do sistema central de valas. 64

Fig. 37 - Separação esquemática da composição da superfície de Vauban, em maio de 2011. 65

Fig. 38 - Processo de captação das águas fluviais e tratamento para consumo humano. 67

Fig. 39 - Tratamento de águas residuais da cidade de Calgary. 68

Fig. 40 - Gestão das águas pluviais através da coleta por bueiros e sistemas de biorretenção da água. 69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Precipitação total acumulada no mês de junho de 2022, nos Estados de Pernambuco, Alagoas e Rio Grande do Sul. 11

Tabela 2 - Principais Conferências, Relatórios, Declarações e Planos de Ação a nível mundial para o Ambiente. 16

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

CHP – Combined Heating and Power (Sistema de aquecimento e energia combinados)

CMMAD - Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CQNUMC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

EDG - European Green Deal

EEA – Agência Europeia do Ambiente

GEE – gases de efeito estufa

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IGT – Instrumentos de Gestão Territorial

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MDL - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

NAU – Nova Agenda Urbana

NBS – Nature Based-Solutions (soluções baseadas na natureza)

NEB - New European Bauhaus

NWRM – Natural Water Retention Measure

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PNPOT - Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território

PROT – Programas regionais

PI – Programas intermunicipais

PU – Planos de Urbanizaçao

PP – Planos de pormenor

PDM – Planos Diretores Municipais

PE – Programas Especiais

PS – programas setoriais

PK - Protocolo de Kyoto

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

O desenvolvimento das cidades no século XXI apontam para a necessidade de novas soluções urbanas no que diz respeito ao desenvolvimento de um habitat para o ser humano. É preciso que este espaço seja saudável e que todo o sistema funcione bem para garantir a sobrevivência da espécie. Muitos aspetos da saúde baseiam-se no bom funcionamento biológico e na sobrevivência, ou seja, é preciso a adequação local em algo vital e num terreno com condições propícias para o desenvolvimento da vida. E quando isto não ocorre, colocam-se em risco diversas vidas. Nas últimas décadas, observou-se que o aumento da população mundial e a crescente demanda do consumo dos recursos naturais é uma constante em progressão. Portanto, o desenvolvimento sustentável, principalmente das cidades, representa um tema notável para estudo, investigação e responde a uma urgência que pressupõe o incremento do conhecimento global.

As primeiras formas de concentração humana tinham como pré-requisitos estabelecerem-se próximo às fontes de alimentos, de água, de combustível e garantir as condições para a domesticação dos animais e para a produção agrícola que se refletiam na dimensão das colheitas. (Ward & Dubos, 1973, pp. 39-42). Dessa forma, essas populações já tinham a noção de princípios de implantação urbana e organização territorial a fim de criarem estratégias para a própria sobrevivência.

Ao longo da história diversos teóricos já retrataram a importância do planeamento ambiental e do crescimento das cidades. A saber, Vitrúvio estabeleceu normas para a localização e conceção de aglomerados populacionais saudáveis no primeiro século antes de Cristo, sendo que estes textos já representavam uma compilação de conhecimentos muito anteriores. Da mesma maneira, as Leis das Índias, que correspondem ao corpo legislativo definido por Espanha para os territórios coloniais americanos, no século XVI, também referiam normas de saúde a ter em conta na conceção dos aglomerados populacionais, e focam-se essencialmente no clima e nos poluentes visíveis. Já no século XIX, os reformadores sanitários ingleses realizaram grandes transformações no sistema de drenagem e de abastecimento de água. Essas e outras intervenções pretendiam erradicar as ameaças à saúde humana causadas pelas doenças provocadas por diversos motivos, dentre eles a falta de higiene urbana e a insalubridade. (Ward & Dubos, 1973)

As ameaças à saúde parecem aumentar precisamente à medida que começamos a compreender a importância do equilíbrio e adequação entre a nossa natureza animal e o nosso cenário físico. Portanto, torna-se essencial ampliar o conhecimento e identificar estratégias para uma melhor adaptação do homem às exigências de preservação da natureza e para mitigar os efeitos das alterações climáticas.

Diversas pesquisas relatam que as alterações climáticas são uma consequência das ações do homem e do seu comportamento exploratório que ameaça os ecossistemas, a biodiversidade e a própria existência humana. (Ward & Dubos, 1973) (Araujo, 2019). Elas são consequências das emissões dos gases de efeito estufa que são provenientes, na maior parte das vezes, da queima de combustíveis fósseis provocando, por exemplo, as ilhas de calor. Como consequência, há alterações de temperatura, do padrão das chuvas, da humidade e dos ventos e, portanto, há também modificação da biodiversidade e diminuição das espécies. Com os índices de calor elevados agregados à escassez de chuva, as reservas de água também diminuem. As calotas polares também derretem com mais facilidade. E tudo isso contribui para o aumento do nível do mar, e, logo, na alteração da vida marinha.

A água é, então, fundamental para o desenvolvimento socioeconómico, para o cultivo e produção de alimentos, para o equilíbrio de ecossistemas saudáveis, para a produção de energia e para a sobrevivência da espécie humana. Segundo as Nações Unidas, a escassez da água tende a aumentar até 2050 devido à crescente demanda no setor industrial e doméstico das economias emergentes e devido ao aumento da população mundial. Portanto, torna-se fundamental equilibrar a demanda dos recursos hídricos em todo o mundo. É preciso salientar que 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a serviços de água potável com segurança, que a escassez de água já afeta quatro em cada dez pessoas e 90% de todos os desastres naturais estão relacionados com a água. (United Nations, s.d.)

Dentro deste cenário percetível em todo o mundo, diversas instituições e governos iniciaram uma série de movimentos, regulamentos e acordos internacionais a fim de mitigarem estas alterações e encontrarem soluções. Nos primórdios, estas iniciativas tinham como tendência as áreas do meio ambiente e da natureza, daí, nos últimos anos, perceber-se a importância de estabelecer diretrizes relativamente ao território urbano, já que a maior parte da população vive nas cidades e tende a crescer exponencialmente. As alterações têm impacto em todos os territórios, porém, é no território urbano que se sentem mais os desastres e consequências das alterações climáticas. É também aqui que as estratégias de adaptação podem fazer mais diferença.

O Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (2014) considera que o primeiro passo para a adaptação às alterações climáticas é reduzir a vulnerabilidade e exposição à variabilidade climática atual. (IPCC, 2014, *apud* (Pina, Pereira, & Alvarenga, 2019). Logo, é preciso uma melhor orientação do desenvolvimento territorial, tendo em vista a regulação do uso do solo e otimização das suas funções (entre elas, a conservação da água). O ato de pensar o ordenamento e planeamento do solo, orientado através de instrumentos políticos, deve assegurar que as cidades consigam uma adequada organização de recursos, tendo em vista o desenvolvimento ambiental, social, económico e sustentável, tornando as cidades mais adaptáveis às alterações climáticas. Ou seja, a partir da implementação de estratégias no território urbano, as cidades são mais capazes de sobreviverem a estas mudanças.

A questão da água ganha importância no desenvolvimento sustentável em território urbano por se tratar de um recurso natural que é essencial à vida, e que se encontra em desequilíbrio. As cidades sofrem com demasiada impermeabilização do solo e, consequentemente, as águas das chuvas, sobretudo nos episódios torrenciais cada vez mais frequentes, não conseguem ser absorvidas pelo solo, provocando grandes inundações. Portanto, o presente trabalho pretende demonstrar a importância da água e de uma melhor conservação deste recurso natural em território urbano e procura sintetizar possíveis medidas de mitigação e adaptação aos impactos das alterações climáticas, considerando alguns dos instrumentos de gestão territorial e outros regulamentos internacionais. Ademais, esta investigação também defende como principal mecanismo de atuação as Soluções Baseadas na Natureza (NBS) e, principalmente, aquelas voltadas para a conservação da água, nomeadamente os sistemas de biorretenção, cujo

contributo é demonstrado através de estratégias e aplicações práticas. As estratégias descritas levam em conta o cumprimento das funções de retenção e absorção da água, que incorporam outros benefícios, tais como, aumento das áreas verdes, aumento da capacidade de sequestro de carbono, maior evapotranspiração das plantas, aumento da biodiversidade nas cidades, mais áreas com maior incidência de sombras e menor absorção do calor em superfícies artificiais (betão, asfalto, etc.), aumento da absorção da água e redução de inundações e enchentes, alimentação das águas subterrâneas, redução da quantidade de água nas infraestruturas de águas pluviais e nos rios, entre outros.

Nesta perspetiva de encontrar soluções ajustáveis de conservação da água e para que as estratégias sejam um desígnio universal e flexível, são elucidados três estudos de caso ilustrando a viabilidade destas técnicas, que também apresentam um nível satisfatório de sucesso, podendo ser modelos inspiradores. Portanto, estas técnicas encontram-se em três cenários distintos uns dos outros. O primeiro caso é a comunidade de Tamera, localizada numa região árida do Alentejo ao sul de Portugal; o segundo – Vauban, é oriundo de um concurso de novos subúrbios sustentáveis e está situado numa antiga base militar francesa no sudoeste da Alemanha; e, o terceiro localiza-se numa região com temperaturas extremas, principalmente de inverno, e necessita de um complexo sistema de gestão das águas, situado nas pradarias do Canadá, na cidade de Calgary. O motivo da escolha destas 3 localidades refletem parte do meu percurso acadêmico e pessoal, onde Portugal representa o meu atual país de residência, a Alemanha simboliza parte de um estudo iniciado durante o meu percurso acadêmico na Universidade de Brasília e, por fim, Calgary foi a cidade onde morei antes de me mudar para Portugal.

Para concluir, este estudo permite evidenciar a viabilidade da construção de sistemas de biorretenção da água a partir das soluções baseadas na natureza (NBS), principalmente em áreas urbanas. Esses sistemas representam menor custo de investimento em relação aos modelos tradicionais, além de terem o potencial e a flexibilidade construtiva de serem construídos em diversos locais ao redor do mundo, adaptando às condições locais, geográficas, económicas, entre outras condicionantes.

1.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

1.2.1. OBJETIVO GERAL

A presente dissertação apresenta como objetivo geral a compreensão das fortes evidências atuais relativamente às alterações climáticas que reforçam a urgência de ações de mitigação que reduzam e respondam aos impactos ambientais produzidos pela ação do homem. Neste contexto, é percebido que os eventos climáticos extremos, tais como, o aquecimento global, o aumento do nível das águas oceânicas, as ondas de calor, a redução das chuvas, as inundações, a seca, entre outros, podem causar o desequilíbrio da flora e fauna, pondo em causa a biodiversidade e até a sobrevivência da própria espécie humana. Portanto, propõe-se a realização de uma revisão da literatura sobre a utilização dos recursos naturais, especialmente a água, considerando as diferentes ferramentas de reaproveitamento da água de forma mais eficiente. Reconhece-se que o contributo para um planeamento urbano mais sustentável assenta na adoção de estratégias de mitigação e adaptação das consequências causadas pelos eventos da natureza e, principalmente, na busca de técnicas que decorram de perspetivas mais holísticas sobre o ciclo de vida da água.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tendo em conta o contexto descrito nos objetivos gerais, o planeamento do território deve contribuir para o desenvolvimento de métodos e critérios que buscam minorar os eventos climáticos a curto e longo prazo. É preciso compreender que não há soluções simples, mas, sim, uma grande complexidade de

questões a considerar e um difícil equilíbrio a garantir no quesito do planeamento territorial. É preciso pensar em abordagens inovadoras e refletir sobre diversas estratégias em função da localização geográfica, das especificidades climáticas, dos fatores culturais e econômicos, que caracterizam um determinado território.

Portanto, são as especificidades deste trabalho:

1. Contextualizar os desastres ambientais da atualidade, tentando compreender quais as suas origens;

2. Demonstrar a importância de restabelecer o ciclo hidrológico;

3. Dar respaldo às técnicas de reabilitação urbana, nomeadamente as soluções baseadas na natureza (NBS), e entendê-las como possível instrumento de política pública universal e adaptável às diferentes zonas geográficas.

4. Demonstrar a aplicação prática destas soluções em estudos de caso de sucesso.

1.3. OBJETO DE ESTUDO

A conceptualização holística sobre o tema, pressupõe que a abordagem ao objeto de estudo também terá em conta o desenvolvimento de estratégias holísticas, possíveis e adaptáveis de serem replicadas em diferentes contextos geográficos. Estas estratégias visam oferecer às cidades novas soluções para evitar efeitos dramáticos do clima, que apontam para o melhor escoamento das águas pluviais no solo, contribuindo para um melhor equilíbrio do ciclo da água, nomeadamente através dos sistemas de biorretenção. Dessa forma, é possível minimizar os impactos e possíveis estragos que os episódios climáticos extremos podem causar às cidades. Logo, incentivar e divulgar possíveis propostas para áreas urbanas mais verdes e com menor impacto ambiental é um desafio da atualidade e, ao mesmo tempo, é uma necessidade para garantir o direito à vida às gerações futuras.

1.4. METODOLOGIA

Com o intuito de alcançar os objetivos desta pesquisa, a metodologia inicial a ser aplicada nesta investigação contempla uma pesquisa, primeiramente, acerca do acervo teórico do ciclo da água e de sua importância, de técnicas de aproveitamento das águas pluviais e águas cinzas; e, posteriormente, sobre as alterações climáticas evidenciadas pela ação do homem em função do aumento dos níveis de dióxido de carbono (CO2) na atmosfera, como relata o Painel Intergovernamental para a Mudança Climática (IPCC). Com base nisso, buscou-se os conceitos voltados para o desenvolvimento do território de modo sustentável, como regem os princípios e conceitos do recente movimento New European Bauhaus, da Agenda 2030 da ONU constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), das Nature-Based Solutions (NBS), do Protocolo de Kyoto, do Acordo de Paris, do Relatório Bruntland - Our Common Future (1987), do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT), entre outros, a fim de determinar possíveis estratégias para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Aprofundam-se principalmente nas questões voltadas para o ciclo da água que assentam, por exemplo, sobre como melhor aproveitar as águas, sejam elas pluviais, fluviais ou mesmo as águas residuais, e sobre a inter-relação do homem com as águas e corpos-d'água.

Como estudos de caso, foram escolhidos três exemplos em diferentes contextos (Portugal, Alemanha e Canadá), os quais apresentam soluções que mitigam os impactos ambientais através de ferramentas fundamentadas pelas soluções baseadas na natureza.

Como resultado esperado desta pesquisa, pretende-se perceber as variadas estratégias de mitigação e adaptação no combate às alterações climáticas, através de soluções que os arquitetos, os urbanistas, a sociedade civil e as políticas urbanas públicas permitem alcançar através da intervenção no planeamento e no desenho do território. É através desta necessária mudança de paradigma que a morfologia urbana e o planeamento do território têm a capacidade de apaziguar as mudanças do clima e os seus efeitos através de instrumentos de planeamento territorial, possibilitando a resiliência e a transformação sustentável da paisagem.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está segmentado em 6 capítulos, organizados da seguinte maneira:

Primeiro capítulo: trata da apresentação da introdução do trabalho, que contempla uma breve explanação do tema e, posteriormente, os objetivos e objeto de estudo, assim como a metodologia utilizada.

Segundo capítulo: aborda a problemática atual sobre as alterações climáticas e algumas evidências pelo mundo.

Terceiro capítulo: refere-se ao ciclo hidrológico da água e como ela está distribuída no planeta, além de expor as principais consequências com base nas alterações climáticas e como elas interferem na vida humana e animal. Ainda neste capítulo, são introduzidas de forma breve algumas soluções para o aproveitamento e reuso da água em edificações e em espaços públicos, sendo que o foco será abordado a nível dos espaços públicos.

Quarto capítulo: explica alguns dos princípios para o desenvolvimento sustentável, apresentando a evolução e a linha do tempo sobre este tema. Percebe-se aqui que, após os eventos, tais como as conferências internacionais e relatórios, que há maior preocupação em criar ferramentas para mitigar as consequências das alterações climáticas causadas principalmente pela ação humana.

Quinto capítulo: após a revisão de literatura dos capítulos anteriores, discutem-se possíveis soluções que podem ser aplicadas essencialmente em zonas urbanas, contemplando um conjunto de ferramentas que podem ser empregues em diferentes contextos geográficos e em climas diversos. Desse modo, as soluções baseadas na natureza são apresentadas como uma ferramenta universal, flexível e adequável aos diferentes contextos. Estas ferramentas são apresentadas como estratégias, mostrando suas principais características, assim como uma avaliação sumária de custos baseada em manuais e relatórios de casos práticos.

Sexto capítulo: discorre sobre 3 estudos de caso onde se utilizaram as soluções baseadas na natureza como meio de mitigar determinados problemas. O primeiro caso está a nível nacional, nomeadamente na comunidade de Tamera, em Portugal, que apresenta a escassez da água como grande obstáculo para o desenvolvimento e sobrevivência nesta zona. O segundo está a nível europeu, designadamente no distrito de Vauban, na Alemanha, que tinha como objetivo criar uma localidade com menos quantidade de carros e mais áreas verdes. E por fim, o terceiro caso é um estudo do sistema de gestão das águas pluviais em toda a cidade de Calgary, no Canadá, onde há uma gestão rigorosa da água devido às condições extremas de temperatura, principalmente no inverno.

Conclusões: mediante o exposto, este capítulo incide sobre as principais conclusões e recomendações desta pesquisa.

2
CONCEPTUALIZAÇÃO TEÓRICA

2.1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades e a expansão urbana pode ser considerada como um dos grandes problemas ambientais da atualidade. A maior preocupação gira em torno de como organizar o espaço, essencialmente na compreensão dos mecanismos para o desenvolvimento sustentável considerando os diversos fatores, nomeadamente económico, social e ambiental.

Este crescimento urbano está diretamente relacionado com o crescimento demográfico mundial. Já há muitos anos, cientistas e economistas discutem quantos seres humanos o planeta Terra é capaz de acolher. Registros antigos, tal como o de Robert Malthus (1798), explica em uma hipótese não utópica que a população tende a crescer até o máximo compatível com os recursos. Essa teoria vem a calhar com os fatos revelados ao longo dos anos, pois ele referia-se aos recursos agrícolas disponíveis, isto é, não esgotáveis, mas limitados. Isso quer dizer, que quando há o cultivo, há também a colheita na maior parte das vezes, o que implica num recurso finito e limitado. Já Adam Smith, considerado o "pai da economia" acreditava num universo utópico que o espaço geográfico era um recurso ilimitado. Somente por volta dos anos 1970, o Clube de Roma desenvolveu a teoria neomalthusiana, onde tentava estabelecer uma ligação entre demografia e recursos. Esta relação foi muito criticada na época, porém conseguiu colocar a questão no centro de um debate político, e introduziu o meio ambiente como um fator de limitação. (Brodhag, 1997)

Os recursos naturais não são apenas importantes para a produção e cultivo alimentar, podem, também, ser reconhecidos como uma questão que pode originar conflitos entre regiões devido à sua escassez, como é possível comprovar as relações conflituosas entre Israel e Palestina devido a presença de água em Israel, e o acesso dos Palestinos a este recurso. O Mar de Aral também foi resultado da utilização massiva da água dos rios que alimentam o rio, o que resultou na redução de aproximadamente 80% do seu volume.

Com os desdobramentos desta pesquisa, foi possível constatar a existência de documentos e pesquisas realizadas há mais de um século que conjeturam que o crescimento das cidades ocorrido de forma desenfreada colocaria a vida humana em risco, sendo necessário adotar medidas para o desenvolvimento sustentável do meio urbano e do meio ambiente.

Não muito distante e a cerca de menos de um século o homem tinha poucos recursos para observar o próprio espaço em que vivia devido às limitações da tecnologia da época. Somente no início da década de 1970, o homem assume de fato a consciência de que pertence a um espaço único e comum após observar as primeiras imagens do planeta vistas do espaço.



Fig. 1 - Primeira fotografia integral do Planeta Terra. Conhecida como a "Esfera Azul", foi tirada em 7 de dezembro de 1972, na operação do Apollo 17. (Natgeo, 2018)

A Declaração de Estocolmo, alínea 5, afirma que "o aumento natural da população coloca incessantemente novos problemas para a preservação do ambiente, pelo que se deveria adotar, em função das necessidades, políticas e medidas apropriadas para resolver estes problemas". Ademais, de acordo com Samuelson (1989, p. 1029) a chave para o crescimento econômico reside em quatro fatores principais, os quais são: os recursos humanos, os recursos naturais, a formação do capital e a tecnologia. O crescimento urbano de forma súbita é uma desvantagem muito grande que só poderá ser vencida através do desenvolvimento dos campos, das cidades médias e de tecnologia para melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Ao longo dos últimos 50 anos, perfilaram-se importantes contribuições sobre diversas áreas científicas favorecendo a um rico acervo técnico, o que possibilita reunir formas e resoluções mais assertivas acerca da organização dos espaços geográficos. O Relatório "O Nosso Futuro Comum" é um dos importantes exemplares que mostra a preocupação para o ambiente e o desenvolvimento sustentável.

A presidente da Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento, Gro Harlem Brundtland, afirma que os governos têm a capacidade de regular o sistema e interferir no comportamento da população. Ela ainda afirma que "é preciso estabelecer mecanismos globais ou padrões éticos que regulem as formas de fazer negócios. Necessitamos desenvolver uma forma de governança que cruze as fronteiras dos países." (Brundtland, 2014)

Contudo, estamos a vivenciar o terceiro século de uma industrialização que tem se baseado essencialmente na destruição de recursos, e que progressivamente tem restringido as opções das futuras gerações. No entanto, esta tendência tem mostrado sinais de nos encontrarmos no limiar de um novo período, que diante de evidências científicas, é preciso promover mudanças em relação aos setores do planejamento ambiental, social, político e econômico.

Não menos importante, para fazer face ao problema das alterações climáticas existem essencialmente, duas linhas de atuação – Mitigação e Adaptação. Enquanto a mitigação é o processo que visa reduzir a emissão de GEE para a atmosfera, a adaptação é o processo que procura minimizar os efeitos negativos dos impactos das alterações climáticas nos sistemas biofísicos e socioeconómicos. (DGEG, 2022). Constata-se também, que embora existam bastantes dados acerca de métodos para a redução do GEE divulgados na literatura, é preciso voltar-se agora principalmente para as novas medidas de adaptação.

É com base nesta temática do desenvolvimento sustentável, o qual vem sendo debatido oficialmente desde a publicação do "Nosso Futuro Comum", e juntamente com a temática da conservação da água, como elemento propulsor da vida que se pretende estabelecer um objeto de estudo, nomeadamente os sistemas de biorretenção. Este elemento foi escolhido devido à sua polivalência, sendo possível de ser aplicado e replicado em diferentes regiões geográficas. Corresponde também a uma das soluções baseadas na natureza (NBS), o que implica numa maior abrangência de intervenções benéficas ao homem e ao meio ambiente, que serão explicitadas com pormenores no capítulo seguinte.

2.2. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Compreender o significado de meio ambiente envolve adotar uma visão holística, integrada e perceber as suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspetos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos. O significado e o alcance desta expressão importam, pelo exposto, na adoção de um olhar unitário, considerando-o em seus aspetos globais e locais, porém, sem descuidar de que não se trata de pensar o meio ambiente como a simples soma de seus componentes (ou seja, dos recursos ambientais como água, solo e ar), mas sim, da sua compreensão como um todo, como um bem jurídico autônomo e essencial à vida. (Japiassú & Guerra, 2017)

O aumento ininterrupto da população mundial juntamente com a crescente migração dos habitantes das zonas rurais para as zonas urbanas leva a um grande crescimento da população nas cidades. Estima-se que, até 2050, a percentagem de pessoas a viverem nas cidades aumentará aproximadamente 13%, passando assim para os 68%, isto é, 6,7 bilhões de pessoas. (United Nations, 2018a). As atividades humanas têm influenciado diretamente no aquecimento global e, consequentemente, já resultaram em diversas alterações na vida humana e em sistemas naturais, tais como o aumento de secas, inundações, climas extremos, elevação do nível do mar, e perda da biodiversidade. Essas mudanças estão causando diversos riscos, principalmente às populações mais vulneráveis, sendo que as pessoas mais afetadas vivem em países de renda baixa e média, em localidades como pequenas ilhas, megacidades com pouco planeamento, regiões costeiras e serras altas, entre outros, sofrendo com maior desigualdade social, maior propensão à existência de extrema pobreza, e acesso restrito aos recursos alimentares e água potável. Portanto, as pessoas mais vulneráveis terão sempre maior dificuldade de se adaptar às mudanças.

Visto que é um fato que a população mundial continua a crescer e, consequentemente, aumenta a necessidade de produção e consumo de matérias-primas de origem fóssil, o modelo de vida atual torna-se um dos principais impulsionadores do uso desses recursos, o que contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa. (Marc, et al., 2014) Neste contexto, o homem tem se tornado o principal agente de mudança, influenciando de forma determinante as condições climáticas, o que levou muitos cientistas a reconhecerem que o planeta tinha entrado numa nova era, chamada, por esta razão, de Período Antropoceno. (Crutzen, 2006)

O aumento da concentração global de CO^2 desde o ano 2000 é de 20 ppm[1] por década, o que é 10 vezes mais rápido do que o aumento sustentado de CO^2 durante os últimos 800.000 anos. (Lüthi, et al., 2008) O Sumário para Formuladores de Políticas "estima que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8°C a

[1] ppm – parte por milhão.

1,2°C. É provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual." (IPCC, 2018)

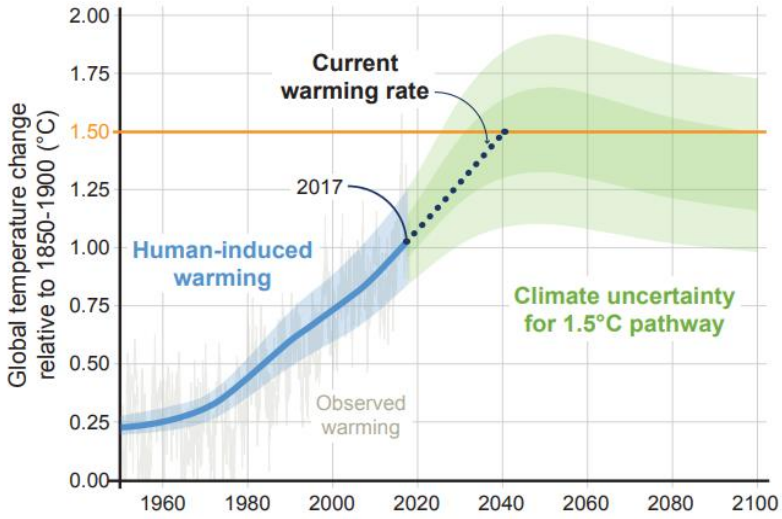


Fig. 2 - O aquecimento global induzido pelo homem atingiu aproximadamente 1º C acima dos níveis pré-industriais em 2017. No ritmo atual, a temperatura global atingiria 1,5º C por volta de 2040, sendo que o caminho previsto de 1,5º C mostrado no gráfico envolve reduções de emissão começando imediatamente. (adaptado Allen, M.R.; O.P Dube et. all, 2018)

Pesquisas relatam que apesar do fenômeno La Ninã 2020-2022 ter resfriado temporariamente as temperaturas médias globais, o ano de 2021 registou 1,11° C acima dos níveis da era pré-industrial (1850-1900). Portanto, 2021 foi o sétimo ano consecutivo em que a temperatura global ficou mais de 1° C acima dos níveis pré-industriais. (United Nations, 2022)

O secretário-geral da Organização Meteorológica Mundial, Petteri Taalas, afirmou que "o ano de 2021 será lembrado por temperaturas recorde de 50° C no Canadá, por chuvas excecionais em diversas localidades, por enchentes fatais na Ásia e na Europa, além de secas na África e em partes da América do Sul". As mudanças climáticas podem trazer diversos impactos negativos, sendo as temperaturas extremas apenas um dos indicadores dessas mudanças. Mas é este indicador que provoca ainda outras consequências, tais como concentrações de gases de efeito estufa, calor nos oceanos, alteração do pH oceânico, aumento nível do mar, redução do volume glacial e extensão do gelo marinho. (United Nations, 2021)

Segundo os relatórios do IPCC de 2007, os cientistas de todo o mundo afirmaram com 90% de certeza que a ação humana é responsável pelo aquecimento global, trazendo consigo diversos impactos. Como exemplo de um destes impactos, com o nível dos oceanos a subir, 100 milhões de pessoas que vivem a menos de um metro acima do nível do mar estão correndo o risco de ficarem desabrigadas. (WWF-BR, 2007) Pode-se, então, constatar que países com grandes áreas costeiras habitadas, tais como o Brasil e Portugal, irão ter grandes impactos sociais, económicos e ambientais.

