

Miguel Silva Rodrigues

*Water Sensitive Urban Design* para a  
criação de uma *Water Sensitive City*  
Caso de Estudo: Quarteira



**UAlg ISE**

UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA

2020

Miguel Silva Rodrigues

*Water Sensitive Urban Design* para a  
criação de uma *Water Sensitive City*  
Caso de Estudo: Quarteira

**Mestrado em Ciclo Urbano da Água**

Trabalho efetuado sobre a orientação da:

Professora Doutora Carla Maria Rolo Antunes



**UAlg ISE**

UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA

2020

*Water Sensitive Urban Design* para a criação de uma *Water Sensitive City*

Caso de Estudo: Quarteira

## **Declaração de Autoria do Trabalho**

Declaro ser o autor deste trabalho escrito, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Miguel Silva Rodrigues

-----  
(*assinatura*)

Copyright: Miguel Silva Rodrigues

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

## Agradecimentos

O desenvolvimento desta dissertação não teria sido possível sem o contributo, direto ou indireto, de todas as experiências e todos aqueles que ao longo da minha vida ajudaram a moldar quem sou hoje. O trajeto nem sempre linear, foi, sobretudo, dinâmico, com vivências e experiências que me incentivaram a procurar definir objetivos muito concisos, que acima de tudo são em prol do bem-estar comum. Não posso deixar de manifestar o meu profundo agradecimento à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Antunes pela sua disponibilidade, ensinamentos e paciência hercúlea com que orientou o desenvolvimento desta dissertação para que bom porto pudéssemos alcançar, assim como a todos os outros docentes que contribuíram para um claro aumento do meu conhecimento acerca da importância da sustentabilidade no Ciclo Urbano da Água. A minha consideração e agradecimentos estendem-se de forma mais alargada à Divisão de Ação Climática e Economia Circular da Câmara Municipal de Loulé, na pessoa da Dr.<sup>a</sup> Lúcia Terra, Eng.<sup>o</sup> Horácio Carvalho e Eng.<sup>a</sup> Inês Rafael, e ainda à Prof.<sup>a</sup> Manuela Moreira da Silva, pela sua disponibilidade e contributo, e de forma mais íntima a todos os meus familiares diretos, principalmente aos que cá já não estão e com quem não posso partilhar este momento: avó, avô e pai, mas que hão de estar sempre presentes naquilo que sou, como exemplos de bondade, dedicação, entrega, humanismo, procura de saber empírico e ontológico. Obrigado à minha mãe por estar comigo em todos os momentos, sejam eles bons ou maus, por sempre acreditar em mim, pelo seu sentido de razão e amizade que temos mantido ao longo de todas as vicissitudes da vida. Agradeço ainda aos meus amigos mais próximos, que sempre demonstraram o seu apoio, partilhando sugestões e motivando-me para que pudesse concluir mais uma etapa.

*“Water finds its own level.”*

## Resumo

No atual contexto de alterações climáticas, a gestão da água necessita de responder a múltiplos desafios e pressões a que os recursos hídricos e as cidades estão expostos. A maior sensibilidade por parte da sociedade em relação a estas questões exige novas abordagens relativamente aos problemas existentes e impõe desafios aos utilizadores do território e do capital natural água. A tendência atual foca-se em modelos que promovam adaptação e resiliência do espaço urbano através de estratégias integradas e sustentáveis, para que o recurso água continue a satisfazer as necessidades humanas e a promover, além do equilíbrio ambiental, o bem-estar social.

A abordagem *Water Sensitive Urban Design (WSUD)* define a cidade como uma bacia hidrográfica, integrando a gestão do *Ciclo Urbano da Água (CUA)* no processo de desenvolvimento urbano. As águas pluviais e residuais são elementos-chave na cidade, vistas como fonte de serviços de ecossistemas. Contudo, o desenvolvimento urbano e o próprio ordenamento do território exercem enormes pressões, podendo alterar de forma significativa o ciclo natural da água, o que, em conjunto com a existência de infraestruturas envelhecidas, aumenta manifestamente as ineficiências e vulnerabilidades dos sistemas.

A introdução de técnicas *WSUD* na gestão do *CUA* pretende reduzir a quantidade de áreas urbanas impermeáveis, promover a retenção temporária de águas e o seu reaproveitamento, o mais próximo possível da sua origem, minimizando os impactos do desenvolvimento urbano sob o meio natural. O presente trabalho tem como principal objetivo desenvolver uma estratégia que promova a transição da cidade de Quarteira (concelho de Loulé) para uma *Water Sensitive City* (Cidade Sensível à Água), através da definição de um plano de intervenção assente nos princípios *WSUD*. O planeamento urbano sensível à água surge assim como alternativa à abordagem tradicional de gestão urbana da água, promovendo a gestão integrada e sustentável do *CUA* e, simultaneamente, a resiliência e adaptação da cidade às alterações climáticas, integrando a comunidade na tomada de decisões. O plano apresentado, suportado por melhores práticas de gestão estruturais no domínio de *WSUD* e cujo foco recai sobre as zonas críticas diagnosticadas na área de estudo, inclui medidas para controlo na origem, tratamento e promoção da infiltração, tais como, pavimentos permeáveis, coberturas verdes, recolha e armazenamento de águas pluviais, bacias de retenção e *swales* de biorretenção.

**Palavras-Chave:** *Water Sensitive City; Water Sensitive Urban Design; Ciclo Urbano da Água; Resiliência; Melhores Práticas de Gestão; Quarteira.*

## Abstract

The current climate change context poses multiple challenges and pressures to cities and water resources, to which water management needs to respond. A greater understanding of society regarding these issues requires new approaches to solve the existing problems, imposing challenges to current land and water resources users. The present trend directs the focus towards models that promote adaptation and resilience of the urban medium, through integrated and sustainable strategies, so that water resources, a cornerstone for societal development, continues to fulfil human needs and to promote, in addition to environmental balance, social well-being.

The Water Sensitive Urban Design (*WSUD*) approach, defines the city as a catchment, incorporating the management of the urban water cycle (*UWC*) in the urban development process, in which stormwater and wastewater are key elements, considering the city as a source of ecosystems services. Urban development and land-use are acknowledged as a source of enormous pressures, which can significantly alter the natural water cycle, and that, together with existing old infrastructures, increase the inefficiencies and vulnerability of the urban system.

The introduction of *WSUD* techniques in the management of the *UWC* aims to reduce impervious areas, promote the temporary retention of water and its reuse, as close as possible to its source, minimizing the impacts of urban development on the natural environment. The main objective of this work, is to develop a strategy that promotes the transition of the City of Quarteira (Loulé's municipality) into a Water Sensitive City, through the development of an intervention plan based on *WSUD* principles, that is, on water sensitive urban planning, as an alternative to the traditional urban water management approach, which promotes the integrated and sustainable management of the *UWC* and, at the same time, the city's resiliency and response to climate change, while engaging community's participation in decision-making processes. The introduced plan, supported by structural best management practices (*BMPs*) in the *WSUD* domain, focuses on critical areas identified in the study area, which include source control, treatment and infiltration measures, for example, permeable pavements, green roofs, rainwater harvesting, detention basins and bio-retention *swales*.

**Keywords:** Water Sensitive City; Water Sensitive Urban Design; Urban Water Cycle; Resilience; Best Management Practices; Quarteira.

# Conteúdo

Agradecimentos .....	iv
Resumo .....	v
Abstract .....	vi
Conteúdo .....	vii
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas .....	ix
Índice de <i>Anexos</i> .....	x
Índice de Peças Desenhadas .....	x
Lista de Abreviaturas .....	xi
1. Introdução .....	1
2. Enquadramento e Objetivos .....	7
3. Metodologia .....	17
4. Gestão Urbana da Água .....	21
4.1. Alterações Climáticas .....	21
4.1.1. Alterações Climáticas na Região do Mediterrâneo .....	22
4.1.2. Alterações Climáticas no Algarve – O caso do Município de Loulé .....	24
4.2. Ciclo Natural da Água .....	25
4.3. Ciclo Urbano da Água .....	27
4.4. Estratégias de Gestão Sustentável de Água Urbana .....	31
4.4.1. <i>Integrated Urban Water Management (IUWM)</i> .....	33
4.4.2. <i>Low Impact Development (LID)</i> .....	34
4.4.3. <i>Best Management Practices (BMPs)</i> .....	34
4.4.4. <i>Nature-based solutions (NBS)</i> .....	35
4.4.5. <i>Sponge Cities</i> .....	35
4.4.6. <i>Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS)</i> .....	37
4.5. <i>Water Sensitive Urban Design (WSUD)</i> .....	38
4.5.1. Melhores Práticas de Planeamento ( <i>MPPs</i> ) .....	43
4.5.2. Melhores Práticas de Gestão ( <i>MPGs</i> ) .....	46
4.6. Principais benefícios e limitações da abordagem <i>WSUD</i> .....	68
4.7. Casos de Estudo - Exemplos .....	73
4.7.1. <i>Portland, Oregon, USA: From Green to Grey</i> .....	73
4.7.2. <i>Lódz, Polónia: Blue-Green Network</i> .....	75
4.7.3. <i>Peppermint Grove, Austrália: The Grove: Leading, Learning, Living</i> .....	76
4.7.4. <i>Perth, Austrália: Kings Square Raingardens</i> .....	77
4.8. Cidade Sensível à Água ( <i>Water Sensitive City</i> ) .....	79
4.8.1. A Cidade como Bacia Hidrográfica .....	84

4.8.2.	A Cidade e os Serviços dos Ecossistemas.....	85
4.8.3.	Cidadãos Sensíveis à Água .....	86
5.	Caracterização da Área em Estudo .....	89
5.1.	Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira .....	89
5.2.	Instrumentos de Gestão Territorial .....	90
5.3.	Recursos Abióticos .....	94
5.3.1.	Clima.....	94
5.3.2.	Recursos Hídricos .....	95
5.3.3.	Festos, Talwegues, Hipsometria e Declives.....	97
5.3.4.	Geologia.....	97
5.3.5.	Solos.....	99
5.4.	Recursos Bióticos.....	101
5.4.1.	Biótopos e habitats .....	101
5.4.2.	Flora e Vegetação.....	102
5.4.3.	Fauna.....	103
5.5.	Recursos Culturais .....	104
5.5.1.	Ocupação do Solo (1990-2005) .....	104
5.5.2.	Estrutura Ecológica Municipal.....	105
6.	Transição para a Cidade Sensível à Água .....	107
6.1.	Diagnóstico .....	107
6.2.	Conceito e estratégia de intervenção.....	112
6.3.	Propostas de Intervenção no domínio de <i>WSUD</i> .....	116
7.	Considerações Finais .....	129
8.	Referências Bibliográficas .....	133
	<i>Anexos</i> .....	143
	<i>Peças Desenhadas</i> .....	213

## Índice de Figuras

Figura 1 -Metodologia .....	19
Figura 2 - Ciclo Urbano da Água (adaptado de Marsalek <i>et al.</i> , 2006) .....	28
Figura 3 - Ciclo Urbano da Água - principais componentes e processos do Ciclo Urbano da Água (adaptado de Marsalek <i>et al.</i> , 2006) .....	28
Figura 4 - Representação esquemática do ciclo natural da água, ciclo urbano da água, e ciclo urbano da água sob o domínio WSUD (adaptado de Hoban <i>et al.</i> , 2006).....	38
Figura 5 - Componentes do conceito WSUD e as suas interações com a gestão integrada do ciclo urbano da água (adaptado de Ashley <i>et al.</i> , 2013) .....	42
Figura 6 - Exemplo de uma faixa filtrante inserida num arruamento (retirado de atelier GROENBLAUW, 2006) .....	59
Figura 7- <i>Swale</i> vegetado como estrutura de desconexão entre dois meios impermeáveis (retirado de Kloss & Lukes, 2008) .....	61
Figura 8 - Perfil típico de um sistema de biorretenção (adaptado de Healthy Waterways Ltd, 2014).....	63
Figura 10 - Hidrograma de cheia em diferentes cenários de desenvolvimento urbano (adaptado de Kellagher <i>et al.</i> , 2015).....	68
Figura 11 -- Estrutura de transição urbana da água (adaptado de Wong <i>et al.</i> , 2009) .....	83
Figura 12 - Bacia Hidrográfica que domina a Cidade de Quarteira e respetivas sub-bacias hidrográficas .....	89
Figura 13 - Interseção da Avenida Carlos Mota Pinto (C1) com a Rua Vasco da Gama (C4) antes e após evento de precipitação intensa (adaptado de Leininger, 2020).....	111
Figura 14 - Secção jusante da Rua Vasco da Gama (C4) antes e após evento de precipitação intensa (adaptado de Junta de Freguesia de Quarteira, 2016; Ramos, 2015) .....	112
Figura 15 - Secção da Rua do Nascente e Rua do Leste (F3) antes e depois de fenómeno de precipitação intensa (adaptado de L. Medina, 2016; Palmeiro, 2010) .....	112
Figura 16 - Conceito de intervenção para a área em estudo .....	113
Figura 17 - Sub-bacia hidrográfica de Almargem - localização das intervenções.....	118
Figura 18- Sub-bacia hidrográfica dos Cavacos - localização das intervenções.....	120
Figura 19 - Sub-bacia hidrográfica da Checul - localização das intervenções.....	122
Figura 20 - Sub-bacia hidrográfica do Forte Novo - localização das intervenções .....	124
Figura 21 - Sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão - localização das intervenções.....	125
Figura 22 - Sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca - localização das intervenções.....	127
Figura 23 - Sub-bacia hidrográfica da Tenazinha - localização das intervenções .....	128

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Principais alterações climáticas projetadas para o município de Loulé (adaptado de CML, 2016).....	25
Tabela 2 - Etapas envolvidas na implementação de estratégias no domínio de WSUD (adaptado de Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009) .....	42
Tabela 3 - Análise SWOT.....	108
Tabela 4 – Estratégias de intervenção capacitadoras do processo de transição para a Cidade Sensível à Água. 115	
Tabela 5 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica de Almargem .....	117

Tabela 6 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica dos Cavacos .....	118
Tabela 7 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Checul .....	120
Tabela 8 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica do Forte Novo .....	123
Tabela 9 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão .....	125
Tabela 10 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca .....	126
Tabela 11 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Tenazinha .....	127

## Índice de *Anexos*

I - EMAAC de Loulé, principais eventos climáticos e opções de adaptação.....	143
II - Alterações Climáticas e Compartimentos naturais de Água .....	151
III - Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável ( <i>SuDS</i> ) .....	157
IV – Processos de tratamento utilizados numa linha de tratamento <i>WSUD em diferentes contextos de aplicação</i> .....	158
V – Melhores Práticas de Planeamento ( <i>MPPs</i> ) .....	160
VI – Melhores Práticas de Gestão ( <i>MPGs</i> ).....	164
VII – Pormenores Construtivos.....	169
VIII – Benefícios/oportunidades e constrangimentos/limitações associados à abordagem <i>WSUD</i> ....	176
IX –Casos de estudo.....	178
X – Comparação de atributos entre modelo comum de gestão urbana da água e estratégia <i>Water Sensitive</i> .....	182
XI – Elementos do PDM.....	183
XII – Habitats Naturais e Seminaturais e espécies vegetais com valor patrimonial ou de interesse para a conservação - Bacia Hidrográfica da Rib. <sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa .....	199
XIII - Inquérito.....	204

## Índice de Peças Desenhadas

I -Limites Administrativos da Freguesia de Quarteira.....	214
II - Principais Massas de Água .....	215
III- Carta de Solos .....	216
IV - Permeabilidade Potencial .....	217
V - <i>Sub-Bacia Hidrográfica de Almargem</i> - localização das intervenções.....	218
VI - <i>Sub-Bacia Hidrográfica dos Cavacos</i> - localização das intervenções .....	219
VII - <i>Sub-Bacia Hidrográfica da Checul</i> - localização das intervenções .....	220
VIII - <i>Sub-Bacia Hidrográfica do Forte Novo</i> - localização das intervenções.....	221
IX - <i>Sub-Bacia Hidrográfica da Quinta do Romão</i> - localização das intervenções .....	222
X - <i>Sub-Bacia Hidrográfica da Rosa Branca</i> - localização das intervenções .....	223
XI - <i>Sub-Bacia Hidrográfica da Tenazinha</i> - localização das intervenções .....	224

## Lista de Abreviaturas

<b>APA</b>	Agência Portuguesa do Ambiente
<b>BMPs</b>	<i>Best Management Practices</i>
<b>CCDR</b>	Comissão de Coordenação de Desenvolvimento Regional
<b>CML</b>	Câmara Municipal de Loulé
<b>CUA</b>	Ciclo Urbano da Água
<b>DACEC</b>	Divisão de Ação Climática e Economia Circular
<b>EEM</b>	Estrutura Ecológica Municipal
<b>EMAAC</b>	Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas
<b>ENAAC</b>	Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas
<b>ETAR</b>	Estação de Tratamento de Águas Residuais
<b>GEE</b>	Gases com efeito de estufa
<b>GI</b>	<i>Green Infrastructure</i>
<b>IPMA</b>	Instituto Português do Mar e Atmosfera
<b>IUWM</b>	<i>Integrated Urban Water Management</i>
<b>HEC-RAS</b>	<i>Hydrologic Engineering Center – River Analysis System</i>
<b>LID</b>	<i>Low Impact Development</i>
<b>MPGs</b>	Melhores Prática de Gestão
<b>MPPs</b>	Melhores Prática de Planeamento
<b>MUSIC</b>	<i>Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation</i>
<b>N</b>	Azoto
<b>NBS</b>	<i>Nature-based solutions</i>
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de azoto
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>NVM</b>	Nível Médio do Mar
<b>P</b>	Fósforo
<b>PIC-L</b>	Perfil de Impactos Climáticos Locais
<b>POOC</b>	Plano de Ordenamento da Orla Costeira
<b>PNPOT</b>	Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território
<b>PNUEA</b>	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
<b>PROT-ALG</b>	Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve
<b>RAN</b>	Reserva Agrícola Nacional
<b>REN</b>	Reserva Ecológica Nacional
<b>RH</b>	Região Hidrográfica
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>SuDS</b>	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
<b>STT</b>	Sólidos Suspensos Totais
<b>UWCM</b>	<i>Urban Water Cycle Management</i>
<b>WSUD</b>	<i>Water Sensitive Urban Design</i>



## 1. Introdução

As cidades representam atualmente o espaço de ocupação humana por excelência. Esta preferência deve-se maioritariamente ao vasto capital económico, físico, político e cultural que é inerente às cidades, possibilitando assim o aumento da riqueza e melhoria da qualidade de vida dos seus habitantes (White, 2010). Contudo, o aumento populacional das cidades registado nas últimas décadas exerce uma grande pressão sobre os serviços urbanos, incluindo o abastecimento de água e a gestão das águas residuais e pluviais. Com o crescimento das áreas urbanas, além da maior procura por serviços de água e saneamento, verifica-se também um aumento das fontes de poluição, alterações nos padrões de uso do solo, bem como outros focos de pressão que afetam as cidades um pouco por todo o mundo (Howe *et al.*, 2011).

Tradicionalmente, a gestão urbana da água estava assente na implementação de sistemas de drenagem e abastecimento da água, que assegurassem três serviços fundamentais: o abastecimento de água, a higiene pública e a proteção contra cheias. O sucesso destas estratégias permitiu, durante os séculos XIX e XX, resolver muitos dos problemas das cidades dos países desenvolvidos, no que diz respeito à água e higiene. No entanto, esta estratégia de gestão urbana da água implicou grandes investimentos e custos de manutenção. A necessidade de elevados caudais de água para garantir a recuperação do capital investido resultou assim num uso ineficiente do recurso água e no aumento dos custos ambientais, sociais e económicos. Estes sistemas eram baseados em princípios assentes em previsões e controlo, no entanto a cidade atual potencia os riscos associados aos desastres naturais relacionados com o clima, nomeadamente com o aumento da frequência e magnitude dos eventos climáticos extremos (e.g., tempestades, precipitação extrema e secas). O potencial inerente a estes eventos climáticos extremos resulta numa maior imprevisibilidade sobre a quantidade e qualidade dos recursos hídricos que constituem o ciclo urbano da água (CUA). A abordagem tecnocêntrica, tradicionalmente utilizada na resolução dos problemas associados à gestão urbana da água nas cidades dos países desenvolvidos, recorreu sempre a práticas de engenharia assentes na construção de estruturas físicas para proteção, ou através de mecanismos compensatórios (e.g., seguros). Embora o dimensionamento de infraestruturas de engenharia tradicional fosse feito tendo em conta variáveis reais, possibilitando o abastecimento de água potável, prevenção de cheias, drenagem e saneamento, a experiência demonstra que há uma maior incidência e exposição a desastres naturais por parte das infraestruturas projetadas e reservas de água construídas (Dong *et al.*, 2020). A abordagem tradicional à gestão urbana da água mostra-se assim limitada, carecendo de flexibilidade para dar resposta aos desafios futuros, o que

eventualmente irá aumentar os custos ambientais, sociais e económicos (White, 2010). Face ao exposto, surgem assim questões que colocam em causa a capacidade de resposta das atuais práticas de gestão urbana da água, como não sendo as mais eficazes, face aos desafios que as cidades enfrentam nos dias de hoje.

Atualmente assiste-se a uma maior sensibilidade da sociedade para questões de índole ambiental. A população está mais consciente dos possíveis efeitos das alterações climáticas, do impacto sobre os ecossistemas urbanos e de como estas afetam a habitabilidade destes e o bem-estar dos habitantes. A gestão da água no século XXI necessita portanto, de responder a múltiplos desafios e pressões a que os recursos hídricos e as cidades estão expostos, quer seja pelas alterações climáticas, crescimento populacional, envelhecimento das infraestruturas, alterações nas prioridades sociais, políticas públicas e governança, tecnologias emergentes, custos energéticos ou complexidade dos sistemas água-energia (Howe *et al.*, 2011). Tudo isto, perante uma sociedade com sentido crítico e sensibilizada para o tema. Neste contexto, a gestão urbana da água deve conseguir adaptar-se às condições e necessidades existentes, o que requer alterações substanciais nas abordagens e atitudes dos vários intervenientes no processo e utilizadores deste recurso. A tendência atual direciona o investimento para soluções que promovam a adaptação e aumento de resiliência do espaço urbano e infraestruturas urbanas, através de estratégias integradas e sustentáveis, desenvolvidas e planeadas de forma a serem utilizadas como complemento às infraestruturas centralizadas atualmente existentes, recorrendo a infraestruturas descentralizadas de gestão de água (Gleick, 2003). O ordenamento do território representa assim uma ferramenta fundamental para a implementação desta tipologia de soluções nos sistemas urbanos, minimizando a exposição de pessoas e bens (materiais e culturais) aos riscos.

O conceito de *Cidade Sensível à Água (Water Sensitive City)* surge como alternativa às estratégias tradicionais de gestão urbana da água e tem como principal objetivo promover a implementação de práticas de gestão urbana de água mais sustentáveis e adaptadas à realidade da cidade, através de soluções assentes em infraestruturas verdes, planeamento urbano e políticas de governação. Os projetos urbanos sensíveis à água, desenvolvidos segundo melhores práticas no domínio da abordagem *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*, contemplam infraestruturas baseadas na natureza, que são incorporadas na paisagem para desempenhar funções hidráulicas e de tratamento de água, possibilitando o planeamento e a criação de espaços urbanos habitáveis e ambientalmente responsáveis. Esta abordagem é centrada na apreciação das interconexões de elementos chave que afetam a pegada ecológica

das áreas urbanas, tais como, a energia, emissão de gases com efeito de estufa, conservação de água, proteção ambiental e biodiversidade, de forma a que seja possível dar resposta às necessidades humanas e ecológicas da cidade, de acordo com o contexto climático e geográfico. Os cidadãos são cada vez mais conscientes nas atitudes em torno do recurso água, assim como do ambiente, havendo uma maior coesão entre a comunidade, pois estes identificam-se com o habitat urbano e a identidade coletiva é nutrida através da conexão com a água (Wong *et al.*, 2009; Wong *et al.*, 2002). Esta abordagem, ao incorporar as condições naturais do ciclo da água, garante que o CUA seja restaurado no contexto urbano, aumentando a resiliência da cidade através de medidas de controlo na origem, tratamento e infiltração de águas pluviais, e recorrendo a práticas de ordenamento do território mais coerentes face aos desafios que a cidade enfrenta. Ao mesmo tempo, o recurso água é reconhecido como um bem essencial que deve ser valorizado e integrado na cidade, permitindo a criação de espaços verdes atrativos para os seus habitantes e habitats naturais que promovam a biodiversidade, suportando assim a estrutura ecológica da cidade (Rodrigues, 2017).

Face ao exposto, é evidente a necessidade de promover estratégias de adaptação e de aumento de resiliência dos habitats urbanos face às alterações climáticas, através de práticas de gestão sustentável do CUA. Neste enquadramento, e no âmbito do Mestrado Ciclo Urbano da Água, desenvolveu-se a presente dissertação, que tem como principal objetivo o desenvolvimento de um plano de intervenção que promova a gestão integrada e sustentável do Ciclo Urbano da Água na cidade de Quarteira, em resposta às Opções de Adaptação preconizadas na *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Loulé (EMAAC de Loulé)*, para os setores relativos aos recursos hídricos, ordenamento do território e cidades.

A dissertação está organizada em oito capítulos, treze anexos e onze peças desenhadas. Além do capítulo presente – Introdução – no segundo capítulo – Enquadramento e Objetivos – são enunciados os mecanismos institucionais e políticos de âmbito nacional e municipal que orientam a definição de estratégias de adaptação às alterações climáticas. É ainda demonstrada a razão pela qual é dada, nos dias de hoje, importância à promoção de estratégias de gestão urbana da água suportadas pelo conceito *WSUD*, que fomentam a transição para a Cidade Sensível à Água. Além da análise à estratégia municipal, é também apresentado o *Perfil de Impactos Locais (PIC-L)* elaborado com base nos eventos climáticos que se fizeram sentir no Município de Loulé de 2005 a 2018 e de onde se obtém uma perspetiva geral das vulnerabilidades do território em estudo, e direcionar a escolha de estratégias no domínio

*WSUD* que promovam uma resposta efetiva da cidade de Quarteira, face aos eventos identificados.

No terceiro capítulo é apresentado o processo metodológico de elaboração do trabalho e uma descrição sucinta dos eixos estruturais que orientam o desenvolvimento do trabalho.

No quarto capítulo é apresentada a problemática das alterações climáticas de uma visão global (região Mediterrânica) para uma visão local (área em estudo). Analisamos também o impacto desta problemática no ciclo natural da água e também no ciclo urbano da água. São apresentadas e analisadas estratégias oriundas de diferentes regiões do mundo, implementadas no domínio da Gestão Sustentável de Água Urbana. É dado destaque ao conceito *WSUD*, fulcral no desenvolvimento deste trabalho. As melhores práticas de planeamento e gestão do *WSUD* são elementos indissociáveis de uma estratégia de gestão sustentável do ciclo urbano da água. Esta estratégia deve ser resultado de interações complexas entre a qualidade dos meios naturais e artificiais, capital social e institucional e os recursos naturais que sustentam a cidade e permite definir as bases de suporte do desenvolvimento e implementação das propostas preconizadas no capítulo seis, que estabelecem os princípios necessário para a transição para uma *Water Sensitive City*. No quarto capítulo são ainda apresentados quatro casos de estudo, cujos contextos e níveis de implementação se adequam aos objetivos que se pretendem alcançar. O capítulo culmina com a apresentação dos pilares fundamentais que categorizam as áreas transversais à gestão sustentável do CUA numa *Cidade Sensível à Água*.

No quinto capítulo apresenta-se a caracterização da Bacia Hidrográfica da cidade de Quarteira, cuja principal fonte é a informação presente nos *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé*, disponível no website da Câmara Municipal de Loulé, e o reconhecimento do local de intervenção, resultado das visitas de campo à área de estudo.

No sexto capítulo, além do diagnóstico, através de uma análise *SWOT*<sup>1</sup> no contexto da Bacia Hidrográfica que domina a Cidade de Quarteira apresenta-se o conceito, estratégia e proposta de intervenção. Com base na informação recolhida (capítulo quinto) identificam-se as vulnerabilidades e potencialidades, os pontos fortes e fracos, face às aptidões atuais do território em estudo. seguindo-se a identificação das áreas críticas, com o intuito de orientar a seleção de propostas de intervenção no domínio da abordagem *WSUD*. Ainda neste capítulo são apresentados os resultados dos inquéritos desenvolvidos no âmbito das sessões de participação pública e disseminados pelos técnicos da C. M. de Loulé, *stakeholders* e

---

<sup>1</sup> Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)

indivíduos da sociedade civil, efetivando assim a participação da comunidade no processo de transição da cidade, e cujo contributo se reflete também na definição do conceito e estratégias de intervenção que orientam o a transição da cidade de Quarteira para uma *Cidade Sensível à Água*. Este contributo estende-se às propostas de intervenção, definidas no domínio das melhores práticas de gestão estruturais e apresentadas para cada uma das Sub-bacias hidrográficas.

No sétimo capítulo, resumem-se as principais soluções encontradas no domínio de *WSUD*, adaptadas à cidade de Quarteira, que iniciam a transição para a *Cidade Sensível à Água*, quais os elementos fundamentais que promovem essa transição e aqueles que colocam obstáculos. São dadas as linhas orientadores e recomendações para trabalhos futuros que efetivem o processo da transição para a *Cidade Sensível à Água*, promovendo a monitorização e acompanhamento das medidas propostas através de indicadores de performance face à resposta dos diversos sistemas urbanos envolvidos na gestão do ciclo urbano da água.

Por último, no oitavo capítulo, é elencada a bibliografia que suportou o desenvolvimento do presente trabalho.



## 2. Enquadramento e Objetivos

No âmbito dos desafios, oportunidades e vulnerabilidades face às alterações climáticas, a resposta política e institucional foi desenvolvida através do Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC), que inclui, nas vertentes de mitigação e adaptação em alterações climáticas, os principais instrumentos de política nacional, dos quais se destacam o Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030) (APA, 2019a) e a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020) (APA, 2019b). A atual *ENAAC 2020*, enquadrada no QEPiC, estabelece os objetivos e a visão da política nacional, na qual é assumido um compromisso de adaptação aos efeitos das alterações climáticas, através da contínua implementação de soluções baseadas no conhecimento técnico-científico e em boas práticas que reflete os seguintes objetivos: melhoria do nível de conhecimento sobre as alterações climáticas, implementação de medidas de adaptação e promoção da integração de medidas de adaptação em políticas sectoriais (APA, 2019c). De modo a promover a adaptação em todo o território municipal, de forma articulada, coerente e sustentável aos impactos previstos pelas alterações climáticas, o Município de Loulé, em conformidade com a *ENAAC*, definiu a *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC de Loulé)*, assente na visão estratégica do “*desenvolvimento de um município consciente, informado e capacitado na resposta às alterações climáticas, que incorpore, na ação municipal e na gestão territorial, os fatores, as ameaças e oportunidades associadas às novas dinâmicas climáticas*” (CML, 2016). No levantamento das vulnerabilidades climáticas locais da *EMAAC de Loulé*, desenvolvido no âmbito do projeto *ClimAdaPT.Local*, relativo ao período de 2000-2014, foram identificados os eventos climáticos adversos e principais impactos projetados.

As alterações climáticas e consequente aumento de eventos climáticos extremos, exigem uma resposta estrutural das áreas urbanas relativamente ao planeamento urbano e ordenamento do território. O dimensionamento de infraestruturas e a sua integração em áreas urbanas está, atualmente, em diferentes etapas e níveis de adaptação, a promover alterações incrementais nas cidades, bairros e áreas edificadas existentes. No entanto, a magnitude dos efeitos associados às alterações climáticas e consequências sobre o ciclo hidrológico urbano possuem um grau de incerteza elevado. A propagação da incerteza gerada através de modelos climáticos globais, mesmo quando minimizada através de progressos científicos, é transportada para os modelos climáticos locais e as consequências associadas permanecem. Além das alterações climáticas,

outras alterações ambientais e sociais produzem consequências imprevisíveis (Veerbeek *et al.*, 2016).

As projeções de crescimento urbano desenvolvidas há 50 anos não previram o real aumento que de facto se verificou, nem como a economia de serviços influenciou a configuração das áreas comerciais e centrais das cidades, ou como os seus habitantes se deslocam de áreas rurais para áreas mais centrais da cidade. Extrapolar simplesmente as tendências do passado, nunca seria suficiente para prever o mundo em que atualmente se vive. Embora tenham existido avanços científicos e tecnológicos significativos, a criação de projeções futuras, com graus de confiança suficientes, mantém-se intrinsecamente complexa; em parte, porque se continua de forma ativa a transformar as condições que influenciam esse futuro, sobretudo o clima. A questão é, portanto, como integrar nos atuais modelos de desenvolvimento, possíveis circunstâncias futuras, sem que estas sejam suportadas por previsões baseadas em modelos atuais, isto é, como gerir a incerteza associada a fenómenos naturais? Esta questão é particularmente relevante no atual contexto de alterações climáticas, onde os planos e intervenções atuais são projetados para períodos de 50 anos ou mais, com efeitos futuros duradouros. Com o incremento de pressões no crescimento económico, torna-se cada vez mais importante tomar decisões que fomentem a sustentabilidade, e que sejam ambiental e socialmente eficazes para enfrentar desafios futuros relativamente à saúde dos ecossistemas, habitabilidade, segurança e à resiliência das áreas urbanas, face aos riscos naturais (Veerbeek *et al.*, 2016).

Torna-se, portanto, impreterível, num quadro de alterações climáticas promover ações focadas na adaptação e resiliência nos domínios do ordenamento e gestão do território, com enfoque na gestão sustentável do ciclo urbano da água, em especial em áreas urbanas suscetíveis aos efeitos projetados. A transição para uma “*Water Sensitive City*” pode assim, através de uma estratégia de gestão sustentável do ciclo urbano da água que incorpore decisões políticas, investimento social e institucional, avanços tecnológicos e atitudes e responsabilidades individuais, diversificar e flexibilizar o leque de origens de água disponíveis (água pluvial, subterrânea, superficial, potável e residual), incorporando práticas no domínio de *Water Sensitive Urban Design (WSUD)* que mitiguem os efeitos de inundações e secas, protejam ecossistemas sensíveis, melhorem o microclima urbano, fomentem a biodiversidade, reduzam a pegada de carbono dos serviços associados à água, e capacitem agentes sociais e institucionais para uma gestão sustentável do CUA (Haan *et al.*, 2014).

A abordagem *WSUD* descreve o processo que tem como resultado a *Cidade Sensível à Água*, aliando ciências sociais e físicas que suportem a implementação de melhores práticas de gestão e planeamento, que refletem uma maior sensibilidade à água no meio urbano, e que associadas a técnicas convencionais de drenagem de água na cidade, promovem a adaptação e aumento da resiliência aos riscos inerentes à gestão do CUA, através da gestão holística da água, o que inclui a sua utilização, armazenamento, tratamento e reutilização, de forma a maximizar o valor ambiental, cultural, recreacional e económico do recurso água, proporcionando também, a criação de ambientes urbanos mais atrativos, confortáveis e seguros (Gersonius *et al.*, 2016; Rodrigues, 2017; Wong *et al.*, 2013).

A presente dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de um plano de intervenção que contribua para mitigar os impactos dos eventos climáticos extremos (e.g., fenómenos de precipitação extrema, ondas de calor e secas), que promova a gestão integrada e sustentável do Ciclo Urbano da Água, ao valorizar do papel dos espaços verdes urbanos na recolha, retenção, transporte e tratamento do escoamento superficial e, conseqüente, redução de caudais de cheia, melhoria da qualidade do escoamento superficial urbano e qualidade do ar, mitigação do efeito de ilha urbana de calor e efeitos de ondas de calor, proteção de ecossistemas naturais e aumento da biodiversidade. Em simultâneo, pretende-se também consciencializar e sensibilizar a comunidade acerca dos benefícios da CSA, através da sua participação e integração no processo de gestão do Ciclo Urbano da Água na cidade de Quarteira.

Os objetivos propostos pretendem dar resposta às Opções de Adaptação preconizadas na *EMAAC de Loulé*, para os setores relativos aos recursos hídricos, ordenamento do território e cidades, de forma a promover a transição do modelo de gestão do Ciclo Urbano da Água para aquele que é característico da *Cidade Sensível à Água*, através de uma estratégia guiada pelos princípios da abordagem de *WSUD*. Com base na caracterização e diagnóstico desenvolvidos nos *Estudos de Caracterização e Diagnóstico realizados no âmbito da Revisão do PDM de Loulé* (DHV, 2009g), e elementos geoespaciais fornecidos pelo Município de Loulé são selecionadas melhores práticas no domínio de *WSUD*, como alternativa à abordagem tradicional de gestão urbana da água, integrando de forma sustentável a gestão da água no ambiente urbano, nos seus três domínios, água para consumo, águas residuais e águas pluviais, e incentivar dessa forma a transição para uma *Cidade Sensível Água*, assente numa visão e estratégia que promova o aumento da resiliência e adaptação do sistema urbano face às

alterações climáticas, através da gestão sustentável do ciclo urbano da água, suportada por infraestruturas verdes e políticas governativas.

Para que sejam atingidos os objetivos propostos procedeu-se à caracterização da Bacia Hidrográfica que influencia diretamente a área urbana da cidade de Quarteira, relativamente aos instrumentos de gestão territorial em uso, recursos abiótico, bióticos, culturais e também fatores históricos que contribuem para a o atual paradigma de governação e gestão dos recursos hídricos. Por último, serão definidas, no domínio da Bacia Hidrográfica, Melhores Práticas de Gestão (*MPGs*) não-estruturais (que incluem políticas ambientais e de desenvolvimento urbano, que promovem a consciencialização e literacia por parte dos todos os utilizadores do recurso água, relativamente às alterações climáticas e ao seu uso eficiente) e estruturais (que promovem a drenagem de águas urbanas, reduzem a área impermeabilizada, possibilitam a infiltração, evapotranspiração, e o tratamento de águas pluviais, através de processos e infraestruturas naturais incorporadas na paisagem urbana), que permitem a criação e melhoramento de espaços públicos de recreio e lazer, com efeitos sobre a qualidade de vida dos habitantes e visitantes, que deverão ser integrados na *Estrutura Ecológica Municipal*. A proposta respeita ainda as Melhores Práticas de Planeamento (*MPPs*) enunciadas, que dizem respeito à avaliação e levantamento das características locais, como a avaliação das capacidades de uso do solo e definição de planos de uso do solo, que incorporem as alterações ao nível do escoamento da bacia e potenciais fontes de poluição, e orientam a escolha de *MPGs* estruturais e não-estruturais, abordando de forma transversal a problemática da gestão do CUA para que se mitiguem os impactos associados aos vários fatores de pressão, promovendo um aumento da resiliência e adaptação da cidade.

#### Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Loulé (EMAAC de Loulé)

A *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Loulé (EMAAC de Loulé)* surge do compromisso e necessidade de resposta do município face às alterações climáticas, de forma a capacitar o Município e os seus sistemas naturais e sociais dadas as projeções climáticas, impactos e vulnerabilidades identificadas, que permitem antecipar um agravamento dos impactos mais relevantes para os quais a presente dissertação pretende dar resposta, sobretudo aqueles que dizem respeito aos eventos climáticos relacionados com, o aumento da temperatura e frequência das ondas de calor, a maior intensidade e frequência de secas e episódios de precipitação intensa em curtos períodos de tempo. Conforme referido a *EMAAC de Loulé* assenta assim a sua visão estratégica em bases que promovam o “*Desenvolvimento*

*de um município consciente, informado e capacitado na resposta às alterações climáticas e que incorpore, na ação municipal e na gestão territorial os fatores, as ameaças e as oportunidades associadas às novas dinâmicas climáticas.”. É uma estratégia assente no conhecimento científico e em práticas de adaptação às alterações climáticas, que visa as atuais vulnerabilidades e riscos climáticos, e que promove um conjunto integrado de opções de adaptação para responder não apenas ao clima futuro, mas também aos diferentes impactos climáticos observados, devendo possibilitar também o desenvolvimento de políticas territoriais e ambientais coerentes, dando resposta às necessidades e aspirações dos diferentes grupos populacionais e setores económicos, reforçando assim a resiliência do município (CML, 2016).*

### Projeções Climáticas, Impactos e Vulnerabilidades às Alterações Climáticas

As projeções climáticas para o município de Loulé, do qual faz parte a área em estudo, referem-se a dois modelos climáticos e dois cenários (RCP4.5. e RCP8.5), e permitem antecipar um agravamento dos impactos. Para além destes impactos, as projeções climáticas traduzem-se num conjunto de vulnerabilidades e riscos, que fazem parte da atual realidade climática do município (CML, 2016).