Outro grande impacto são as secas severas, o desmatamento e as queimadas na região Amazónica brasileira. Estudos mostraram que 24 milhões de pessoas que vivem na região são afetadas pela poluição

tóxica decorrente da fumaça dos incêndios na Amazónia. Além das doenças causadas pelo fogo, o desmatamento propicia a transmissão de doenças infeciosas e o surgimento de novas doenças causadas por larvas que se desenvolvem em poças de água morna acumuladas nas beiras das estradas e que não são absorvidas pelo solo. Além disso, a Amazónia é o principal agente para regulação das chuvas no Brasil, principalmente para a agricultura e para o abastecimento de água potável no país. (WWF-BR, 2022)

Mas a Amazónia não tem apenas importância a nível nacional. Ela "é uma das poucas áreas florestais remanescentes e abriga talvez um quarto das espécies terrestres do planeta." Ou seja, ela sustenta um enorme repositório de biodiversidade para a humanidade. Além dessa rica biodiversidade, a Amazónia produz cerca de metade de suas próprias chuvas, levando-as até o sul da Argentina. Isso quer dizer que se o ciclo hidrológico for alterado, toda a América do Sul irá sofrer com a escassez da água. (Lovejoy, 2019)

Ainda no Brasil, o ano de 2022 foi marcado por recordes de chuvas intensas. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, a Região Norte, Nordeste e Sul foram as áreas mais afetadas. As fortes chuvas nas Regiões Norte e Nordeste foram causadas por áreas de instabilidade associadas às águas oceânicas mais aquecidas que provocaram diferenças na pressão atmosférica. (INMET, 2022) Registos mostraram a precipitação total acumulada no mês de junho de 2022 nas cidades brasileiras mais afetadas e, em algumas regiões, tais como o Estado do Alagoas apontaram recordes desde 1961. Essas fortes chuvas causaram grandes inundações e enchentes nas áreas urbanas, e um levantamento da Agência CNN Brasil apontou que cerca de 85.000 pessoas estão fora de suas casas em diferentes Estados brasileiros em decorrência dos estragos e sinais de destruição. (CNN, 2022)

Tabela 1 – Precipitação total acumulada no mês de junho de 2022, nos Estados de Pernambuco, Alagoas e Rio Grande do Sul. (INMET, 2022)

Estado	**Localidades**	**Total de chuva (mm) junho/2022**	**Média – Normal Climatológica (mm) junho**	**Desvio de chuva em (mm) junho/2022**
Pernambuco	Recife	673,7	314,8	358,9
	Garanhuns	311,0	158,4	152,6
Alagoas	Palmeira dos Índios	430,2	148,8	281,4
	Porto de Pedras	524,9	287,1	237,8
Pará	Itaituba	312,9	99,0	213,9
Rio Grande do Sul	São Joaquim	346,6	157,1	189,5
	Passo Fundo	313,4	145,6	167,8



Fig. 3 – Imagem aérea de áreas inundadas depois das chuvas na cidade de Recife, Brasil, em 2022. Foto: Clauber Cleber Caetano (TNH1, 2022)

Em contrapartida, em Portugal, as ondas de calor que são percebidas nos meses de verão (junho, julho e agosto) têm ocorrido com maior frequência nos últimos anos. De acordo com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) "desde a década de 1940, período em que existe informação meteorológica diária num maior número de estações, têm-se verificado ondas de calor de extensão espaço-temporal variável; no entanto, é a partir da década de 90 que se regista a maior frequência deste fenómeno." (IPMA, 2022)

Segundo a MetSul Meteorologia, sendo possível constatar na Fig. 3, diversas cidades alcançaram novos recordes na Europa, chamando maior atenção cidades na Inglaterra, Escócia, País de Gales e França. Os incêndios têm ocorrido com maior intensidade e frequência devido ao tempo seco e quente em Portugal, na França e Espanha. A Espanha, por exemplo, registou até à data desta pesquisa, 360 pessoas que perderam a vida em decorrência das altas temperaturas. Já Portugal registou o recorde de 47º C para o mês de julho. Além do calor extremo, diversos incêndios foram registados, afetando os ecossistemas terrestres e aquáticos. (MetSul, 2022)

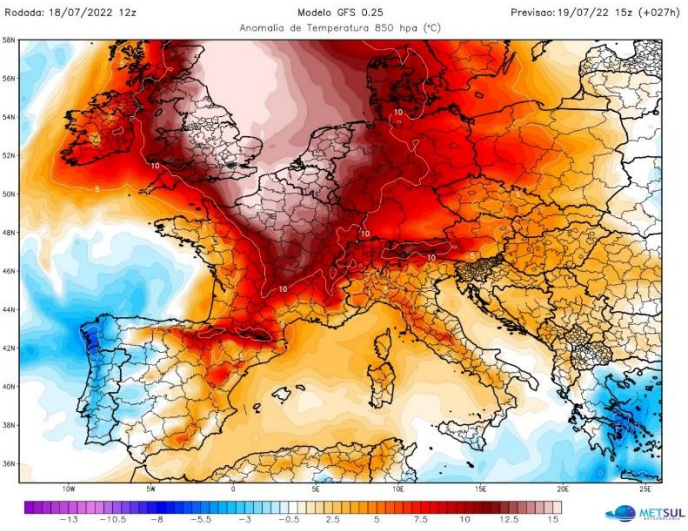


Fig. 4 – Mapa de alterações de temperatura na Europa. (MetSul, 2022)

O memorável incêndio no município de Pedrógão Grande, no distrito de Leiria, em junho de 2017 é marcado pela destruição de uma grande área florestal e de aldeias nas proximidades, que destruiu cerca de 500 casas e 50 empresas, registando a morte de 66 pessoas e 253 feridos. (DN, 2022)

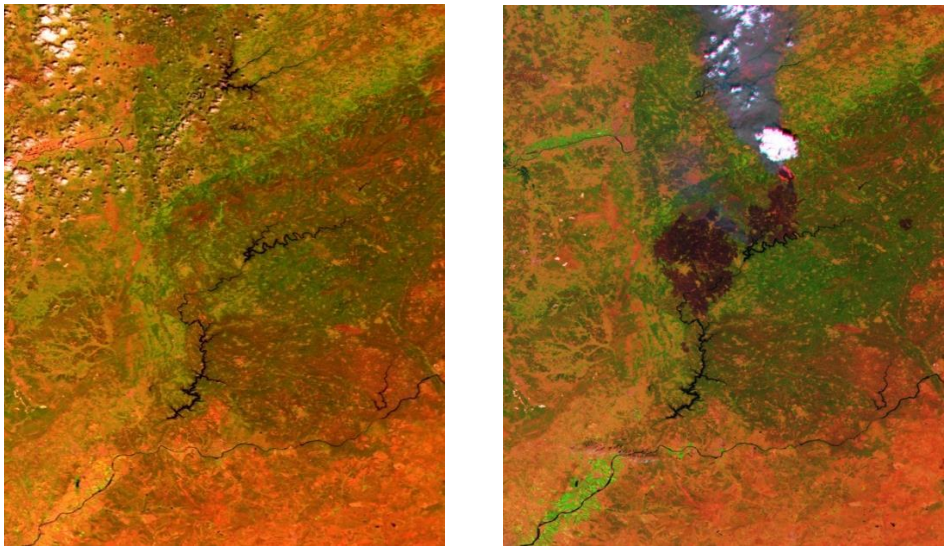


Fig. 5 e 6 – Imagens de satélite do antes e depois do incêndio no município de Pedrógão Grande. A imagem a esquerda foi obtida a aproximadamente um mês antes e a imagem a direita foi obtida a 72 horas depois do incêndio. (Ferreira, 2017)

Diversos outros desastres ambientais ocorrem a todo o momento no mundo em decorrência principalmente da ação humana, seja ela provocada instantaneamente ou ao longo dos anos. É preciso reconhecer estes eventos e tomar medidas para evitar novas fatalidades.

3
PRINCÍPIOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

3.1. INTRODUÇÃO

De acordo com o historiador Hobsbawn (2004), a Primeira Guerra Mundial passa a ser a marca do colapso da civilização ocidental do século XIX. É neste mesmo século em que o conhecimento científico se expande para o ordenamento do mundo, especialmente no campo político como pode ser verificado com a criação da Comissão Internacional de Cooperação Intelectual, em 1921, a qual é vinculada à Liga das Nações – organização que surge logo após a Primeira Guerra Mundial, em 1919. Esta organização tinha como objetivo ser um espaço de discussões para se evitar novos confrontos e preservar a paz mundial. Em 1945, após a Segunda Guerra Mundial, é criada oficialmente a organização Nações Unidas com objetivos semelhantes: promover a paz, evitar uma nova guerra mundial e debater temas acerca do desenvolvimento mundial.

Na década de 1980, a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada pelas Nações Unidas, oficializou o termo "Desenvolvimento Sustentável" publicado e intitulado como Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*), também chamado de Relatório de Brundtland, publicado precisamente em abril de 1987. Cada vez mais, as grandes instituições internacionais estavam preocupadas em defender e melhorar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações, adotando como meta fundamental para a sobrevivência da humanidade.

"Para que haja um desenvolvimento sustentável, é preciso que todos tenham atendidas as suas necessidades básicas e lhes sejam proporcionadas oportunidades de concretizar suas aspirações a uma vida melhor", além disso, "o desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos." (UN, 1987)

Com base neste novo cenário de oportunidades para o crescimento econômico e desenvolvimento global, diversas conferências internacionais e publicação de relatórios foram sendo realizadas a partir da década de 1970. Estes eventos tinham como objetivo discutir uma grande variedade de temas globais acerca do meio ambiente, e suas variantes como clima, proteção da biodiversidade, desenvolvimento sustentável, acesso aos recursos naturais e preservação dos mesmos, delimitando diretrizes comuns para as ações atinentes à proteção do meio ambiente, por um esforço integrado da comunidade internacional. (Japiassú & Guerra, 2017)

Tabela 2: Principais Conferências, Relatórios, Declarações e Planos de Ação a nível mundial para o Ambiente. Adaptado pela autora. (Machado, 2000)

	Organizações	Local	Data
Conferências:			
I Conferência Mundial sobre o Ambiente	Nações Unidas	Nova Iorque EUA	1949
II Conferência Mundial sobre o Ambiente	Nações Unidas	Estocolmo Suécia	1972
Conferência Mundial sobre Educação Ambiental	UNESCO / UNEP	Tblisi URSS	1977
Conferência de Nairobi	Nações Unidas	Nairobi Quénia	1982
Conferência Regional Europeia Preparatória da ECO 92	Nações Unidas	Bergen Noruega	1990
III Conferência Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92)	Nações Unidas	Rio de Janeiro / Brasil	1992
Relatório, Declarações e Planos de Ação			
Declaração e I Plano de Ação para o Ambiente (1972-1982)	Nações Unidas	Estocolmo Suécia	1972
Declaração sobre Educação Ambiental o Ambiente (1972-1982)	UNESCO / UNEP	Tblisi URSS	1977
Estratégia Mundial de Conservação da Natureza	UICNRN / UNESCO PNUA/ WWF	-	1980
Norte-Sul. Programa para a sobrevivência e crise comum	Nações Unidas Comissão Willy Brandt	-	1980
Declaração de Nairobi e II Plano de Ação para o Ambiente (1982-1992)	Nações Unidas	Nairobi Quénia	1982
O Nosso Futuro Comum (Relatório Brundtland)	Nações Unidas WCED	-	1987
Declaração do Rio sobre o Ambiente e Desenvolvimento	Nações Unidas	Rio de Janeiro / Brasil	1992
Protocolo de Kyoto	Nações Unidas	Kyoto Japão	1997

Acordo de Paris	Nações Unidas	Nova Iorque EUA	2015
Agenda 2030	Nações Unidas	Nova Iorque EUA	2015

3.2. NOSSO FUTURO COMUM (1987)

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, no ano de 1972, foi um marco para as questões ambientais em todo o mundo, pois foi o primeiro grande evento mundial onde debateu-se sobre a temática do meio ambiente. Contando com a presença de 113 Chefes de Estado[2] reunidos, os líderes discutiram e aprovaram diretrizes comuns para enfrentar os imbróglios relacionados ao uso dos recursos naturais, relativos aos impactos causados sobre o meio ambiente originados de processos industriais e relacionados à exploração predatória da natureza. (Japiassú & Guerra, 2017)

Diversos movimentos ambientalistas da década de 1960 também colaboraram com diversas reivindicações principalmente em busca de um novo modelo de industrialização, o qual fosse mais benévolo para o meio ambiente. É possível verificar alguns trabalhos e publicações que enfatizam e refletem o pensamento da sociedade da época, nomeadamente "Os limites do crescimento", do Clube de Roma, publicado em 1972, e a obra "Uma Terra Somente", de Barbara Ward, publicada em 1973. O primeiro livro integra uma discussão a respeito da situação presente do homem naquele mesmo período e mostra uma grande preocupação em relação ao futuro do homem. Era claro perceber que era preciso mudar as formas de desenvolvimento mundial em prol da sobrevivência do planeta.

"Uma Terra Somente" é um relatório não oficial da Conferência sobre o Meio Ambiente promovida pelas Nações Unidas, preparado com assistência de 152 consultores de 58 países, entre eles naturalistas, humanistas, engenheiros, sociólogos, entre outros interessados pela questão ambiental. O livro é uma compilação de preocupações sobre a relação do homem com a Terra. Esta obra evidencia a inquietação acerca da saúde ecológica do planeta, nomeadamente a carência de alimentos, o acúmulo de poluentes ambientais, o aumento da população mundial, e a ameaça a certos valores naturais que transcendem as necessidades orgânicas. Este livro ganha grande importância para o debate da sustentabilidade e da preservação do planeta pois inicia uma discussão através de evidências científicas decorrentes dos efeitos das atitudes do homem até então. São apresentados os problemas da explosão demográfica já debatidos nos anos 1970 e em como o homem utiliza de forma inadequada os recursos naturais, e percorre a preocupação da sobrevivência do homem, independente dos avanços tecnológicos. Este exemplar descreve e reconhece o sentido de pertencimento do homem em um só sistema, movido por uma só energia, que manifesta uma unidade fundamental sob todas as suas variações de dependência, e da sua sobrevivência, do equilíbrio e da saúde de todo o sistema. (Ward & Dubos, 1973)

[2] Existem atualmente 193 Estados-membros da Organização das Nações Unidas. Cada um dos Estados-membros têm um assento na Assembleia Geral.

Até onde se sabe, o planeta Terra é o único onde há vida humana, e por isso, torna-se indispensável que haja maior consciência dos problemas, e que, por sua vez, haja uma mudança de atitudes relativamente à gestão do uso dos recursos naturais.

A Declaração de Estocolmo sobre o Ambiente Humano das Nações Unidas, de 16 de junho de 1972, repercute a preocupação com a preservação e melhoria do ambiente humano, e enfatiza em um dos seus princípios que:

> *"O homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar, tendo a solene obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras(...). O desenvolvimento econômico e social é indispensável para assegurar ao homem um ambiente de vida e trabalho favorável e para criar na terra as condições necessárias de melhoria da qualidade de vida (...)."* (United Nations, 1972a)

Os Estados e as organizações internacionais deveriam tomar disposições pertinentes, com vista a chegar a um acordo, para se poder enfrentar as consequências econômicas que poderiam resultar da aplicação de medidas ambientais, nos planos nacional e internacional." (United Nations, 1972a)

É possível verificar que desde a década de 1970, e especificamente através da declaração de Estocolmo, em 1972, já havia uma grande preocupação internacional sobre a preservação do meio ambiente, assim como a precaução de garantir este direito para as gerações futuras, sendo este conquistado através da educação e acesso à informação, as quais se repercutem até aos dias atuais. Contudo, a Declaração de Estocolmo significa um compromisso dos Estados em adotar medidas, e não uma lei de obrigatoriedade ou medida de exigência de tais princípios, o que dá margem ao não cumprimento do que foi debatido e acordado. Oportunamente, tais demandas se repercutem até aos dias atuais.

De acordo com Adriano Araujo, diretriz não é lei, contudo é possível que seja um instrumento de organização. Quando há o descumprimento de uma lei é considerada uma infração, diferentemente de uma diretriz que não pode ser considerada uma lei, mas pode gerar uma forma de constrangimento. (Araujo, 2019). Desse modo, compreende-se que há diferentes possibilidades de implementação de um projeto ou ideia, seja a partir da obrigatoriedade de uma lei, ou a partir de uma diretriz, a qual pode ser interpreta como um instrumento de gestão e ambas podem ser eficazes.

Em 1983, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Humano, tendo sido designada como presidente a Primeira Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Mas só em abril de 1987 foi publicado o Relatório Brundtland, também conhecido como "Nosso Futuro Comum", desenvolvido pela mesma comissão. Foi a partir deste documento que as nações começaram a perceber o problema ecológico com grande importância e urgência.

A divulgação do Relatório Brundtland defende a ideia do "desenvolvimento sustentável", indicando um ponto de inflexão no debate sobre os impactos do desenvolvimento. Não só reforça as necessárias relações entre economia, tecnologia, sociedade e política, como chama a atenção para a necessidade do reforço de uma nova postura ética em relação à preservação do meio ambiente, caracterizada pelo desafio de uma responsabilidade tanto entre as gerações quanto entre os integrantes da sociedade dos nossos tempos. (Jacobi, 2003)

O Nosso Futuro Comum é produto de um contexto das grandes guerras do século XX e passa a ser um documento de referência que depara com diversos problemas ambientais e projeções futuras. Este relatório aborda questões sobre o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio, temáticas bastante novas e revolucionárias para o período em que foi publicado. Além disso, uma série de diretrizes e procedimentos foram relatados, já que não havia um consenso mundial sobre como agir a fim de se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Para tanto, "é indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada, e de uma conduta dos indivíduos, das empresas e das coletividades inspirada no sentido de sua responsabilidade sobre a proteção e melhoramento do meio ambiente em toda sua dimensão humana. É igualmente essencial que os meios de comunicação de massas evitem contribuir para a deterioração do meio ambiente humano e, ao contrário, difundem informação de caráter educativo sobre a necessidade de protegê-lo e melhorá-lo, a fim de que o homem possa desenvolver-se em todos os aspetos." (United Nations, 1972a)

Para concluir, de acordo com Araújo (2019), o Desenvolvimento Sustentável pode ser compreendido, nesse sentido, como uma estratégia política baseada no conhecimento tecnocientífico situada no limiar entre impor limites e produzir possibilidades de expandi-los. Ademais, deve-se aplicar o planeamento aos assentamentos humanos e à urbanização com vista a evitar repercussões prejudiciais sobre o meio ambiente e a obter os máximos benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos. A este respeito devem-se abandonar os projetos destinados à dominação colonialista e racista. (United Nations, 1972a)

"É preciso que o mundo crie logo estratégias que permitam às nações substituir seus atuais processos de crescimento, frequentemente destrutivos, pelo desenvolvimento sustentável. Para tanto é necessário que todos os países modifiquem suas políticas, tanto em relação ao seu próprio desenvolvimento quanto em relação aos impactos que poderão exercer sobre as responsabilidades de desenvolvimento de outras nações." (Nações Unidas, 1987)

Por fim, o relatório Nosso Futuro Comum evidencia a necessidade do debate e de ações frenéticas sobre a crise ambiental e de como as políticas internacionais podem interferir no desenvolvimento sustentável. Estas condutas irão nortear as diferentes localidades a implementarem medidas de proteção dos recursos naturais e criar estratégias mais eficazes através da inovação tecnológica.

3.3. PROTOCOLO DE KYOTO (1997) E O ACORDO DE PARIS (2015)

O Protocolo de Kyoto foi o primeiro tratado internacional para a redução das emissões nas economias industrializadas. Este tratado é o resultado de um acordo internacional, é constituído por 37 países e a União Europeia, e ocorreu na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC), assinado em 1997, na cidade de Kyoto, Japão, tendo como principal objetivo conter as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 5,2% em média, no período entre 2008 e 2012 em comparação com os níveis de 1990. (Almer, C., Winkler, R., 2017). Este protocolo determinou um teto de emissões para vários países desenvolvidos e propôs um aparato institucional para dar sustentação à implantação desse processo.

"O protocolo cria mecanismos de flexibilização, nomeadamente de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), a implementação conjunta e o Comércio de Emissões que procuram assegurar o cumprimento dos objetivos de redução dos GEE. Além disso, os países podem alcançar suas metas de redução por intermédio de compras de reduções de emissão de outros países. A criação dessas

ferramentas possibilita, portanto, o surgimento de um mercado de certificados de carbono." (Godoy, 2005)

Diversas pesquisas mostraram um questionamento a respeito da eficácia do Protocolo de Kyoto (PK), porém há, também, evidências sobre a sua valência. Aichele and Felbermayr (2012), Aichele and Felbermayr (2013) and Grunewald and Martinez-Zarzoso (2016) constataram que países com metas de emissão obrigatórias sob o PK têm menos emissões de CO^2 do que teriam na ausência dessas metas. Eles estimam estatisticamente uma redução média de CO^2 entre 7 a 10%. O Protocolo de Kyoto foi caducado em 2020, e com o objetivo de dar continuidade, foi realizado um novo acordo, nomeadamente o Acordo de Paris.

O Acordo de Paris foi realizado em 12 de dezembro de 2015, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC), delimitando estratégias para limitar o aquecimento global. O acordo foi adotado por 196 países e entrou em vigor em 4 de novembro de 2016. Seu objetivo é limitar o aquecimento global até 2º C, sendo preferível à limitação de 1,5ºC; e, para alcançá-lo, os países pretendem atingir o pico das emissões de gases de efeito estufa o mais rápido possível para alcançar um planeta neutro em termos de clima até meados deste século. Relativamente aos prazos, o acordo funciona com ciclos de 5 anos, ou seja, a cada ciclo os países trocam experiências e comunicam seus planos de ação contribuindo com a troca de informações, experiências, metas atingidas e novas ações para alcançar a resiliência.

A diferença entre o Protocolo de Kyoto (PK) e o Acordo de Paris é que o primeiro se restringia apenas aos países desenvolvidos; e, os países em desenvolvimento - porém, industrializados, tais como Brasil, China e Índia não eram obrigados a reduzir suas emissões, pois entendeu-se que estes países possuíam prioridades nos setores sociais. Além disso, apesar dos Estados Unidos ser considerado um país desenvolvido e também o maior emissor de gases de efeito estufa do mundo, recusou-se a ratificar o PK, pois segundo o presidente George W. Bush, os compromissos estabelecidos pelo PK poderiam prejudicar a economia estadunidense. Já o Acordo de Paris inclui todos os países.

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (2018), as alterações climáticas aumentam a pressão sobre as massas de água, provocando inundações, secas, acidificação dos oceanos e a subida dos níveis do mar. Os impactos das alterações climáticas na água deverão intensificar-se ainda mais nos próximos anos. Como existe mais água do que solo a cobrir a superfície da Terra, os oceanos representam 93% do aquecimento do planeta desde 1950. Este aquecimento é uma consequência do aumento das emissões de gases com efeito estufa, sobretudo o dióxido de carbono que, por sua vez, retém cada vez mais energia solar na atmosfera. Desse modo, a maior parte deste calor retido acaba por ser armazenado nos oceanos, afetando a temperatura e o ciclo da água. Ademais, as calotas polares também estão a derreter com o aumento das temperaturas, o que resulta na entrada de mais água doce nos oceanos, alterando ainda mais as correntes e interferindo na vida marinha. Essas alterações climáticas provocam a migração de peixes para as águas mais frias, podendo afetar de forma significativa os setores econômicos e as comunidades que dependem da pesca. (EEA, 2018)

Ainda de acordo com um artigo da Agência Europeia do Ambiente, diversos países estão sofrendo consequências graves destas alterações. A instabilidade da temperatura, secas e calor extremo colocaram em risco ainda mais as florestas em Portugal, como foi o caso de Pedrógão Grande, em 2017. Foi considerado o maior incêndio florestal em Portugal e o mais mortífero da história do país. (Borja-Santos & Rodrigues, 2017)

Diversas outras cidades possuem zonas de risco de inundação, como é o caso da cidade de Veneza. Conhecida principalmente pelo rico patrimônio cultural e arquitetónico, passa regularmente por

inundações. O que levou a investimentos muito significativos para construir barreiras subaquáticas e mesmo assim, as soluções adotadas não garantem que as inundações não atingem as partes mais baixas da cidade, nomeadamente a praça de São Marcos. Outro exemplo, são os Países Baixos, que dependem há séculos da criação de diques e barreiras costeiras para manter a água afastada e evitar grandes inundações. Porém ambas as soluções requerem investimentos de alto custo e manutenção periódica. (EEA, 2018)

Desse modo, o protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris são entendidos como instrumentos internacionais capazes de proporcionar um plano de ação para a mitigação das alterações climáticas. Diversas cidades, regiões e países inteiros estão atualmente se mobilizando para se adaptarem e mitigarem os efeitos das alterações climáticas através de soluções tidas como não-convencionais no setor da construção civil. Hamburgo (Alemanha) e Basileia (Suíça) são exemplos de cidades que estão aplicando a construção de telhados verdes. Roterdão (Holanda) está a criar mais zonas verdes a fim de captar a água das inundações, além de proporcionar o arrefecimento e isolamento térmico. Já a região do Alentejo (Portugal), medidas de adaptação para uma gestão eficiente da água no setor da agricultura, implementando uma série de técnicas de agricultura sustentável (agrossilvicultura) e irrigação gota a gota.

Diversas soluções podem ser utilizadas em função da necessidade de cada localidade. Porém, antes de qualquer decisão, é preciso analisar a problemática, identificar a melhor solução e reconhecer os impactos futuros para preparar-se para eles em tempo útil. Atualmente, já existem estudos e conhecimento técnico possíveis de serem acedidos a respeito de soluções mais sustentáveis, assim como acerca da utilização mais eficaz e consciente dos recursos naturais, evitando o desperdício. Portanto, parte do princípio a aplicação de estratégias de adaptação como parte essencial na tomada das decisões.