Relativamente à temperatura, ambos os cenários e modelos utilizados projetam um aumento da temperatura média anual até ao final do século XXI. As anomalias projetadas variam entre um aumento de 1,3 e 2,7°C para meio do século (2041-2070) e entre 1,4 e 4,4°C para o final do século (2071- 2100), em relação ao período histórico modelado (1976-2005). No Verão também é esperado um aumento do número de dias muito quentes e de noites tropicais, assim como, o aumento do número e frequência de ondas de calor. As projeções da média sazonal apontam para a ocorrência de maiores anomalias para os meses de verão e outono, embora apresentando diferentes amplitudes e variações sazonais (CML, 2016).

No que diz respeito à variável precipitação, quer os cenários quer os modelos utilizados projetam uma diminuição da precipitação média anual até ao final do século XXI. Dependendo do cenário e modelo escolhido, as projeções apontam para uma redução que pode oscilar entre 6% a 44% relativamente aos valores observados no período 1976-2005, durante o qual foi registado no município uma precipitação média anual de 752mm. As anomalias projetadas até ao final do século relativas às médias sazonais da precipitação, apontam para reduções no inverno, entre 1% e 30%, na primavera, entre 13% e 61%, no verão, entre 13% e 73, e no outono, entre 7% a 53%. São projetados também o aumento do número de episódios de precipitação intensa em curtos períodos de tempo (CML, 2016).

Os resultados obtidos por ambos os modelos e cenários futuros para a variável vento, apontam para uma diminuição da média anual da velocidade máxima diária do vento entre os 0,4 e 0,8 km/h até ao final do século XXI. Quanto às médias sazonais dos valores máximos (diários) da velocidade do vento, as projeções apontam para diminuições na ordem dos 8% nos meses de outono, já que para os restantes meses do ano as variações são demasiado pequenas (até - 4% para inverno, na primavera entre -3% e 4% e no verão até -4%), e não permitem concluir uma tendência clara. Existe no entanto uma grande incerteza relativamente à modelação climática do vento, pois não foi possível a validação dos resultados a partir de dados observados devido à sua indisponibilidade em tempo útil (CML, 2016).

Na EMAAC de Loulé, com base no levantamento dos eventos climáticos que afetaram o município nos últimos 15 anos (2000-2014), são identificados os principais impactos climáticos que expõem as vulnerabilidades do município e riscos associados às alterações climáticas, e necessidade de promover opções de adaptação face às alterações climáticas. Os principais impactos climáticos projetados para a área em estudo, poderão vir a consubstanciar-se em (apresentadas em maior detalhe no *Anexo I.1.*):

- Alterações na biodiversidade e no património ambiental e natural;
- Intensificação do processo erosivo das zonas costeiras;
- Aumento das cheias rápidas e inundações em meio urbano;
- Alterações nas restrições ao abastecimento e consumo da água;
- Alterações no escoamento superficial e na recarga dos aquíferos e, conseqüentemente, nas disponibilidades de água;
- Diminuição da qualidade dos recursos hídricos;
- Intensificação dos danos para a saúde;
- Intensificação das alterações nos estilos de vida;
- Aumento dos danos em equipamentos, infraestruturas e vias de comunicação;
- Agravamento de danos variados em setores como o turismo, a agricultura, a pescas e a floresta.

As vulnerabilidades da cidade costeira de Quarteira são facilmente identificadas quando analisadas as conseqüências dos principais impactos associados aos eventos climáticos projetados. As principais vulnerabilidades estão associadas quer ao bem-estar humano, onde se projeta que a nova realidade climática traga consigo grandes adversidades, estando particularmente expostas, a população economicamente mais desfavorecida e os grupos mais

vulneráveis (crianças, idosos, doentes crónicos e pessoas fisicamente dependentes), mas também danos e prejuízos em propriedades, bens, equipamentos, serviços, infraestruturas e sistemas de transportes, que irão tendencialmente levar a alterações nos estilos de vida dos habitantes e visitantes. Neste contexto, são ainda inevitáveis os impactos na biodiversidade e degradação de habitats de grande valor e importantes pelas funções que desempenham no suporte do meio urbano (APA & CML, 2015; CML, 2016).

#### Perfil de Impactos Climáticos Locais (PIC-L)

A elaboração da EMAAC de Loulé recorreu ao levantamento dos eventos climáticos que se fizeram sentir no município de Loulé nos últimos 15 anos, com base em relatórios e registos internos dos serviços municipais, artigos científicos, imprensa local, regional e nacional, fichas de diagnóstico que acompanham os *Estudos de Caracterização no âmbito da Revisão do PDM de Loulé*, recolha de informação junto de outras entidades, dados e relatórios do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), entre outros relatórios técnicos e teses académicas (CML, 2016). No *Anexo I.2.* resumem-se os principais eventos climáticos identificados, o seu impacto, consequências observadas e setores afetados.

Os impactos e respetivas consequências dos eventos climáticos identificados no PIC-L, para a área em estudo, conjugam fenómenos de erosão costeira potenciada pela subida do nível médio do mar, danos em edifícios e infraestruturas causados por inundações associadas a eventos de precipitação excessiva, restrições na utilização da água e alteração no uso de equipamentos e serviços em períodos de seca e danos em árvores e infraestruturas provocados por ventos fortes, entre outros (APA & CML, 2015; CML, 2016).

Os fenómenos de seca, e impactos que destes advém, são transversais a todos os setores, com consequências que implicam restrições na utilização da água e alterações no uso de equipamentos e serviços, alterações nos estilos de vida da população, alterações na biodiversidade, quebra no nível das barragens e dos aquíferos, danos na agricultura, entre outros. No período analisado, o município de Loulé foi particularmente afetado pela seca em dois anos: 2005, ano cujos efeitos da seca se fizeram sentir com gravidade na região do Algarve; e em 2012, com menor gravidade, um pouco em resultado das medidas implementadas na região após a seca de 2005 (APA & CML, 2015; CML, 2016).

Um dos impactos evidente das alterações climáticas é relativo à erosão costeira, sujeita a uma dinâmica complexa entre o meio físico, os agentes naturais e a intervenção humana no litoral, mas que tem vindo a ser evidenciado pela subida do nível do mar, que afeta toda a linha de

costa da área em estudo, potenciando a ocorrência de galgamentos costeiros. Embora tenham vindo a ser efetuadas intervenções de minimização do recuo da linha de costa ao longo dos últimos anos de forma a mitigar localmente os problemas de erosão, estes levantam sérias preocupações sob o ponto de vista do uso e ocupação da orla costeira. Os resultados do levantamento efetuado indicam que os fenómenos de inundações urbana são um dos impactos mais notórios na sequência de eventos de precipitação excessiva (APA & CML, 2015; CML, 2016).

As temperaturas baixas, embora não tão frequentes como os fenómenos de ondas de calor, levantam também preocupações acrescidas, já que os seus impactos estão relacionados com alterações nos estilos de vida e consequências para a saúde humana (APA & CML, 2015; CML, 2016).

A intensidade do vento conhecida no município é, em média, de fraca a moderada na maior parte do ano. Contudo, têm-se vindo a verificar algumas situações pontuais de ventos fortes no período em análise, com maior ênfase nos últimos 6 anos (APA & CML, 2015; CML, 2016).

Os tipos de eventos climáticos, os seus impactos e consequências identificadas, para a área em estudo durante o período 2005 a 2018, são apresentados no *Anexo I.3*.

#### Opções de Adaptação do Município de Loulé

Os desafios que as alterações climáticas colocam, e potenciais impactos e oportunidades que podem destes advir, tornam essencial capacitar o território e os seus sistemas naturais e sociais de respostas de adaptação coerentes e flexíveis, que permitam fomentar uma adaptação concertada, sabendo que os riscos associados às alterações climáticas irão afetar o município transversalmente, quer seja no domínio ambiental, territorial, social ou económico. A *EMAAC de Loulé* identifica um conjunto de opções de adaptação que permitam ao município responder às suas principais vulnerabilidades e riscos climáticos (atuais e futuros) identificados, de forma a promover a sua capacidade adaptativa. As opções de adaptação identificadas como relevantes foram caracterizadas de acordo com o seu potencial em melhorar a capacidade adaptativa, e diminuir as vulnerabilidades e/ou aproveitar oportunidades. A implementação das opções identificadas, depende e pode ser influenciada por diversos fatores que dificultam ou podem vir a limitar o êxito de uma opção de adaptação – fatores condicionantes, ou que podem vir a constituir uma mais-valia para a implementação da opção de adaptação – fatores potenciadores. (CML, 2016).

A *EMAAC de Loulé* destaca como maiores condicionantes de implementação, fatores como, os recursos financeiros necessários à concretização de algumas opções de adaptação, a diversidade territorial, populacional e socioeconómica do município e da sua população e a possível resistência à mudança de comportamento por parte de alguns públicos-alvo. Para dar resposta a cada um dos fatores condicionantes, considera-se pertinente a definição de uma estratégia de financiamento, suportada por mecanismos e candidaturas disponíveis para o efeito. Por outro lado, e como forma de diminuir potenciais resistências a mudanças de comportamento por parte de alguns públicos-alvo, as várias opções de adaptação incorporam uma forte componente educacional, que assegure a transmissão da mensagem e conteúdos a transmitir, através dos meios, canais e metodologias de comunicação mais apropriados à especificidade de cada público-alvo. (CML, 2016).

As opções de adaptação traçadas no âmbito da *EMAAC de Loulé*, identificadas como mais relevantes e nas quais o desenvolvimento da presente dissertação, poderá produzir impactos diretos/indiretos, são apresentadas no *Anexo I.4*. Com base nas opções de adaptação presentes na *EMAAC de Loulé*, conclui-se que estas apresentam um elevado grau de complementaridade com os objetivos da presente dissertação, sendo ainda demonstrada a transversalidade e alcance dos objetivos inerentes ao trabalho face às opções apresentadas, evidenciando a importância do desenvolvimento da dissertação, como ferramenta de suporte na promoção da adaptação do Município de Loulé às Alterações Climáticas.



### 3. Metodologia

A metodologia que serviu de base para a elaboração do estudo está dividida em três eixos principais: enquadramento legal e teórico, caracterização da área em estudo, diagnóstico e proposta de intervenção para a cidade de Quarteira Sensível à Água. O diagrama com os focos principais da metodologia encontra-se representado na Figura 1. A metodologia para o desenvolvimento e apresentação deste trabalho baseia-se em: i) enquadramento estratégico; ii) revisão bibliográfica; iii) caracterização da área de estudo, com interpretação da cartografia com recurso a SIG e visitas de campo; iv) diagnóstico para análise dos resultados da caracterização e identificação das áreas críticas; e v) definição do conceito e estratégias de intervenção para a cidade de Quarteira e apresentação de propostas estruturais no domínio *WSUD*.

Inicialmente é apresentado, o enquadramento legal existente a nível nacional e a estratégia de âmbito municipal, desenvolvida com base nas Projeções Climáticas, Impactos e Vulnerabilidades, respetivo Perfil de Impactos Climáticos Locais (PIC-L), e cuja resposta efetiva à problemática das alterações climáticas é contemplada nas Opções de Adaptação do Município de Loulé, para as quais é apresentado o grau de correlação com os objetivos da presente dissertação, justificando dessa forma o seu desenvolvimento. É depois apresentada a fundamentação teórica, a qual se inicia com a apresentação da problemática relativa às Alterações Climáticas, sendo posteriormente desenvolvida a pesquisa sobre o Estado da Arte, relativamente às Estratégias de Gestão Sustentável do Ciclo Urbano da Água, os seus Benefícios e Limitações e casos de estudo, que sustentem a aplicação de uma estratégia no domínio de *WSUD*, como roteiro de transição para uma *Water Sensitive City*.

Para efeitos de caracterização da área em estudo, procede-se à definição da Bacia Hidrográfica e respetivas sub-bacias hidrográficas que dominam a Cidade de Quarteira através da utilização da ferramenta de geoprocessamento *Hydrology* da plataforma *ArcMap*. Em seguida é feita a caracterização da Bacia Hidrográfica da cidade de Quarteira, relativamente aos instrumentos de gestão territorial em uso, recursos abióticos, bióticos e culturais. Esta tarefa resultou da análise da informação presente dos *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé*, disponível no website da Câmara Municipal de Loulé. No âmbito da caracterização também se realizou o reconhecimento da área de intervenção, através de visitas de campo, com o intuito de validar os resultados obtidos na ferramenta de geoprocessamento. No terceiro e último eixo desenvolve-se o diagnóstico, onde são identificadas as áreas críticas e no qual, através da análise *SWOT*, se identificam as

oportunidades, as vulnerabilidades, os pontos fracos e fortes da área em estudo. Com base nesta análise, nos resultados obtidos nos inquéritos realizados e em registos de eventos climáticos, definem-se as medidas estratégicas de capacitação do processo de transição e as áreas críticas, consideradas prioritárias em termos da implementação de melhores práticas no domínio *WSUD*. Por fim, com base nas estratégias de intervenção no domínio *WSUD* que estabelecem o caminho de transição para uma maior sensibilidade à água e tendo em consideração o diagnóstico e as respostas aos inquéritos realizados, apresentam-se as propostas de intervenção estruturais para cada Sub-Bacia Hidrográfica.

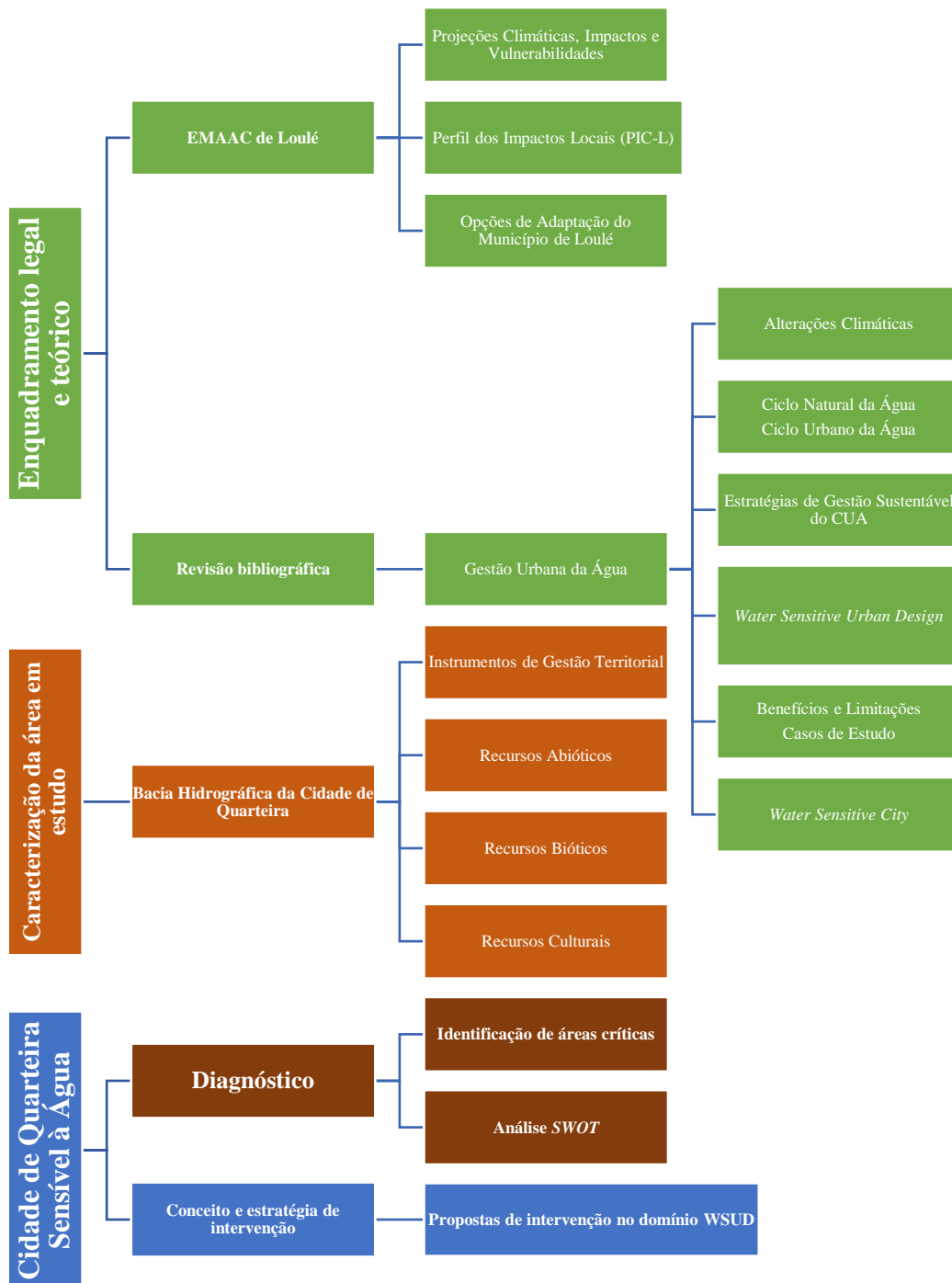


Figura 1 -Metodologia



## 4. Gestão Urbana da Água

Neste capítulo é exposta a problemática das Alterações Climáticas, de uma visão global para uma visão local. Começamos por analisar a problemática no contexto da região Mediterrânica e depois, em maior detalhe, no concelho de Loulé, onde se localiza a área em estudo. No âmbito da Gestão Urbana da Água apresentam-se as estratégias de Gestão Sustentável de Água Urbana, partindo do processo natural que dá nome à circulação da água pelos seus diferentes estados físicos nos vários compartimentos ambientais. É apresentada em maior detalhe a abordagem *WSUD*, nomeadamente as melhores práticas, principais benefícios e limitações e casos de estudo, que sustentam o processo que viabiliza a transição para a *Cidade Sensível à Água*, como visão unificadora de uma abordagem de gestão do ciclo urbano da água num contexto de Alterações Climáticas.

### 4.1. Alterações Climáticas

O clima tem vindo a sofrer alterações de magnitude incerta, cujos efeitos, que embora preconizados, por diversos painéis afetos à comunidade científica, são impossíveis de quantificar. As alterações climáticas podem ser causadas por forças externas naturais (e.g., variações nos ciclos solares, atividade vulcânica e variações nos fenómenos climáticos, como a oscilação Sul-*El Niño*, a oscilação do Atlântico Norte e a oscilação Decadal do Pacífico) e por forças com origem antropogénica (e.g., alterações nos usos do solo). São reconhecidas pela comunidade científica as demais causas que influenciam as Alterações Climáticas, sendo inequívoca a influência que as atividades humanas e consequente emissão de gases com efeito de estufa (GEE), causado pela queima de combustíveis fósseis (para a produção de energia elétrica, nos transportes, atividades comerciais e residenciais), deflorestação, práticas agrícolas, usos do solo e práticas de gestão florestal (IPCC, 2014). O aumento da concentração de GEE verificado na atmosfera, e o seu tempo médio de residência prolongado, significam que as consequências daí resultantes irão afetar o sistema climático global durante várias décadas, ou mesmo séculos, provocando transformações nos demais componentes do sistema climático, o que contribui para a ocorrência de fenómenos climáticos extremos, sob a forma de ondas de calor, secas, incêndios florestais, inundações, ciclones, degelo de calotas polares, aumento do nível médio do mar e alterações nos padrões de precipitação, sob a forma de eventos de precipitação extrema. As alterações climáticas são, por isso, um problema global que requer uma resposta efetiva por parte dos órgãos governamentais, de forma a minimizar e a mitigar os possíveis impactos causados por eventos climáticos extremos (European Environment Agency, 2017; Roque Santos, 2016).

#### 4.1.1. Alterações Climáticas na Região do Mediterrâneo

O Mediterrâneo é uma região com muitos atributos favoráveis, enfrenta, no entanto, vários desafios ambientais e de desenvolvimento. Esta região é o ponto de encontro de três continentes que são social e culturalmente muito diferentes, mas que partilham entre si características climáticas e ambientais únicas. A sua grande extensão geográfica abrange 22 países que compreendiam, no ano de 2010, aproximadamente 470 milhões de habitantes. O Mediterrâneo, é por isso, uma região onde se destacam quer as relações entre os diferentes países, quer os seus diferentes grupos sociais, cujos caminhos de desenvolvimento são claramente distintos. Necessita, portanto, de, e em resposta aos novos desafios que as alterações climáticas colocam, procurar um equilíbrio que deverá ser alcançado através de uma abordagem conjunta, fundada em valores comuns, e partilhados por todos os países que constituem a região. O Mediterrâneo reflete assim, a necessidade global de desenvolver estratégias que promovam a sustentabilidade (Global Water Partnership, 2012).

A grande diversidade ambiental e as características abióticas, bióticas e culturais, únicas da região Mediterrânica, estão, no advento das alterações climáticas, a sofrer rápidas modificações devido a pressões de origem natural e humana, especialmente, a dinâmica biofísica e estrutura hidrológica da região. Estas alterações são influenciadas não só pelas alterações climáticas, mas também pelas atividades humanas que contribuem para o aumento de descargas de efluentes altamente poluídos e com excesso de nutrientes por toda a bacia Mediterrânea. A região foi identificada como um dos principais *hotspots* de alterações climáticas no contexto Europeu, em que os potenciais impactos podem ser particularmente severos e transversais a todos os sectores da sociedade (Giorgi, 2007).

A região Mediterrânica sofre atualmente de sérios problemas de stress hídrico, problemas esses que serão exacerbados pelas alterações climáticas e previsões de crescimento demográfico. O quinto relatório publicado pelo IPPC (Fifth Assessment Report (AR5)) é inequívoco, quando prevê que durante o século XXI a bacia do Mediterrâneo seja uma das regiões do globo mais afetada pelas alterações climáticas, segundo o Índice de Alterações Climáticas Regional (RCCI) (*Anexo II.1.*). Estima-se que em 2100, a região virá a registar aumentos entre 2-4 °C na temperatura média, uma diminuição de 4-30% na precipitação (*Anexo II.2.*) e um aumento médio do nível do mar entre 20 e 60 cm (Global Water Partnership, 2012; IPCC, 2014).

No Anexo II.3. são apresentados indicadores globais e respetivas variáveis referentes aos impactos projetados e observados na região do Mediterrâneo. Os indicadores utilizados são relativos a diferentes domínios sensíveis às alterações climáticas na região.

As projeções para o período entre 2021-2050, quando comparadas com o período de 1961 a 1990, apresentadas no Special Report on Emissions Scenario (SRES) para o cenário A1B, apontam para um aumento significativo da temperatura da superfície terrestre de 1.5 °C e 2,0 °C para os meses de inverno e verão respetivamente, em que as alterações mais expressivas ocorrerão durante os meses de verão, que serão acompanhadas por uma diminuição, em cerca de 5%, na precipitação média anual. O aumento do nível do mar no Mar Mediterrâneo poderá atingir entre 6,6–11,6 cm para o período de 2021-2050 relativamente ao período de referência de 1961-1990. Para além destes impactos, prevê-se também um aumento na frequência de dias e noites muito quentes, assim como, ondas de calor mais intensas. As observações climáticas demonstram que tem havido um aumento substancial e progressivo de desertificação por toda a região desde a década de 90 (p. ex. alterações no índice de severidade de seca de Palmer de 0,2 unidades por década), consistente com o aumento da temperatura média do ar e diminuição da precipitação (European Environment Agency, 2017; Gualdi *et al.*, 2012).

De todos os impactos identificados para a região Mediterrânea, a disponibilidade de água é, de todos, considerada a mais crítica e preocupante. O novo paradigma climático, combinado com uma diminuição expectável de precipitação e aumento da temperatura média da superfície terrestre, irão afetar o ciclo hidrológico, que resultará numa diminuição de disponibilidade de água, em termos de recarga natural de aquíferos, caudais de massas de água superficiais e humidade do solo. Uma maior variabilidade nos regimes de escoamento naturais, associada à diminuição da quantidade dos fluxos com origem no degelo primaveril e diminuição dos regimes de escoamento durante os meses de verão e, conseqüente redução da disponibilidade de água em barragens, para responder às necessidades urbanas e agrícolas, coloca em causa a segurança e disponibilidade do recurso água, assim como aumenta o número de pessoas expostas a fenómenos de escassez de água. Estes fatores, em conjunto com outros motores de mudança, como alterações nos usos do solo, aumento populacional, aumento dos consumos de água pelo setor agrícola, industrial, para produção de energia e consumo humano, associado a práticas inapropriadas de gestão de recursos hídricos, aumentam a vulnerabilidade futura do setor da água na região Mediterrânica, num contexto de alterações climáticas (European Environment Agency, 2017; Navarra & Tubiana, 2013).

Os ecossistemas existentes na bacia do Mediterrâneo são particularmente sensíveis às alterações climáticas e aos efeitos dos eventos climáticos extremos que daí advêm. Eventos climáticos como verões muito quentes e secos, invernos amenos, vendavais ou precipitação extrema, ameaçam os serviços ecossistêmicos, afetando a capacidade de resistir a perturbações externas, podendo também ser particularmente afetados por fenómenos climáticos a longo prazo, como a aridez e a degradação, que conduzem à desertificação irreversível de áreas de elevado valor ambiental. Temperaturas ambiente mais elevadas, ondas de calor mais frequentes, diminuição da qualidade do ar (na sua maioria *PM* e ozono) e alterações nos padrões de distribuição de determinadas doenças infectocontagiosas, irão contribuir para um aumento dos riscos de saúde e decréscimo do bem-estar humano na região do Mediterrâneo (Ciais *et al.*, 2013; European Environment Agency, 2017; IPCC, 2014; Navarra & Tubiana, 2013; Rubio *et al.*, 2009; Santini *et al.*, 2010).

#### 4.1.2. Alterações Climáticas no Algarve – O caso do Município de Loulé

A região do Algarve, a par de todas as outras regiões localizadas no Mediterrâneo, apresenta uma grande vulnerabilidade face aos impactos das alterações climáticas. Prova disso são os eventos climáticos que se têm vindo a registar com maior frequência, como fenómenos de seca, desertificação, degradação do solo, erosão costeira, ocorrência de cheias, inundações e incêndios florestais, resultado de fenómenos climáticos extremos, como ondas de calor, picos de precipitação e temporais com ventos fortes associados, cuja ocorrência prevê que afete a região com mais intensidade. Estão também previstas alterações nos valores de precipitação intra e inter-anual, com impactes sobre infraestruturas e sistemas biofísicos, que refletem a transversalidade inerente à disponibilidade e qualidade da água. Os cenários climáticos, presentes no Plano de Gestão da Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8), apresentam a avaliação sobre as variações dos parâmetros meteorológicos e hidrológicos para a esta região hidrográfica (APA, 2016). No *Anexo II.4.* é apresentado um resumo dos resultados obtidos para a RH8 relativamente à variação expectável dos parâmetros mais relevantes segundo diferentes modelos climáticos regionais.

As principais alterações climáticas projetadas para o município de Loulé podem ser sintetizadas através de quatro variáveis climáticas e respetivas tendências, apresentadas na Tabela 1 (CML, 2016).

Tabela 1 - Principais alterações climáticas projetadas para o município de Loulé (adaptado de CML, 2016)

Variável climática	Alteração projetada
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual
Temperatura	Aumento da temperatura média anual
Nível médio da água do mar	Subida do nível médio da água do mar
Eventos climáticos extremos	Aumento dos fenómenos extremos de precipitação, ondas de calor e ventos fortes.

#### 4.2. Ciclo Natural da Água

O ciclo hidrológico, também conhecido como ciclo natural da água, corresponde ao processo através do qual a água circula pelos diferentes estados físicos da matéria (estados líquido, sólido e gasoso) pelo planeta Terra. Os principais compartimentos de acumulação de água são os oceanos, as calotes polares e os glaciares, as massas de água superficiais e subterrâneas, a atmosfera e a biosfera. Os processos através dos quais a água se desloca são a precipitação, a infiltração e percolação, a evaporação e transpiração, a interceção, o escoamento superficial e o escoamento subterrâneo. Estima-se que cerca de 97,5% da água existente no planeta está contida nos oceanos sob a forma de água salgada, e que os restantes 2,5% sob a forma de água doce. Dos 2,5% na forma de água doce, cerca de 68,7% encontra-se no estado sólido, como neve permanente e em glaciares, 30,1% em reservatórios subterrâneos, deixando apenas 1,2% acessíveis no estado líquido, como água superficial (*Anexo II.5.*) (Gleick, 1993; Peixoto & Oort, 1992).

O conhecimento dos fluxos naturais de água é tão importante quanto a informação sobre a quantidade armazenada em cada um dos reservatórios naturais, tendo em conta que a água circula em diferentes estados e sob diferentes condições quer seja num curso de água superficial ou em glaciares, reservatórios subterrâneos ou no oceano, num ciclo que pode demorar alguns dias ou dezenas de séculos. É por esta razão que as águas superficiais e a água da chuva, dominadas por fluxos rápidos, são tão valiosas para a humanidade, ainda que a sua capacidade acumulada seja em muito inferior à de outros reservatórios naturais. A elevada dependência humana da quantidade de água doce retida nestes reservatórios aumenta em muito a vulnerabilidade da sociedade a pequenas variações nos fluxos de água, que se traduzem, em último caso, em fenómenos de seca e inundações (Smith, 2011).

Uma outra característica relativa ao ciclo da água, está relacionada com o processo de reciclagem de água doce, que ocorre a nível planetário, e que pode, por sua vez, ser explicado

pelos padrões de circulação atmosférica, cuja magnitude influencia tanto o clima como os ecossistemas terrestres. A circulação atmosférica pode ser descrita como o movimento à escala planetária, do ar, que, e em combinação com o sistema de circulação oceânica, permite que a energia sob a forma de calor seja distribuída pela superfície da Terra. O modelo de circulação atmosférica, que é regulado por três células atmosféricas, descreve de forma simplificada a redistribuição de energia nas diferentes regiões do globo onde há um excedente de energia (nos trópicos), no sentido de regiões com déficit de energia (nos pólos), através de células de convecção. A radiação solar que atinge a região equatorial, e que é superior à radiação que atinge as regiões polares, leva a que massas de ar quente ascendam no equador e se desloquem até 30° de latitude, onde arrefecem e descendem, regressando novamente à região equatorial. Os processos de ascensão e expansão de massas de ar que ocorrem na região equatorial criam uma zona de baixa pressão, ocorrendo o oposto nas regiões onde o ar descende, e que leva ao aumento da pressão. Esta célula de convecção é conhecida como a célula de *Hadley*, que apresenta um comportamento térmico direto. A evaporação de grandes quantidades de água na zona equatorial torna esta região extremamente húmida e é também um importante mecanismo climático para a ocorrência de fenómenos de monção no continente Asiático e Africano. O processo oposto, onde as massas de ar descendem, é normalmente seco e não dá origem a precipitação, razão pela qual muitas das áreas desérticas, como o deserto do *Sahara*, do *Kalahari* e de *Sonora*, se encontram a cerca de 30° de latitude Norte e Sul. Nas regiões polares, o ar frio descende e desloca-se para uma latitude de aproximadamente 60°, onde há transferência de energia térmica e a massa de ar é aquecida e volta a novamente a ascender. Esta célula de convecção apresenta um comportamento térmico direto e tem o nome de célula Polar. Contrariamente às células de *Hadley* e Polar, a célula de *Ferrel*, alimentada pela anteriores, apresenta um comportamento térmico indireto, pois transporta energia de áreas frias para áreas quentes (Hartmann, 1994). Conclui-se que a quantidade de água doce superficial (disponível nos rios, lagos, zonas húmidas e também na atmosfera, seja nas nuvens, vapor de água e chuva), compõe apenas uma pequena fração de toda a água existente no planeta Terra e que a sua distribuição espacial não é igual em todo o globo. No entanto, é importante referir que o atual conhecimento acerca das diferentes dinâmicas globais que influenciam o ciclo hidrológico é bastante limitado, o que torna difícil quantificar os recursos hídricos num dado momento (Smith, 2011). Embora existam algumas limitações, é atualmente possível, através de técnicas de deteção remota, recolher dados à escala local e regional acerca de parâmetros hidrológicos, mas que não abordam todo o ciclo hidrológico. Estão atualmente a ser desenvolvidas novas abordagens, que recorrem a satélites que permitem obter dados relativos

ao armazenamento, movimento e qualidade da água, com maior resolução (entre 1 m e 1 km). Os modelos hidrológicos, suportados por dados mais fiáveis permitirão quantificar e monitorizar alterações nas massas de água, e poderão também ser utilizados como ferramentas de apoio à decisão no que diz respeito à gestão de reservas de água, práticas de rega agrícola e gestão de fenómenos de cheia ou seca. Adicionalmente, estes modelos hidrológicos serão igualmente importantes na tratamento de dados relativos à hidrologia urbana, e os efeitos das áreas impermeáveis nos processos climáticos e hidrológicos comuns a áreas urbanas, como fluxos de energia térmica, infiltração, recarga de aquíferos e cheias (Wood *et al.*, 2011).

### 4.3. Ciclo Urbano da Água

O ciclo da água é um dos conceitos fundamentais em hidrologia e na gestão de recursos hídricos, cujo interesse remonta à antiguidade (Maidment, 1993). Os efeitos combinados dos processos de urbanização, industrialização e crescimento populacional, afetam a paisagem natural assim como a resposta hidrológica das bacias hidrográficas. Embora diversos elementos do meio natural sejam afetados por fatores antropogénicos relativos às vias e de água, a principal estrutura do ciclo hidrológico mantém-se intacta em áreas urbanas. No entanto, o ciclo hidrológico é altamente modificado pelos impactos do desenvolvimento urbano no meio ambiente, cujo principal objetivo é o de serem garantidos serviços de água às populações, incluindo o abastecimento de água potável, drenagem de pluviais e recolha de águas residuais para posterior descarga no meio recetor. É, no entanto, importante referir que o ciclo hidrológico se torna muito mais complexo no meio urbano, tendo em conta as diversas e múltiplas influências e intervenções antropogénicas (McPherson, 1973; McPherson & Schneider, 1974). Ao ciclo hidrológico “urbano” que resulta destas alterações, é dado a designação de Ciclo Urbano da Água (CUA). O CUA é representado em detalhe na Figura 2 e esquematicamente na Figura 3, onde são apresentados os principais componentes e processos inerentes ao mesmo. O CUA promove assim uma base conceptual e integrada, que permite o cálculo do balanço hídrico em áreas urbanas. Neste cálculo, os componentes do ciclo hidrológico apresentados são avaliados em períodos específicos, em que a sua duração excede as constantes do sistema, filtrando assim variabilidades a curto-prazo. Os balanços hídricos são, na sua generalidade, efetuados sazonalmente, anualmente ou com base em valores multianuais (van de Ven, 1990), embora em estudos de planeamento seja aplicada uma escala a longo-prazo. Esta abordagem é particularmente importante no planeamento urbano (e.g., fornecimento de serviços de água que acompanhem o crescimento demográfico) e para lidar com eventos climáticos extremos, variabilidades climáticas e com prováveis alterações

climáticas. A realização de balanços hídricos é essencial para uma gestão integrada do ciclo urbano da água, que se debate cada vez mais com a procura de soluções para ultrapassar as pressões e impactos de origem antropogénica, de forma a que sejam assim aplicadas medidas transversais à gestão urbana do ciclo da água (Lawrence *et al.*, 1999).

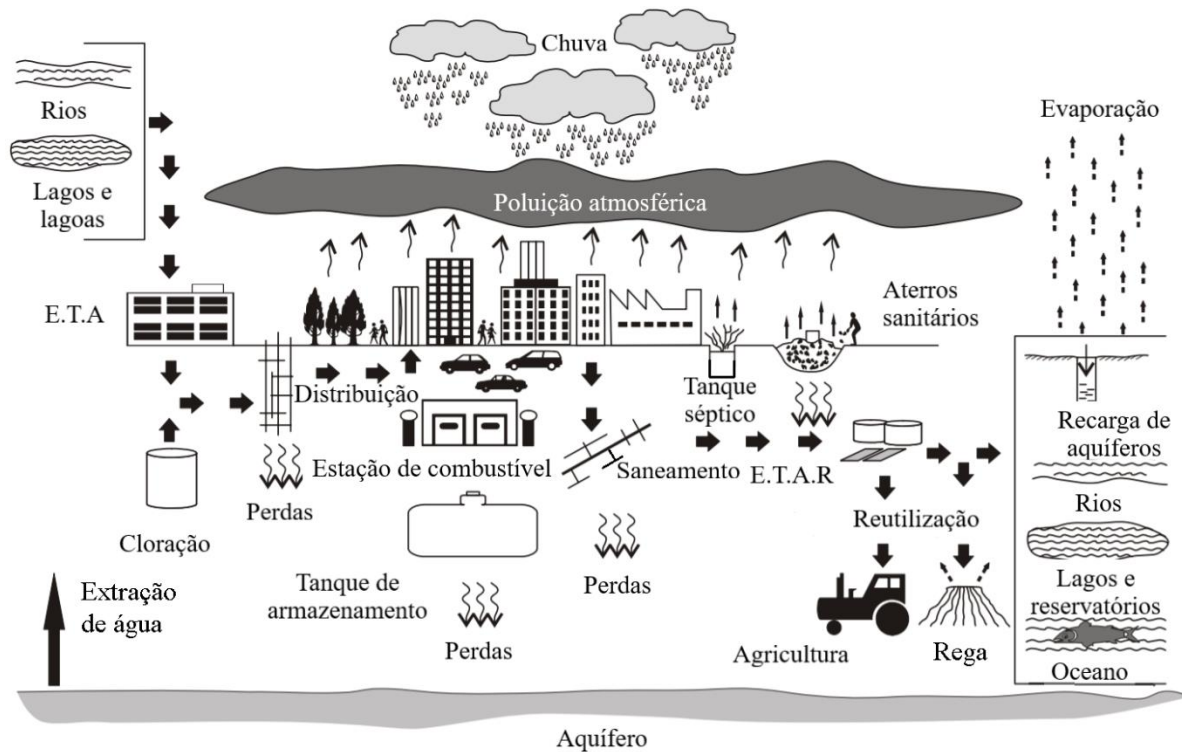


Figura 2 - Ciclo Urbano da Água (adaptado de Marsalek *et al.*, 2006)

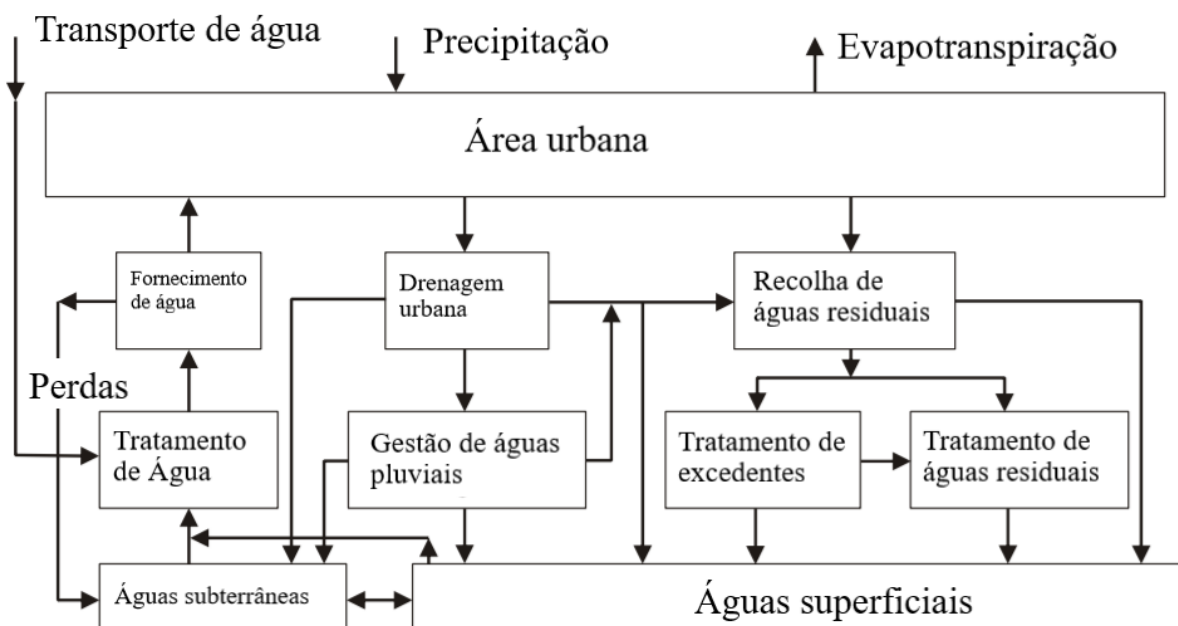


Figura 3 - Ciclo Urbano da Água - principais componentes e processos do Ciclo Urbano da Água (adaptado de Marsalek *et al.*, 2006)