3.4. AGENDA 2030 DAS NAÇÕES UNIDAS (2015)

Em 2015, a organização das Nações Unidas definiu a Agenda 2030 que integra 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), desdobrados em 169 metas para fomentar ações da comunidade internacional no alcance da prosperidade e do bem-estar da população mundial até 2030. Esta Agenda tem como meta promover ações durante 15 anos em todo o mundo e principalmente em áreas críticas e com grande importância para a humanidade e para o planeta, abordando várias dimensões do desenvolvimento sustentável, no âmbito social, econômico e ambiental, e promovendo ao mesmo tempo a paz e a justiça. (United Nations, 2015a)

O atual secretário-geral das Nações Unidas, António Guterres, considera que a Agenda 2030 aponta o caminho a tomar para o desenvolvimento e que este plano deve ser colocado em prática como um elemento definidor e único da atualidade a fim de responder às necessidades das pessoas e dos governos. (United Nations, 2015a)

Os 17 ODS foram aprovados por unanimidade pelos 193 Estados-membros das Nações Unidas, os quais visam resolver as necessidades das pessoas nos países desenvolvidos, assim como em países em desenvolvimento, enfatizando que ninguém deve ser deixado para trás. A Agenda 2030 é um plano bastante ambicioso, porém bastante promissor. É um projeto de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade.



Fig. 7 - "Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável", proposta pelas Nações Unidas, é constituída por 17 objetivos. (United Nations, 2015a)

No fundo, todos os objetivos estão interligados entre si e visam a preservação da vida. Dentre os 17 objetivos, cabe ressaltar aqueles que mais se relacionam com o tema deste trabalho, nomeadamente os ODS 6, 11, 13, 15.

O **Objetivo 6** intitulado "Água potável e saneamento" visa garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos. Isso quer dizer, que deve-se melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando os despejos e minimizando a libertação de produtos químicos nos rios. Além disso, é fundamental a reciclagem e reutilização da água a nível global.

Outro segmento que é delineado ainda neste tópico, é a implementação de uma gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis. Para isso, é fundamental aumentar a eficiência no uso da água em todos os setores, assegurar extrações sustentáveis, melhorar a eficácia no abastecimento de água doce, para, contudo, enfrentar a escassez de água e diminuir a quantidade de pessoas afetadas com dificuldade de acesso à água.

Para tal propósito, é fundamental contar com a colaboração das comunidades locais, promovendo a participação e engajamento em projetos educativos com o propósito de melhorar a gestão da água e do saneamento. Juntamente com a população, os setores políticos devem, junto com potenciais *stakeholders*, promover planos de ação em benefício do desenvolvimento urbano sustentável e preservação da água.

O **Objetivo 11** denominado "Cidades e comunidades sustentáveis" parte do princípio que todos devem ter acesso a uma habitação segura e a preço acessível, assim como aos serviços básicos. Desse modo, irá, também, reduzir o impacto ambiental negativo per capita nas cidades, prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais, entre outros.

Outro passo importante é reduzir o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes, incluindo as catástrofes relacionadas com a água, focando-se sobretudo na proteção dos pobres e das pessoas em situação de vulnerabilidade.

Ao passo que se implementa uma urbanização inclusiva e sustentável, aumenta-se também a capacidade para o planeamento e gestão de assentamentos urbanos participativos, integrados e sustentáveis. Isso também, irá proporcionar o direito de acesso universal aos espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres, crianças, idosos e pessoas com deficiência. Contudo, com o aumento substancial do número de cidades e assentamentos humanos que adotarem e implementarem políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, a mitigação e adaptação às mudanças climáticas e a resiliência a desastres irão desenvolver grandes potenciais para que as comunidades se tornem mais acessíveis e sustentáveis.

Ainda neste tópico, em 2018, várias cidades do mundo representadas pelos seus presidentes de câmara como Berlim, Paris, Amsterdão, Barcelona, Lisboa, Seul, Montevideo, Montreal, Estrasburgo, Nova Iorque, entre outras, lançaram um chamamento conjunto pelo Direito à Moradia e Direito à Cidade para implementação do ODS 11 "Cidades e Comunidades Sustentáveis". (Romero, 2021, p. 80). Isto é, a questão do direito à habitação e a forma como a cidade é desenvolvida atualmente - nos moldes da regulação pelo mercado imobiliário, reforça ainda mais a necessidade de mudança deste paradigma.

O **Objetivo 13** designado como "Ação climática" refere-se a adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos. Para isso, é necessário reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados com o clima e as catástrofes naturais em todo o planeta. É fundamental que as medidas relacionadas com as alterações climáticas sejam integradas nas políticas, nas estratégias e nos instrumentos de planeamento nacionais, em adição à melhoria da educação que será capaz de aumentar a consciencialização e a capacidade humana e institucional sobre medidas de mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce no que diz respeita às alterações climáticas.

E por fim, o **Objetivo 15** nomeado como "Proteger a vida terrestre" destina-se a proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, a gerir de forma sustentável as florestas, a combater a desertificação, a travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade.

É principalmente através da conservação, da recuperação e do uso sustentável de ecossistemas terrestres que se pretende preservar os ecossistemas verdes e a água doce interior. Para tal objetivo, é impreterível promover a preservação das florestas, das zonas húmidas, das montanhas, das terras áridas, além de restaurar os ecossistemas degradados a fim de combater a desertificação, secas e inundações. Com estas medidas será possível mitigar os efeitos das alterações climáticas e evitar a extinção de espécies ameaçadas.

Após a síntese dos principais objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) das Nações Unidas relacionados ao tema deste trabalho, verificou-se que a temática da água é de grande importância para se alcançar vários dos outros objetivos, sendo a água o centro do desenvolvimento sustentável. É através do acesso à água potável que se garante menor desigualdade social, menos pobreza, e maior crescimento econômico.

Os índices e notícias mais atuais revelam que as mudanças climáticas vêm se agravando evidenciados através dos desastres crescentes como as enchentes e as secas. 80% das águas residuais de todo o planeta retornam ao ecossistema sem serem tratadas ou reutilizadas e 70% da extensão das terras húmidas naturais do mundo foi perdida, incluindo as águas doce. (United Nations, 2022) A pandemia do COVID-19 também evidenciou ainda mais esta problemática. Diversas comunidades não tinham, e ainda não têm, acesso aos serviços de higienização, sendo fundamental para impedir a propagação do vírus. (United Nations, 2022)

3.5. NEW EUROPEAN BAUHAUS

De acordo com Comissão Europeia (EU, 2021), o New European Bauhaus é uma iniciativa criativa e interdisciplinar que conecta os princípios do European Green Deal[3] aos nossos espaços e experiências de vida. Além disso, esta ideia apela para que os cidadãos europeus construam um futuro sustentável e inclusivo para as gerações futuras.

O New European Bauhaus (NEB) ainda é um movimento muito recente, o qual se inicia em setembro de 2020, no discurso sobre o Estado da União 2020 da assembleia plenária do parlamento europeu, onde expõe a fragilidade em que nos encontramos e a preocupação para as gerações futuras. Logo, este movimento ainda se encontra em formação. De modo geral, esta iniciativa cria uma conexão entre o mundo da ciência, da tecnologia, da arte e da cultura a fim de transformar nossas vidas para melhor através de processos de cocriação em todos os níveis. Além disso, o NEB trabalha em cima de 3 princípios inseparáveis, são eles: belos, sustentáveis e inclusivos[4]. (EU, 2021)

Assim sendo, no que se refere ao belo, este princípio visa a construção de novos conceitos baseados na qualidade de experiência e estilo, além de pensar puramente na funcionalidade de um determinado projeto. É preciso ser agradável e bonito aos olhos de quem vê. Relativamente à sustentabilidade, dispõe da aplicação dos objetivos climáticos existentes na atualidade, assim como a redução drástica da poluição e apreciação da preservação da biodiversidade. Por fim, o valor da inclusão, destina-se à valorização da diversidade, bem como da garantia da acessibilidade, no seu conceito de ser alcançável às pessoas e de possibilitar o acesso aos bens materiais e imateriais.

[3] O European Green Deal (EDG) é um acordo a nível europeu que se compromete a transformar a União Europeia numa economia moderna e mais sustentável visando a redução dos gases do efeito estufa até 2050, acompanhada de um crescimento económico dissociado do uso de recursos incluindo toda a população. Para lograr este objetivo, os países europeus precisam adotar medidas decisivas no domínio da construção, do modo de habitação, no aumento da eficiência energética dos edifícios, e entre outros. Isto implica, na maior parte das vezes, na redução do consumo de energia, e aumento do uso de energia de fontes renováveis em aquecimento e refrigeração. Consequentemente, prevê-se que muitos desses objetivos estarão em torno de soluções arquitetónicas e urbanísticas a fim de modernizar e reabilitar tanto os edifícios como também os espaços urbanos. (Sadowski, 2021)

[4] *New European Bauhaus: beautiful, sustainable and together*. (tradução da autora)

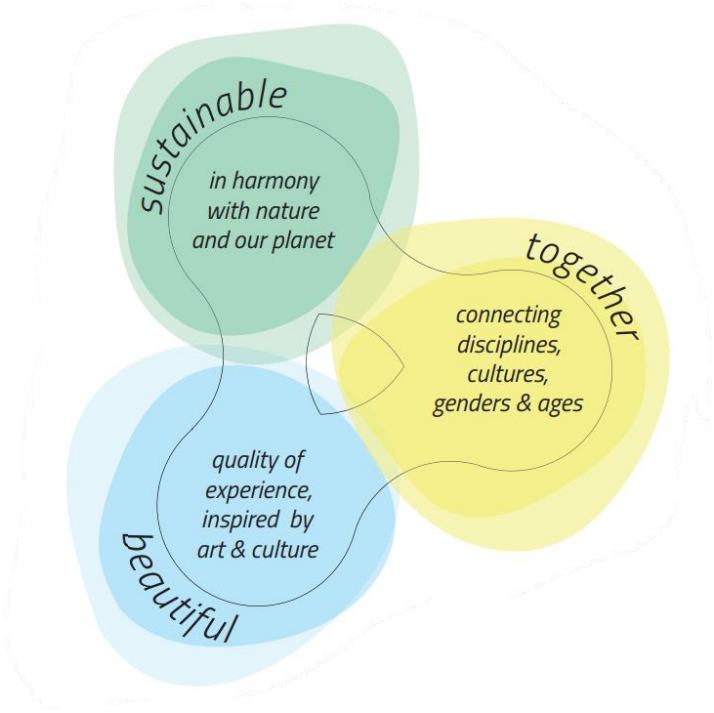


Fig. 8 – Princípios do New European Bauhaus (NEB). (EU, 2021)

Esta comunidade é constituída por uma rede de integrantes, nomeadamente os parceiros oficiais (organizações sem fins lucrativos, organizações não governamentais e instituições de ensino), amigos de entidades públicas (tais como organizações políticas e *stakeholders* comprometidos com os 3 princípios do NEB), membros da mesa redonda que compõe de profissionais especializados em prol da iniciativa, pontos de contato nacional que coordenam os esforços nos Estados-Membros e que representam o Estado ou localidade, vencedores dos prémios e finalistas a fim de incentivar novos projetos e ideias, entre outros. (EU, 2021)

Neste sentido, o NEB Lab é um espaço de cocriação, que atua como acelerador e conector colaborando com a implementação dos projetos que chegam ao laboratório. Desse modo, esta incubadora é responsável por transformar a idealização dos projetos em algo concreto e tangível através da orientação e da utilização de instrumentos políticos, regulamentos. Ou seja, é um guia para a implementação e execução dos projetos.

Mediante o exposto, salienta-se a importância de introduzir tais conceitos e princípios na forma em que as cidades são planeadas, a fim de promover a construção e a reabilitação de cidades visando cumprir não somente os requisitos legislativos e funcionais, como também, transformar as cidades em lugares mais acolhedores, agradáveis, inclusivos e bonitos. Comprovado por diversas pesquisas, que não cabe aqui pormenorizar, lugares com mais arborização promovem a qualidade de vida no sentido de influenciarem na melhoria do microclima, como também os espaços físicos influenciam nas nossas emoções em função das cores, da composição do espaço, da iluminação, da acústica, da ergonomia, entre outros aspetos. Portanto, os princípios provenientes do New European Bauhaus tornam-se um aliado valoroso para a mitigação e adaptação do território.

3.6. PROGRAMA NACIONAL DA POLÍTICA DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PNPOT)

3.6.1. CONTEXTUALIZAÇÃO:

O sistema de Gestão Territorial em Portugal abrange os âmbitos nacional, regional, intermunicipal e municipal, os quais se utilizam dos instrumentos de gestão territorial (IGT) para a governança, em Portugal. Dentre os programas, incluem-se essencialmente, os instrumentos da competência do governo, destinados a estabelecer o quadro estratégico do desenvolvimento territorial, as diretrizes programáticas ou a incidência espacial de políticas nacionais, a que correspondem o Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT), os programas setoriais (PS), os programas especiais (PE), os programas regionais (PROT) e ainda os programas intermunicipais (PI).

Relativamente aos planos, incluem-se os instrumentos da competência dos municípios, destinados a estabelecer opções e ações concretas de planeamento e organização do território e a definirem o uso do solo, a que correspondem os planos diretores (PDM/ PDI), os planos de urbanização e os planos de pormenor municipais (PU/ PP) e intermunicipais (PUI/ PPI). (DGT, 2022)

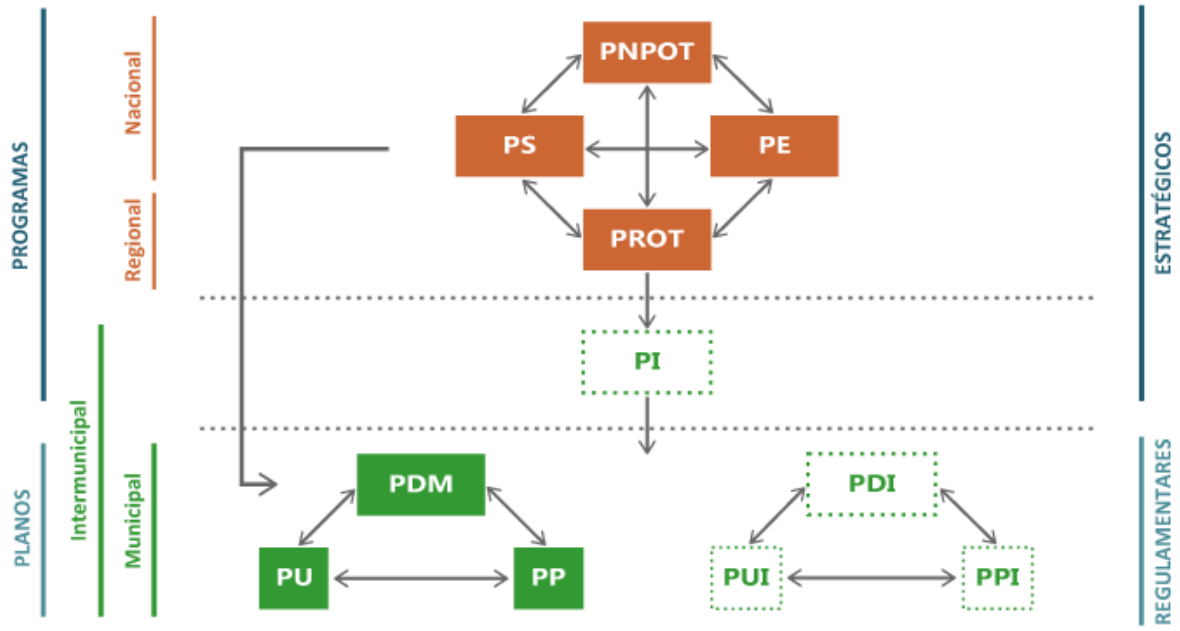


Fig. 9 – Esquema dos instrumentos de gestão territorial (IGT), em Portugal. (DGT, 2022)

Portanto, o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) é um instrumento, criado a nível nacional, que define objetivos e opções estratégicas de desenvolvimento territorial proveniente do sistema de gestão territorial (Direção-Geral do Território). A execução do PNPOT 2020 dá-se pela adesão das políticas públicas com expressão territorial aos 10 compromissos assumidos pelo Programa de Ação, através da aplicação das 50 medidas e pela implementação do Modelo Territorial, o qual abrange todo o território nacional, no continente e arquipélagos dos Açores e da Madeira. (PNPOT, 2019).

Este programa foi criado com base na Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo de 1998, com o intuito de criar uma ferramenta mais completa e capaz de promover a coordenação de políticas públicas com base no território. O primeiro PNPOT foi criado pela lei nº 58/ 2007, em 4 de setembro e retificado em novembro do mesmo ano, dando lugar à versão mais recente, nomeadamente Primeira Revisão do PNPOT (Lei nº 99/ 2019), publicada em 5 de setembro. Esta revisão visa a implementação de estratégias assim como a monitorização num plano de ação a longo prazo até 2030, tendo como cenário as visões prospetivas para 2050. (PNPOT, 2019)

Desde a sua criação, o PNPOT passou por diversas críticas e processos de avaliação. Em 2014, por exemplo, a Direção-Geral do Território avaliou o Programa de Ação 2007-2013 fazendo algumas recomendações para sustentar as opções de política para garantir as condições necessárias a uma efetiva implementação do PNPOT.

Em 2016, a Resolução do Conselho de Ministros nº 44/2016, de 23 de agosto, ordenou a alteração do PNPOT 2007, onde se deveria considerar os resultados da avaliação do próprio programa, nomeadamente as orientações da Estratégia Cidades Sustentáveis 2020, os objetivos do Governo relativamente a valorização do território e do desenvolvimento do interior, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) proposto pelas Nações Unidas, os compromissos do Acordo de Paris, entre outros. (PNPOT, 2019)

As alterações do PNPOT foram desenvolvidas ao longo de 20 meses, contando com uma Comissão Consultiva e um Sistema de Pontos Focais. Relativamente ao processo de participação, fomentou-se a participação cívica, institucional e entidades que representaram diferentes interesses sectoriais através de reuniões estratégicas com diferentes equipes técnicas e seminários de debate públicos que ocorreram em 5 cidades do país e 2 nas regiões autónomas (Lisboa, Coimbra, Porto, Évora, Faro, Funchal, Ponta Delgada). Estes contributos oriundos das discussões públicas foram recebidos e levados em consideração na versão final da proposta de alteração do PNPOT.

3.6.2. O PNPOT

Sintetizado em um relatório, o PNPOT contempla a contextualização de Portugal no Mundo nos dias atuais e apresenta perspetivas/ consequências futuras do país, onde identifica que os eventos climáticos extremos irão provocar uma série de mudanças no território e na forma de vida das pessoas. Além das mudanças ambientais e climáticas, o PNPOT também prevê mudanças sociodemográficas, tecnológicas, económicas e sociais. Entretanto, esta investigação concentrou-se nos quesitos voltados ao meio ambiente e à água.

Portanto, os "fatores de mudança associados às alterações climáticas evidenciam que Portugal terá em 2030 um território mais vulnerável." (PNPOT, 2019). Desse modo, espera-se que o país esteja melhor preparado para estes eventos extremos, tanto nas áreas urbanas como nas áreas rurais, sendo fundamental assegurar soluções de organização do território orientadas para o aumento da resiliência dos sistemas naturais, agrícolas, florestais e das comunidades, com base no desenvolvimento sustentável e na emancipação alimentar.

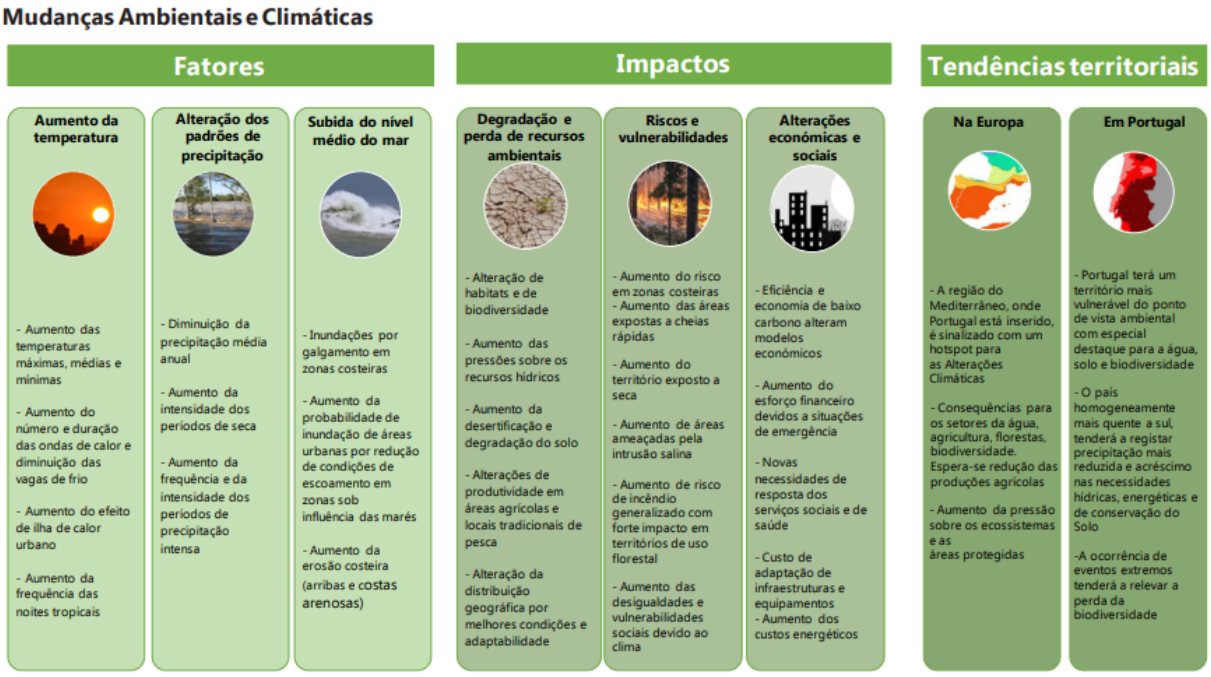


Fig. 10 – Síntese dos fatores, impactos e tendências territoriais das mudanças ambientais e climáticas explicitadas no Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território. (PNPOT, 2019)

Com a problemática contextualizada, o PNPOT determinou 10 compromissos para o território, os quais estão diretamente correlacionados com a Agenda 2030, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e o Acordo de Paris, são eles:

1 - Robustecer os sistemas territoriais em função das suas centralidades

2 - Atrair novos residentes e gerir a evolução demográfica

3 - Adaptar os territórios e gerar resiliência

4 - Descarbonizar acelerando a transição energética e material

5 - Remunerar os serviços prestados pelo capital natural

6 - Alargar a base económica territorial com mais conhecimento, inovação e capacitação

7 - Incentivar os processos colaborativos para reforçar uma nova cultura do território

8 - Integrar nos IGT novas abordagens para a sustentabilidade

9 - Garantir nos IGT a diminuição da exposição a riscos

10 - Reforçar a eficiência territorial nos IGT

Dentre todos, destaca-se aqui os seguintes compromissos associados às questões das mudanças climáticas e do ciclo da água:

3 – Adaptar os territórios e gerar resiliência – que, de modo geral, se propõe a reabilitar a rede hidrográfica, a fim de preservar os valores naturais e com isso garantir a redução de enchentes. É

aventado, também, a gerir melhor a água, reutilizando efluentes tratados para irrigação e outros usos secundários.

8 - Integrar nos IGT novas abordagens para a sustentabilidade – que predispõe a promover o desenvolvimento de abordagens de sustentabilidade, nomeadamente para a gestão do ciclo urbano da água, de sistemas e infraestruturas, de modelos de economia circular e de mobilidade sustentável, adotando os princípios da gestão adaptativa.

10 - Reforçar a eficiência territorial nos IGT – que pretende travar a artificialização do solo e promover a sua reutilização enquanto suporte das atividades humanas edificadas, além de promover a concentração das habitações e cidades, a fim de otimizar a mobilidade, infraestruturas, entre outros.

É com base nos 10 compromissos, que foram estabelecidas as 50 Medidas de Política nos Domínios Natural, Social, Económico, da Conectividade e da Governança Territorial. Dessa forma, é a partir da implementação das medidas que se criou o Modelo Territorial.

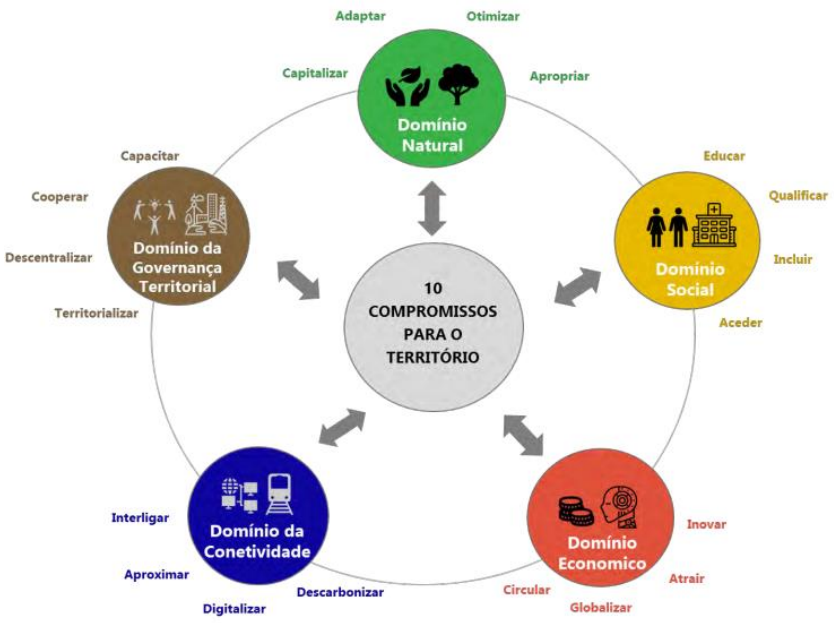


Fig. 11 – Esquema dos 10 compromissos para o território e dos 5 domínios de intervenção. (PNPOT, 2019)

Antes de tudo, Portugal é considerado um país com disponibilidade hídrica relativamente alta, porém há grande irregularidade na distribuição dos recursos hídricos, o que implica diretamente e indiretamente no seu planeamento e gestão. É preciso considerar uma melhor gestão da água para garantir o acesso à água a toda a população e minimizar os efeitos negativos da falta de água. (PNPOT, 2019)

É com base nisso, que as medidas estabelecidas no PNPOT visam promover a gestão do recurso da água através de boas práticas para garantir a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Ainda sobre este

tópico, estas medidas possuem como palavras-chave os sentidos de capitalizar, adaptar, otimizar e apropriar. Sobressai, a seguir, as medidas referentes ao Domínio Natural:

1 - Gerir o recurso água num clima em mudança

2 - Valorizar o recurso solo e combater o seu desperdício

3 - Afirmar a biodiversidade como um ativo territorial

4 - Valorizar o território através da paisagem

5 - Planear e gerir de forma integrada os recursos geológicos e mineiros

6 - Ordenar e revitalizar os territórios da floresta

7 - Prevenir riscos e adaptar o território à mudança climática

8 - Valorizar o Litoral e aumentar a sua resiliência

9 - Promover a reabilitação urbana, qualificar o ambiente urbano e o espaço público

Ou seja, para se alcançar resultados positivos com vista a mudança do desenvolvimento sustentável em diferentes setores e escalas, é preciso considerar que as cidades estão interligadas no mesmo sistema urbano. É possível concluir, que "o PNPOT evidencia a importância do desenvolvimento e implementação de uma Política Urbana Nacional, para o país poder melhor capitalizar as oportunidades de desenvolvimento decorrentes da urbanização e cumprir as suas responsabilidades globais, bem como as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e da Nova Agenda Urbana (NAU)." (PNPOT, 2019). Desse modo, este programa é de grande relevância, tornando-se um referencial nacional para os todos os outros instrumentos de gestão territorial subsequentes, caracterizando assim o Modelo de Governança Territorial. Este modelo, viabiliza a criação de ações, monitorização e avaliação que irão acompanhar toda a agenda do programa concebida para 2030, e com prospeção para 2050.