É, portanto, importante elaborar estudos relativos ao balanço de água, sedimentos e compostos químicos, que permitam quantificar o CUA, que abordem questões como: os diferentes percursos da água dentro do ciclo; a quantificação dos caudais e transporte de sedimentos e compostos químicos ao longo dos vários processos; avaliação das variações dos múltiplos componentes; e aferição dos impactos as alterações climáticas, demográficas e fisiográficas no CUA. Os primeiros exemplos relativos ao cálculo do balanço urbano da água foram realizados por Hogland & Niemczynowicz (1980) e van de Ven (1990). Segundo Marsalek *et al.*, (2006), os principais componentes do CUA, relativamente às origens da água, são o abastecimento municipal de água e a precipitação. A água que é distribuída através do sistema municipal de abastecimento é, na maioria dos casos, importada de zonas exteriores à cidade ou mesmo de outras bacias hidrográficas, em quantidades variáveis, que refletem a procura local de água e a estratégia de gestão praticada. Ao nível municipal, a água pode, no entanto, contornar algumas das vias do sistema do CUA, sendo transportada para a área urbana, distribuída através do sistema de abastecimento de água, podendo parte dela perder-se no sistema por meio de fugas, contribuindo para a recarga dos aquíferos urbanos, até que é depois utilizada, posteriormente convertida em água residual, encaminhada para uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), e, por último, descarregada no meio recetor. A precipitação, como origem alternativa de água, segue, geralmente, um percurso mais longo no ciclo da água. Esta atinge as áreas urbanas de várias formas e está, à partida, sujeita a vários fenómenos hidrológicos (que incluem, intercepção, acumulação em depressões do terreno e evapotranspiração), podendo também infiltrar-se parcialmente no solo (contribuindo para o teor de humidade no solo e recarga de aquíferos), sendo a fração restante convertida em escoamento superficial, que pode ser transportada naturalmente para um meio receptor, ou através de um sistema de drenagem de águas pluviais (Marsalek *et al.*, 2006).

Para além das relações existentes, estabelecidas com a intenção de conectar os vários elementos que transportam e armazenam água, podem também surgir outras relações, não-intencionais, que advém do envelhecimento de infraestruturas, tais como perdas de água potável ou residual nas redes de transporte. Embora seja dada mais atenção, aos componentes que envolvem o transporte desta, é contudo necessário tomar em consideração os fluxos de materiais e energia transportados através do ar, água e atividades antropogénicas, processos estes que carecem de informação relativamente à sua quantificação e interações com o meio, já que no meio urbano se torna difícil descrevê-los, dadas as inúmeras origens, difusas e pontuais, e enorme variabilidade temporal e espacial. No que diz respeito a poluentes atmosféricos, o transporte

destes dá-se, na fase húmida ,através da precipitação, e na fase seca, através de gases e partículas, tendo sido identificados por Novotny & Olem, (1994), quais os principais poluentes que afetam as áreas urbanas, podendo estes surgir sob a forma de chuvas ácidas (causadas pelas emissões de óxidos de azoto e enxofre emitidas pela combustão de combustíveis fósseis), metais vestigiais, mercúrio e fitofarmacêuticos (particularmente pesticidas e herbicidas). Este compostos químicos podem ser transportados directamente para o meio receptor, ou ser depositados em superfícies, embora, durante fenómenos de precipitação, acabem por escorrer para os meios receptores mais próximos. Das várias fontes de poluição, destacam-se as atividades que alterem o uso e ocupação do solo e as más práticas de limpeza urbana, tais como: construção de infraestruturas rodoviárias, uso de materiais de construção, manutenção de estradas, fenómenos de atrito, eluição ou corrosão em superfícies, erosão do solo, presença de animais selvagens e domésticos, recolha deficiente de resíduos, entre outras. Além da acumulação e deposição em superfícies urbanas (em geral de menor importância, devido ao volume de água acumulado), estes compostos podem ser diluídos e transportados através do escoamento superficial urbano como cargas poluentes dissolvidas ou suspensas, ou transportados através do leito do curso de água. Durante o transporte, e sob influência das características hidráulicas, pode dar-se a sedimentação e re-suspensão de compostos em superfícies e também em condutas de transporte de água, assim como a ocorrência de reações químicas e biológicas. Estes processos são na sua génese, mais intensos na fase inicial do evento de precipitação (efeito *first flush*), embora devido à variabilidade espacial e temporal da precipitação e do fluxo escoamento, estes efeitos sejam mais evidentes nas infraestruturas de transporte de água do que no escoamento superficial (Marsalek *et al.*, 2006).

Os estudos acerca das dinâmicas entre urbanismo e gestão de água, especialmente nos países mais desenvolvidos, eram fundamentados com base em princípio científicos e de engenharia, apesar de hoje em dia ser reconhecida a importância do contexto social e das ligações entre os sistemas socioeconómicos, água e ambiente (Lundqvist *et al.*, 2001). Do mesmo modo, é reconhecido que soluções sustentáveis para responderem a questões ligadas a recursos hídricos, necessitam de refletir as dimensões culturais (afetivas, intelectuais e morais) das atitudes das pessoas para com a água. A Cultura é assim um aspeto importante no que toca à gestão de recursos hídricos, basta verificar a importância da água em países áridos e semiáridos e a veneração que lhe é dada na maioria das religiões. Existem dois aspetos culturais que influenciam diretamente a gestão de recursos hídricos em áreas urbanas: a Arquitetura Urbana e o estilo de vida das pessoas. No que concerne à Arquitetura praticada em áreas urbanas, esta

reflete tradicionalmente, as características climáticas da região onde se localiza. Atualmente as linhas arquitetônicas tradicionais têm vindo a ser substituídas, em grande parte das cidades, pelo estilo Ocidental, muito por causa do aumento de população e da globalização, com impactos significativos na hidrologia urbana. A densidade populacional e de edifícios, os materiais utilizados na construção, bem como os sistemas de drenagem de águas pluviais e residuais, são fatores determinantes, entre outros, que causam alterações ao CUA. Em matéria de atitudes e hábitos dos cidadãos, estes afetam o ciclo hidrológico na medida em que influenciam a procura de água, sendo que o consumo de água per capita e utilização de água em espaços públicos, como parques e espaços verdes, são as principais variáveis que definem o estilo de vida nas cidades. Ainda que os fatores económicos sejam importantes na determinação destas características, os padrões de consumo de água, tradições e cultura, têm ainda um impacto bastante significativo nos estilos de vida das áreas urbanizadas (Marsalek *et al.*, 2006).

#### 4.4. Estratégias de Gestão Sustentável de Água Urbana

De acordo com Geels (2005), o desenvolvimento das relações entre os regimes sociotécnicos, pressupõe uma coevolução entre ciência, tecnologia, cultura, indústria, enquadramentos legais e mercados económicos. A Gestão Sustentável de Água Urbana ou *SUWM* (*Sustainable Urban Water Management*) pode ser considerada um passo avante nesta coevolução, que reflete as preocupações sobre o bem estar das pessoas (em vez de apenas a saúde pública), dos ecossistemas e desenvolvimento sustentável, que podem ser rotulados em conjunto como questões ambientais (Bartone *et al.*, 1994). As questões ambientais e consequentes desenvolvimentos de políticas ambientais, refletem o aumento da sensibilidade acerca dos impactos que as atividades humanas causam sobre o ambiente, em múltiplas escalas temporais e espaciais. As principais razões que sustentam as estratégias *SUWM* articulam-se essencialmente como uma reflexão desta maior sensibilidade, expressa na perspetiva da Gestão do Ciclo Urbano da Água ou *UWCM* (*Urban Water Cycle Management*). Na realidade, a aplicação de estratégias *SUWM* surge, na sua maioria, em áreas urbanas onde o setor dá garantias da prestação de serviços de água seguros e fiáveis (Marlow *et al.*, 2013).

As estratégias *SUWM* possuem, como desígnio, que a gestão urbana da água seja capaz de produzir mais benefícios que as até então práticas tradicionais de gestão urbana da água. Conquanto o seu significado não esteja bem definido, é ainda assim possível caracterizar o conceito através da sua comparação com as estratégias tradicionais de gestão urbana da água, que dependem na sua maioria de infraestruturas centralizadas de grande escala, desenvolvidas para prestar um serviço fiável e de baixo custo (Brown *et al.*, 2009a, b). Os serviços de distribuição de

água potável, recolha e drenagem de águas pluviais são, na sua maioria, efetuados através de condutas, e representam entre 50 e 75% dos custos das empresas que prestam mesmos serviços. Numa perspetiva teórica, baseada na sustentabilidade dos serviços, a redução das dependências de tais sistemas tem o potencial para analisar uma possível redução nos custos associados ou focar o investimento no tratamento de água potável, residual e pluvial em níveis adequados. A ineficiência dos sistemas de água potável e de águas residuais implica a perda de recursos com valor acrescentados, quer sejam nutrientes, energia ou água. De forma igual, a gestão de águas pluviais, aplicada numa visão puramente de proteção contra cheias, implica a perda de um recurso, neste caso a água, que poderia ser aproveitado. A descentralização é por isso um tema chave nas estratégias (Marlow *et al.*, 2013).

A tendência emergente, verificada um pouco por todas as cidades desenvolvidas, recorre à paisagem urbana para integrar a gestão do ciclo urbano da água, que inclui diversas estratégias baseadas em diversos conceitos, tais como a Gestão Integrada Urbana da Água (*IUWM*), *Low Impact Development (LID)*, *Best Management Practices (BMPs)*, *Nature-based solutions (NBS)*, *Sponge Cities*, *Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS)* e *Water Sensitive Urban Design (WSUD)* (Fletcher *et al.*, 2015; Jia *et al.*, 2013, 2017; Ren *et al.*, 2017). A filosofia comum a estes conceitos tem como base a utilização da paisagem urbana para transformar o caráter linear da gestão urbana da água convencional, numa abordagem tendencialmente mais cíclica, em que o abastecimento de água, o transporte de águas residuais, a drenagem de águas pluviais e os ecossistemas são geridos como elementos do mesmo sistema, mimizando o fluxo natural da água. Os elementos referentes à paisagem urbana que prestam os serviços ecossistémicos são frequentemente referidos como infraestruturas verdes (GI), definidos como uma rede interligada de áreas verdes e outros espaços urbanos, que conservam e mantêm o valor dos ecossistemas, e ao mesmo tempo prestam uma ampla variedade de benefícios para as pessoas e vida selvagem (Benedict & McMahon, 2006).

A nível Europeu, e face às alterações necessárias ao paradigma de gestão de águas urbanas, de forma a explorar possíveis inovações no que concerne a transição para um modelo de gestão sustentável de águas urbanas, foi desenvolvido o projeto de pesquisa *SWITCH*, que demonstrou a aplicabilidade e sucesso da introdução de elementos estruturais descentralizados de gestão de águas pluviais, no âmbito da abordagem *WSUD*, como resposta às necessidades da comunidade, algo que não seria possível caso fossem utilizadas as soluções tradicionais de gestão. Assim, a transição do modelo convencional de gestão de águas urbanas, para um modelo sustentável, permitirá aumentar a resiliência face a fenómenos de cheia e reduzir o volume de escoamento superficial no sistema de drenagem urbanos, através de processos de

infiltração, promovidos por elementos como *swales* e trincheiras de infiltração. (Hoyer *et al.*, 2011).

#### 4.4.1. *Integrated Urban Water Management (IUWM)*

O conceito por detrás da gestão urbana integrada da água é, na sua génese, consideravelmente mais vasto que aqueles cujo foco se relaciona apenas com a drenagem urbana. A estratégia *IUWM* deriva do termo mais amplo que trata da gestão integrada da água, que diz respeito à gestão holística de todos os componentes do ciclo da água ao nível da bacia (Biswas, 1981). No contexto urbano é integrada a gestão do abastecimento de água, águas subterrâneas, águas residuais e pluviais, sendo consideradas as interações e papéis das diversas instituições envolvidas na gestão do CUA (T. Fletcher, 2014; Rogers, 1993). Também em Espanha, na região da Andaluzia, foi desenvolvido, no âmbito do projeto de investigação *Sistemas de Gestión Sostenible del Ciclo Urbano del Agua en la Rehabilitación Integral de Barriadas en Andalucía* (AquaRiba), o conceito de gestão eco-integradora e participativa do CUA, que pretende reformular a relação da cidade com o recurso água e outros recursos (e.g., solo e a energia), integrando a água em todas as suas dimensões urbanas (Navarro *et al.*, 2015).

O termo *IUWM* foi utilizado pela primeira vez, na década de 90 e começou a receber maior atenção por parte da comunidade científica através de artigos de discussão que propunham novas abordagens à gestão urbana da água (Geldof, 1995; Harremoës, 1997; Maksimovic & Tejada-Guibert, 2015; Mitchell, 2006; Niemczynowicz, 1996). Um dos principais contributos para o desenvolvimento do conceito foi cunhado por Geldof (1995), que procurou delinear um enquadramento lógico que respondesse aos problemas relativos à escala, nível (tendo em conta os aspetos institucionais e sociais da gestão) e avaliação do setor urbano da água. Os princípios que refletem a estratégia *IUWM* são destacados por Mitchell (2006, p. 590), considerando todos os elementos do ciclo da água, quer naturais quer artificiais, superficiais e subterrâneos, reconhecendo-os como um sistema combinado, que integre as necessidades hídricas dos sistemas sociais e ecológicos, assim como, o contexto local sob uma perspetiva ambiental, social, cultural e económica, promovendo dessa forma a sustentabilidade dos sistemas, mantendo o equilíbrio ambiental, social e económico face à procura, no curto, médio e longo prazo.

Atualmente, esta estratégia de gestão, *IUWM*, é concomitante com os conceitos *WSUD*, *LID* e *Water Sensitive Cities*, os quais se alongam muito para além dos conceitos de drenagem urbana (Fletcher *et al.*, 2015).

#### 4.4.2. *Low Impact Development (LID)*

A filosofia por detrás do conceito *LID* baseia-se numa estratégia de design urbano que pretende minimizar os impactos potenciados pela pluviosidade, mantendo ou replicando as características naturais do regime hidrológico anteriores ao desenvolvimento urbano, relativas ao escoamento, infiltração e evapotranspiração (US EPA, 2000). Esta estratégia distingue-se das práticas tradicionais de gestão, ao desencorajar infraestruturas centralizadas de transporte e tratamento de água. Ao invés disso, as estratégias *LID*, recorrem a soluções descentralizadas de controlo na origem, tais como, sistemas de biorretenção, telhados verdes e valas de infiltração, que permitem reduzir o volume de escoamento superficial e promover a remoção de poluentes. Desta forma são incorporados princípios de conservação de recursos naturais, redução de superfícies impermeáveis, desconexão hidráulica entre superfícies, alterações ao escoamento natural e fitorremediação. Através desta estratégia é ainda possível proteger e preservar áreas ambientalmente sensíveis como, zonas ripícolas, zonas húmidas, áreas inundáveis e áreas com declives acentuados (US EPA, 2000).

#### 4.4.3. *Best Management Practices (BMPs)*

A definição destas práticas está associada ao conceito *LID*, quando desenvolvidas para recolher águas pluviais e reduzir volumes de escoamento. No contexto de drenagem urbana estas práticas estão historicamente ligadas à gestão de águas residuais, cujo foco é, principalmente, em medidas não estruturais (e.g., manutenção e procedimentos operacionais padronizados, capacitação de técnicos), cujas atividades eram inerentes à operação de infraestruturas centralizadas de tratamento de águas residuais. Este conceito sofreu, no entanto, uma evolução coadunada com atividades de prevenção de poluição, consistente com a Lei de Prevenção de Poluição dos Estados Unidos da América (Pollution Prevention Act, 1990).

As *BMPs* recorrem a práticas cuja implementação assegura a proteção da qualidade da água e promove a conservação do solo. Atualmente são utilizadas na gestão de águas pluviais para descrever medidas de controlo que procuram mitigar alterações na quantidade e qualidade do escoamento superficial que ocorre em áreas urbanas. As práticas consistentes com as *BMPs* possibilitam a integração de medidas não-estruturais (e.g., operações ou processos) com medidas estruturais (e.g., sistemas de biorretenção ou infraestruturas verdes) (Fletcher *et al.*, 2015).

#### 4.4.4. *Nature-based solutions (NBS)*

As Soluções baseadas na Natureza (*Nature-based solutions - NBS*), fazem parte da agenda política de inovação e pesquisa da União Europeia que visa criar sociedades mais resilientes e sustentáveis, inspiradas e apoiadas pela natureza, que utilizam ou mimicom processos naturais para contribuir para uma melhor gestão dos recursos hídricos. Uma *NBS* pode promover a conservação ou reabilitação de um ecossistema e/ou melhorar e criar processos naturais em ecossistemas modificados ou artificiais. Estas soluções podem ser aplicadas em várias escalas (European Commission, 2015). A atenção dada a esta prática ganhou novo alento nos últimos anos, através da sua incorporação num vasto leque de avanços políticos, no que diz respeito aos recursos hídricos, segurança alimentar e agricultura, biodiversidade, ambiente, redução do risco de catástrofes, áreas urbanas e alterações climáticas. As *NBS* trabalham lado-a-lado com a natureza em vez de no sentido oposto, e assim fornecem os meios essenciais para promover a transição de um cenário *business-as-usual* que fomente ganhos de eficiência social, económico e hidrológicos na gestão dos recursos hídricos. As infraestruturas verdes, componente integral das *NBS*, possibilitam a redução de riscos, quando associadas a infraestruturas cinzentas, permitem que haja uma redução de custos e diminuam os riscos associados a catástrofes (WWAP/UN-Water, 2018).

Muitas das ações prioritárias previstas são bastante relevantes no contexto de uma estratégia de Gestão do Ciclo Urbano da Água, assim como a regeneração de áreas urbanas e melhoria do bem-estar dos cidadãos. As ações mais relevantes dizem respeito à gestão da Bacia Hidrográfica e regeneração de ecossistemas. Na perspetiva dos recursos hídricos, as *NBS* criam co-benefícios sociais, económicos e ambientais, que são relativos ao bem-estar humano, crescimento económico sustentável, empregos decentes, reabilitação e manutenção de ecossistemas, e a proteção e aumento da biodiversidade (European Commission, 2015).

#### 4.4.5. *Sponge Cities*

O conceito das Cidades Esponja (*Sponge Cities*), foi desenvolvido e promovido pelo Governo da República da China, com o intuito de lidar com fenómenos de inundações em áreas urbanas e dar resposta a outras questões relacionadas com a gestão urbana da água, como o tratamento do escoamento superficial e atenuação de picos de cheia, que ocorrem após fenómenos de pluviosidade intensa. É também dado especial ênfase à conservação de água (Ka *et al.*, 2018).