4
CICLO HIDROLÓGICO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DOCE NO PLANETA

4.1. INTRODUÇÃO

A natureza é a principal fonte de recursos naturais e matéria-prima que utilizamos para gerar novos produtos, e dessa maneira a economia mundial é fomentada. A água, o solo e a atmosfera constituem os três principais elementos da vida no planeta. Portanto, "é perfeitamente óbvio que as interações do ar, solo e água continuem sendo inevitáveis e, quando qualquer deles é usado de maneira destruidora, o efeito perigoso pode ser ampliado pela própria intimidade de sua associação com outros sistemas." (Ward & Dubos, 1973, p. 87)

A água é essencial para vida, pois ela sustenta toda a fauna e flora do planeta. Ela é vital para a saúde humana, não apenas para consumo e higiene pessoal, mas também para o saneamento ambiental, pois a utilizamos no transporte e no tratamento de esgoto. A água é um recurso natural utilizado em diferentes setores econômicos. Usamos a água na produção de alimentos, na agricultura, na geração de energia elétrica e na produção de bens de consumo em indústrias, entre outros.

Setenta por cento da superfície terrestre é coberta por água. Apesar da abundância, uma grande parcela de toda água no mundo encontra-se nos oceanos, em forma salgada, imprópria para consumo. Apenas 2,5% de toda a água no mundo é própria para uso agrícola, industrial e para o consumo humano. Dessa percentagem, uma grande parte da água doce encontra-se congelada nas calotas polares, ou em grandes profundidades subterrâneas de difícil extração. Apenas 0,01% de toda água no mundo encontra-se acessível e adequada para consumo. (Shiklomanov, 1993)

Apesar do volume de água no planeta ser fixo, a água doce é um recurso renovável que passa por um processo de purificação. A energia solar que incide no planeta aquece as águas dos oceanos e dos continentes terrestres, passando do estado líquido ao gasoso. Durante esse processo de evaporação, as impurezas contidas na água são separadas, e as moléculas da água sobem à atmosfera. Esse vapor é transportado pela circulação atmosférica em forma de nuvens. Ao se condensar, a água passa por um processo de transformação, retornando ao estado líquido. Nesse momento, a água volta à superfície terrestre em diferentes formas de precipitação (chuva, neve, geada, neblina, orvalho ou granizo). Durante esse processo de precipitação é que ocorre o abastecimento de nossos recursos hídricos, alimentando rios, lagos, represas, nascentes e águas subterrâneas.

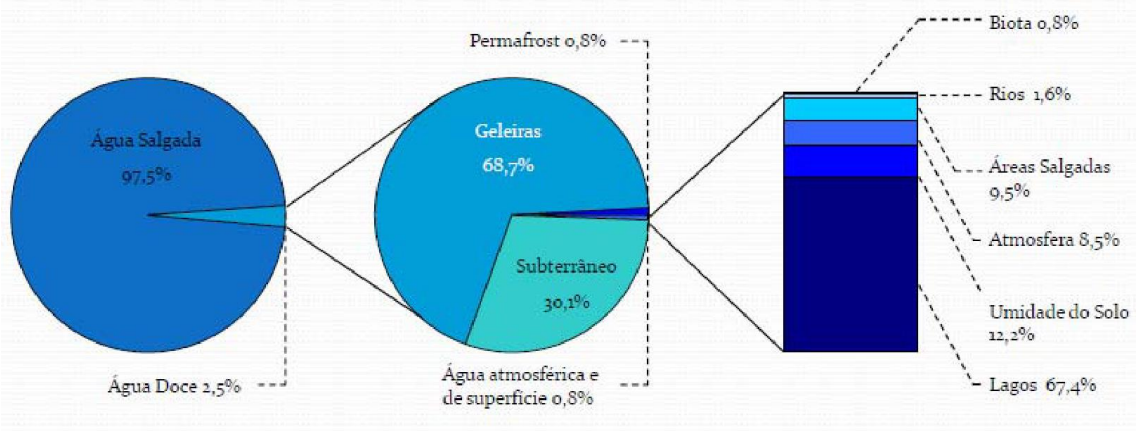


Figura 12 - Distribuição dos corpos de água no mundo. (Shiklomanov, 1993)

Segundo Weiler & Jackisch (2013), a precipitação (por exemplo, chuva e neve) faz parte do ciclo natural da água. Quando a água precipitada penetra no solo, ela é limpa naturalmente e ao alcançar as águas subterrâneas ela pode ser utilizada novamente como água potável. Além disso, muitos rios e lagos são alimentados por águas subterrâneas.

Além do processo de evaporação, os rios são capazes de autolimpeza, desde que estejam sob condições naturais. O fluxo de água arrasta os detritos para as bordas e para os oceanos, deixando a superfície limpa. Além disso, "as bactérias presentes na própria natureza usam o oxigênio dissolvido na água para decompor os detritos orgânicos e por sua vez são consumidas pelos peixes e plantas aquáticas, que devolvem oxigênio e carbono para a biosfera." (Ward & Dubos, 1973, p. 105)

Durante a precipitação, a água que atinge o solo pode ter diferentes destinos. Parte da água precipitada escoa na superfície terrestre chegando aos cursos de água, enquanto outra parte é infiltrada no solo, alimentando os lençóis freáticos. As águas que caem sobre o solo retornam aos oceanos diretamente, por escoamento superficial, ou indiretamente, pela descarga natural da água subterrânea. O relatório mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimentos dos Recursos Hídricos 2021 (UN-Water, 2021) demonstra que o consumo mundial de água doce aumentou seis vezes nos últimos cem anos, e desde a década de 1980, continua a crescer a uma taxa de cerca de 1% ao ano. Além disso, "vários dos principais aquíferos mundiais estão sob estresse hídrico crescente, e 30% dos maiores sistemas de água subterrânea estão se esgotando, sendo a captação de água para irrigação o principal fator de esgotamento das águas subterrâneas em todo mundo," (UN-Water, 2021, p. 2)

Outra grande preocupação, além da disponibilidade da água, é a forma em que a água vem sendo tratada. Tradicionalmente, rios, lagos e águas costeiras têm sido utilizados como recipientes para diluição e dispersão de resíduos. "Em âmbito geral, cerca de 80% de todas as águas residuais industriais e municipais são lançadas no meio ambiente sem qualquer tratamento prévio, com efeitos prejudiciais para a saúde humana e para os ecossistemas" (UN-Water, 2021, p. 3)

De acordo com o Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas, fontes de água doce estão sendo reduzidas devido à poluição provocada pela ação humana. O relatório indica que cerca de dois milhões de toneladas de resíduos são descartados em corpos hídricos diariamente, atingindo o equivalente a 12.000 km³ de água doce em todo o mundo. Além disso, existem evidências que o aquecimento global terá um impacto sobre o ciclo hidrológico e, consequentemente, sobre nossa disponibilidade hídrica. (IPCC, 2001). Estima-se que as mudanças climáticas serão responsáveis por

cerca de 20% do aumento da escassez de água no mundo (UN/WWAP, 2003). Embora seja difícil prever mudanças nos padrões de precipitação, simulações indicam que haverá um aumento na frequência de chuvas intensas, o que pode levar a inundações em muitas áreas urbanizadas, e secas extremas em regiões áridas e semiáridas pelo mundo (IPCC, 2007).

Contudo, as previsões realizadas há duas décadas estão sendo comprovadas nos últimos anos, nomeadamente os desastres das barragens na cidade de Mariana, no Brasil, em 2015, chuvas intensas que causaram deslizamentos em diversas localidades no nordeste e sudeste brasileiro em 2021 e 2022, a tempestade tropical Ana que afetou mais 600 mil pessoas de em Madagáscar, Moçambique e Malauí em 2021, ondas de calor de 50º C no Canadá e EUA em 2021, dentre outros eventos. (UN, 2021)

Estudos realizados mostraram que entre 2009 e 2019 as inundações causaram quase 55 mil mortes, afetaram mais de 103 milhões de pessoas e causaram perdas económicas em torno de 76,8 bilhões de dólares. Em contrapartida, durante este mesmo período, as secas afetaram mais de 100 milhões de pessoas, provocaram a morte de mais de 2 mil pessoas, e alcançaram prejuízos económicos em torno de 10 bilhões de dólares. Estes episódios tendem a aumentar cada vez mais em função das alterações climáticas. (UN-Water, 2021, p. 4)

A escassez e a má utilização dos recursos hídricos levaram a Assembleia Geral das Nações Unidas, no ano de 2003, a proclamar o período de 2005-2015 como a década internacional para ações voltadas à gestão sustentável dos recursos hídricos. Era necessário ter um foco a longo prazo para a resolução do acesso e distribuição da água a fim de se alcançar os objetivos internacionais estabelecidos pelas Nações Unidas. O relatório *A 10 Year Story - Water for life 2005-2015*, das Nações Unidas (United Nations, 2015b) descreve os esforços alcançados para a difusão do acesso à água potável. O objetivo principal era reduzir o número de pessoas que não têm acesso a água e rede de saneamento básico, além de prever soluções que melhorem a qualidade da água e reduzir os desastres ambientais provocados pela escassez e/ou falta de água.

Ainda é uma realidade que muitas cidades sofrem com a falta de água ou com a carência do abastecimento de água, sendo ela fundamental para a saúde e o bem-estar de todos os seres vivos. Vale lembrar que a água é utilizada tanto para consumo humano como também na agricultura, na pecuária, na indústria, etc., sendo que a irrigação das plantações mundiais consome aproximadamente 69% de toda a água doce do planeta, enquanto o consumo direto pelos seres humanos fica em torno de 8%. Além disso, mais de 2 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável e mais 4 bilhões não têm acesso ao saneamento. (WWAP-UN, 2018)

De acordo com (Romero, 2021), os problemas relacionados à gestão dos recursos hídricos aumentam com a interrupção do ciclo hidrológico e com a implementação de projetos de drenagem urbana inadequados. Isso é agravado devido a utilização de técnicas de drenagem para um rápido escoamento da água da chuva através de canalizações e aumento da vazão. O novo paradigma para a conceção de sistemas de drenagem baseia-se na retenção da água no maior tempo possível, retardando a libertação para as águas subterrâneas e/ou favorecendo a infiltração no solo através de técnicas apropriadas para a retenção da água.

É devido a isto, que se torna necessária a conscientização global para agir em função de um melhor aproveitamento e gestão da água. Além de políticas públicas urbanas, cada indivíduo também é responsável pela preservação deste recurso. A seguir, serão abordadas algumas formas de aproveitamento da água a nível individual, como também a nível coletivo e público.

4.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O equilíbrio hídrico das áreas naturais, tais como as florestas ou prados, pode ser considerado ideal. Contudo, com o desenvolvimento das cidades e impermeabilização das superfícies em demasia, esse equilíbrio natural mudou significativamente. Quando a vegetação é removida e o solo natural é impermeabilizado, a chuva deixa de se infiltrar nesses locais e apenas parte da água pode evaporar.

De acordo com Weiler & Jackisch (2013), esta impermeabilização traz consigo uma série de problemas:

- Se o aumento do escoamento superficial for alimentado diretamente no sistema de esgoto, chuvas fortes podem levar às inundações nas áreas urbanas, uma vez que o sistema de esgoto pode absorver apenas uma certa quantidade de água.

- Se as águas pluviais forem descarregadas pela rede de esgoto juntamente com as águas residuais (água da sanita, máquina de lavar, pia e outros), as linhas de abastecimento das estações de tratamento de esgoto podem se sobrecarregar, razão pela qual a água não tratada, mas muito diluída, é descarregada nos corpos d'água para um curto período de tempo, o que podem causar grandes transtornos no equilíbrio do ecossistema.

- Descargas diretas de água da chuva em corpos d'água podem intensificar enchentes e danificar o ecossistema, pois muitas vezes ocorrem de forma repentina.

- Se o solo estiver completamente selado, a propensão para formação de novas águas subterrâneas é bastante reduzida, o que pode ter um efeito negativo a longo prazo no abastecimento de água potável nas águas subterrâneas.

- O ecossistema natural no solo tende a mudar porque não recebe água ou ar suficiente.

- Devido à perda de plantas no solo, muitos seres vivos são privados de seu sustento, o que significa que a diversidade biológica (biodiversidade) pode diminuir.

O aproveitamento da água da chuva é uma medida de conservação da água e de energia, ou seja, as infraestruturas urbanas necessárias para canalizar as águas pluviais também são mais reduzidas, pois há uma menor necessidade de redes para escoamento da água proveniente da impermeabilização das superfícies. (Bertolo, 2006)

Segundo Sant'Ana & Amorim (2007), o aproveitamento de água pluvial é um conceito simples, que ao invés de permitir que as águas da chuva provenientes da cobertura escoem pelos bueiros, elas sejam filtradas e armazenadas em uma cisterna ou reservatório para seu aproveitamento na irrigação, limpeza, lavagem de roupas, descarga sanitária e demais usos cujo requisito de potabilidade não seja necessário. Apesar de potável, a água da chuva torna-se imprópria para consumo ao entrar em contato com uma superfície de coleta. Impurezas como terra, poeira, galhos, folhas e excremento de aves, são bastante comuns em coberturas, portanto, o tratamento da água pluvial torna-se necessário. Também é possível coletar águas pluviais escoadas de pisos, mas neste caso é necessário um maior nível de tratamento, devido ao alto grau de impurezas encontradas no solo (óleos, graxa, fezes de animais, entre outros). Existe a possibilidade de a água de chuva tornar-se ácida ao entrar em contato com poluentes na atmosfera, especialmente em regiões próximas de indústrias. Nesse caso, a correção do pH da água torna-se necessária para evitar a corrosão em metais sanitários.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial podem ser classificados de acordo com os usos e nível de tratamento: (i) uso não potável direto; (ii) uso não potável tratado; e (iii) uso potável. O uso não potável direto utiliza-se de um tonel de água fixado a condutores verticais para o armazenamento de um

pequeno volume de água pluvial (200 a 500 litros) que coleta água dos telhados, por exemplo. Devido ao potencial de contaminação por micro-organismos patogênicos à saúde humana, essa água limita-se à irrigação e à lavagem de pisos ou carros.

Para sistemas de maior capacidade (a partir de 5.000 litros), recomenda-se uma pré-filtragem da água pluvial antes do seu armazenamento em uma cisterna (reservatório de retenção). Dispositivos instalados dentro da cisterna garantem a qualidade da água armazenada por grande período de tempo e, com isso, o uso não potável tratado das águas pluviais pode ser utilizado na irrigação, limpeza, descarga sanitária, lavagem de roupas, espelhos d'água, torres de resfriamento, combate a incêndio e demais usos não potáveis em edificações.

4.3. GESTÃO DAS ÁGUAS NO ESPAÇO PÚBLICO

Os centros urbanos concentram grandes áreas impermeabilizadas, sendo imprescindível a criação de mecanismos para favorecer a evaporação e infiltração das águas pluviais. Os espaços públicos são importantes alvos para a aplicação de novas técnicas para uma melhor gestão da água. Eles obtêm a maior parte das infraestruturas capazes de proporcionar melhores resultados de drenagem e oferecer melhor conforto térmico em diferentes escalas. As áreas verdes como bosques, parques recreativos e lagoas são excelentes fontes para a drenagem natural, porém cidades desprovidas de áreas verdes naturais devem implantar soluções que simulem esta solução, através de pavimentos permeáveis na ruas, praças e calçadas, da criação de canteiros e bacias de retenção, dentre outros artifícios.

A Agenda 2030 da Nações Unidas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) adotou em uma das metas, especificamente o Objetivo 6: garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos, que até 2030 todas as localidades devem assegurar o acesso universal e equitativo à água potável e segura a todos os seres humanos, por terem direitos naturais e por esse fato contribuir, pelos seus efeitos, para a melhoria do bem estar geral do macro ecossistema terrestre. Para que este objetivo se torne possível e concreto, é preciso adotar soluções a nível global e local, sendo fundamental o incentivo e a adoção de técnicas fundamentadas no urbanismo ecológico e nas Soluções Baseadas na Natureza - NBS. (WWAP-UN, 2018)

De acordo com Audrey Azoulay, Diretor Geral da UNESCO, a gestão dos recursos hídricos requer novas soluções para enfrentar os crescentes desafios da segurança hídrica decorrentes do crescimento populacional e das mudanças climáticas. A demanda de água aumentará em todos os setores, e o desafio que todos devem enfrentar é o de satisfazer estas necessidades sem causar danos aos ecossistemas. As soluções baseadas na natureza, apesar da terminologia nova, são técnicas que existem há milhares de anos, e correspondem a uma das ferramentas mais importantes para uma abordagem mais holística da gestão da água. (WWAP-UN, 2018)

Existem diferentes tipos de Soluções Baseadas na Natureza, ou também chamado de "*Nature Based-Solutions"* (NBS) para a água, desde a microescala (por exemplo, um sanitário seco), até às aplicações em escala de paisagem, incluindo a agricultura de conservação. Para os ambientes rurais as soluções mais comuns são as bacias de drenagem e a infiltração vegetal. Já para os ambientes urbanos há soluções mais apropriadas, nomeadamente os muros verdes, os telhados verdes e a infiltração vegetal.

As atuais previsões relativas aos impactos ambientais sugerem uma alteração nos padrões do clima, implicando num aumento da temperatura urbana, tempestades, secas, precipitações e temperaturas extremas, entre outros riscos ambientais. (Bosch & Sang, 2017). Com base nisso, as Soluções Baseadas

na Natureza, apresentam um conjunto de propostas e alternativas para minimizar os efeitos negativos da urbanização e melhorar a saúde humana, assim como a do meio ambiente.

De acordo com a Comissão Europeia, as NBS são entendidas como ações que "visam ajudar as sociedades a enfrentar uma variedade de desafios ambientais, sociais e econômicos de forma sustentável. São ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza." (Comissão Europeia, 2015). Essas ações podem ser efetivas em diferentes escalas espaciais e temporais, planeadas de forma proativa, oriundas de direcionadores sociopolíticos, como por exemplo, regulamentações de planeamento, demandas de mercado ou mesmo pressão social. (Bosch & Sang, 2017)

As soluções baseadas na natureza e a gestão do ciclo das águas pluviais e fluviais no ambiente urbano promovem a mitigação dos impactos das inundações, erosão do solo, recarregam as águas subterrâneas, melhoram a qualidade da água e a biodiversidade, reduzem os efeitos das ilhas de calor, entre outros. Dentre tantas ferramentas, será aprofundada uma das soluções voltadas à infiltração vegetal, nomeadamente os sistemas de biorretenção de água, que será desenvolvida neste trabalho devido à sua aplicabilidade em espaços urbanos públicos podendo ser adotada em diferentes contextos geográficos. Este tema será mais aprofundado nos capítulos seguintes.

As soluções de planeamento urbano que tornam as infraestruturas de água visíveis requerem uma conceção diferente das superfícies relativamente ao modo tradicional do sistema de drenagem subsuperfície. Os sistemas de biorretenção compõem um sistema que objetiva a recolha, a infiltração e a purificação da água. As ruas, as sarjetas e outras superfícies impermeáveis canalizam as águas das chuvas a estes sistemas, e estes assumem as suas funções. Segundo Van Dorst (2013), se o sistema de água for levado em conta no planejamento urbano em um estágio inicial, muitos benefícios podem ser alcançados sem recorrer a medidas radicais.

4.4. REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Além do aproveitamento das águas pluviais, muitos países desenvolveram sistemas de aproveitamento das águas cinzas para fins não potáveis a fim de conservar as reservas de água potável e reduzir o volume de esgoto gerado pelas edificações, além de maximizar os sistemas de infraestrutura urbana de abastecimento de água e de tratamento de esgotos.

As águas cinzas são oriundas do esgoto secundário proveniente de processos de lavagem e limpeza derivados de chuveiros, lavatórios e lavanderias. Alguns autores ainda fazem uma distinção acrescentando as águas com gordura procedentes da pia da cozinha e máquina de lavar louça. Assim é possível criar uma subcategoria: águas cinzas claras (sem gordura) e águas cinzas escura (com gordura).

É possível utilizar a água cinza tratada de forma segura para os fins não potáveis, nomeadamente como irrigação, lavagens e descarga sanitária. Alguns estudos ainda indicam a possibilidade de utilizar a água cinza não tratada para a irrigação subsuperficial. No entanto, o armazenamento intermediário sem tratamento e desinfeção não é recomendado, pois a qualidade da água cinza pode se deteriorar e representar um risco potencial à saúde humana.

4.5. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS NAS EDIFICAÇÕES

Em geral, as edificações de uso comercial produzem volumes relativamente pequenos de água cinza devido à utilização ser essencialmente de lavatórios. Diferentemente das edificações residenciais em que a maior parte do consumo é proveniente de atividades relacionadas à higiene pessoal e limpeza doméstica. (Santos, 2018)

A qualidade da água cinza está diretamente relacionada aos hábitos dos usuários nas instalações de onde provêm esses efluentes. Desse modo, o risco mais significativo no uso de águas cinzas não tratadas é a exposição a partir de microrganismos derivados de contaminação fecal. As águas cinzas provenientes de chuveiros, banheiras e lavatórios podem conter vestígios de bactérias intestinais humanas (ou seja, urina, fezes, vômitos, etc.) e vírus. Aconselha-se que a reutilização de águas cinzas não tratadas deve ser realizada de maneira a evitar uma possível contaminação humana por ingestão ou contato direto com a pele, e águas cinzas tratadas devem seguir os padrões de qualidade de água não potável estabelecidos por instituições autorizadas. (Santos, 2018)

Ademais, o próprio sistema construtivo dentro das edificações contribui para evitar a contaminação das águas. É fundamental separar os sistemas de tubulações da rede hidráulica. Esse processo consiste em segregar as tubulações conforme os usos finais, o que significa separar as águas cinzas das águas negras.

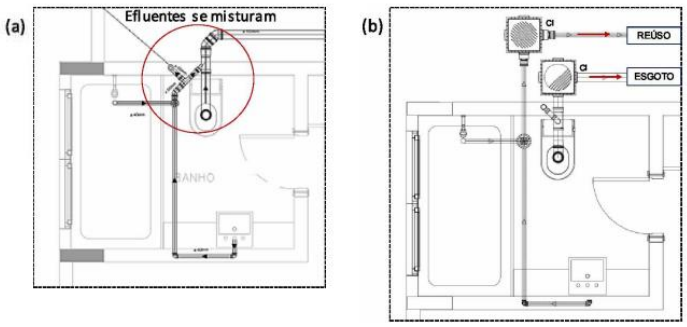


Fig. 13 - Em (a) está representado o sistema convencional de esgoto sanitário, e em (b) é o sistema adaptado para o reúso de águas cinzas com separação de efluentes que necessitam de maior tratamento. (Santos, 2018)

De modo geral, as cidades são locais de pouca produção de alimentos, reciclagem da água e materiais inorgânicos mínimos, com elevada poluição do ar, do solo e da água. Ao mesmo tempo, funcionam como centro de oportunidades atrativo às pessoas. Portanto, tendem a crescer de forma insustentável, principalmente nos países em vias de desenvolvimento que ainda não resolveram os problemas das desigualdades sociais e do saneamento ambiental. (Romero, 2021). Desse modo, as cidades são oportunamente locais para uma nova reaproximação com a natureza. É preciso entender a cidade de maneira mais holística, como um sistema, e a cidade é apenas uma parte deste conjunto que suporta a vida.

5

COMO (RE) CONSTRUIR CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS

5.1. SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (NATURE-BASED SOLUTIONS – NBS)

As alterações climáticas já estão a afetar os ecossistemas da Europa e deverão representar mais ameaças à biodiversidade e aos ecossistemas no futuro (Schröter et al. 2005, Grimm et al. 2008, Science for Environment Policy 2015). De acordo com Van den Bosch and Sang (2017), o crescimento da população urbana e das cidades tem afetado diretamente o equilíbrio ambiental assim como os possíveis riscos. Isso afeta as áreas urbanas e pode interferir na saúde e bem-estar das pessoas. Ainda Van den Bosh and Sang (2017), afirmam outro grande desafio que está relacionado com o meio ambiente e as doenças não transmissíveis, tais como diabetes, obesidade, doenças mentais, doenças respiratórias e cardiovasculares, entre outras, e que estas ocorrem devido a grande exposição tóxica (nomeadamente poluição do ar e sonora).

Diante deste atual cenário, as soluções baseadas na natureza (NBS) surgem como possível solução e como forma de intervenção urbana a fim de melhorar a saúde humana. Elas se caracterizam por ações inspiradas, baseadas ou copiadas da natureza com o propósito de otimizar os sistemas do meio ambiente. Por exemplo, é possível promover a restauração de ecossistemas, controle de inundações e redução dos efeitos de ilhas de calor utilizando soluções inspiradas da natureza onde estas ações são promovidas efetivamente de forma planeada ou por resultados de atividades sociopolíticas. Estas diversas ações podem ser descritas como regulação de planos urbanísticos, demanda do mercado ou mesmo pressão social. (Bosch & Sang, 2017)

As soluções baseadas na natureza que promovem áreas urbanas verdes e azuis têm significativo potencial para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência das cidades em função das mudanças climáticas. (Kabisch, et al., 2016). As NBS têm o potencial de mitigar mudanças e induzir a redução de impactos, que servem, por sua vez, como opções proativas para os municípios.

Baseado em alguns resultados das discussões de workshops e em algumas evidências, é possível destacar três necessidades principais para a ciência futura e agendas políticas ao lidar com as soluções baseadas na natureza. A primeira é produzir evidências mais fortes e fundamentadas acerca das soluções baseadas na natureza para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas e aumentar a conscientização aumentando a implementação. A segunda necessidade trata em adaptar os desafios de governança na implementação de soluções baseadas na natureza, usando abordagens reflexivas, o que implica reunir novas redes da sociedade, embaixadores de NBS e profissionais. Por fim, a terceira necessidade é considerar a justiça socioambiental e a coesão social ao implementar as NBS, usando abordagens de governança integrada que levam em consideração uma integração e participação transdisciplinar de

diversos atores (*stakeholders*). Com isso, as soluções baseadas na natureza podem desempenhar a função de mitigação do clima e como ferramentas de adaptação que produzem benefícios para o bem-estar da sociedade, servindo assim como fortes opções de investimento para o planeamento urbano sustentável. (Kabisch, et al., 2016)

Quando na implementação das soluções baseadas na natureza, existem diversas implicações que precisam ser consideradas. De acordo com Nesshöver, et al. (2017), as NBS precisam ser mais discutidas e desenvolvidas em relação aos conceitos já existentes a fim de esclarecer o seu valor agregado. Em seguida, ao considerar e implementar algumas destas soluções, deve-se prevenir da rotulagem dos conteúdos relacionados com o intuito de evitar mal-entendidos, duplicação e consequências não intencionais. Posteriormente, e conforme conceituado pela Comissão Europeia, as NBS promovem a oportunidade da transdisciplinaridade do tema o que permite ainda a superação de preconceitos e o amadurecimento de alternativas de desenvolvimento de novas perspetivas a fim de otimizar a sua eficácia. Contudo, para se obter um maior aproveitamento do seu potencial, as NBS devem ser edificadas incluindo as experiências de todos os grupos interessados (também chamados de *stakeholders*) de modo que as soluções contribuam para alcançar todas as dimensões da sustentabilidade.