Esta abordagem é em muito semelhante ao conceito *Low Impact Development (LID)*, utilizado nos Estados Unidos, à abordagem praticada no Reino Unido, os *Sustainable Urban Drainage*

*Systems (SUDS)*, e também à estratégia *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*, desenvolvida na Austrália. A *Sponge City* visa dessa forma (Ka *et al.*, 2018):

- Adotar e desenvolver conceitos *LID*, que melhorem o controlo do escoamento superficial, e que temporariamente, armazenem, reciclem e tratem a água de origem pluvial;
- Modernizar os sistemas de drenagem tradicionais, utilizando para isso infraestruturas resilientes (e.g., tanques e túneis subterrâneos de armazenamento de água), e aumentar os atuais valores de proteção afetos aos sistemas de drenagem utilizando soluções fundamentadas em estratégias *LID*;
- Integrar a utilização de massas de água naturais (como zonas húmidas e lagos), de forma a que através de serviços ecossistémicos sejam alcançados múltiplos objetivos, incorporados à partida em projetos de drenagem que visem a criação espaços verdes.

As infraestruturas contempladas nas *Sponge Cities* variam entre *Bio-Swales*, Jardins Chuva, Pavimentos Permeáveis e Telhados Verdes, que mimizam a resposta hidrológica natural (medidas estruturais que têm como objetivo reduzir os caudais de ponta de cheia nos sistemas de drenagem urbanos), e que promovem a infiltração, retenção, armazenamento e tratamento de águas pluviais, o que melhora a qualidade do escoamento superficial e contribui para a recarga de aquíferos (Everett *et al.*, 2016; Qin *et al.*, 2013). Estas infraestruturas permitem ainda alcançar outros benefícios adicionais. A implementação de jardins chuva e *swales* permite aumentar as áreas verdes urbanas e contribuir para um maior equilíbrio da paisagem urbana e bem-estar humano. É possível, neste sentido, aumentar a biodiversidade do ecossistema urbano, proporcionando novos habitats para uma maior variedade de espécies (e.g., pássaros e insetos benéficos no controlo de pragas). As infraestruturas, quando bem planeadas e integradas na paisagem urbana, podem produzir múltiplos benefícios para os cidadãos, ao serem criados novos espaços verdes, como parques e jardins urbanos, que aumentam o valor estético e económico das áreas adjacentes (Wang *et al.*, 2017).

O conceito inerente à *Sponge City* pretende, então, transformar o processo de planeamento urbano, promovendo a conservação e criação de paisagens urbanas mais naturais e resilientes, capazes de mitigar os efeitos associados às Alterações Climáticas, mesmo que, sejam ainda utilizadas infraestruturas de engenharia para o controlo do escoamento superficial e armazenamento de águas pluviais em eventos de precipitação extrema. O sucesso da sua

implementação possibilita avaliar os usos do solo e ordenamento da cidade, melhorando assim a diversidade dos ecossistemas urbanos e o bem-estar social (Ka *et al.*, 2018).

#### 4.4.6. *Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS)*

Os Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (*Sustainable Urban Drainage Systems - SuDS*), surgiram de uma alteração de práticas de gestão de águas pluviais no Reino Unido, cuja filosofia se fundamenta na replicação das condições naturais de drenagem prévias ao desenvolvimento de áreas urbanas. Este conceito relaciona-se também com a estratégia já apresentada no domínio das LID. Idealmente a gestão de águas pluviais é feita na origem, aumentando as oportunidades e benefícios que daí podem advir (Kellagher *et al.*, 2015). Os SuDS são uma abordagem de gestão de águas pluviais que intenta reduzir os impactos do escoamento superficial, em termos de quantidade e qualidade e maximizar os aspetos paisagísticos e da biodiversidade (*Anexo III.1.*), procurando sempre a implementação de soluções a longo prazo que incorporem fatores ambientais no processo de gestão urbana da água (Lourenço, 2014).

Os *SuDS*, representam um conjunto de práticas de gestão, estruturas de controlo e estratégias, que têm como objetivo drenar o escoamento superficial de uma forma eficaz e sustentável, capaz de minimizar a poluição e reduzir os impactos no meio hídrico recetor. Contrariamente à visão tradicional de drenagem de águas pluviais, esta visão integrada tem como objetivo reter a água no local e beneficiar todos os processos que daí advêm, onde é promovida a recarga de aquíferos através da infiltração, retardando a chegada das águas ao meio recetor, e também ao nível dos ecossistemas, pois a retenção de água proporciona habitats de vida selvagem e espaços verdes urbanos, contribuindo para a biodiversidade, o que aumenta a evapotranspiração e atenua os efeitos de ilha de calor urbana, favorecendo o bem-estar humano (Kellagher *et al.*, 2015).

As técnicas *SuDS* e os seus componentes estruturais são implementados numa sequência lógica, conhecida como Cadeia de Gestão (*Anexo III.2.*). Em conjunto, estes componentes permitem controlar os caudais pluviais e reduzir a poluição, à medida que a água escoar ao longo dos *SuDS*. Cada elo da cadeia de gestão reduz assim o caudal de escoamento superficial e melhora a qualidade da água.

De facto, o desenvolvimento de estratégias no domínio de *SuDS*, não devem ser indiferentes ao ambiente urbano onde se inserem, mas sim estarem conectadas através de corredores ecológicos.

Tanto quanto possível, a implementação de técnicas *SuDS* deve ser baseada nos seguintes princípios: utilizar e gerir a água pluvial como um recurso, através de estruturas de controlo na origem, que possibilitem a recolha, armazenamento, infiltração e evapotranspiração, retardando assim o seu escoamento em áreas urbanas, ao mimicar o regime hidrológico natural anterior ao desenvolvimento urbano e reduzir a carga poluente do escoamento superficial, promovendo o seu tratamento (Kellagher *et al.*, 2015).

#### 4.5. Water Sensitive Urban Design (WSUD)

A abordagem *WSUD*, conceito desenvolvido na Austrália, considera o ciclo urbano da água, aliado ao planeamento urbano, serviços e infraestruturas relacionadas, para a criação de um ambiente urbano que forneça múltiplos benefícios. A gestão sustentável da água no ambiente urbano recorre à incorporação de processos naturais, que promovam a evapotranspiração, a infiltração e a drenagem do escoamento superficial com origem pluvial, em áreas urbanas, no âmbito da gestão integrada do CUA conforme se ilustra na Figura 4 (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).



Figura 4 - Representação esquemática do ciclo natural da água, ciclo urbano da água, e ciclo urbano da água sob o domínio *WSUD* (adaptado de Hoban & Wong, 2006)

Embora a abordagem *WSUD* integre todos os processos relativos ao CUA, as águas pluviais são um elemento-chave, tanto como recurso, como para proteção dos meios recetores. Nesse sentido, o controlo na origem de águas pluviais pode beneficiar a integração dos objetivos propostos no âmbito de uma estratégia *WSUD*. Por sua vez, a abordagem *WSUD* é predominantemente aplicada na gestão urbana de águas pluviais, que procura recriar as condições naturais do ciclo da água, e contribuir assim para o bem-estar e conforto proporcionado pela cidade (Hoyer *et al.*, 2011).

Para que sejam alcançadas as condições hidrológicas anteriores ao desenvolvimento urbano, é importante garantir o tratamento das águas pluviais urbanas através de elementos naturais que filtrem contaminantes e removam poluentes que são transportados pelo escoamento superficial. No contexto urbano, as águas pluviais estão sujeitas a múltiplos focos de poluição, quer sejam sedimentos, resíduos sólidos ou poluentes como óleos, metais, fertilizantes, pesticidas, resíduos animais, pequenos resíduos sólidos, sais e patógenos. A adesão de poluentes a sedimentos lodosos é motivo de grande preocupação, no âmbito da gestão sustentável do CUA, dada a dificuldade em identificar os focos de poluição, cuja distribuição nas áreas urbanas é de origem difusa, e que individualmente não são significativos, mas à medida que são arrastados pelo escoamento superficial, colocam riscos quanto à qualidade das massas de água superficiais e subterrâneas (Kellagher *et al.*, 2015).

O conceito *WSUD*, como abordagem ao design e planeamento urbano, possibilita que o tratamento de águas urbanas superficiais seja aplicado de forma incremental, controlando o seu caudal ao longo do sistema de drenagem natural. O controlo na origem promove uma diminuição da quantidade de água que entra nos sistemas urbanos de drenagem. A linha de tratamento, ou cadeia de gestão, pode ser desenvolvida quer para tratar a quantidade, quer para tratar a qualidade da água. O tratamento da quantidade consiste no controlo dos caudais elevados de água, reduzindo assim a velocidade do escoamento superficial e a sua acumulação nas áreas a jusante. O tratamento da qualidade da água consiste na remoção de sedimentos, nutrientes e poluentes presentes nas águas pluviais que se acumulam nas superfícies das áreas urbanas. Os elementos de tratamento são implementados numa determinada área tendo em consideração a sua eficácia e, adaptação ao local, sendo o tipo de intervenção classificado relativamente ao tipo de tratamento e consoante as dimensões das partículas que filtram, como tratamento primário, secundário ou terciário, que contribuem para a qualidade da água que é descarregada no meio recetor (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Roads and Maritime Services Centre for Urban Design and Environmental Land Management Section, 2017). Uma linha de tratamento necessita de incluir uma série de processos de tratamento, especificados no Anexo IV.1., a fim de conseguir alcançar o maior número de poluentes que podem ser encontrados no escoamento superficial urbano, identificados no Anexo IV.2. A aplicação de elementos técnicos adaptados aos diferentes processos recorre a plantas, solos e lagoas para a retenção de poluentes, que em conjunto permitem a decomposição de substâncias perigosas por fitorremediação (Graham *et al.*, 2012).

O desenvolvimento urbano exerce enormes pressões sobre os ecossistemas aquáticos, alterando de forma significativa o ciclo natural da água e, que em conjunto com infraestruturas envelhecidas e políticas desatualizadas, as ineficiências e vulnerabilidades do sistema aumentam (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009). Assim, a introdução de técnicas *WSUD* pretende reduzir áreas urbanas impermeáveis, promover a retenção temporária de águas e o seu reaproveitamento, o mais próximo possível da sua origem, minimizando os impactos negativos do desenvolvimento urbano sob o meio natural. Desta forma, pretendem-se alcançar os seguintes objetivos (Allen *et al.*, 2013; Victorian Stormwater Committee, 1999):

- Reduzir picos de cheia e volume de escoamento superficial;
- Minimizar o transporte de poluição das áreas urbanas para o meio hídrico recetor;
- Proteger ecossistemas naturais;
- Integrar os sistemas de tratamento de águas pluviais na paisagem urbana;
- Recolher as águas pluviais e incentivar a sua reutilização em usos que não exijam níveis de qualidade elevados, reduzindo assim os consumos de água da rede;
- Redução de infraestruturas hidráulicas e custos associados.

As abordagens tradicionais de gestão de águas pluviais influenciam a hidrologia natural das bacias hidrográficas em áreas urbanas, ao alterarem o caudal de base, os fluxos térmicos e os caudais de ponta de cheia. Como alternativa, a aplicação de melhores práticas no domínio de *WSUD* potencia os benefícios das águas pluviais como recurso, proporcionando múltiplas oportunidades para o seu aproveitamento e integração no design urbano, trazendo benefícios ambientais, económicos e sociais. Uma das principais vantagens da abordagem *WSUD* diz respeito à possibilidade de incorporar medidas que beneficiam todos os elementos que integram o CUA, como a gestão da procura, a recolha de águas pluviais, a recarga e armazenamento de aquíferos e reutilização de águas pluviais/cinzentas/residuais, eficazes para alcançar objetivos de redução nos consumos de água potável e produção de águas residuais (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009; US EPA, 2000).

Esta abordagem não abrange somente os processos físicos que gerem os recursos hídricos em áreas urbanas, comprometendo-se também a transmitir o valor intrínseco da água e a necessidade de conservar a mesma, incorporando-a de forma sustentável e racional na

paisagem urbana, através de espaços verdes urbanos que fomentem o espírito de cidadania e entreajuda entre os indivíduos e a comunidade local, valorizando a sua participação e na gestão do CUA (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

Os componentes essenciais da abordagem *WSUD* no contexto da gestão integrada do CUA são ilustrados na Figura 5, na qual são apresentados os elementos do CUA e as suas interconexões, que quando considerados simultaneamente permitem alcançar objetivos que sustentam a manutenção do ambiente natural, ao mesmo tempo que é dada resposta às necessidades humanas, incluindo para isso as diferentes etapas dos processos de planeamento e design urbano (Gersonius *et al.*, 2016).

As estratégias no domínio de *WSUD*, incorporam a gestão do ciclo urbano da água e medidas de sustentabilidade ambiental em todos os processos de desenvolvimento urbano (e.g., plano diretor municipal), nas quais as escalas de aplicação tomam uma importância relevante, e que incluem: i) escalas espaciais: país, bacia hidrográfica, cidade, município, bairro e loteamento (Kuzniecowa Bacchin *et al.*, 2013); ii) escalas temporais: longevidade da estratégia, flexibilidade e robustez face a alterações futuras; iii) escalas de sistemas: água-energia, transportes, ciclo da água, recursos hídricos, risco de inundação e drenagem; iv) escalas institucionais, governamentais, jurisdicionais e culturais: limites de responsabilidades atuais e futuras (Gersonius *et al.*, 2016).

Alcançar os objetivos inerentes à estratégia *WSUD* requer mais do que apenas componentes estruturais (e.g., componentes cinzentos, relativos a infraestruturas de engenharia hidráulica, e componentes verdes, como intervenções que incorporam vegetação). É fundamental, na filosofia *WSUD*, que sejam adotadas Melhores Práticas de Planeamento (*MPPs*) e Melhores Práticas de Gestão (*MPGs*) Estruturais e Não-Estruturais, adequadas ao contexto da Bacia Hidrográfica.



Figura 5 - Componentes do conceito WSUD e as suas interações com a gestão integrada do ciclo urbano da água (adaptado de Ashley et al, 2013)

A Tabela 2 destaca os processos envolvidos e a relação entre *MPGs* e *MPPs* no processo de implementação de uma estratégia *WSUD*.

Tabela 2 - Etapas envolvidas na implementação de estratégias no domínio de *WSUD* (adaptado de Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009)

<p><b>1. Definição dos objetivos:</b> Seleção dos objetivos no âmbito da estratégia <i>WSUD</i></p>
<p><b>2. Melhores Práticas de Planeamento:</b> Levantamento das características locais; Avaliação das capacidades de uso do solo.</p>
<p><b>3. Melhores Práticas de Gestão:</b> Seleção de <i>MPGs</i>; Avaliação da viabilidade de implementação das <i>MPGs</i>.</p>
<p><b>4. Opções de layout locais</b></p>
<p><b>5. Avaliação da proposta <i>WSUD</i>:</b> Avaliação das opções de projeto face os objetivos definidos no âmbito da estratégia <i>WSUD</i>.</p>
<p><b>6. Proposta de layout final</b></p>
<p><b>7. Avaliação:</b> Avaliação do exaustiva das <i>MPGs selecionadas</i> face aos objetivos propostos.</p>

#### 4.5.1. Melhores Práticas de Planeamento (*MPPs*)

Uma *MPP* é definida como a melhor prática de planeamento capaz de alcançar ou contribuir para os objetivos de gestão definidos no contexto urbano. Incluídas nestas práticas estão a avaliação dos atributos físicos e naturais do local e a capacidade de uso do solo. As *MPPs* são referentes ao levantamento local, planeamento e dimensionamento das componentes estruturais de *MPGs*.

A avaliação dos usos do solo permite explorar a existência e capacidade de serem criados corredores verdes e áreas de conservação, cujos objetivos podem passar por proteger e melhorar áreas de elevada importância no contexto da bacia. O levantamento, quando feito em maior detalhe, deve conter informações acerca de (Wong *et al.*, 2002):

- Geologia e tipo de solos;
- Topografia (existência de áreas com declive acentuado e planas);
- Clima local (relativa a padrões de precipitação e índice de evaporação);
- Elementos naturais existentes (tais como, vegetação, habitats e espécies protegidas);
- Drenagem urbana (relativa aos caudais de ponta de cheia para períodos de retorno de 100 anos)
- Infraestruturas urbanas existentes (como condutas de água e gás) e elementos históricos (como sítios arqueológicos e património cultural).

A análise da capacidade de usos do solo avalia a correspondência entre a capacidade física dos recursos naturais identificados no levantamento das características locais e a sua utilização sustentável no futuro, uma vez que a área esteja totalmente desenvolvida. Através da matriz de capacidade de uso do solo podem ser identificadas áreas na paisagem capazes de melhor suportar práticas específicas de usos do solo, devendo ser dada preferência àquelas que proporcionem maiores benefícios ambientais na área a jusante (Wong *et al.*, 2002).

As limitações orçamentais podem ser ultrapassadas através da inclusão de planos estratégicos de ação na conceção do layout local. Exemplos destes, que podem melhorar a eficácia global da estratégia de gestão de águas pluviais incluem (Wong *et al.*, 2002):

- Sempre que possível, as estradas devem ser orientadas na diagonal ao longo contorno, para que seja alcançado um declive de 4% ou menos, que auxilie a incorporação de *MPGs* na paisagem urbana;

- Promover projetos de loteamento em redor dos espaços públicos abertos, que facilitem o acesso da comunidade e incorporem elementos referentes à água na paisagem, que façam parte da estratégia de gestão de águas pluviais local;
- Manter e/ou restabelecer a vegetação ao longo de massas de água, e criar espaços públicos abertos ao longo das linhas de drenagem, como corredores multifuncionais, que conectem áreas públicas e privadas a espaços públicos urbanos.

As *MPPs* podem ser implementadas quer a nível estratégico, quer de dimensionamento. Ao nível estratégico, as *MPPs* podem incluir decisões de criação de áreas protegidas, vias arteriais ou incluir conjunturas políticas futuras que sejam sensíveis à água e diretrizes de desenvolvimento urbano sustentáveis que orientem a transição da cidade (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009).

As *MPPs* podem ser aplicadas numa ampla variedade de situações referentes a um projeto *WSUD*. Alguns exemplos de *MPPs* incluem (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009):

- Identificação e proteção de áreas para o desenvolvimento de sistemas integrados de gestão de águas pluviais, incluindo estruturas de armazenamento, linhas de drenagem e transbordo, e pontos de descarga;
- Identificação de áreas adequadas e não adequadas a processos de desenvolvimento;
- Identificação e proteção de redes públicas de espaços verdes, incluindo vegetação residual, linhas de drenagem natural, elementos recreacionais, culturais e ambientais;
- Identificação de opções para o desenvolvimento de medidas de conservação de água a nível do projeto para:
  - Traçado de estradas;
  - Construção de edifícios (e.g., incentivo à incorporação de telhados verdes);
  - Serviços internos;
  - Arquitetura urbana;
  - Paisagem urbana (e.g., mecanismos de fornecimento próprio);

As várias ferramentas de planeamento e design baseadas nos princípios das *MPPs*, são desenvolvidas relativamente a redes de espaços públicos abertos, urbanismo, estradas e arruamentos.

### Redes de espaços públicos abertos

A estratégia *WSUD* incorpora no seu desenvolvimento corredores de drenagem com múltiplas funções em áreas urbanas residenciais. Estes integram o espaço público com corredores verdes, onde é promovida a conservação de água, sendo implementados sistemas de gestão de águas pluviais e espaços de lazer, com benefícios sociais, económicos e ambientais.

Os espaços públicos abertos tornam-se assim mais funcionais, dados os múltiplos usos que lhes são conferidos. Os corredores de drenagem vegetados oferecem proteção, ao funcionarem como uma faixa absorvente de água na paisagem urbana. O desenvolvimento de áreas de lazer próximas de instalações de drenagem pode criar alguns riscos para a segurança e saúde pública, o que requer que seja considerada durante a fase de projeto, a respetiva sinalética de segurança.

No *Anexo V.1.* é comparada a abordagem convencional de desenvolvimento urbano com a abordagem que recorre a *WSUD*, incorporando elementos sensíveis à água nos espaços públicos abertos (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009).

### Urbanismo

O urbanismo sensível à água integra blocos residenciais com funções de drenagem de águas e espaços públicos abertos. A disposição das unidades residenciais contemplam estratégias de desenvolvimento mais compactos, o que reduz as superfícies impermeáveis e ajuda a proteger a qualidade das águas e a conservar as massas de água urbanas (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009).

O *Anexo V.2.* ilustra como o processo urbanístico pode ser ajustado de forma a incorporar e a realçar a presença de espaços públicos abertos e linhas de água existentes.