Com base em algumas ferramentas de soluções baseadas na natureza (NBS), como por exemplo os processos de participação pública e codesign, é possível entender as decisões que são feitas considerando a participação da comunidade e de partes interessadas (*stakeholders*), a fim de se obter melhores intervenções urbanas em processos de requalificação urbana considerando o meio ambiente e o benefício que estas soluções podem trazer para as pessoas.

Ainda seguindo a estrutura proposta por Nesshöver et al. (2017), o processo de conceção e implementação de um NBS envolve o inter-relacionamento entre cinco dimensões distintas: o envolvimento de todas as partes interessadas e do público em geral; o uso de conhecimentos, conceitos e métodos multidisciplinares; lidar com a incerteza, complexidade, ambiguidade e conflitos para alcançar *trade-offs* equilibrados; o desenvolvimento de um entendimento comum entre todos os envolvidos; e a avaliação e acompanhamento de ações de aprendizagem mútua. Dessa forma, para desenvolver uma NBS em uma determinada localidade, é necessário primeiramente envolver todas as partes interessadas a fim de produzir um diagnóstico o mais completo possível - a perceção de problemas e oportunidades é altamente subjetiva. Isso quer dizer ainda, que este é um processo de codesign.

Como já explicitado anteriormente na estrutura-base do plano de ação da proposta, o envolvimento dos atores envolvidos - além do engajamento social, tem papel fundamental para o desenvolvimento do plano. Ou seja, o papel dos diferentes atores e interessados, irá determinar o potencial e possivelmente o sucesso da implantação de um projeto como este. Estes *stakeholders* podem ser associações, empresas com potencial para financiamento, igrejas, escolas, empresas de transporte público e todas as organizações já existentes e com relações já estabelecidas em uma localidade são os grandes responsáveis por potencializar e alavancar forças no progresso devido à consolidação da identidade com a região.

Ainda na implementação de um projeto de NBS através do processo de participação pública, é previsto e é ideal que esteja envolvido o maior número de pessoas possível, incluindo especialistas e não especialista, residentes e visitantes, diferentes faixas etárias, e como um dos poucos pré-requisitos, é que esta população envolvida tenha conhecimento básico sobre a área afetada a fim de poder argumentar e compartilhar suas observações com o grupo. É importante também, que haja a disseminação de pesquisas e explanação acerca do tema Nature Based-Solutions, a fim de envolver e clarificar conceitos e ideias.

Este plano ainda é um grande desafio para a sociedade atual. É evidente que já existem algumas experiências de projetos participativos ao redor do mundo. Contudo, políticas *bottom-up* e/ou de participação pública tendem a não seguir uma regra e podem se apresentar através de diferentes abordagens. Essas abordagens podem ser por meio de workshops presenciais, ou mesmo fazendo uso de ferramentas digitais e ambas podem atingir diferentes públicos.

Uma vez que a problemática e conceitos são intercambiados, novas questões podem surgir. Mesmo que haja uma aparente divisão de fases, elas ocorrem muitas vezes de forma bilateral. Perguntas e respostas aparecem ao longo do processo, e muitas vezes retornam ao ponto de partida. É desta maneira que é promovido um debate e diálogo a fim de se alcançar a resolução dos problemas de forma mais adequada. O conjunto de questões e informações coletadas nas fases descritas anteriormente é capaz de fornecer uma base mais sólida para a concretização do projeto final. É pertinente lembrar, que mesmo sendo uma proposta fundamentada numa política *bottom-up*, eventualmente pode haver a intervenção de pessoas especialistas que esclareçam sobre quais as ações mais adequadas entre as soluções baseadas na natureza, que poderão ser argumentadas e contrapostas às vontades e anseios da comunidade. As decisões a serem tomadas para a fase de implementação devem resultar de um consenso da vontade pública com o que pode ser orientado pelos técnicos. A co-implementação, abrange a participação pública e eventualmente a capacitação da comunidade a fim de se obter maior envolvimento entre as partes envolvidas. Além disso, ao passo que há a capacitação para realizar o projeto, há também o desenvolvimento do sentimento de pertencimento, o que reforça futuras ações principalmente na manutenção e zelo do lugar. O monitoramento e avaliação do que foi criado ou está preste a ser criado, deve ter associada a participação de instituições de ensino, como escolas, creches, e outros centros de formação a fim de disseminar o conhecimento sobre as soluções baseadas na natureza, pois assim cria potencialmente novas referências para serem construídos novos projetos de NBS.

5.2. AS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E A ÁGUA

As NBS apoiam uma economia circular, restauradora e regenerativa, e incentivam uma maior produtividade de recursos para reduzir o desperdício e prevenir a poluição, inclusive por meio de reutilização e reciclagem. (WWAP-UN, 2018). Isso implica, que com a crescente demanda mundial da água juntamente com o crescimento populacional, haverá ainda mais dificuldade de acesso à água potável, e serão ainda mais necessários a reutilização e o reaproveitamento da água.

As soluções baseadas na natureza (NBS) são inspiradas e apoiadas pela natureza e utilizam ou imitam os processos naturais para contribuir para uma melhor gestão da água. (WWAP-UN, 2018). Este tipo de solução visa restabelecer os ecossistemas naturais em meio urbano, em meio rural e nas próprias áreas naturais a fim de garantir a vida dos animais e da vida humana. As NBS possuem uma gama de benefícios e sua aplicação vem crescendo nos últimos anos, pois ganharam mais importância após a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

O foco das NBS não é apenas a água, mas sim envolver todo o processo de equilíbrio da natureza o mais originário possível. Contudo, vale ressaltar que a água assume um enfoque de maior importância devido à representação da vida. Os ecossistemas possuem importante influência na manutenção e na reciclagem de água. Os solos, por exemplo, possuem papel fundamental para controlar, armazenar e transformar a água. Já a biodiversidade tem um papel funcional, pois é a base dos processos e funções dos ecossistemas. São os ecossistemas que influenciam as precipitações que variam desde uma escala local para uma continental. De acordo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (WWAP-UN, 2018), 40% da precipitação da Terra é originada através da

transpiração das plantas e de outras evaporações terrestres. Portanto, decisões relacionadas ao uso da terra em um local podem ter consequências importantes para os recursos hídricos, as pessoas, a economia e o meio ambiente em locais distantes, apontando para as limitações da bacia hidrográfica (em oposição à "bacia de precipitação") como base para gestão.

Segundo Brears (2018), os espaços verdes nas áreas urbanas se caracterizam por possuir áreas cobertas por variado tipo de vegetação (relva, arbustos e árvores) permitindo que a água permeie o solo e a vegetação, filtrando parte dos sedimentos e poluentes antes de atingir as águas subterrâneas. Estes espaços verdes urbanos ajudam na absorção e infiltração da água, reduzindo as taxas de escoamento. Além disso, este sistema permite o aumento da recarga das águas subterrâneas, o que não acontece nos sistemas tradicionais da rede de drenagem, a qual as águas pluviais são muitas vezes misturadas ao esgoto e encaminhada para os oceanos.

5.3. SISTEMAS DE RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

As cidades irão continuar a se desenvolver e provavelmente com maior demanda dos recursos naturais. Paralelamente a isso, as cidades irão cada vez mais lidar com as consequências desse desenvolvimento, tais como aumento da poluição do ar, temperaturas extremas, efeito de ilhas de calor, inundações, falta de água, entre outros efeitos. As soluções baseadas na natureza são uma alternativa para minimizar estes efeitos, podendo ser aplicadas diferentes técnicas, tais como coberturas verdes, jardins verticais, sistemas sustentáveis de drenagem urbana, biorretenção da água, sistemas de infiltração, retenção de águas pluviais, etc.

A solução escolhida a ser desenvolvida neste capítulo irá focar em sistemas de retenção da água nos espaços urbanos, por se tratar de uma solução viável de ser aplicada e replicada em diferentes escalas e contextos urbanos, em diversificados contextos geográficos, em variados tipos de clima, e principalmente por apresentar baixo custo de investimento. Na literatura verificou-se, também, uma variedade de terminologias para a solução escolhida, sendo utilizado no corpo deste trabalho o termo sistemas de retenção de águas pluviais.

Este tipo de solução introduz outras funções, além de meramente captar e escoar a água excedente, ela também regula a temperatura do ar, como também reduz os efeitos de ilha de calor. A implementação de zonas mais verdes também favorece o bem-estar humano através de paisagens e jardins, o que as tornam esteticamente mais agradáveis, ao contrário dos sistemas tradicionais, tais como as grelhas de escoamento nas ruas.

O uso das soluções baseadas na natureza, especificamente os sistemas de retenção de água, integram uma solução aprazível que explora a drenagem e purificação da água, além de que, quando associado com a vegetação, compõe uma paisagem mais atraente e com identidade. Ademais, o uso da água também pode favorecer locais de interesse social aumentando o seu uso, prestígio e valorização. É possível também criar espaços públicos com multifuncionalidades através da introdução de bacias de retenção em praças. Ou seja, quando está seco, o espaço torna-se flexível para diversos usos, e quando há água, torna-se mais um elemento de composição, além das funções de escoamento e armazenamento da água. (Van Dorst, 2013)

A fim de se evitar a escassez da água, existem diversas formas para o melhor aproveitamento das águas pluviais e reaproveitamento das águas cinzas, como já foi abordado anteriormente. Contudo, como objeto de estudo e aprofundamento do tema, neste capítulo serão abordadas algumas estratégias a nível

urbano, com a aplicação de técnicas relacionadas à alocação, da gestão da demanda, do armazenamento e de fontes alternativas de água.

De acordo com Brears (2018), algumas das tecnologias disponíveis incluem reservatório de superfície, barragens multiuso, técnicas de conservação das humidades do solo, áreas naturalmente húmidas e captação da água da chuva para armazenamento.

Segundo o Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza, publicado pela Fundação Sendzimir, Polônia (Iwaszuk, et al., 2019), existem diferentes formas de se coletar, armazenar e tratar a água, as quais serão descritas a seguir na qualidade de estratégias de planejamento urbano, sendo apresentados os principais conceitos, características e pré-requisitos para criação desses sistemas de retenção e infiltração da água.

5.3.1. ESTRATÉGIA 1: LAGOS DE RETENÇÃO

Os lagos de retenção se caracterizam por lagos ou piscinas naturais que possuem capacidade adicional de armazenar a água proveniente das chuvas. Além de armazenar a água para evitar inundações, os lagos de retenção também proporcionam um novo habitat para os animais presentes na vida urbana, podendo também serem úteis para possível conservação e reutilização da água em períodos de seca.

Apresentam-se com um corpo d'água permanente, e podem ser criados a partir de depressões no terreno. É fundamental não utilizar corpos de água já existentes, devido ao risco de eventos de poluição e má qualidade da água possam interferir na ecologia do sistema. Os lagos de retenção têm em sua estrutura diferentes níveis de alcance da água, e eventualmente um sistema de fuga da água, como por exemplo um outro corpo de água, em caso de transbordo. (Iwaszuk, et al., 2019)

Esta solução é ideal para ser aplicada em espaços públicos urbanos, principalmente em espaços verdes, tais como parques e praças. A criação desta solução também valoriza as áreas urbanas, principalmente quando se agrega o uso recreativo no entorno, sendo também um local para conectividade ecológica. (Iwaszuk, et al., 2019). Além disso, os lagos de retenção têm grande potencial para criar um novo habitat terrestre, e principalmente aquático. (NWRM, 2013b)



Fig. 14 - Exemplo de um lago de retenção em área urbana, em Potsdamer Platz, Berlim, Alemanha. (Iwaszuk, et al., 2019)

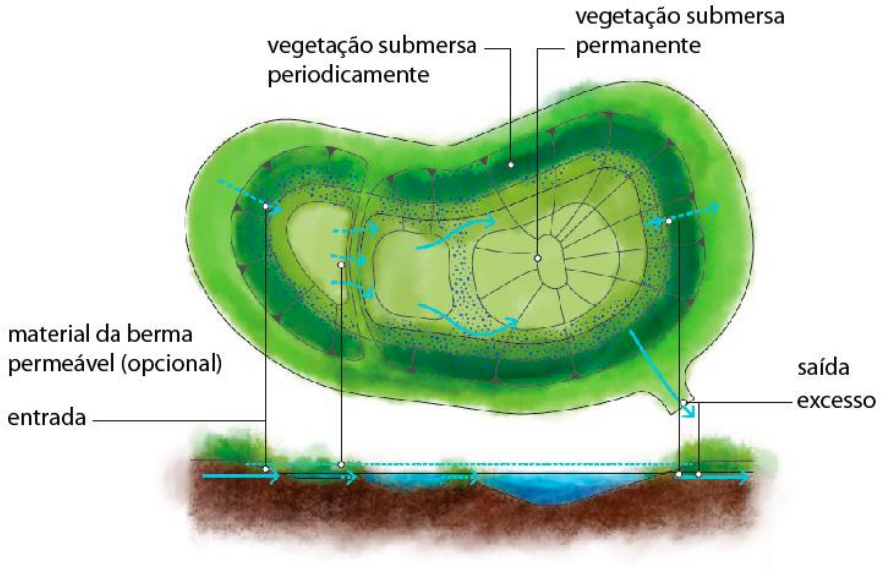


Fig. 15 - Esquema de um lago de retenção. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

Sua construção baseia-se na criação de uma depressão no terreno, a qual possui no perímetro uma margem com declive para a entrada da água, a qual recomenda-se acomodar um sistema de pré-tratamento da água a partir de plantas e sedimentos. A parte mais profunda deve conter água em sua permanência, pois servirá como principal zona de armazenamento e tratamento, e, as outras zonas ganham ocupação à medida que o lago ganha volume de água. Eventualmente e a depender da necessidade e/ou condições geográficas, os lagos podem necessitar de recursos hidráulicos para otimização da circulação da água. (Woods-Ballard et al., 2015, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019)

Relativamente às dimensões, se o lago for demasiado pequeno correrá o risco de secar nos períodos de seca e os benefícios ecológicos não serão alcançados. Por esta razão, o lago deve ter profundidade média de 1,2 - 2 metros. Caso seja muito profunda estará sujeita a estratificação e anoxia. Caso seja rasa demais estará sujeita a proliferação de algas e alta atividade biológica nos meses mais quentes. (NWRM, 2013b)

Uma vez que a água escoa para o lago de retenção, a água é retida e tratada por meio da remoção de poluentes através do processo de sedimentação, enquanto a vegetação aquática e absorção biológica se encarregam de tratamentos adicionais. (NWRM, 2013b)

Manutenção:

São requeridas manutenções periódicas mensais e anuais. Mensalmente, recomenda-se realizar uma manutenção preventiva acompanhada pela retirada de lixo, detritos flutuantes (folhas, galhos, etc.), e a retirada de acúmulos de sedimentos e crescimentos indesejados. É preciso também verificar a existência de obstruções das saídas de água a fim de garantir a circulação e vazão da água. Já o monitoramento anual inclui uma inspeção geral e reparo de eventuais estruturas danificadas.

Salienta-se também que a vegetação nativa reduz os requisitos de manutenção, além de proteger a beirada contra possíveis erosões e passagem de poluentes para o corpo d 'água. (GSWCD, 2019, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019)

Custo médio:

Conforme o referido catálogo, publicado em 2019, o custo de implantação varia de 10-60 EUR/ m3 do volume armazenado; enquanto o custo de manutenção varia entre 1-5 EUR/m2/ ano da área de superfície. (Iwaszuk, et al., 2019)

5.3.2. ESTRATÉGIA 2: BACIAS DE BIORRETENÇÃO

As bacias de biorretenção são áreas densamente vegetadas que coletam e filtram as águas pluviais à medida que percolam através de diferentes camadas. (Aecon et al., 2011, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019). Posteriormente, a água se infiltra no solo alimentando as águas subterrâneas ou são direcionadas para o sistema de drenagem de águas pluviais. (LSS, 2019, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019).

Este sistema é mais usual nas áreas públicas urbanas, e é indicado principalmente para as áreas com grandes superfícies impermeáveis, tais como áreas de estacionamento, grandes edifícios ou galpões, entre outros. (Iwaszuk, et al., 2019). É também utilizado em pequenas áreas, tal como em áreas de uso residencial. (LSS, 2019a). Este sistema também pode integrar o perfil de uma rua, ou mesmo compor um jardim de pequena escala. Diferentemente dos lagos de retenção que obrigatoriamente devem conter água constantemente, as bacias de retenção podem conter água ou podem ser um sistema seco, pois não têm a função de criar um ecossistema, e sim de reduzir o escoamento das águas de drenagem, remover os poluentes das águas pluviais e evitar a sobrecarga no sistema de drenagem.



Figura 16: Exemplo de uma bacia de biorretenção, em Labelle Park, Minnesota, Estados Unidos. (Iwaszuk, et al., 2019)

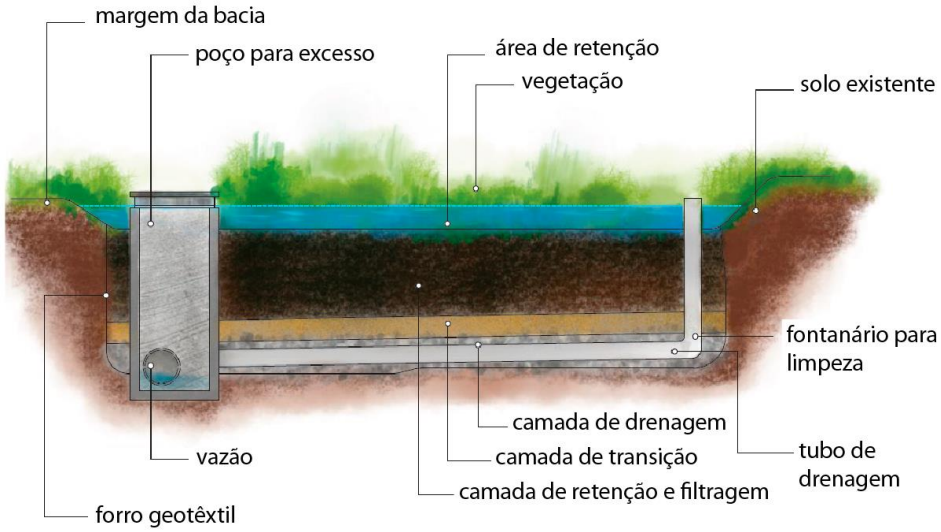


Figura 17: Seção esquemática de um sistema de bacias de retenção. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

A construção deste sistema envolve a criação de uma vala/ cavidade na superfície, que irá conter a vegetação no entorno a fim de reduzir a velocidade da água, conter eventuais detritos e auxiliar no processo de tratamento e filtração da água através dos processos físicos e bioquímicos. A água, então, percola através das diferentes camadas do solo e materiais, dentre elas as camadas com material orgânico (adubo) e diferentes graduações de areia e pedras para garantir o tratamento da água antes de ser direcionado para as águas subterrâneas ou para o sistema de drenagem de águas pluviais. Este sistema também permite outras utilidades para a água, que pode ser armazenar a água em um reservatório para irrigação.

A flexibilidade deste sistema garante uma adaptação às diversidades locais, sendo ajustado para várias escalas. Por isso, diferentes elementos podem ser agregados, como o uso de uma bacia composta por sedimentos mais grossos e variedade de vegetação.

Manutenção:

Recomenda-se realizar manutenções regulares a fim de evitar entupimentos para o sistema funcionar de forma mais eficiente. Esta limpeza dependerá da frequência da limpeza urbana e da quantidade de resíduos (lixo, folhas, galhos, etc.) que existe na superfície. Contudo, é aconselhável realizar uma manutenção mensal a fim de se inspecionar os requisitos de monitoramento, identificando a existência de áreas erodidas, restos vegetais, doenças e pragas na vegetação, entre outros. (LSS, 2019, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019)

Custo médio:

De acordo com o referido catálogo, publicado em 2019, o custo de implantação varia de 25-135 EUR/ m^2 e torna-se dispendioso quando é projetado para grandes áreas. (Iwaszuk, et al., 2019)

5.3.3. ESTRATÉGIA 3: VALAS DE RETENÇÃO

As valas de retenção podem substituir os sistemas tradicionais de concreto, as quais criam uma paisagem urbana esteticamente mais agradável. Elas podem ser de diversos tamanhos e podem compor o perímetro das ruas e/ou estacionamentos, ou próximo a uma ciclovia, separando a zona das bicicletas dos pedestres, ou uma vala entre autoestradas, entre tantos outros diversos usos.

Além de coletar, filtrar a água e reduzir a pressão sobre os sistemas de drenagem tradicionais, as valas proporcionam, também, uma série de benefícios num contexto mais geral, tais como a melhoraria da qualidade da água nos sistemas urbanos, um pequeno e positivo impacto em relação à qualidade do ar, aumento do valor estético das paisagens urbanas, entre outros. (Iwaszuk, et al., 2019)



Fig. 18 - Exemplo de uma vala de retenção em Greendale, Estados Unidos (esquerda) e em Wilanów, Polónia (direita) (Iwaszuk, et al., 2019)

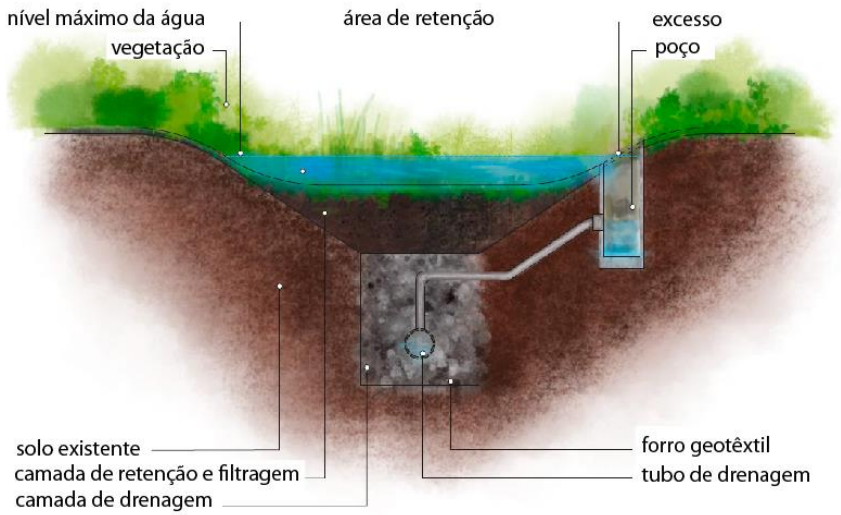


Fig. 19 - Seção esquemática de uma bacia de retenção. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

As valas de retenção se configuram, geralmente, por uma estrutura linear, com largura média de 1,5 - 5 metros, com seção transversal em forma de V, ou formato parabólico ou trapezoidal. Esta seção é preenchida com camadas com diferentes tipos de solo e a superfície é composta por plantas, as quais irão proporcionar maior eficiência no processo de filtração da água. (Iwaszuk, et al., 2019)

A composição das camadas do solo deve conter camadas de argila para conter a humidade e auxiliar no processo de filtração e purificação da água, como também camadas de areia e cascalho são fundamentais para a drenagem da água no subsolo. Em caso de transbordamento, quando a água atingir um determinado nível, ela será direcionada para uma tubulação locada na superfície que a levará para o sistema de drenagem, evitando assim os alagamentos na superfície.

Manutenção:

Este sistema requer manutenção periódica devido ao paisagismo existente. Eventualmente requer cortes de grama quinzenalmente ou mensalmente, a depender das condições e espécies vegetais. Ou seja, deverá ter os devidos cuidados de um jardim para limpeza de detritos, folhas, galhos, manejo das plantas, reposição e/ou replantio, retiradas de espécies indesejadas, substituição das pedras, entre outros.

Custo médio:

O custo se baseia na morfologia das valas de retenção. É levado em consideração o tamanho, a profundidade e as condições do solo existente para alcançar a infiltração da água desejada. Segundo o Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza, (Iwaszuk, et al., 2019), o custo de construção varia entre 70-90 EUR/ m3 de volume armazenado, enquanto os custos de manutenção variam aproximadamente entre 0,25-4 EUR/ m2/ ano.

5.3.4. ESTRATÉGIA 4: TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

As trincheiras de infiltração são escavações rasas cobertas de entulho ou pedras e possuem a habilidade de filtrar, drenar a água e evitar processos de erosão no solo. A filtração da água ocorre através dos processos físicos mediante a passagem da água pelas diferentes camadas do solo, e através de reações bioquímicas devido a presença de micro-organismos que existem no solo. Esta solução pode ser facilmente e idealmente integrada com outras soluções de retenção da água. (Iwaszuk, et al., 2019)

Devido à facilidade de execução, este tipo de solução pode ser facilmente incorporado em paisagens já existentes, como por exemplo à margem de ruas e estradas para coleta da água proveniente do asfalto/ concreto; pode também ser incorporado a outras soluções fazendo a ligação entre dois pontos; ou compor pátios de estacionamento. As trincheiras possuem boa aplicabilidade em superfícies artificiais e impermeáveis e eventualmente em áreas rurais para escoamento do campo e redução da erosão do solo. São bastante flexíveis no que diz respeito à sua implantação, possuem satisfatória eficiência quando incorporadas na paisagem e exigem pouco espaço físico para implantação. (NWRM, 2013a)





Fig. 20 e 21 - Exemplo de uma trincheira de infiltração com pedras em uma área urbana à esquerda (NWRM, 2013a), e à direita em Banff, Canadá. (foto do acervo da autora)

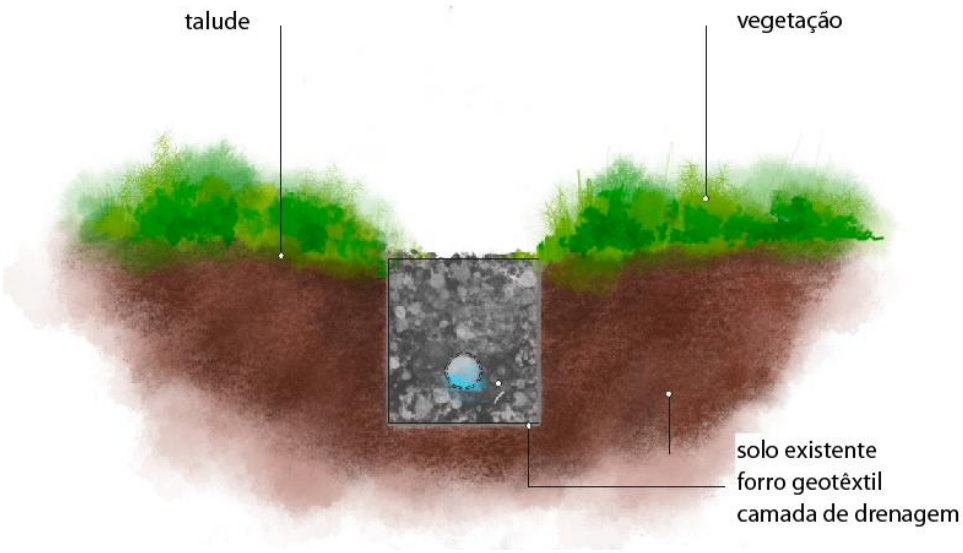


Fig. 22 - Seção esquemática de uma trincheira de infiltração. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

As trincheiras de infiltração consistem na abertura de uma vala extensa, com profundidade média de 1 - 2 metros, e largura média de 0,20 - 0,80 centímetros, restringindo-se preferencialmente em áreas relativamente planas, onde a água é direcionada para as pedras/ cascalho, percolando sob as diferentes camadas do solo, atingindo um tubo perfurado que coleta a água e a direciona para a rede de drenagem, um reservatório ou para um outro fim. No fundo da trincheira, recomenda-se colocar uma manta

geotêxtil para conter a água e ao mesmo tempo drená-la para as águas subterrâneas. (Iwaszuk, et al., 2019)

Esta solução tem como objetivo auxiliar no escoamento das águas pluviais e na redução de inundações em áreas urbanas, além de contribuir essencialmente para a recarga das águas subterrâneas. (NWRM, 2013a)

Manutenção:

Recomenda-se realizar manutenções periódicas a fim de inspecionar possíveis entupimentos, remover eventuais acúmulos de detritos, lixo, ou outro objeto que possa bloquear o fluxo de água, aparar raízes e plantas indesejadas, e reparar/ substituir o cascalho e/ou pedras. É fundamental que nos primeiros meses após a construção seja feita uma inspeção para averiguar a estabilidade e o funcionamento da trincheira. (NWRM, 2013a)

Custo médio:

O custo se fundamenta na morfologia das trincheiras de retenção. É levado em consideração a geometria, o tamanho, a profundidade e as condições do solo existente para alcançar a infiltração da água desejada.