### Estradas e ruas

Para que o dimensionamento de estradas e ruas seja considerado como sensível à água, deverá incorporar os elementos naturais existentes e a topografia local na sua conceção. A implementação destas deverá localizar-se nas áreas adjacentes a espaços públicos abertos sempre que possível. Promovem-se assim as características paisagísticas do local, o armazenamento de água temporário, a infiltração na origem e a melhoria da qualidade da água. Pretende também diminuir as superfícies impermeáveis características das infraestruturas viárias. Como em qualquer projeto de infraestruturas viárias, a segurança rodoviária tem de ser garantida. As limitações relativas à topografia local influenciam a implementação de *WSUD*,

que preferencialmente, devem contemplar alinhamentos de estradas mais planos e que sigam os limites naturais (Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009).

Nos *Anexos* V.3. a V.5. apresentam-se diferentes tipologias de aplicação da abordagem *WSUD* para o dimensionamento de infraestruturas viárias.

#### Arruamentos

Uma paisagem urbana sensível à água integra o dimensionamento dos arruamentos e as necessidades dos veículos e pedestres com as necessidades elementares de gestão das águas pluviais. São para isso utilizadas medidas de projeto que contemplam, logradouros que marginem a via pública com menor dimensão, lotes com afastamento mínimo de arruamentos, retenção local de águas pluviais no domínio público rodoviário, e manutenção da paisagem. No *Anexo* V.6.e V.7. é ilustrada a aplicação da abordagem *WSUD* no traçado de arruamentos.

#### 4.5.2. Melhores Práticas de Gestão (*MPGs*)

As *MPGs* referem-se aos elementos estruturais e não-estruturais de uma estratégia no domínio de *WSUD*. Os elementos estruturais dizem respeito às estruturas urbanas que previnem, recolhem, tratam, transportam, armazenam e reutilizam a água com origem no escoamento superficial, através de processos e infraestruturas naturais incorporadas na paisagem urbana, aplicadas numa cadeia de gestão, que permitem a criação e melhoria de espaços públicos de recreio e lazer sensíveis à água. As medidas não-estruturais incluem políticas ambientais e de desenvolvimento urbano, que promovem a sensibilização e aumento de literacia por parte dos todos os utilizadores acerca da importância de melhores práticas, que contribuem para um uso eficiente do recurso água, previnem a contaminação das águas pluviais e demonstram a necessidade da sua gestão no domínio do CUA (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways Partnership, 2009; Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009; Wong *et al.*, 2002). O *Anexo* VI.1. apresenta as *MPGs* e a sua relação com os objetivos de conservação de água, redução do volume de águas residuais e gestão de águas pluviais, relativos às estratégias contempladas no domínio de *WSUD*.

Nas bacias hidrográficas correspondentes a áreas urbanas bastante desenvolvidas, a ausência de áreas sem ocupação urbana limita o tipo de *MPGs* que podem ser implementados para o controlo do escoamento superficial. Não obstante, a elevada ocupação urbana não deve ser

encarada como um problema, mas sim, como uma oportunidade de adaptar as soluções existentes à realidade local. (Wong *et al.*, 2002).

As principais *MPGs*, e as características das mesmas quanto a objetivos pretendidos, condições locais de implementação e benefícios potenciais são apresentadas no *Anexo VI.2*.

### *MPGs* Não-Estruturais

As *MPGs* Não-Estruturais são práticas institucionais e de prevenção de poluição, desenvolvidas para impedir ou minimizar a contaminação de águas pluviais e também para reduzir o volume de águas pluviais que afluem à cadeia de gestão. Estas práticas não envolvem infraestruturas fixas e permanentes, e são normalmente implementadas através de mudanças de comportamento, por meio de práticas de governação (e.g., políticas ambientais e de ordenamento e planeamento do território), persuasão e/ou instrumentos económicos, nas quais são tidos em consideração os impactos ambientais de áreas destinadas à construção, e o papel das ações de educação e sensibilização. Para que a mudança de atitudes e prática seja transversal a toda a comunidade, é aconselhado combinar *MPGs* Não-Estruturais, com outras medidas, para que as mudanças de comportamento e atitude pretendidas sejam eficazes (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Wong *et al.*, 2002). No *Anexo VI.3* são apresentadas em resumo algumas medidas não-estruturais.

A eficácia das *MPGs* Não-Estruturais, como mecanismo de alteração de comportamentos sociais e minimização da quantidade e qualidade de águas pluviais em áreas urbanas, é deveras influenciada pelo contexto demográfico, económico e também pelos valores ambientais da comunidade (Morison & Brown, 2011).

As *MPGs* Não-Estruturais podem ser divididas em cinco categorias principais (Department of Environment & Swan River Trust, 2005):

- **Ferramentas de planeamento e ordenamento do território** – como o desenvolvimento de planos municipais que contemplem a utilização de práticas *WSUD* em novas áreas urbanas (e.g., que promovam a infiltração e biorretenção);
- **Planeamento estratégico e regulação institucional** – como o uso de planos estratégicos, regionais ou municipais de gestão de águas pluviais urbanas, e garantias de financiamento que apoiem a implementação desses planos;
- **Procedimentos de prevenção de poluição** - como práticas de manutenção (e.g., manutenção da rede de drenagem de águas pluviais) e elementos de sistemas de gestão

ambiental (e.g., procedimentos de armazenamento de material e formação de colaboradores acerca da gestão de águas pluviais em diferentes áreas);

- **Programas de sensibilização e de participação** – como programas de formação e envolvimento da comunidade no desenvolvimento e implementação de planos de gestão de águas pluviais;
- **Normas e regulamentos** – como a aplicação de leis municipais para melhorar o controlo da erosão e de sedimentos em estaleiros de obras, o uso de instrumentos de regulação, como licenças ambientais, para ajudar a gerir os recintos com maior probabilidade de contaminar águas pluviais ou subterrâneas, e programas para reduzir descargas ilícitas nos sistemas de drenagem de pluviais.

### Planeamento e Ordenamento do Território

Os mecanismos que regulam o planeamento e ordenamento do território são fundamentais para o controlo do planeamento urbanístico e desenvolvimento da cidade, os quais devem refletir a real importância do CUA. Devem ser contempladas, nos planos diretores, políticas de gestão de águas pluviais, exigindo que a gestão local destas seja incluída na fase de projeto de desenvolvimento de espaços urbanos, como condição de aprovação de projeto (e.g., adoção de melhores práticas de gestão ambiental em estaleiros de obras e implementação de estratégias *WSUD*), a identificação e proteção de áreas sensíveis, respeitando e recuperando sempre que possível os sistemas de drenagem natural existentes, assim como a redução do escoamento superficial, através de uma combinação de áreas permeáveis e impermeáveis. Deverão ser também levadas a cabo ações de formação no sentido de educar os técnicos municipais sobre melhores práticas de gestão (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Navarro *et al.*, 2015).

### Plano de Gestão de Águas Pluviais

Os planos de gestão de águas pluviais definem a abordagem a implementar, no que diz respeito à quantidade e qualidade das águas pluviais urbanas, de forma a que se assegure a proteção de valores ecológicos, sociais/culturais e económicos. A sua utilização auxilia a tomada de decisão, na medida em que garante que, medidas de remediação (estruturais e não-estruturais) existentes em áreas desenvolvidas, sejam implementadas de forma coordenada e integrada, numa perspetiva de sustentabilidade económica, e que as decisões em relação a novos projetos de desenvolvimento sejam contempladas logo na fase inicial de projeto. Por sua vez estes planos podem ainda suportar o desenvolvimento de uma abordagem holística de melhores

práticas de gestão em áreas desenvolvidas e em desenvolvimento. Das várias razões para o desenvolvimento e implementação de um plano de gestão de águas pluviais, destacam-se (Department of Environment & Swan River Trust, 2005):

- Sustentabilidade económica ao nível do orçamento afeto à gestão de águas pluviais;
- Redução dos riscos de inundações;
- Redução dos riscos de saúde pública e impactos ambientais das infraestruturas de drenagem de águas pluviais;
- Redução dos problemas relativos à qualidade da água (e.g., eutrofização de águas e morte de peixes);
- Redução dos impactos das questões ligadas à quantidade de água (e.g., redução da recarga natural de aquífero, erosão de massas de água e alteração dos regimes de escoamento do meio recetor);
- Melhorar a coordenação dentro e entre divisões e agências a nível municipal e regional;
- Estabelecer processos e medidas de contingência para responder a emergências, e adoção de uma abordagem proativa acerca da gestão de águas pluviais.

Para que a gestão de águas pluviais seja transversal a toda a bacia hidrográfica é necessário que sejam abrangidos todos os intervenientes que contribuem para a sua gestão, de forma a que os planos desenvolvidos e os seus objetivos estejam articulados com a implementação de melhores práticas de gestão, no âmbito de uma estratégia *WSUD*.

#### Sensibilização e educação da comunidade

Os programas de sensibilização e educação da comunidade que abordam a problemática da gestão de águas urbanas, incentivam a alterações nas práticas e comportamentos sociais que dizem respeito à relação da comunidade com estas. As mudanças individuais de comportamento podem contribuir coletivamente para reduzir o impacto do desenvolvimento urbano sobre as águas urbanas. Promover a sensibilização da comunidade é um dos métodos mais eficientes e economicamente sustentáveis para incentivar mudanças de comportamento. O desenvolvimento e implementação de estratégias de educação e incentivos, planeadas como parte de uma abordagem holística, podem assim encorajar a adoção de melhores práticas de gestão de águas urbanas, tecnologias de conservação e redução de focos difusos de poluição de água.

No entanto, a sensibilização e educação da comunidade, relativamente a questões relacionadas com a poluição, não são necessariamente percussoras de mudanças de comportamentos. É

ainda assim, necessário que, e em adição, existam infraestruturas de apoio, e uma estrutura social em torno dos indivíduos, que facilite a disseminação e cumprimento das mensagens educacionais.

A educação deverá ser considerada como um dos vários mecanismos para solucionar problemas com causas humanas. Outros mecanismos incluem:

- Aplicação da lei: política, legislação e regulamentação;
- Economia: incentivos monetários e coimas;
- Engenharia: ciência e tecnologia;
- Avaliação, supervisão e pesquisa.

Uma vez capacitados e informados acerca das soluções que minimizem ou evitem a poluição de águas com origem urbana, sejam elas pluviais ou residuais, é mais provável que a comunidade aja, de facto, em conformidade, podendo até pressionar o governo local, indústria e empresas a serem mais responsáveis na gestão do ciclo urbano da água (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Department of Planning and Local Government, 2009).

#### Gestão da Procura

A gestão da procura requer uma abordagem holística, que reconheça a complexidade das inter-relações entre todos os fatores que afetam a procura de água. É para isso necessário a criação de um contexto propício, baseado num conjunto adequado de políticas de apoio mútuo e numa estrutura legal abrangente, com um conjunto coerente de incentivos e medidas regulatórias para apoiar essas políticas. Dessa forma, pretende-se incentivar um melhor uso dos recursos hídricos existentes no ecossistema urbano, através de uma gestão mais eficiente, que compreende um conjunto de intervenções e sistemas organizacionais destinados a aumentar a eficiência técnica, social, económica, ambiental e institucional nos vários usos da água. No meio urbano, a gestão da procura refere-se ao conjunto de medidas que visam reduzir o uso de água. Estas medidas podem ser comportamentais, procurando aumentar a sensibilidade da comunidade e influenciar os padrões de uso de água, para reduzir os consumos de água domésticos, industriais, de áreas comerciais e espaços públicos, e também estruturais, que contemplem o uso de aparelhos que aumentam a eficiência no consumo de água em habitações e edifícios, bem como no dimensionamento de espaços verdes urbanos, através de alterações nas características do solo e na escolha de plantas adaptadas ao clima local (Department of Planning and Local Government, 2009; Global Water Partnership, 2012).

Das medidas disponíveis no contexto da gestão da procura destacam-se as seguintes (Department of Planning and Local Government, 2009):

- Acessórios e dispositivos de consumo de água eficientes.
- Sistemas de aquecimento e refrigeração eficientes;
- Paisagem urbana mais eficiente no consumo de água;
- Recolha e utilização de águas pluviais;
- Utilização de águas cinzentas;
- Reutilização de águas residuais tratadas.

A gestão da procura deve assim conseguir responder às necessidades hídricas do ecossistema urbano com uma menor quantidade de recursos, aumentando a eficiência na utilização de água. Da mesma forma, visa promover a reutilização de água para fins não potáveis, e reduzir os consumos energéticos nos processos de captação, tratamento e distribuição (Navarro *et al.*, 2015).

#### Recolha e reutilização de água

Na gestão do CUA podem ser identificadas diversas origens de água com elevado potencial para complementar as origens tradicionais de água urbana, que podem ser utilizadas consoante a sua qualidade para um determinado fim (“*fit for purpose*”). Contudo, nem todas as opções são adequadas para qualquer área, pois a sua utilização depende de fatores ambientais, económicos e sociais. É necessário, por isso, considerar as circunstâncias de cada local para determinar a melhor opção para poupanças de água, encontrar novas origens e reduzir a contaminação de águas urbanas. Como tal podem ser preconizadas três origens de água nas bacias hidrográficas que dominam as áreas urbanas. Deste leque podem ser consideradas as águas pluviais, o escoamento superficial e as águas residuais. A recolha e armazenamento de águas pluviais é possível através de tanques ou cisternas (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

A captação do escoamento superficial permite que uma maior quantidade de água pluvial seja armazenada e, posteriormente, tratada uma vez que está em contacto com estradas, espaços públicos abertos e outras áreas impermeáveis. A recolha do escoamento superficial requer por isso um planeamento que considere grandes áreas de armazenamento e tratamento incorporadas numa bacia de retenção ou sistema subterrâneo (e.g., recarga artificial de aquífero ou cisterna). No entanto, esta opção oferece reduções bastante significativas de poluentes, em comparação com outras origens alternativas de água, reduzindo o teor de sólidos suspensos (e.g.,

sedimentos, resíduos de automóveis, etc.). As estratégias de recolha e reutilização local de águas pluviais são por isso uma forma eficaz para a redução do volume de escoamento superficial urbano, e ambientalmente preferível a outras origens, pois desta forma se elimina a necessidade de grandes infraestruturas de drenagem e bombeamento, o que garante a redução de emissões de gases de efeito de estufa (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

Por último, pode ainda ser considerada a reutilização de águas residuais domésticas nos seus três domínios, águas cinzentas, negras e residuais tratadas, cujas características específicas que lhes estão associadas conferem diferentes finalidades e riscos. As águas negras são águas residuais provenientes das descargas de sanitas e mictórios, ou seja, que contêm urina e/ou fezes. As águas cinzentas são águas residuais domésticas que não contêm águas negras, são provenientes em geral, de banheiras, duchas, lavatórios, lavagem de roupas e cozinhas. A reutilização de águas residuais domésticas contempla a reciclagem de águas residuais através de processos adequados aos fins pretendidos. As aplicações de reutilização incluem usos industriais, usos agrícolas, usos domésticos não potáveis e rega urbana em espaços abertos. A reutilização de efluentes é não só uma origem de água alternativa fiável, que aumenta a eficiência na utilização dos recursos hídricos urbanos, mas também uma forma eficaz de reduzir a poluição e melhorar a qualidade de águas residuais, diminuindo o volume de águas residuais domésticas que causam a colmatção e transbordo dos sistemas de drenagem de águas residuais, o que traz benefícios diretos à qualidade da água, aos ecossistemas, além de reduzir os riscos para a saúde humana. As estratégias de tratamento e reutilização de águas residuais domésticas devem considerar determinados fatores, tais como a aceitação da comunidade, gestão de riscos para a saúde pública e sensibilidade dos ecossistemas locais à rega com águas residuais tratadas (ANQIP, 2011; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Melbourne Water, 2013).

### *MPGs Estruturais*

As *MPGs* estruturais são relativas aos elementos estruturais implementados para gerir a qualidade e quantidade do escoamento superficial, controlar, tratar ou prevenir a poluição de águas pluviais e/ou reduzir o volume de escoamento superficial. Os elementos de controlo estrutural podem ser classificados quanto à sua localização na bacia hidrográfica que domina a cidade (e.g., a montante ou jusante), função (e.g., qualidade ou quantidade), etapa de tratamento ao longo da cadeia de gestão (e.g., primário, secundário ou terciário) e tipo de elemento

estrutural (e.g., infraestruturas cinzentas ou verdes). Idealmente são instalados na origem do escoamento superficial ou nas proximidades, de forma a proteger os meios recetores, incluindo aquíferos, massas de água e zonas húmidas (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Rodrigues, 2017).

A implementação de *MPGs* estruturais na gestão de águas urbanas, através de processos e infraestruturas naturais incorporadas na paisagem urbana, traz consigo vários benefícios, incluindo a redução do volume do escoamento superficial durante fenómenos de chuvas torrenciais, a diminuição de poluentes transportados ao longo do ecossistema urbano, a manutenção e melhoria da paisagem urbana, a proteção dos meios recetores e a redução dos consumos de água para fins não potáveis. (Department of Environment & Swan River Trust, 2005).

Atualmente, o regime jurídico existente em matéria de conceção de sistemas de drenagem de águas pluviais não menciona melhores práticas de gestão estruturais no domínio *WSUD*, pois foi desenvolvido com base em práticas de gestão urbana da água convencionais. Não obstante as *MPGs* são aplicáveis ao contexto de gestão do ciclo urbano da água, visto darem resposta às Diretivas Europeias, tais como:

- Diretiva 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundação (Parlamento Europeu & Conselho da União Europeia, 2007);
- Diretiva 2006/118/CE relativa à proteção das águas subterrâneas contra a poluição e a deterioração (Parlamento Europeu & Conselho da União Europeia, 2006);
- Diretiva 91/271/CEE relativa ao tratamento de águas residuais urbanas. Modificada pela Diretiva 98/15/CE, que define os sistemas de recolha, tratamento e descarga das águas residuais urbanas no meio aquático (Comissão Europeia, 1998; Conselho da União Europeia, 1991);
- Diretrizes sobre melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos (Direção Geral do Ambiente, 2012).

Os elementos estruturais podem ser dimensionados para novos desenvolvimentos em áreas urbanas ou industriais, bem como na reabilitação de áreas existentes. Recomenda-se que a distribuição dos elementos estruturais seja feita através de uma cadeia de gestão ao longo da bacia hidrográfica, podendo a sua conceção ser alterada para uso efetivo à escala local ou regional. Estes elementos devem ser usados em combinação com controlos não estruturais;

para se obter uma combinação equilibrada de medidas de gestão do CUA (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Wong *et al.*, 2002).

Os elementos estruturais associados às *MPGs*, apresentados em seguida, são classificados em (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Townsville City Council, 2011):

- Controlo na origem - que procuram diminuir o volume de água que entra nos sistemas de drenagem. Inclui elementos que permitem a recolha e armazenamento de águas pluviais, telhados verdes, pavimentos permeáveis e tanques de atenuação/bacias de retenção;
- Tratamento primário – adequados para a remoção de resíduos sólidos. Incluem dispositivos de recolha de resíduos e bacias de sedimentação;
- Tratamento secundário – possibilitam a remoção de sedimentos, e remoção parcial de metais pesados e bactérias, permitindo o controlo da qualidade e quantidade do escoamento. Incluem *swales* vegetados e bancos de areia para filtração;
- Tratamento terciário – eficazes na remoção de nutrientes, bactérias, sedimentos finos e metais pesados. Incluem sistemas de biorretenção e zonas húmidas artificiais;
- Medidas de infiltração - fornecem uma etapa final no CUA, permitindo a infiltração da água tratada através de poços de infiltração, valas de infiltração, trincheiras de infiltração, e sistemas de armazenamento e recarga artificial de aquíferos.

A implementação de *MPGs* é influenciada por diversos fatores característicos da própria área urbana, os quais favorecem, limitam ou impossibilitam a aplicabilidade das mesmas. No *Anexo VI.4.* apresenta-se um conjunto de *MPGs* estruturais e a sua aplicabilidade em diferentes tipos de áreas urbanas.