Conforme o Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza, o custo de construção varia entre 70-90 EUR/ m3 de volume armazenado, enquanto os custos de manutenção variam aproximadamente entre 0,25-4 EUR/ m2/ ano. (Iwaszuk, et al., 2019)

5.3.5. ESTRATÉGIA 5: CANTEIROS DE BIORRETENÇÃO

Os canteiros de biorretenção são, geralmente, bacias com paredes de concreto que têm como função capturar, tratar e gerenciar a água de maneira mais econômica. (Iwaszuk, et al., 2019). Também são conhecidos como células de biorretenção, canteiros de biorretenção, sistema de filtração e descarte de água fluviais ou canteiro para águas pluviais. (Cuaran & Lundberg, 2015)

Esta categoria ainda é dividida em dois tipos: o primeiro chamado de canteiro é a base de infiltração (*Infiltration based planter*) e tem o fundo aberto o que permite à água percolar sob o solo adjacente, alimentando as águas subterrâneas. Já o segundo tipo, chamado de canteiro a base de filtragem (*Filtration based planter - Flow-Through*), onde possui o fundo fechado e impermeável, que irá coletar a água e direcionar para o sistema de drenagem ou outro destino. Os dois modelos têm como função infiltrar e tratar a água através das diferentes camadas de vegetação e do solo, e após estas etapas a água será destinada a outras funções.

Este arquétipo pode ser instalado em diferentes contextos urbanos. Eles se adaptam ao perfil da rua, áreas de estacionamento, jardins residenciais, entre outras.

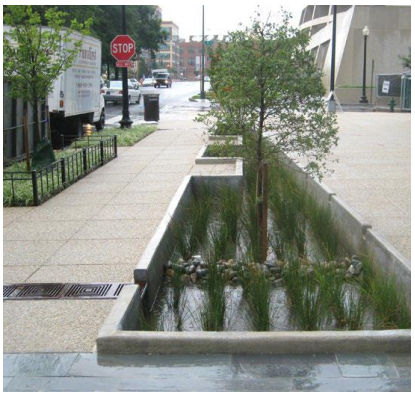




Fig. 23 e 24 - Exemplo de canteiros de biorretenção em Washington, EUA (a esquerda) e em Gdynia, Polônia. (Iwaszuk, et al., 2019)

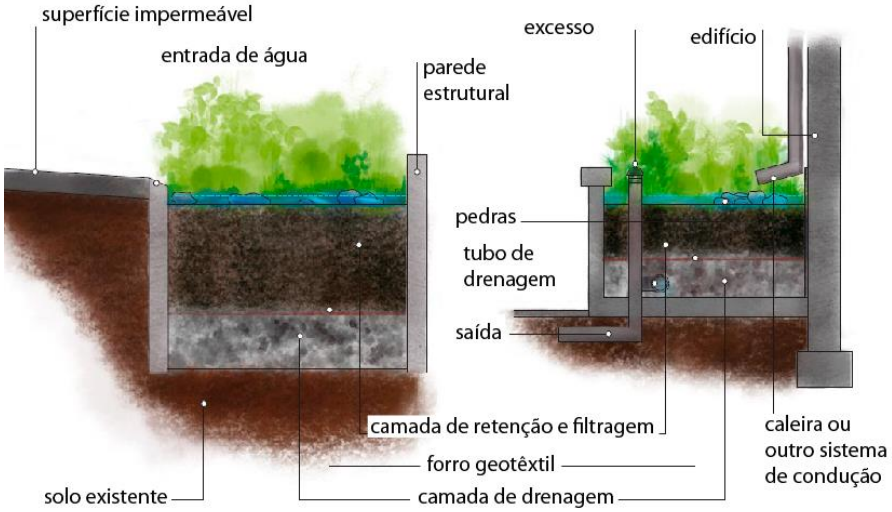


Fig. 25 - Seção esquemática de um canteiro de biorretenção. A esquerda representa um canteiro de infiltração, e a direita retrata um canteiro de filtração. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

As dimensões dos canteiros de biorretenção levarão em consideração as características locais. Por exemplo, a altura das paredes verticais depende da profundidade do projeto, o que deve ter em conta a necessidade de operação e manutenção, pois eventualmente será necessário acessar a parte inferior da instalação; deve-se também atentar para o conforto geral das pessoas que usam a rua (NACTO, 2017), como também, da quantidade de água que se pretende reter. A altura livre para acúmulo da água pode variar de 5cm para situações de drenagem rápida das calçadas, ou mesmo 30 cm, para mitigar o escoamento da água quando o solo possui uma drenagem mais lenta. (Iwaszuk, et al., 2019)

A escolha correta das plantas é fundamental para a eficiência deste sistema, elas precisam ser adaptadas à quantidade de água que irão receber. Recomenda-se então, as espécies nativas e espécies benéficas para polinizadores e insetos. Podem incluir flores, gramíneas, arbustos e pequenas árvores com folhagem perene, tais como salgueiros, trigo, centeio de inverno, alfafa, entre outros. Portanto, a profundidade da

camada de solo depende do tipo de vegetação a ser plantada e deve conter espaço suficiente para as raízes. (Iwaszuk, et al., 2019)

Por fim, nos canteiros de filtração deverá ser previsto um tubo de drenagem em caso de tempestades extremas para ter maior controle de transbordamento. O sistema deve ser projetado para drenar a água dentro de 24-72 horas após uma tempestade, para assim evitar a proliferação de bactérias e algas. (NACTO, 2017)

Manutenção:

Recomenda-se fazer um monitoramento mais frequente logo após a construção para garantir a boa adaptação das plantas. Após o primeiro evento de tempestade deve-se verificar o correto funcionamento do sistema de drenagem.

É necessário também a realização de manutenção periódica de poda, retirada de detritos, folhas, galhos e lixo indesejados para que a superfície permaneça permeável. Além disso, aconselha-se a verificação de possíveis entupimentos e correção dos mesmos.

Custo médio:

O custo depende do tamanho e estrutura dos canteiros.

Conforme o Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza, o custo de construção é a partir de 230 EUR/ m2, enquanto os custos de manutenção custam aproximadamente 0,30 EUR/ m2/ ano. (Massachusets, 2019; Delta, 2015, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019)

5.3.6. ESTRATÉGIA 6: PARADAS DE AUTOCARRO VERDE

O mobiliário urbano, especialmente as paradas de autocarro, também se tornam peças inovadoras para minimizar alguns dos efeitos das alterações climáticas, como também ser um ponto de retenção de águas pluviais. Tal telhado retém cerca de 90% das águas pluviais que caem em sua superfície. Os novos modelos de abrigo para os passageiros de transportes públicos contemplam a criação de um canteiro onde são plantadas espécies trepadeiras dando origem a uma cobertura verde que tem a função de recolher a água da chuva. Ou seja, o canteiro recebe a água da cobertura da paragem e das calçadas circundantes, a qual alimentará uma caixa de retenção. O excesso de água da caixa é direcionado para áreas verdes mais próximas ou para algum sistema de irrigação. Este tipo de estratégia ajuda a minimizar inundações locais e a sobrecarga dos sistemas de drenagem e de esgoto, ameniza os efeitos das ilhas de calor, além de limitar as colisões de pássaros com o vidro. Além disso, esta inovação de mobiliário urbana oferece um ambiente mais verde e agradável enquanto as pessoas esperam o transporte público.



Fig. 26 - Exemplo de uma parada de autocarro verde em Bialystok, Polônia. (Iwaszuk, et al., 2019)

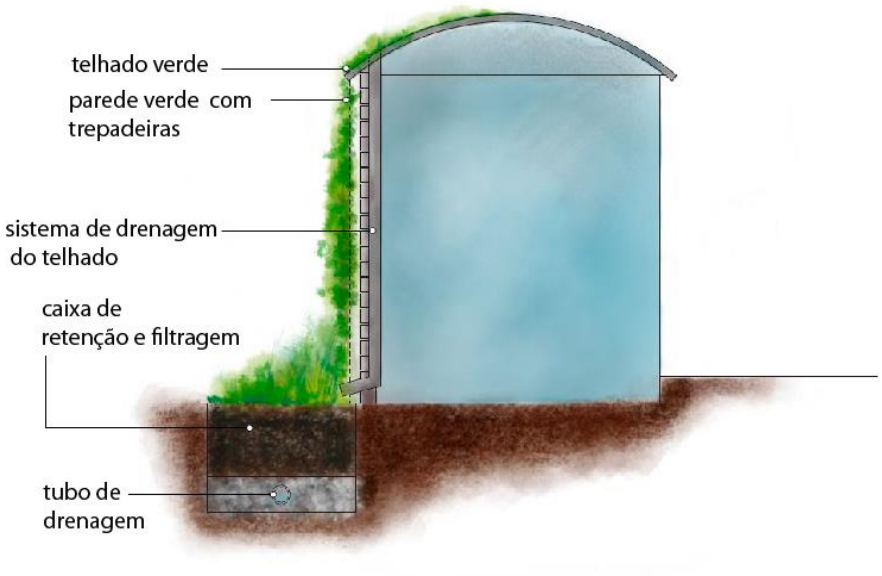


Fig. 27 - Seção esquemática de uma parada de autocarro verde. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

A parada de autocarro verde consiste numa construção com base em fundações pré-fabricadas de concreto, com materiais adequados para suportar a estrutura e com boa vedação, tais como aço galvanizado cortado a laser, soldado e pintado. As paredes são feitas de vidro temperado, que receberão uma estrutura adicional para auxiliar o crescimento das plantas até à parte superior.

É recomendado criar conexões com outras soluções de retenção de água, tais como trincheiras de infiltração, valas de retenção, canteiros, áreas verdes próximas, sistema de irrigação ou sistema de drenagem.

Manutenção:

A manutenção consiste na verificação do funcionamento correto após a construção para salvaguardar o sistema de drenagem da água. Deve-se monitorar periodicamente o crescimento das plantas, fazendo podas e retiradas de detritos indesejados. O uso de plantas nativas, resistentes ao calor e clima seco facilita a manutenção.

Além disso, é fundamental verificar possíveis entupimentos no sistema de drenagem para evitar transbordamentos e alagamentos.

Custo médio:

Conforme o referido catálogo, publicado em 2019, o custo de implantação corresponde a 18.000 EUR/ item, incluindo o sistema de isolamento da cobertura, a caixa de retenção, camadas do solo/ substrato e vegetação, trepadeiras para a parede verde e acessórios adicionais tais como banco, expositor de anúncios, e caixote de lixo. Já o custo de manutenção é precificado em 3.000 EUR/ ano. (Iwaszuk, et al., 2019)

5.3.7. ESTRATÉGIA 7: PAVIMENTO PERMEÁVEL

O pavimento permeável em espaços públicos e privados proporcionam um benefício global para o equilíbrio do ciclo da água. Como principal função, esta estratégia permite o escoamento da água através do piso, o que faculta que a água penetre no solo de maneira mais uniforme, alimentando as águas subterrâneas. Esta estratégia pode ser feita de diferentes maneiras e com diferentes materiais, tendo como exemplo parques infantis, parques de estacionamento, passeios, parques, jardins, ou mesmo as ruas. O tipo de pavimento fundamenta-se na composição do material em si, nomeadamente o concreto poroso, ou de peças de juntas abertas que permitem a passagem da água através de relva, cascalho, pedras, etc.

Esta técnica propicia o rápido escoamento das águas pluviais evitando poças e alagamentos, reduz o custo das infraestruturas de drenagem e esgoto com tubos e canos, necessita da criação de outros sistemas de retenção e infiltração da água (bacias de retenção, canteiros de biorretenção, etc.), e recarrega as águas subterrâneas. (Iwaszuk, et al., 2019)

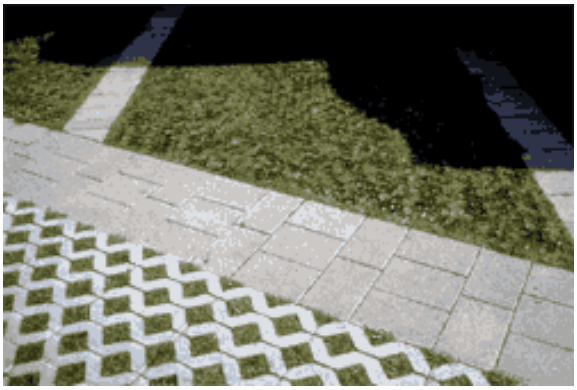


Fig. 28 - Exemplo de um pavimento permeável. (LSS, 2019b)

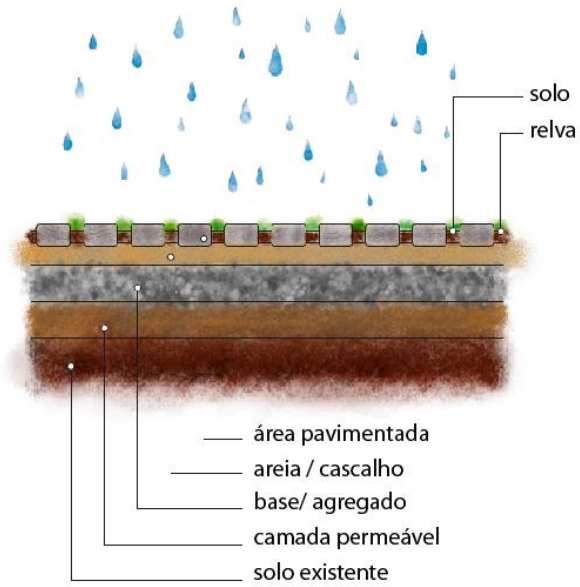


Fig. 29 - Seção esquemática de um exemplo de pavimento permeável. Adaptado pela autora. (Iwaszuk, et al., 2019)

Características:

O pavimento permeável consiste na aplicação de um tipo de piso permeável na face exterior que possibilita a percolação da água da superfície para o subsolo ou camadas mais profundas do solo. O material pode ser de diferentes composições, tais como concreto permeável, asfalto permeável, concreto intertravado permeável, entre outros.

Sob a área pavimentada, deve ter diferentes tipos de camadas para suportar a estrutura do piso. Deve considerar uma camada de cascalho para suportar veículos e reter a água após eventos de chuvas; posteriormente deve ter uma sub-base que é o solo nativo, o qual auxilia na permeabilidade da água no solo. Além disso, como função secundária, é possível também instalar nesta última camada o sistema de drenagem quando há interesse em coletar e armazenar a água para utilização humana, sendo o solo argiloso o mais adequado para este fim.

Por fim, para melhor eficácia desta estratégia, o piso permeável é recomendado para áreas com inclinação até 5%. Em contrapartida, se o leito rochoso for inferior a 1,20 metro não se deve instalar este tipo de piso. (LSS, 2019b)

Manutenção:

É fundamental a realização de manutenções periódicas para garantir a durabilidade e eficiência do piso permeável. A depender das condições locais, recomenda-se a inspeção do piso para evitar entupimentos, a título de exemplo a poda da relva quando existente, limpeza de folhas, areia, lixo ou outros detritos que impossibilitam a passagem da água pela superfície. Uma ou duas vezes por ano deve-se varrer a vácuo para a retirada profunda de resíduos indesejados.

Em locais onde neva ou há a formação de gelo deve-se evitar o uso de areia para não obstruir o pavimento permeável e buscar soluções alternativas para o degelo. (Iwaszuk, et al., 2019). Em climas frios é preciso avaliar o uso deste pavimento, pois recomenda-se a repavimentação a cada 15-25 anos. (CTC, 2012)

Custo médio:

O custo de construção é variável e será decorrente do tipo do pavimento que será utilizado. Conforme o Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza, o custo de construção é aproximadamente 43-86 EUR/ m2, enquanto os custos de manutenção viriam aproximadamente entre 0,05 - 0,21 EUR/ m2/ ano. (Morello et al. 2019, *apud* (Iwaszuk, et al., 2019)

6
ESTUDOS DE CASOS

6.1. COMUNIDADE DE TAMERA, PORTUGAL

6.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO NA EUROPA

A Direção Geral do Ambiente promove a utilização de infraestruturas verdes baseadas nas soluções baseadas na natureza (NBS), incluindo dentre tantos outros temas e ações políticas, a questão da água, envolvendo ainda as questões sobre mudanças climáticas, biodiversidade e florestas. Estas infraestruturas verdes estão diretamente relacionadas com a conservação do ciclo hidrológico, e por isso se justifica a criação de uma plataforma de Medidas Naturais de Retenção de Água (NWRM[5]).

Esta plataforma reúne um conjunto de informações sobre técnicas de retenção de água, que buscam alcançar e manter ecossistemas hídricos saudáveis através de soluções inspiradas na natureza a nível europeu.

> *"Natural Water Retention Measures are multi-functional measures that aim to protect water resources and address water-related challenges by restoring or maintaining ecosystems as well as natural features and characteristics of water bodies using natural means and processes. […]"* (NWRM, 2014)



Fig. 30 - Mapeamento dos estudos de casos de NWRM a nível europeu. (NWRM, 2014)

[5] NWRM - *Natural Water Retention Measure*

De acordo com Bernd Mueller (NWRM, 2014), nós humanos temos o conhecimento para transformar desertos e zonas semidesérticas em paisagens com vida, atravessadas por cursos de água fresca provenientes de nascentes. Na maior parte dos casos, a desertificação é o resultado de uma má gestão do uso da água e do solo provocados pela ação do homem.

O estudo de caso que será apresentado a seguir localiza-se ao sul de Portugal, na região do Alentejo. É considerada uma região árida e, no entanto, possui precipitação média anual de 700mm, o que seria supostamente o suficiente para atender a toda a população da região para uso doméstico e agrícola. Contudo, o cenário atual sofre com a escassez de água, pois a água da chuva escoa pelo solo sem ser aproveitada, lavando as camadas de solo fértil e causando danos, tais como inundações, devido a grande quantidade de água em curto período de tempo. (TAMERA, 2018)

Historicamente, é comum haver muita chuva no inverno e verões muito secos em Portugal. Contudo, esta realidade tem sido alterada ao longo das últimas décadas. No Alentejo, por exemplo, costumava haver cursos de água durante todo o ano, inclusive no verão. Atualmente, os cursos de água aumentam de nível durante a época das chuvas e depois secam nos períodos mais quentes.

E assim como ocorre na região do Alentejo, esse fenómeno, conhecido também como "ciclo hidrológico incompleto[6]" - quando há o desequilíbrio do sistema, (TAMERA, 2018) é percebido em todas as regiões climáticas do planeta e em diferentes contextos geográficos.

6.1.2. ESTUDO DE CASO – TAMERA, PORTUGAL

A conceção do projeto inicia-se em 1978, na Alemanha, quando um grupo de 12 pessoas monta a primeira experiência comunitária no sul do país, tendo como objetivo criar um centro de pesquisa interdisciplinar capaz de atrair especialistas em biónica, arquitetura, autonomia alimentar e novas tecnologias. Após anos de pesquisa e desenvolvimento do projeto, surge a hipótese de criar e fundar um projeto global dos biótipos de cura, e Portugal surge como possibilidade devido ao histórico de abraçar movimentos radicais. Portanto, o grupo escolheu o Monte do Cerro, no sul de Portugal, um terreno com área de 140 hectares e pouco desenvolvido. Batizou-se o local por Tamera, que em grego significa "terra de água" (TAMERA, 2018)

A Comunidade de Tamera, fundada em 1995, está localizada no município de Odemira, em Portugal. Trata-se de uma ecovila com 190 residentes permanentes e aproximadamente 100 residentes não permanentes, onde se aplicam medidas de reflorestação e plantação de cobertura vegetal mista, manejo holístico do pastoreio, juntamente com a construção de espaços de retenção de água na forma de lagos e lagoas descentralizadas para abranger a restauração do ecossistema. (NWRM, 2014)

De acordo com Bernd Murller (2017), o trabalho ecológico realizado em Tamera incorpora fortemente o aspecto da cooperação. Os pássaros, por exemplo, são parceiros de trabalho imprescindíveis para o

[6] Como descrito pelo teórico e engenheiro florestal Viktor Schauberger (1885-1958), o ciclo hidrológico incompleto descreve-se como: "A água evapora-se, forma nuvens e precipita-se. A chuva atinge um solo que, por consequência do pastoreio intensivo e da desflorestação, está árido, e por isso incapaz de absorver água. Anteriormente, a terra estava coberta por uma densa variedade de vegetação. Assim, o precioso húmus (solo fértil) podia formar-se e captar a água como uma esponja." (TAMERA, 2018)

processo de reflorestação, e isto porque certas sementes têm de passar obrigatoriamente pelo estômago de um pássaro para que possam germinar.

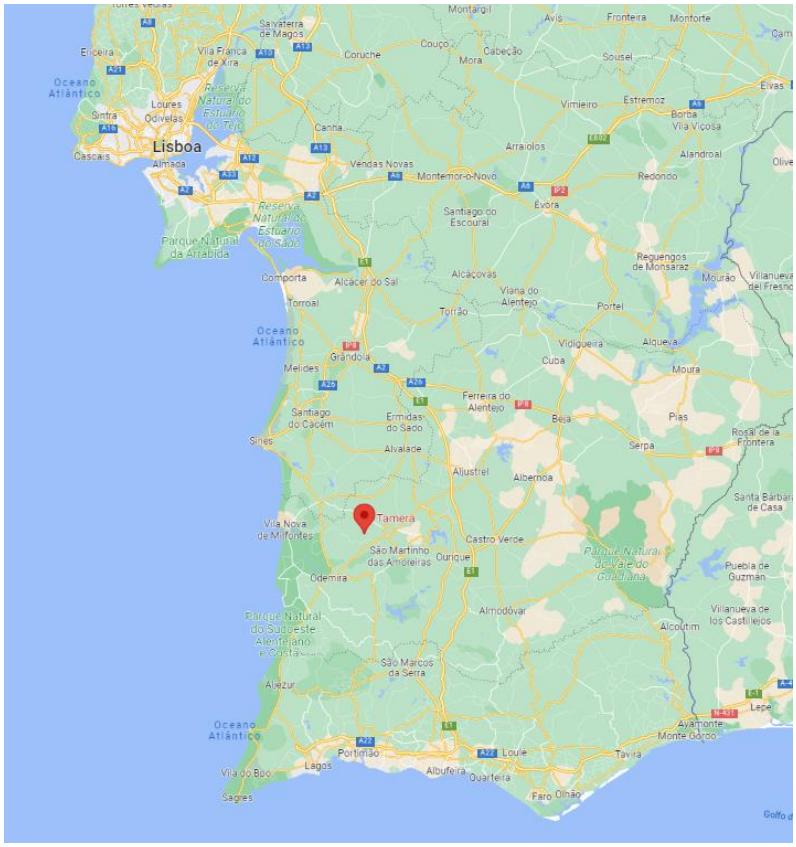


Fig. 31 – Ecovila de Tamera, localizada no Sul de Portugal, a aproximadamente 180 km de Lisboa e a 140 km de Faro. (Google maps)

Os principais problemas desta comunidade se caracterizam essencialmente por 3 grandes questões, as quais se relacionam entre si. A primeira questão trata-se do solo deteriorado, uma vez que apesar de ser considerado um solo rico, as camadas férteis foram lavadas e a sua estrutura foi danificada, o que provocou ao longo do tempo a erosão e a desertificação. O segundo problema é devido ao pastoreio e práticas agrícolas inadequadas ao longo de muitos anos até os dias atuais; e por fim, o manuseio e gestão inadequada em relação à quantidade de água (fortes chuvas causando inundações, e por outro lado, escassez de água e secas).

A fim de transformar a paisagem semiárida em uma paisagem com vida em Tamera, era preciso atuar em diferentes segmentos, e principalmente, transmutar o modelo de gestão da água, já que havia precipitação anual média o suficiente para atender toda a população da região. Buscou-se, então, a aplicação de técnicas de retenção e armazenamento da água em soluções baseadas na natureza, sem a utilização de mantas geotérmicas ou camadas com materiais impermeáveis, e sim, utilizando as próprias camadas do solo com o manejo adequado.

Para a criação de uma bacia de retenção em Tamera era preciso compreender os requisitos técnicos a fim de prevenir a estagnação da água e promover o movimento de acordo com a sua natureza. Era preciso

encará-lo como um ser vivo e permitir que o corpo d´água pudesse se movimentar sinuosamente, desse modo, a água gradativamente se infiltrava no corpo terrestre. Para isso, instaurou-se 3 princípios:

- O lado mais comprido da bacia de retenção deve estar alinhado com a direção do vento. Desse modo, o vento cria uma ondulação na água ao mesmo tempo que a oxigena. É preciso enfatizar aqui, que o oxigênio é um elemento de extrema importância no processo de purificação da água, pois o vento transporta partículas de detritos para as margens, que posteriormente se prendem às plantas aquáticas.

- As margens da bacia devem ser sinuosas, com diferentes níveis de declives para favorecer que a água possa enrolar-se e fazer redemoinhos. Além disso, deve-se também introduzir plantas aquáticas e plantas que crescem à beira da água.

- A bacia deve ter zonas mais profundas e menos profundas para criar uma termodinâmica mais saudável devido à interação entre as diferentes temperaturas.

A partir desses princípios e dos cálculos da média anual de precipitação, a primeira barragem (chamada de "Lago 1") a ser construída em Tamera iniciou-se em 2007, e após 4 anos a bacia já estava consolidada e com o nível de água esperado. Como resultado, alguns animais selvagens, nomeadamente a lontra, passaram a habitar os arredores, assim como também aumentou a população de pássaros.

Decidiu-se então, construir a segunda bacia de retenção, porém com o triplo da capacidade da primeira, e estrategicamente, localizada na parte mais elevada do terreno, para que, com a ação da gravidade a água irrigasse todo o terreno sem depender de bombas e/ou energia elétrica adicional. Com isso, diversas nascentes também podem surgir e o nível dos aquíferos provavelmente irá subir ou manter-se estável. (Mueller, 2017)

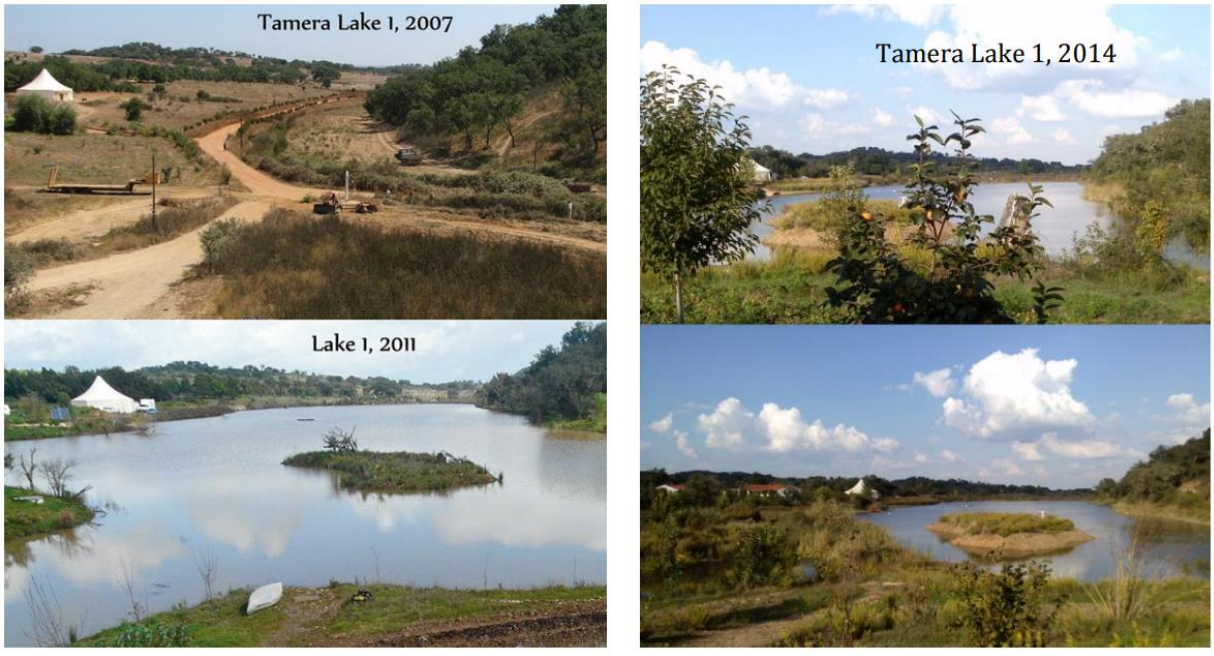


Fig. 32 – Transformação da paisagem no Lago 1, em Tamera, em 2007, 2011 e 2014. (Avelino, 2015)

As barragens em Tamera foram construídas em sua totalidade com materiais naturais, não sendo utilizado o cimento ou qualquer tipo de película artificial. Desse modo, para se obter uma camada isolante utilizou-se a argila retirada do próprio terreno em camadas mais profundas para garantir a retenção da água. É preciso umedecer e compactar algumas camadas com a argila, e posteriormente, novas camadas de terra e húmus fazem a cobertura do solo superficial. Para finalizar e criar equilíbrio ao meio, é preciso inserir uma vegetação diversificada na envolvente das margens. Após a consolidação das espécies, a vida irá ressurgir naturalmente. (TAMERA, 2018)





Fig. 33 e 34 – Imagem de satélite em Tamera em 2006 (esquerda) e em 2010 (direita) (Google Earth Pro)

O caso de Tamera é uma iniciativa radical e experimental de uma comunidade que se distingue do modelo tradicional de sociedade, pois promove o desenvolvimento e cultivo da terra de modo mais holístico, o que contribui para a promoção de uma sinergia entre regeneração ecológica e governança social, adotando o modelo chamado de "biótipo de cura", ou seja, que associa duas dimensões: a técnica científica e a política. (Esteves, 2016).

A ecovila Tamera explora uma prática mais radical do uso mais sustentável da terra e, consequentemente, da água e de práticas agrícolas menos industriais. Contudo, este caso contribui para o conhecimento de uma comunidade que aborda conceitos do uso comum, a qual também promove interações entre os seres humanos, bem como com a natureza, com base em princípios voltados para o respeito com o meio ambiente. Além do modelo de "biótipo de cura" em que Tamera se baseia, as medidas técnicas implementadas foram o reflorestamento e plantio de vegetação de cobertura do solo de cultura mista, manejo holístico do pastoreio e construção de espaços de retenção de águas pluviais (lagos e lagoas naturais). Ainda sobre o método de governança e sistema político, seria necessária uma outra investigação para avaliar a eficiência das medidas adotadas, tendo esta pesquisa restringida a análise técnica construtiva do sistema de retenção de água.

6.2. VAUBAN – ALEMANHA

6.2.1. A QUESTÃO DA GESTÃO DA ÁGUA NA ALEMANHA:

A Alemanha estabeleceu, em 1957, a Lei de Gestão dos Recursos Hídricos ou Wasserhashaltsgesetz (WHG), como instrumento político para regular o uso da água no país, considerando o bem-estar e a proteção ambiental. (Amaral, 2008, *apud*. Wessling, 2011). Estas medidas reforçam a preocupação com o tema e transpassam a obrigatoriedade de reutilização das águas pluviais por parte dos usuários, a fim de fazer um melhor uso da mesma, como pode ser verificado a seguir.

Contudo, a lei WHG criou condições para uma aplicação mais uniforme da legislação comunitária sobre a água no país, nomeadamente, maior detalhamento quanto a gestão da água, melhor definição de princípios voltados para evitar as possíveis consequências das mudanças climáticas, disposições sobre os princípios da água para abastecimento público e proteção das nascentes, ampliação da abordagem no que diz respeito à proteção contra inundações, entre outros. (Wessling, 2011)

Esta lei foi atualizada ao longo dos anos, e em sua última atualização em 2009, destaca-se o §55 relativamente ao tema deste trabalho, que estabelece:

(1) As águas residuais devem ser eliminadas de forma a não prejudicar o bem público. A eliminação de águas residuais domésticas por sistemas descentralizados também pode servir o bem público.

(2) A água proveniente de precipitação deve escoar localmente, ser gotejada ou descarregada diretamente ou através de um sistema de esgoto em um corpo de água sem ser misturada com água suja, desde que isso não entre em conflito com a lei da água ou outros regulamentos de direito público ou preocupações de gestão da água.

(3) As substâncias líquidas que não são águas residuais podem ser eliminadas com as águas residuais se tal eliminação das substâncias for mais amiga do ambiente do que a eliminação, uma vez que as preocupações com a gestão dos resíduos e da água não entram em conflito. (WHG, 2009)

6.2.2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE VAUBAN

A Alemanha possui uma razoável quantidade de aplicações de soluções baseadas na natureza distribuídas por diferentes zonas do país. Estas medidas foram postas em prática devido ao potencial de mitigação climática e alta aplicabilidade numa variedade de contextos urbanos na Europa.

É na cidade de Friburgo que se realizou um concurso para o desenvolvimento de um *masterplan* para novos subúrbios sustentáveis. Tal como o distrito de Rieselfeld, que iniciou a sua construção em 1995, numa área de 70 hectares e que optou por construções de edifícios de 3-5 andares, bastantes áreas verdes, espaços internos entre blocos comuns e acessibilidades de creches, escolas, comércio local, restaurantes, consultórios médicos, empresas de serviço com oportunidades de emprego próximo das moradias e apartamentos com baixos custos, que tornavam o local atraente e agradável para se viver. (Field, 2011)

No entanto, Vauban destaca-se por ser o "modelo de distrito sustentável". (Field, 2011). Vauban é um distrito de Freiburg, a sudoeste da Alemanha, com aproximadamente 5.100 habitantes, distribuídos em cerca de 2.000 unidades habitacionais numa área de 41 hectares. Caracteriza-se por possuir um sistema de transportes público com ligações multimodais, gestão ecológica de águas pluviais, habitações com

baixo consumo de energia, sistema de aquecimento e energia combinados (CHP[7]), diferentes tipologias de uso com curtas distâncias, escolas locais e variedade de lojas para as necessidades diárias, o que reduz drasticamente a necessidade de veículos particulares. (Iwaszuk, et al., 2019).

Vauban foi construída numa antiga base militar francesa, onde ativistas ambientais criaram uma associação a fim de introduzir medidas mais radicais no plano diretor da cidade de Friburgo, iniciando a construção deste aglomerado urbano em 1998, que continua até os dias atuais. (Coates, 2013). O distrito de Vauban foi projetado para reduzir o uso de carros, optando por modos de transportes alternativos e privilegiar o uso das ruas para as pessoas caminharem a pé, oferecendo mais espaços públicos e verdes. Por esta razão, as ruas foram projetadas em formato de "U" para diminuir o uso de carros e, assim, criar ruas mais seguras para possibilitar atividades recreativas. (Iwaszuk, et al., 2019) Pode-se, então, dizer que tornar o uso do carro menos conveniente que outras alternativas de mobilidade era o princípio-chave do planeamento deste lugar. (Field, 2011)

Ainda sobre as questões de mobilidade urbana no distrito, destaca-se a linha de comboio. Ela está situada numa vala gramada para abafar o ruído, auxiliar na redução da poluição do ar e também para contribuir para a ecologia geral do sistema de gestão de águas pluviais do distrito. O sistema de águas pluviais é maioritariamente separado do sistema de águas residuais para garantir a máxima quantidade de infiltração da água no solo, bem como para não sobrecarregar as infraestruturas de drenagem e reduzir a entrada de água nos córregos. Para que houvesse o sucesso na absorção da água foram tomadas diversas medidas, tais como a utilização de telhados verdes, uso de pavimentos permeáveis e criação de áreas verdes. (Iwaszuk, et al., 2019)

Em vez de drenar as águas pluviais para longe das propriedades e áreas urbanas o mais rápido possível, faz mais sentido em muito aspetos gerenciar a água da chuva de forma descentralizada nas proximidades de cada propriedade e no perímetro da área urbana. Ou seja, quanto menos água da chuva sair destes limites, melhor. Para isso, é preciso aplicar uma variedade de medidas que primeiro coletam e depois escoam, evaporam ou a tornam aproveitável. (Weiler & Jackisch, 2013). No caso específico de Vauban foram adotadas as tais medidas descentralizadas de gestão de águas pluviais em áreas privadas (por exemplo, telhados verdes, pavimentos permeáveis, criação de áreas verdes/ canteiros e a captação e armazenamento das águas), além de um sistema de vala central que retém, infiltra e drena a água. (Jackisch, Brendt, Weiler, & Lange, 2013)

No que diz respeito ao sistema de vala central, ele é formado por duas linhas paralelas (vala norte e vala boulevard), as quais comportam valas individuais conectadas em forma de cascata. Isso ocasiona o acúmulo de água temporariamente até que ela possa vazar gradualmente para o subsolo. Nos períodos de fortes chuvas, a água será distribuída pelas valas pela morfologia de cascata e ela irá se fundir em uma das extremidades através do transbordamento, até alcançar as águas recetoras alimentando o córrego sem causar grande fluxo de água no mesmo. (Jackisch, Brendt, Weiler, & Lange, 2013)

[7] CHP (*Combined heating and power*) é uma tecnologia que produz eletricidade e energia térmica com alta eficiência usando uma variedade de tecnologias e combustíveis. A partir da produção de energia, as perdas são minimizadas e o calor que seria desperdiçado é aplicado às cargas das instalações na forma de aquecimento de processo, vapor, água quente ou mesmo água gelada. Pode ser aplicado na escala de um edifício ou mesmo um sistema de micro rede que fornece energia térmica para vários usuários finais. (EPA, 2022)



Fig. 35 – Elementos individuais do conceito de drenagem para adoção de medidas de gestão descentralizada das águas pluviais. Adaptado pela autora. (Jackisch, Brendt, Weiler, & Lange, 2013)



Fig. 36 – Elementos do sistema central de valas. Adaptado pela autora (Jackisch, Brendt, Weiler, & Lange, 2013)

Contudo, o conceito de drenagem selecionado permite o processo de retenção e infiltração da água precipitada, e assim reduz de forma significativa a quantidade de água descarregada nas águas recetoras

(córregos e rios), evitando as inundações. É possível observar também uma grande quantidade de superfícies permeáveis em Vauban, como mostra a figura a seguir, o que de modo geral favorece a percolação da água sob o solo de maneira mais uniforme e gradual.

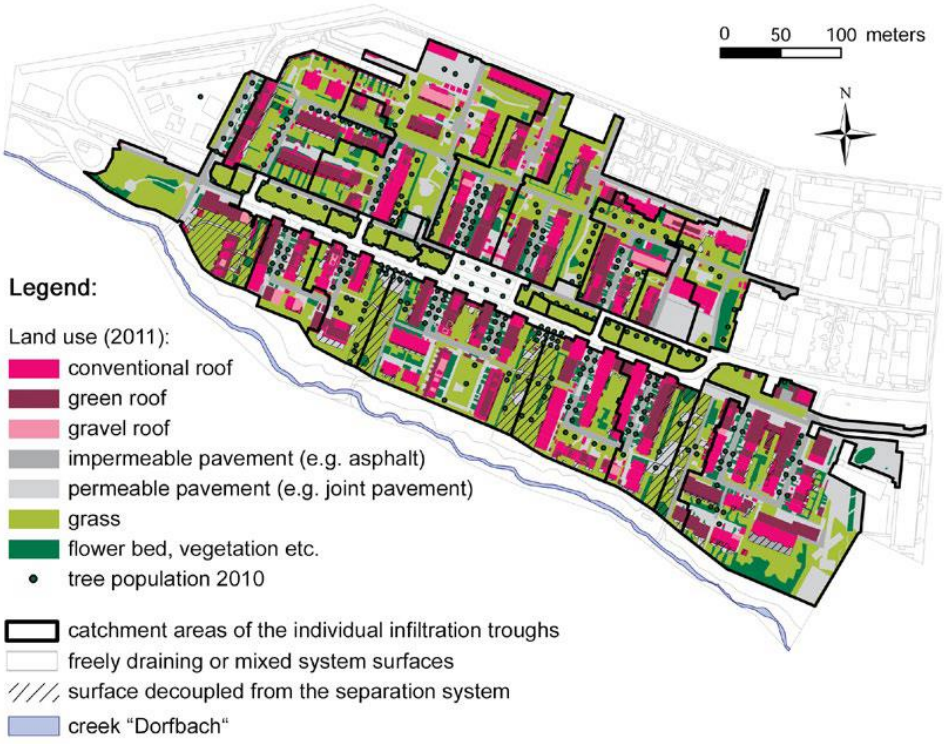


Fig. 37 – Separação esquemática da composição da superfície de Vauban, em maio de 2011. (Jackisch, Brendt, Weiler, & Lange, 2013)

De fato, Vauban é um caso de sucesso em relação à redução do uso do carro e, consequentemente, abre oportunidades para soluções mais sustentáveis e com melhor aproveitamento do uso do solo e da superfície. A primeira grande estratégia para se obter este sucesso é o estacionamento desacoplado da habitação, que em algumas situações está localizado na borda da área residencial. Quando as garagens são construídas de forma privativa, o custo da construção aumenta e requer manutenção privada, e quando o carro está no estacionamento na borda residencial aumenta a distância de caminhadas até o carro, o que também reduz o uso do mesmo.

Estatisticamente, Vauban tem 0,5 vagas de estacionamento por apartamento e a maior parte dos apartamentos tem os carros estacionados na borda da área residencial. As pessoas que possuem um carro têm de comprar um lugar de estacionamento numa área apropriada que custa entre 18.500 a 22.500 euros mais os custos de manutenção que rondam os 70 euros mensais. De modo geral, a divisão modal em Vauban é de 16% de carros, 19% de transporte público e 64% de bicicleta ou a pé. (Brundell-Freij, Forss, & Johansson, 2014). Pode-se ainda inferir, que a quantidade de veículos particulares está diretamente relacionada com tipo de cobertura da superfície do solo, e, portanto, melhor aproveitamento

dos espaços públicos voltados para áreas verdes ao invés de áreas impermeabilizadas e para estacionamentos.

6.3. CALGARY

A cidade de Calgary localiza-se ao sudoeste do Canadá, na província de Alberta e aos pés das montanhas rochosas (cerca de 80 km da cidade). Com isto, está também numa alta altitude de aproximadamente 1045 metros acima do nível do mar. Está situada, também, na confluência de dois rios principais, nomeadamente o rio Bow e Elbow, além de inúmeros riachos. O rio Elbow é a principal fonte de água potável da cidade, porém com o rápido desenvolvimento e crescimento da região, a crescente demanda de abastecimento e conservação da água tem-se tornado uma preocupação constante. De sublinhar que esta localidade se encontra numa pradaria, com clima seco e invernos rigorosos, onde nos dias mais frios as temperaturas alcançam entre 30 a 40 graus celsius negativos. (McGillivray, 2021)

A bacia hidrográfica do rio Elbow cobre uma área de aproximadamente 1230 km^2, e 40% do abastecimento da cidade de Calgary é oriunda do rio Elbow. Já a bacia hidrográfica do rio Bow tem 7.770 km2, e é a fonte de quase 60% do abastecimento de água de Calgary. Além disso, quase toda a água que é retirada dos rios para uso é devolvida ao sistema após o tratamento nas estações de tratamento de águas residuais. (City of Calgary, s.d.a)

Segundo o município (City of Calgary, s.d.a), a principal fonte de água é oriunda das montanhas rochosas a oeste da cidade, a qual é coletada das águas das chuvas e da neve derretida que se armazenam nos vales e rios. A cidade tem 3 sistemas de água separados: **água potável, águas residuais e águas pluviais.** De forma breve, será explicado como todo o sistema de água funciona, tendo como foco a solução adotada para as águas pluviais.

- **Água potável**

A água potável flui dos rios Bow e Elbow para as duas estações de tratamento de água existentes na cidade (Glenmore e Bearspaw) e, posteriormente, é direcionada para reservatórios, estações de bombeamento e tubulações subterrâneas até chegar às torneiras das edificações.

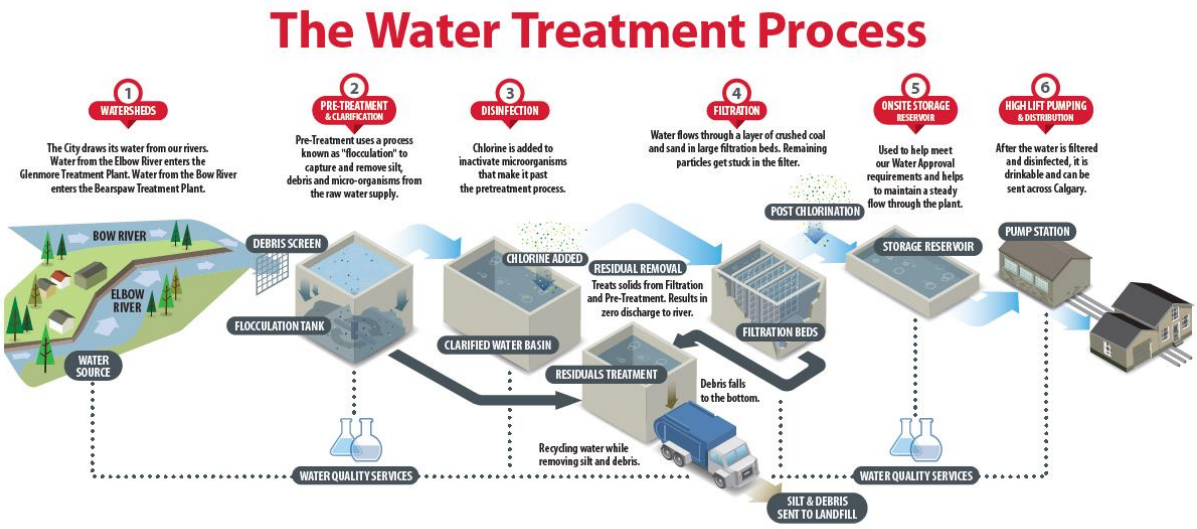


Fig. 38 – Processo de captação das águas fluviais e tratamento para consumo humano. (City of Calgary, s.d.a)

- **Águas residuais**

As águas residuais, ou seja, toda a água oriunda das sanitas, banheiras, das máquinas de lavar louça e lavar roupa é drenada para o sistema de esgoto, que por sua vez está ligado às estações de tratamento de águas residuais com o objetivo de passar por uma série de processos antes de ser despejada como água limpa no rio. A cidade comporta 3 estações de tratamento (Estação Fish Creek, Pine Creek e Bonnybrook).

Portanto, as estações de tratamento coletam as águas residuais, que passam por um processo de filtragem inicial a fim de remover detritos e objetos maiores. Posteriormente, passaram por decantadores, a fim de separar o fluxo líquido do fluxo sólido. Desse modo, o fluxo líquido ainda é tratado com biorreatores e desinfeção com luz ultravioleta para garantir que a água seja devolvida ao rio sem interferir no habitat ecológico. Já o fluxo sólido é direcionado para grandes tanques que irão fermentar o lodo, depois passa pelos digestores, onde as bactérias decompõem os materiais orgânicos complexos em água, metano e dióxido de carbono, e, todos eles são reaproveitados. Todo o material sólido é transformado em biossólido que é utilizado como matéria orgânica para as culturas.

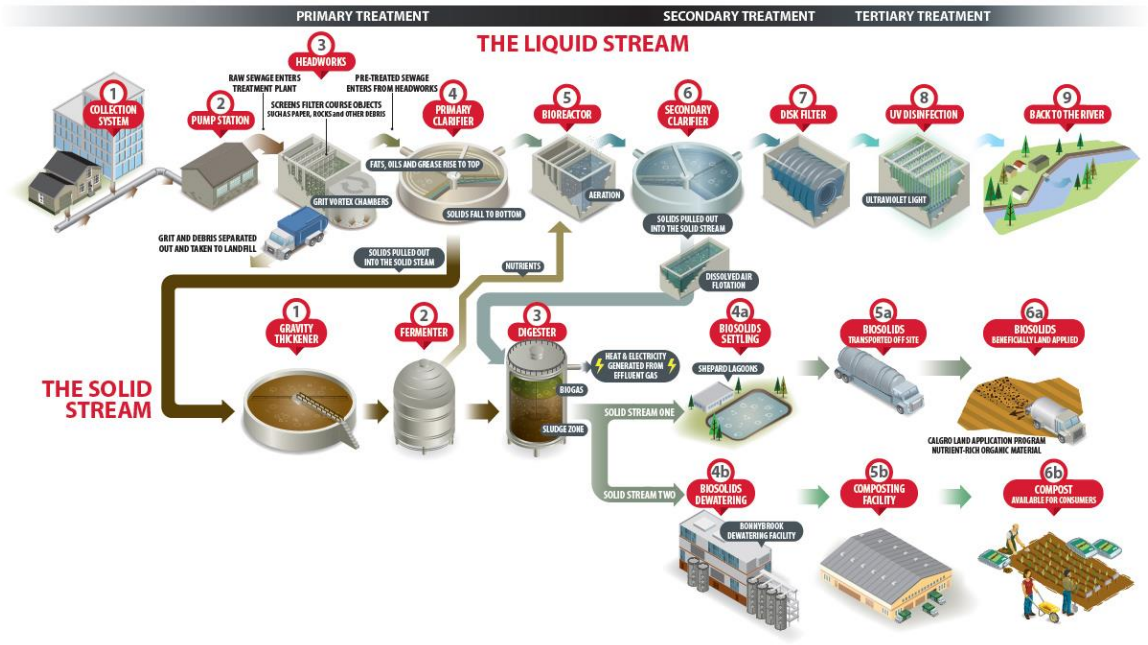


Fig. 39 - Tratamento de águas residuais da cidade de Calgary. (City of Calgary, s.d.a)

- **Águas pluviais**

As águas da chuva e da neve derretida são coletadas pelos bueiros e entram no sistema de águas pluviais ou são absorvidas pelos jardins e canteiros.

A cidade de Calgary estabeleceu dois modelos: o primeiro, intitulado de YardSmart, refere-se aos moradores a criarem jardins (*rain garden*) no entorno das casas, a instalarem coberturas verdes (*green roof*), ou ainda a instalarem um barril de chuva que coleta a água do telhado para irrigação, com base em uma série de manuais e instruções para escolha das plantas e orientação solar em que o jardim se encontra. Já o segundo modelo, nomeadamente de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), é uma abordagem para gerenciar a água da chuva por onde ela cai através de uma variedade de práticas de paisagismo e design que retardam, espalham e absorvem água, e, portanto, reduzem o volume de escoamento de águas que entram nos rios e alimentam as águas subterrâneas. Ou seja, são sistemas de biorretenção da água. (City of Calgary, 2016)

O sistema de gestão das águas pluviais contempla um conjunto de diversos componentes para que haja a drenagem e escoamento da água de forma adequada. Sendo eles:

Drenagem (*storm drain*): existem cerca de 60 mil bueiros que captam a água das calçadas, ruas e estradas. Eles possuem na superfície uma grade que faz a primeira filtragem de objetos maiores, e sob a calçada há um reservatório que lentamente direciona a água para os canos da rede pluvial.

Lagos húmidos e secos (*wet and dray pond*): os lagos secos estão secos cerca de 95% do tempo e enchem-se rapidamente em chuvas fortes, podendo levar até 24 horas para drenar a água até as infraestruturas de águas pluviais às quais estão interconectadas. Já os lagos húmidos, contêm água constante e auxiliam na melhoria da qualidade da água através na filtragem e reações bioquímicas, existindo cerca de 200 lagoas em toda a cidade.

LID: como já explicado anteriormente, contempla os jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis e outras técnicas que ajudam a diminuir a velocidade da água e permitem que ela seja absorvida.

Zonas húmidas (*wetland*): são áreas de terra que estão saturadas com água de forma permanente ou sazonal, e contêm plantas. Porém, neste caso, este sistema não está conectado com o sistema de águas pluviais da cidade.

Emissários (*outfall*): são pontos de saídas pelos quais as águas pluviais deixam o sistema de tubulação e entram no rio, e conta com mais de 800 emissários.

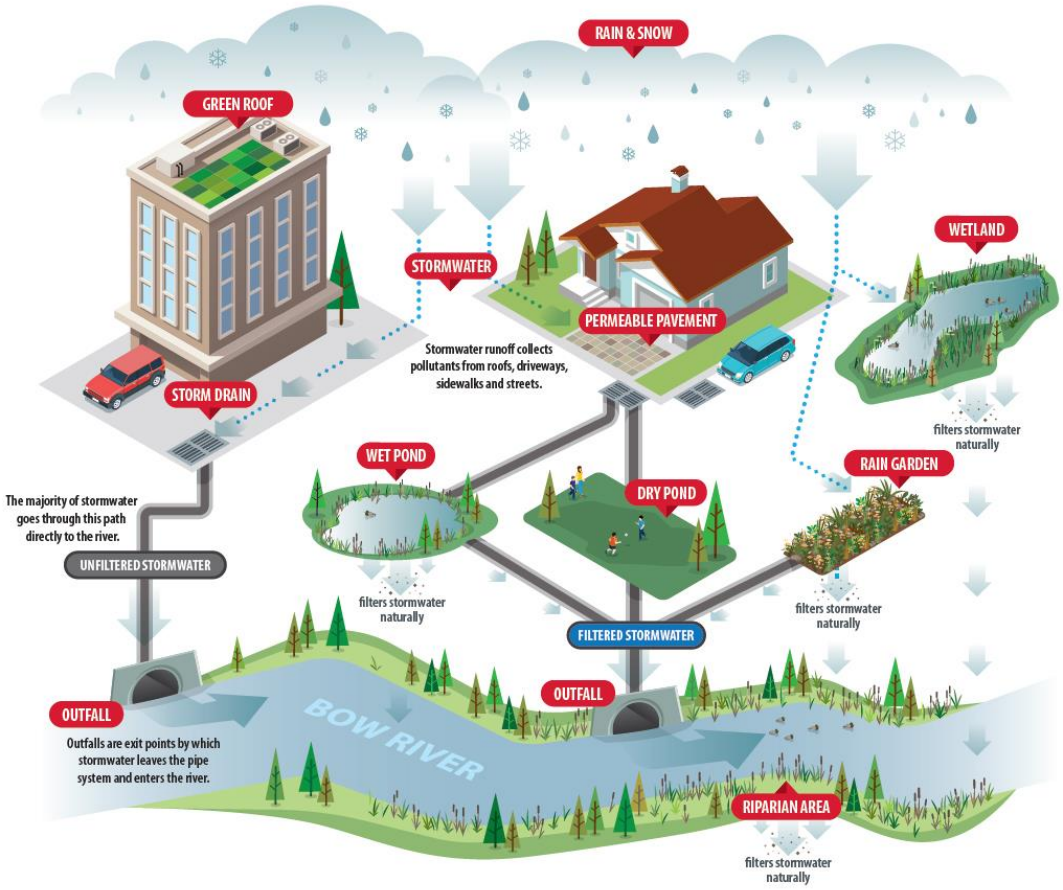


Fig. 40 – Gestão das águas pluviais através da coleta por bueiros e sistemas de biorretenção da água. (City of Calgary, s.d.b)

Portanto, percebe-se que a cidade de Calgary integra um sistema bastante diversificado e completo, o qual utiliza diversas soluções integradas no sistema de gestão das águas pluviais, a fim de mitigar particularmente as questões das alterações climáticas, sendo um dos importantes quesitos a questão da coordenação das águas. Salienta-se, também, que estas soluções foram adotadas em uma região geograficamente pouco acidentada e com temperaturas extremas durante o verão, tendo atingido 40º C positivos nos dias mais quentes e invernos bastantes rigorosos com 30º C negativos.

7
CONCLUSÃO

7.1. COMENTÁRIOS E RECOMENDAÇÕES

O caminho percorrido neste trabalho buscou compreender antecedentes históricos que culminaram na linha do tempo das narrativas ambientais, da preocupação do acesso à água com qualidade e do desenvolvimento sustentável. A partir da leitura e da compreensão dos documentos e relatórios que se debruçaram sobre as alterações climáticas, pôde-se constatar uma rápida evolução das mudanças climáticas, e um reconhecimento por parte da sociedade científica também de forma prematura, prevendo grandes desastres ambientais na sociedade atual, principalmente nas áreas urbanas. Não obstante o debate das alterações climáticas, o tema da água também se tornou, mais recentemente, uma preocupação mundial, devido à maior frequência da escassez da mesma e da possibilidade de grandes prejuízos económicos resultantes. Contudo, nota-se também, a necessidade de reconhecer o protagonismo do sistema hidrológico nas futuras intervenções urbanas.

Os documentos analisados nesta dissertação oferecem uma base para compreender o desenvolvimento sustentável como um arranjo que permite às futuras gerações usufruírem dos mesmos recursos naturais que seus antepassados. O relatório *O Nosso Futuro Comum* e o livro *Uma terra somente*, assim como os demais relatórios, mostram uma conscientização coletiva e a preocupação de uma sociedade em risco finito de sobrevivência. É a partir desta finitude da vida humana e dos ecossistemas, que se iniciam os discursos de conservação e reutilização dos recursos naturais de forma mais consciente, assim como de estratégias por parte da sociedade científica, dos planeadores urbanos e dos órgãos públicos de gestão e de planeamento do território.

Paralelamente a esta revisão de literatura e síntese de uma importante documentação teórica, esta investigação reflete sobre como os sistemas de biorretenção são uma das ferramentas das soluções baseadas na natureza (NBS) com uma abordagem mais holística e menos invasiva para o gerenciamento das águas pluviais e mitigação das alterações climáticas em ambientes urbanos. Sendo, que o propósito final passa pelo reconhecimento da necessidade de identificar, em cada contexto, uma solução ajustável e possível de ser utilizada em todo o mundo. Ainda numa fase de planeamento e desenho da morfologia de qualquer um dos sistemas de biorretenção, é facilmente exequível projetar variando sua forma, tamanho, quantidade de drenagem e tipologia da vegetação, sendo que o objetivo geral é invariavelmente capturar uma parte do escoamento das águas pluviais e tratar o escoamento de possíveis agentes contaminantes. Os sistemas de biorretenção além de atenuarem as disfunções do ciclo hidrológico, também são capazes de melhorar a qualidade da água antes de ser levada para os corpos d'água e evitam inundações, enchentes, erosão do solo, desabamentos, entre outros.

Com base nos documentos fundamentados nas questões da água, pôde-se constatar um apanhado teórico com estratégias já estabelecidas, no que se refere a um tema considerando relativamente novo que são as soluções baseadas na natureza, porém com aplicações práticas realizadas já há mais de 20 anos em diferentes lugares do mundo. Constata-se, como visto nos estudos de casos, os exemplos de Tamera e Vauban que iniciaram a aplicação desses conceitos em meados da década de 1990. Os relatórios, conferências e instrumentos políticos, tais como o Relatório Brundtland, o Protocolo de Kyoto, Acordo de Paris, o PNPOT, entre outros abordados no desenvolvimento desta investigação, ratificam algumas das diretrizes e estratégias que devem ser adotadas pelo poder local, apontando as soluções, especificamente de conservação da água, mais adequadas para cada situação reveladas por diagnósticos, e posteriormente, a elaboração de um programa de ações e estruturação de cronogramas. É importante que haja uma hierarquização das intervenções urbanísticas a fim de definir as ações prioritárias que vão ao encontro da realidade e com vista a benefício global, que é a conservação da vida.

Também foi observado e constatado, principalmente dentre os três estudos de caso apresentados, a pertinência e legitimidade das soluções baseadas na natureza. As documentações elaboradas pelos órgãos competentes revelam a preocupação com o tema e estas experiências apresentam-se como uma fonte de consulta e inspiração para todo o mundo. Portanto, é preciso que as estratégias para a criação de sistemas de biorretenção da água em áreas urbanas seja uma prática adotada a nível global a fim de mitigar as alterações climáticas e, consequentemente, reduzir os desastres ambientais, uma vez que existe uma gama diversa destas estratégias, que se adaptam a diferentes contextos.

Observa-se, também, que essa abordagem é gradativamente incorporada nas instituições de ensino e no setor da investigação, porém é preciso que sejam adotadas novas políticas públicas urbanas para implementação e mudança no setor do planeamento urbano. Adotar estratégias de resiliência pressupõe compreender como incorporar a própria resiliência na tomada de decisões, as quais têm relação direta na economia local e mundial, na equidade e inclusão, na infraestrutura natural e na infraestrutura construída.

Indubitavelmente, a conceção de uma estratégia global e local consiste em convencer as nações a aceitarem uma responsabilidade coletiva de investigar mais sobre o sistema natural e como as atividades humanas o afetam e vice-versa. Portanto, a divulgação e o intercâmbio de conhecimento tornam-se um importante aliado para os próximos passos de um desenvolvimento sustentável para garantir a vida às futuras gerações.

Em contrapartida, é preciso ressaltar, que diante dum cenário apresentado desde as primeiras conferências internacionais, nomeadamente a I e a II Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente em 1949 e 1972, respetivamente, de uma das organizações mais renomadas, tal como as Nações Unidas, é preciso colocar como fatos, de que pouco se exigiu através de instrumentos públicos obrigatórios a nível mundial para que a situação tivesse sido amenizada.

Diante disso, para salvar o clima do planeta e para que os ecossistemas retornem ao seu equilíbrio natural (ou próximo disso), são sistematizados alguns dos princípios fundamentais a considerar num breve futuro. Dentre eles, certamente, está a conscientização e compreensão da coexistência da coletividade e que vivemos em um só sistema. Posteriormente a isso, é preciso que as nações criem e tornem o conhecimento adquirido em instrumentos de gestão pública urbana atingindo os diferentes níveis territoriais, tais como o nível global, nacional, regional, estadual/ distrital, municipal, entre outros, até alcançar o nível da habitação, e de todas as camadas sociais. É a partir da implementação dos instrumentos de gestão pública que haverá a imperiosidade de mudança para o bem coletivo, que se pode esperar mudanças efetivas.

Por conseguinte, relativamente aos princípios técnicos para adoção e implementação das soluções baseadas na natureza e dos sistemas de biorretenção, sublinha-se um melhor ordenamento do território, aumento do uso de sistemas naturais de coleta de água, a substituição das superfícies completamente impermeáveis por materiais permeáveis à água, a promoção de infraestruturas verdes, e por fim, uma melhor e mais eficiente gestão descentralizada das águas pluviais fazendo uso das águas coletas e retardando a infiltração no solo utilizando de estratégias específicas para a retenção da água.

É com estas medidas que poderá se alcançar o maior equilíbrio hídrico local e natural. Algumas destas medidas são capazes de reter os poluentes e filtrar a água através de processos bioquímicos naturais alimentando os corpos d'água. As áreas verdes e a vegetação também criam refúgios para os animais, o que contribui para o aumento da diversidade biológica nas cidades. A criação de áreas aquáticas também aumenta a qualidade de vida, pois leva em conta a necessidade das pessoas pela natureza. Por fim, a implementação de tais medidas pode reduzir os custos com as infraestruturas tradicionais que tradicionalmente possuem alto custo, principalmente a longo prazo, já que os municípios podem reduzir os custos destinados à proteção contra inundações, bem como na expansão da rede de esgoto em novas áreas de desenvolvimento. Em áreas densamente povoadas, por exemplo, a adoção de pequenas bacias de retenção adquire um grande potencial, pois podem facilmente serem redimensionadas para o tamanho e para a forma adequada a cada realidade, além de criar efeitos paisagísticos de qualificação dos espaços públicos tornando-os mais agradáveis. Em suma, o objetivo da gestão das águas pluviais é garantir que o ciclo natural da água retorne ao seu equilíbrio, sem afetar a qualidade das águas subterrâneas e dos corpos d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I., & Angel, S. (2013). *Uma Linguagem de Padrões.* Porto Alegre: Bookman.

Araujo, A. K. (2019). Mal-estar na sociedade de risco: um debate interdisciplinar sobre sustentabilidade. *Tese de Doutorado, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo*. São Paulo, São Paulo. doi:https://dx.doi.org/10.11606/t.6.2019.tde-26082019-125455

Avelino, F. (2015). Transformative Social Innovation Narrative of Tamera Ecovillage. A Summary. *TRANSIT: EU SSH.2013.3.2-1 Grant agreement no: 613169 | 31st of March 2015*. Obtido em 27 de junho de 2022, de http://www.transitsocialinnovation.eu/resource-hub/transformative-social-innovation-narrative-of-tamera-ecovillage-a-summary

Bertolo, E. d. (2006). Aproveitamento da água da chuva em edificações. *Tese de mestrado. Engenharia do ambiente (Tratamento de águas e águas residuais). Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto.* Obtido de http://hdl.handle.net/10216/60529

Borja-Santos, R., & Rodrigues, S. (2017). Incêndio de Pedrógão Grande é o maior de sempre em Portugal. *Chamas já consumiram mais de 30 mil hectares de floresta, superando os números negros dos piores incêndios de 2003 e 2012*. Jornal Publico. Obtido em 15 de maio de 2022, de https://www.publico.pt/2017/06/19/sociedade/noticia/incendio-em-pedrogao-grande-consumiu-30-mil-hectares-de-floresta-1776164

Bosch, M. v., & Sang, Å. (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health - A systematic review of reviews. *Environmental Research, vol.158*, p.373-384. doi:https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040

Brears, R. C. (2018). *Climate Resilient Water Resources Management.* (1 ed.). Palgrave Pivot Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-78896-8

Brodhag, C. (1997). As quatro verdades do planeta. p 328. (A. P. Silva, Trad.) Lisboa: Instituto Piaget.

Brundell-Freij, K., Forss, M., & Johansson, F. (2014). Decoupling parking from housing. *How to successfully implement a new parking pricing measure*. Obtido em 14 de junho de 2022, de https://www.mobility-academy.eu/mod/book/view.php?id=293

Brundtland, G. (2014). Gro Brundtland. Libreto preparatório. *Fronteiras do Pensamento Temporada 2014*.

City of Calgary. (2016). Low impact development guidelines. *Module 2 - Bioretention and bioswales. Final Report*. Obtido de https://www.calgary.ca/water/stormwater/low-impact-development.html

City of Calgary. (s.d.a). Water services. Obtido em 09 de julho de 2022, de https://www.calgary.ca/categories/subcategory-waterservices-grid.html

City of Calgary. (s.d.b). Stormwater Management System. Obtido em 09 de julho de 2022, de https://www.calgary.ca/water/stormwater/storm-drainage-system.html

CNN. (2022). Chuvas no Brasil deixam mais de 80 mil pessoas fora de casa em sete estados. Obtido em 17 de julho de 2022, de https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/chuvas-no-brasil-deixam-pessoas-fora-de-casa/

Coates, G. (2013). The sustainable urban district of Vauban in Freiburg, Germany. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, Vol 8*, p 265-286. doi:DOI: 10.2495/DNE-V8-N4-265-286

Crutzen, P. J. (2006). The "anthropocene". In Earth system science in the anthropocene. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_3

CTC. (2012). Comparison of permeable pavement types: hydrology, design, installation, maintenance and cost. *CTC & Associates LLC, WisDOT Research & Library Unit, Uni-Group USA, Palm Beach Gardens*. Obtido de https://www.uni-groupusa.org/PDF/Wisconsin%20TSR-2011-permeable-pavements.pdf

Cuaran, A., & Lundberg, L. (2015). Design of bioretention planters for stormwater flow control and removal of toxic metals and organic contaminants. *halmers University of Technology. Department of Energy and Environment, Gothenburg.* Obtido de http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/225206/225206.pdf

DGEG. (05 de maio de 2022). *Alterações climáticas*. Obtido de Direção-Geral de Energia e Geologia: https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/ambiente-e-clima/alteracoes-climaticas/

DGT. (2022). Sistema de Gestão Territorial. Obtido em 04 de julho de 2022, de https://www.dgterritorio.gov.pt/ordenamento/sgt

DN. (2022). Pedrógão Grande: Vítimas dos fogos ainda necessitam de apoios de saúde mental. Obtido em 25 de julho de 2022, de https://www.dn.pt/sociedade/pedrogao-grande-vitimas-dos-fogos-ainda-necessitam-de-apoios-de-saude-mental-14939106.html

EEA. (2018). Climate change and water — Warmer oceans, flooding and droughts. Obtido de https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/climate-change-and-water-2014

EPA. (2022). Combine heat and power (CHP) partnership. *United States Environmental Protection Agency*. Obtido em 03 de junho de 2022, de https://www.epa.gov/chp/what-chp

Esteves, A. M. (2016). Radical Environmentalism and "Commoning": Synergies between ecosystem regeneration and social governance at Tamera Ecovillage, Portugal. *Vol. 49*, p. 357-376. Antipode. A Radical Journal of Geography. doi:https://doi.org/10.1111/anti.12278

EU. (2021). New European Bauhaus. Obtido em 04 de julho de 2022, de https://europa.eu/new-european-bauhaus/about/about-initiative_en

Ferreira, V. (2017). Pedrógrão Grande visto de espaço - antes e depois. *Publico*. Obtido de https://acervo.publico.pt/sociedade/interactivo/pedrogao-grande-visto-do-espaco

Field, S. (2011). Case study: Vauban, Freiburg, Germany. *Europe's Vibrant New Low Car(bon) Communities. Institute for Transportation and Development Policy*. New York. Obtido de https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/26.-092211_ITDP_NED_Vauban.pdf

Godoy, S. G. (2005). Kyoto Protocol and clean development mechanism: potentialities and limits evaluation. *Dissertação de Mestrado em Economia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo*. São Paulo. Obtido em 14 de fevereiro de 2022, de https://tede2.pucsp.br/handle/handle/9177

Hobsbawn, E. (2004). Era dos Extremos: o breve século XX 1914-1991. *2ª ed*. São Paulo: Companhia das Letras.

INMET. (2022). Eventos extremos de junho de 2022 no Brasil. Obtido em 17 de julho de 2022, de https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-de-junho-de-2022-no-brasil

IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C.*, 32. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. Obtido em 12 de março de 2022, de https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/

IPMA. (2022). *O que é a onda de calor*. Obtido de https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html?page=onda.calor.xml

Iwaszuk, E., Rudik, G., Duin, L., Mederake, L., Davis, M., & Naumann, S. a. (2019). Addressing climate change in cities: Catalogue of urban nature-based solutions. Obtido em 15 de maio de 2022, de https://www.ecologic.eu/17229

Jackisch, N., Brendt, T., Weiler, M., & Lange, J. (2013). Evaluierung der Regenwasserbewirtschaftung im Vaubangelände:. *unter besonderer Berücksichtigung von Gründächern und Vegetation*. Obtido de http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/regenwasservauban/Regenwasserprojekt_Vauban_Endbericht_Final.pdf

Jacobi, P. R. (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *In Cadernos de Pesquisa, Vol. 118*, pp. 189-205. São Paulo.

Japiassú, C. E., & Guerra, I. F. (2017). 30 Anos do Relatório Brundtland: Nosso Futuro Comum e o Desenvolvimento Sustentável Como Diretriz Constitucional Brasileira. *Revista de Direito da Cidade*. doi:https://doi.org/10.12957/rdc.2017.30287

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., . . . Bonn, A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society 21(2):39*. doi:http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239

Lovejoy, T. (2019). A importância fundamental da biodiversidade da Amazônia para o mundo: uma entrevista com Thomas Lovejoy. *The world bank*. Obtido em 20 de julho de 2022, de https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2019/05/22/why-the-amazons-biodiversity-is-critical-for-the-globe

LSS. (2019a). Bioretention Basins. *Lake Superior Streams, Duluth*. Obtido em 03 de maio de 2022, de http://www.lakesuperiorstreams.org/stormwater/toolkit/bioretention.html

LSS. (2019b). Pervious Pavement. *Lake Superior Streams, Duluth.* Obtido de http://www.lakesuperiorstreams.org/stormwater/toolkit/paving.html

Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., . . . Stocker, T. (2008). High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature 453, 453*, 379-382. doi:https://doi.org/10.1038/nature06949

Machado, J. d. (2000). *A emergência dos sistemas de informação geográfica na análise e organização do espaço*. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.

Marc, F., Kartha, S., Bolwig, S., Chee, Y., Chen, Y., Corbera, E., . . . Urama, K. (2014). Sustainable Development and Equity. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, P.E. K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, and T.Z.J.C.M. B. Kriemann,*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Obtido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter4.pdf

McGillivray, B. (2021). Calgary. *Encyclopedia Britannica.* Obtido em 09 de julho de 2022, de https://www.britannica.com/place/Calgary

MetSul. (2022). *MetSul Meteorologia*. Obtido de Centenas de recordes de calor despencam na Europa: https://metsul.com/centenas-de-recordes-de-calor-despencam-na-europa/

Mueller, B. (2017). O segredo da água como base para um novo mundo. *Restabelecer o Ciclo Hidrológico através da Criação de Paisagens de Retenção de Água, 3ª edição*. Obtido em 22 de junho de 2022, de https://www.tamera.org/pt/artigo-o-segredo-da-agua-como-base-para-um-novo-mundo/

NACTO. (2017). Urban Street Stormwater Guide. *National Association of City Transportation Officials*. New York. Obtido de https://nacto.org/publication/urban-street-stormwater-guide

Natgeo. (2018). Grandes marcos da fotografia no espaço. *Da primeira fotografia integral do planeta Terra à primeira fotografia panorâmica de Marte*. Obtido de https://www.natgeo.pt/photography/2018/02/grandes-marcos-da-fotografia-no-espaco?image=6428

Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K., Rusch, G., Waylen, K., Delbaere, B., . . . Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of The Total Environment, vol 579*, p 1215-1227. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106

NRC. (2019). Bioswales. Naturally Resilient Communities. Obtido de https://nrcsolutions.org/bioswales/

NWRM. (2013a). Individual NWRM – Infiltration trenches. Natural Water Retention Measures. *European Commission*. Obtido em 23 de maio de 2022, de http://nwrm.eu/sites/default/files/nwrm_ressources/u8_-_infiltration_trenches.pdf

NWRM. (2013b). Individual NWRM: Retention ponds. Natural Water Retention Measures. *European Commission*. Obtido de http://nwrm.eu/sites/default/files/nwrm_ressources/u11_-_retention_ponds.pdf

NWRM. (2014). *Natural Water Retention Measures.* Obtido em 17 de 06 de 2022, de http://nwrm.eu

Pina, C., Pereira, L. I., & Alvarenga, M. (2019). O Ordenamento do Território na Resposta às Alterações Climáticas: Contributo para os PDM. *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDRLVT)*, p. 93. República Portuguesa. Obtido de https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2022/02/relatorio-OT_respostas-alteracoes-climaticas_contributo-PDM.pdf

PNPOT. (2019). Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT). *Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro. Direção-Geral do Território, Diário da República*. Portugal. Obtido em 01 de julho de 2022, de https://pnpot.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/SQ_Vconc_PNPOT_0.pdf

Romero, M. (2021). Reabilita. *Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística, 3ª ed*. (C. Silva, & E. Teixeira, Compiladores) Brasília, DF, Brasil: Editora da Universidade de Brasília. doi:https://doi.org/10.29327/553059

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L. S., Capobianco, V., Oen, A. M., . . . Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. *20*, 243-240. Nat. Hazards Earth System Sciences. doi:https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020

Sadowski, K. (2021). Implementation of the New European Bauhaus principles as a context for teaching sustainable architecture. *Sustainability 13 (19), 10715*. doi:https://doi.org/10.3390/su131910715

Samuelson, P. A. (1989). Economia. (M. Godinho, Trad.) Lisboa, Portugal: Mc Graw-Hill - Bookman.

Sant'Ana, D., & Amorim, C. N. (setembro de 2007). Reúso de água em edificações: premissas e perspectivas para o contexto brasileiro. *Sistemas Prediais, v.2, n.1*. São Paulo.

Santos, S. A. (2018). Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto. *Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,Universidade de Brasília*, 114. Brasília-DF. Obtido de https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35713/1/2018_SusannaAlmeidadosSantos.pdf

Shiklomanov, L. (1993). World Freshwater Resources. *Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources*, 13-24. (P. H. Gleik, Ed.) New York: Oxford University Press. Obtido de https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2254269

TAMERA. (2018). Obtido em 20 de junho de 2022, de https://www.tamera.org

TNH1. (2022). *https://www.tnh1.com.br/noticia/nid/tragedia-imagens-aereas-mostram-estrago-das-chuvas-em-recife/*. Obtido de https://www.tnh1.com.br/noticia/nid/tragedia-imagens-aereas-mostram-estrago-das-chuvas-em-recife/

UN. (1987). Our Common Future, From One Earth to One World. *Report of the World Commission on Environment and Development. UN Documents*. Obtido em 11 de maio de 2022, de http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm

United Nations. (5-16 de Junho de 1972a). Report of the United Nations Conference on the Human Environment. Stockholm. Obtido de https://digitallibrary.un.org/record/523249

United Nations. (2015). Water and Sanitation. *Department of Economic and Social Affairs*. Obtido em 11 de abril de 2022, de https://sdgs.un.org/topics/water-and-sanitation.

United Nations. (2015a). Guia sobre Desenvolvimento Sustentável. *17 objetivos para transformar o nosso mundo*. Obtido em 27 de abril de 2022, de https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf

United Nations. (2015b). A 10 year story - Water for life 2005-2015. https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/WaterforLifeENG.pdf.

United Nations. (2018a). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050. Obtido em 24 de março de 2022, de https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html

United Nations. (2021). Para a Organização Meteorológica Mundial, 2021 foi marcado por temperaturas extremas. Obtido em 26 de fevereiro de 2022, de https://news.un.org/pt/story/2021/12/1775082

United Nations. (2022). Climate change. *The Paris Agreement*. Obtido em 15 de maio de 2022, de https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement

United Nations. (2022). OMM confirma 2021 entre os sete anos mais quentes da história. Obtido em 23 de janeiro de 2022, de https://news.un.org/pt/story/2022/01/1776892

United Nations. (s.d.). *UNRIC - Água*. Obtido de Água: https://unric.org/pt/agua/

United Nations. (s.d.). Water and Sanitation. *Sustainable Development Knowledge Platform*. Obtido em 11 de abril de 2022, de https://sustainabledevelopment.un.org/topics/waterandsanitation

UN-Water. (2021). O valor da água. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021*. Obtido em 18 de fevereiro de 2022, de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por

Van Dorst, M. (2013). The Pattern Book: European Masters in Urbanism TU Delft. Obtido em 15 de novembro de 2021, de http://resolver.tudelft.nl/uuid:4e19cad3-0a89-483a-8a72-eb4f1b083e24

Ward, B., & Dubos, R. (1973). *Uma Terra somente: a preservação de um pequeno planeta.* (e. b. Ferri, Ed., & A. Lamberti, Trad.) São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo.

Weiler, M., & Jackisch, N. (2013). Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung: für nachhaltigere Städte. *Professur für Hydrologie, Universität Freiburg*. Freiburg. Obtido em 10 de junho de 2022, de http://www.naturnahe-regenwasserbewirtschaftung.info/index.php?page=home

Wessling, C. S. (2011). Avaliação comparativa entre os procedimentos técnicos, legais e administrativos de outorga para lançamento de efluentes em rios adotados no Brasil e na Alemanha. *Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Parané, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial*, p. 186. Obtido em 10 de junho de 2022, de https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25882/dissertacao_mestrado%20Cristiane%20Schappo%20Wessling.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WHG. (2009). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. *Service des Bundesministeriums der Justiz sowie des Bundesamts für Justiz*. Obtido em 29 de maio de 2022, de https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/

WWAP-UN. (2018). Nature-based Solutions for Water. *World Water Development Report 2018*. UNESCO. Obtido de https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/

WWF-BR. (2007). Políticas de clima. Obtido em 17 de julho de 2022, de https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/politicas_de_clima/

WWF-BR. (2022). Estudo mostra como florestas são essenciais para garantir o nosso bem-estar e a nossa saúde. Obtido em 17 de julho de 2022, de https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/notas_e_releases/?82849/Nota-tecnica-mostra-como-florestas-sao-essenciais-para-garantir-bem-estar-e-saude