#### Controlo na Origem

**Recolha e armazenamento de águas pluviais** - refere-se à recolha de águas pluviais nas coberturas de edificações e armazenamento em depósitos à superfície ou subterrâneos. Dadas as suas características, esta água pode ser utilizada diretamente, não sendo necessário o seu tratamento caso lhe sejam dados usos não potáveis, como rega, lavagens de ruas ou carros, máquinas de lavar roupa e descargas de autoclismos. Caso se pretenda a sua utilização para fins potáveis, como consumo ou banhos, é necessário proceder ao seu tratamento. Estas estruturas de recolha e armazenamento de água requerem ainda, alguma manutenção, quer para evitar a reprodução de mosquitos, quer para garantir uma qualidade aceitável da água. As

calhas devem ser limpas regularmente para reduzir a quantidade de detritos que entram na estrutura de armazenamento (Department of Environment & Swan River Trust, 2005).

A recolha de águas pluviais possibilita assim um controlo efetivo na origem, que reduz o volume de água com origem nas áreas urbanas a jusante, e também as cargas poluentes associadas ao escoamento superficial. Normalmente, os sistemas de recolha de águas pluviais oferecem uma origem de água alternativa como medida de segurança, em resposta à natureza irregular dos regimes de precipitação e variação da procura (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Kellagher *et al.*, 2015).

**Coberturas verdes** – As coberturas verdes (*Anexo VII.1.*) são estruturas aplicadas nas coberturas de edifícios, telhados ou terraços, em que a vegetação promove a retenção e tratamento de águas pluviais, contribuindo ainda para a evaporação local (Samant, 2015). Outros benefícios proporcionados pelas coberturas verdes incluem, aspetos estéticos, melhoria do desempenho térmico do edifício (a evapotranspiração arrefece o edifício durante os meses de verão), minimização do efeito de ilha de calor urbana, e a contribuição na melhoria da qualidade do ar. As coberturas verdes podem ser classificadas como extensivas (substratos são de espessura reduzida, possuem pouca diversidade de plantas e requerem pouca manutenção) ou como intensivas (substratos mais profundos, maior diversidade de plantas, e necessidade de manutenção regular). As coberturas verdes, sejam elas extensivas ou intensivas, acarretam maiores custos de construção do que coberturas convencionais, e requerem várias camadas de material que permitem o estabelecimento da cobertura vegetal e da drenagem integrada (Kellagher *et al.*, 2015).

**Pavimentos permeáveis** – Os pavimentos permeáveis ou, pavimentos porosos, oferecem uma boa alternativa aos pavimentos impermeáveis tradicionais, pois promovem a infiltração de águas pluviais através da superfície do pavimento até às camadas estruturais subjacentes. Podem ser blocos modulares que permitem a infiltração de água através de vazios (designados pavimentos permeáveis), ou em pavimentos que permitam a infiltração em toda a superfície de contato (designados pavimentos porosos). Estas estruturas de controlo na origem podem ainda garantir um grau de tratamento primário, quando dimensionados para assegurar a infiltração e detenção de volumes reduzidos de águas pluviais através de um sistema subjacente de areia e agregados, com uma camada geotêxtil intermédia, que promovem a filtração da água, bem como, a adsorção de alguns nutrientes através de biofilmes nas superfícies das partículas (*Anexo VII.2.*).

Nalguns casos a água recolhida pode ser armazenada e reutilizada ou infiltrada no subsolo, havendo, no entanto, risco de contaminação de aquíferos, ou, no caso de solos com baixa permeabilidade, a água pode ser recolhida e drenada lentamente para o sistema de drenagem de águas pluviais. O principal objetivo dos pavimentos permeáveis é gerir o volume de escoamento superficial na origem, reduzindo o volume e a velocidade do escoamento. Devem, por isso, ser projetados para que as águas pluviais recebam tratamento adicional a jusante, de forma a garantir parâmetros adequados de qualidade de água. O uso prolongado destes pavimentos aumenta a sua suscetibilidade a fenómenos de entupimento, necessitando por isso de manutenção regular (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Roads and Maritime Services Centre for Urban Design and Environmental Land Management Section, 2017; Rodrigues, 2017).

**Tanques de atenuação e bacias de detenção** – A instalação e dimensionamento deste tipo de estruturas permite o armazenamento temporário de água quer em tanques de atenuação, enterrados, quer em depressões naturais do terreno ou em áreas públicas dimensionadas para esse efeito, e que recolhem e armazenam água temporariamente após eventos de precipitação, para impedir o escoamento superficial excessivo, a erosão das margens dos meios recetores, funcionando ainda como áreas para remoção de contaminantes e sedimentos. Podem ainda ser utilizados na cadeia de gestão, quer seja a montante ou a jusante, de forma a permitir a infiltração ou reutilização da água tratada (*Anexo VII.3.*) (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Kellagher *et al.*, 2015).

#### Técnicas de tratamento primário

**Dispositivos de recolha de resíduos sólidos (GPT)** – Os dispositivos de recolha de sólidos são utilizados para a remoção de sólidos grosseiros e sedimentos transportados pelo escoamento. Atualmente existem diversos dispositivos passíveis de serem implementados, adequados para a remoção de sólidos nas bacias hidrográficas que dominam as áreas urbanas, que incluem: sumidouros com cestos de retenção, dispositivos de recolha de sólidos enterrados no solo, sarjetas com grelha e tubos de drenagem com redes. Estes dispositivos são normalmente colocados numa série de câmaras subterrâneas, açudes ou defletores, de forma a controlar o fluxo e capturar sedimentos (*Anexo VII.4.*). A principal função dos dispositivos de recolha de sólidos é o de controlar a qualidade da água, os quais cumprem um processo de tratamento primário na cadeia de gestão, removendo resíduos e sedimentos grosseiros presentes no escoamento superficial, antes que estes alcancem os meios recetores. Existem dispositivos dimensionados exclusivamente para a remoção de resíduos e detritos, e outros para a remoção

de sedimentos. Estes dispositivos podem ser utilizados recintos e centros comerciais, mas não em áreas urbanas residenciais, onde as cargas orgânicas são geralmente elevadas. Os resíduos sólidos são uma ameaça à vida selvagem e aos habitats aquáticos, produzem maus odores que atraem insetos e vermes e influenciam negativamente a paisagem. Quando utilizados independentemente, sem outras etapas de tratamento a jusante, é preferível utilizar depósitos de recolha secos em vez de húmidos para a recolha de cargas orgânicas, a fim de se reduzir a libertação de nutrientes e toxinas. Sempre que utilizados em conjunto com outros dispositivos de tratamento a jusante, a função dos dispositivos de recolha de sólidos passa por capturar e recolher resíduos e sedimentos grosseiros, de forma a reduzir a colmatção e redução de desempenho dos dispositivos seguintes. De facto, estes dispositivos não contribuem para o controlo de inundações urbanas, podendo, na falta de manutenção devida, contribuir para o aumento das mesmas (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Department of Planning and Local Government, 2009; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

**Bacias de sedimentação** – As bacias de sedimentação são estruturas que possibilitam o controlo de caudais de escoamento superficial e o tratamento da água, podendo ainda incorporar funções de retenção e detenção. As bacias de sedimentação podem ser classificadas como permanentes ou húmidas, formadas por uma estrutura de entrada, lagoa de decantação, comporta de saída e descarregador (*Anexo VII.5.*), ou como temporárias ou secas. As bacias temporárias ou secas podem ter outras funções para além do armazenamento das águas pluviais tais como, parques de lazer e áreas de jogos e práticas desportivas (R. Allison *et al.*, 2005).

Estas estruturas, integradas numa cadeia de gestão, apresentam frequentemente águas turvas, dada a sua colocação. A utilização de vegetação de plantas macrófitas nas margens das bacias, restringe o acesso público, impede a erosão das margens, mantém as condições aeróbicas impedindo o desenvolvimento de vegetação flutuante, que prejudica o processo de sedimentação lagunar. A seleção de espécies de plantas a introduzir deve considerar o nível de água permanente da bacia e o tipo de solo do local, bem como as características fisiológicas e estruturais da planta. As plantas devem ser seleccionadas para se estabelecerem a uma profundidade de 0,2 m (pouco profunda) e a 0,2 m acima do nível da água, evitando espécies que se desenvolvam em zonas mais profundas (Hoban & South East Queensland Healthy

Waterways, 2009; Roads and Maritime Services Centre for Urban Design and Environmental Land Management Section, 2017).

Os requisitos mais importantes para o dimensionamento de uma bacia de sedimentação referem-se à seleção da dimensão de sedimentos a tratar, que costumam ser superiores a 125 µm. Isto deve-se à natureza dos resíduos sólidos em suspensão transportados pelo escoamento superficial. A velocidade de sedimentação de sedimentos destas dimensões é dimensionada em paralelo com os caudais de projeto para calcular o volume necessário da bacia de sedimentação. Caso haja subdimensionamento, sedimentos de maior volume podem depositar-se nos elementos a jusante, colmatando-os. No caso de sobredimensionamento, serão recolhidos sedimentos demasiados fino, metais pesados e nutrientes, que não são eficazmente tratados. Assim, os sistemas de tratamento a jusante de uma bacia de sedimentação são normalmente zonas húmidas artificiais ou bacias de biorretenção. Quando uma bacia de sedimentação precede uma zona húmida artificial a estrutura de saída é geralmente um poço de transbordo, situado dentro da bacia de sedimentação, conectada através de tubagens a uma área a montante da zona de macrófitas da zona húmida. Quando a bacia de sedimentação antecede uma bacia de biorretenção a estrutura de saída é um açude, que mantém o caudal, para que este seja drenado para a zona superficial das membranas filtrantes de biorretenção. As estruturas de saída consistem em comportas que controlam o caudal e descarregadores para os sistemas de tratamento a jusante (Department of Planning and Local Government, 2009; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

A manutenção destas infraestruturas é crucial para o seu bom funcionamento e consiste em drenar a água, desassorear e remover os sedimentos acumulados, quando estes atingem metade da profundidade da bacia, ou em períodos de cinco anos. Caso não sejam alvo de manutenção regular, o crescimento descontrolado de vegetação pode influenciar o desempenho do sistema. O dimensionamento deverá contemplar a criação de áreas de acesso que garantam a manutenção do espaço. Em áreas muito urbanizadas a sua implementação pode ser difícil, visto ser necessária uma grande área de implementação. As bacias de sedimentação podem ainda fornecer serviços de promoção de biodiversidade, paisagísticos e de educação da comunidade, pois ao funcionarem como espaço público aberto, oferecem a oportunidade de criar um elo entre a estrutura e a comunidade. Corpos de água mal dimensionados e com falta de gestão, levam a que o aspeto destes seja pouco atraente e possível foco de problemas de saúde pública, através de vetores de transmissão de doenças (e.g., mosquitos), razão pela qual ainda existe alguma perceção negativa acerca de corpos de água permanente. Este elemento estrutural,

quando bem gerido, melhora o aspeto da paisagem urbana, as suas características ambientais, de habitat, de segurança e de qualidade das águas pluviais (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

#### Técnicas de tratamento secundário

**Faixas Filtrantes** – As faixas filtrantes são normalmente revestidas por vegetação densa ou relva (*Anexo VII.6.*), apresentam taludes com declives suaves que transportam o escoamento superficial antes deste afluir ao meio recetor ou ao sistema de drenagem existente. O transporte lento possibilita assim o tratamento do escoamento, através da filtração promovida pela vegetação, a sedimentação de sedimentos e poluentes, e a sua posterior infiltração. Esta solução adequa-se para o transporte e tratamento de escoamento com origem em arruamentos, telhados, pequenos parques de estacionamento e outras superfícies impermeáveis. Para aumentar a eficiência da infiltração, o declive longitudinal deve ser entre os 2% e 6%, com uma largura mínima recomendada de 1 m por cada 6 m de comprimento de área. São facilmente integradas na paisagem urbana, de fácil construção e baixo custo, embora a sua implementação necessite uma vasta área e volumes de escoamento baixos (Natural Resources Conservation Service, 2000). Na Figura 6 pode observar-se o exemplo de uma faixa filtrante, em contexto urbano.



*Figura 6 - Exemplo de uma faixa filtrante inserida num arruamento (retirado de atelier GROENBLAUW, 2006)*

**Swales** – Os swales são um elemento estrutural que promove a desconexão entre áreas impermeáveis e massas de água a jusante, pois transportam lentamente o escoamento superficial urbano, em oposição aos sistemas de drenagem de águas pluviais, removendo sedimentos grosseiros e lodosos, incluindo sólidos em suspensão. A remoção de poluentes é possível através das interações entre as águas pluviais e a vegetação existente. Os swales devem

ser precedidos por um sistema de tratamento terciário, com o intuito de garantir padrões adequados de qualidade de água. O transporte do escoamento superficial, aquando eventos de precipitação extrema, reduz os caudais de ponta de cheia, velocidade e volume, o que facilita a infiltração e remoção de poluentes, protegendo assim as massas de água superficiais e ecossistemas aquáticos existentes a jusante, contrariamente ao sistema convencional de drenagem de águas pluviais. Para que os *swales* sejam eficientes, o escoamento tem de estar bem distribuído por toda a largura do *swale*, o seu declive longitudinal deve ser entre 1% e 4%, para garantir uma velocidade de escoamento lenta. Se for necessário um declive superior a 4%, devem ser previstas estruturas rochosas de suporte (e.g., seixos) ao longo do leito do *swale*, para garantir uma distribuição uniforme do escoamento e reduzir a velocidade do mesmo (*Anexo VII.7.*).

A velocidade do escoamento deverá ser menor que  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ , no caso de pequenos eventos de cheia, e menor que  $2 \text{ m.s}^{-1}$  em eventos de maior magnitude. Os *swales* devem ser dimensionados de forma a transportar caudais com períodos de retorno de três meses. De forma a preservar as funções a longo prazo de melhoria da qualidade da água, os *swales* devem ser utilizados em áreas de bacia entre  $10.000 \text{ m}^2$  e  $20.000 \text{ m}^2$  (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

A vegetação deve ser transversal a toda a área do *swale*, e pode incluir gramíneas, junco e outras espécies ripícolas. Devem também ser suficientemente densos para impedir a formação de caminhos preferenciais de escoamento. Os *swales* relvados requerem uma manutenção regular para assegurar o seu normal funcionamento, enquanto que *swales* vegetados (Figura 7) não requerem tanta manutenção assim que estabelecidos, podendo tornar-se elementos de elevado valor paisagístico. Contudo, este tipo de *swale*, requer uma maior área de implementação ou um maior número de sumidouros de entrada. A existência de árvores deve ser controlada, pois a existência destas pode limitar o crescimento da vegetação herbácea e arbustiva (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).



*Figura 7- Swale vegetado como estrutura de desconexão entre dois meios impermeáveis (retirado de Kloss & Lukes, 2008)*

**Filtros de areia** – Os filtros de areia são usados para filtrar águas pluviais, sedimentos, nutrientes e metais pesados com estes arrastados, para além de atrasar os caudais de ponta de cheia, permitindo reter e diminuir a velocidade de escoamento. Asseguram funções semelhantes à dos sistemas de biorretenção, com exceção de que o filtro é composto por um material inerte, neste caso areia, não havendo o desenvolvimento de vegetação à superfície, o que diminui a sua capacidade de tratamento quando comparado com os sistemas de biorretenção, cuja remoção ativa de poluentes se dá na zona radicular da vegetação, aumentando assim a eficácia do tratamento. Contudo a vantagem dos filtros de areia deve-se ao facto de poder ser implementado em áreas urbanas já desenvolvidas. Os sistemas de filtração com areia devem ser utilizados apenas onde, dadas as limitações de área não é possível implementar sistemas de biorretenção ou zonas húmidas artificiais. Os filtros de areia devem sempre ser precedidos por elementos estruturais de tratamento primário que removem sedimentos de maior dimensão, evitando assim problemas de colmatação, e assim, garantir a eficácia do tratamento. Estes filtros requerem manutenção frequente, ao contrário dos sistemas de biorretenção. A remoção de sedimentos acumulados no meio filtrante, que pode formar uma crosta à superfície, é fundamental para que o filtro de areia continue operacional. A manutenção do filtro envolve a remoção dos sedimentos finos da camada superficial do filtro (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways Partnership, 2009; Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009).

Os filtros de areia são normalmente compostos por três câmaras (*Anexo VII.8.*). Uma câmara de entrada, que permite que sedimentos de maior dimensão se depositem, antes que a água escoe por um sumidouro para o compartimento de filtração, aqui a água penetra através de um meio filtrante de areia, que tem entre 400 e 600 mm de profundidade. O compartimento com o meio filtrante deve ser dimensionado para capturar sedimentos maiores que 125  $\mu\text{m}$ , e garantir uma eficiência de remoção de 70%. Esta secção é composta por duas camadas, uma superior, que consiste no meio filtrante de areia, com uma condutividade hidráulica saturada de 360-3600 mm/h, e uma camada de drenagem (espessura mínima de 200 mm) composta por areia lavada, com uma condutividade hidráulica saturada de 4000 mm/h, que envolve os tubos de drenagem perfurados. Estes tubos recolhem o efluente tratado e transportam-no para jusante, e devem ser dimensionados para que o escoamento ocorra livremente, de forma a que estes não colmatem facilmente. A última câmara, de bypass de transbordo, permite desviar caudais elevados que se acumulam à entrada do filtro de areia, quando é excedida a capacidade de detenção das duas câmaras anteriores. Os caudais desviados devem então ser direccionados para o sistema de drenagem a jusante, devendo estes sofrer tratamento apropriado, ou serem recirculadas novamente para o filtro. É também necessário prever as condições de operação da câmara de filtração durante períodos secos, podendo esta ser ou não regada. No caso de se manter um volume de água permanente existem desvantagens relativas à estagnação da água e cargas orgânicas elevadas, que podem levar à criação de condições anaeróbias e, conseqüente, produção de compostos solúveis e gases potencialmente perigosos. O meio filtrante de areia é menos eficiente na remoção e adsorção de compostos solúveis, podendo a descarga de efluentes contaminados a jusante provocar impactos na qualidade da água dos meios recetores (e.g., proliferação de algas). Ainda relativo à manutenção dos filtros de areia, o custo associado à remoção de material húmido sedimentado (resíduos e detritos) é maior do que para os resíduos drenados através do bypass de transbordo. Por outro lado, as câmaras onde ocorre a sedimentação de resíduos e detritos devem ser projetadas para que os orifícios de drenagem não colmatem através da ação dos sedimentos. O dimensionamento da câmara de filtração deve ainda prever a ressuspensão de sedimentos acumulados, aquando nova entrada de escoamento superficial, utilizando para isso estruturas construídas no leito de entrada, que minimizem a turbulência à entrada. É importante efetuar manutenção adequada do meio filtrante, pois o seu tempo de vida útil é limitado. A areia deve assim ser substituída em períodos de 2 a 5 anos, dependente das características das águas pluviais (City of Townsville & Queensland Government, 2011; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

## Técnicas de tratamento terciário

**Sistemas de biorretenção** – Os sistemas de biorretenção são caracterizados por suaves depressões superficiais em espaços urbanos que permitem acumular temporariamente volumes de escoamento superficial, que são posteriormente filtrados através da vegetação e percolados por um filtro de areia e argila. Estes sistemas têm como objetivo remover várias substâncias poluentes características das águas pluviais, como poluentes orgânicos, sedimentos finos, fósforo, azoto, metais e hidrocarbonetos. A sua remoção é efetuada através de filtração fina, adsorção e processos biológicos realizados por plantas e microrganismos. A remoção de partículas de matéria orgânica dá-se à superfície do sistema, em que os poluentes dissolvidos são removidos por adsorção em partículas finas à medida que a água percola através do meio filtrante. O meio filtrante tem entre 100 e 500 mm de profundidade e é precedido por uma segunda cama de transição, com pelo menos 100 mm de profundidade, composta por areias grosseiras, que impedem a lavagem de partículas mais finas, que fazem parte do meio filtrante, para a camada inferior. A camada de drenagem, localizada abaixo da camada de transição, tem cerca de 150 mm de profundidade e é composta por agregados finos e tubagem com orifícios, que permitem que o efluente tratado seja recolhido e drenado para os sistemas de drenagem a jusante, ou em alternativa, seja descarregada no meio recetor, superficial ou subterrâneo (Figura 8) (Department of Environment & Swan River Trust, 2005).

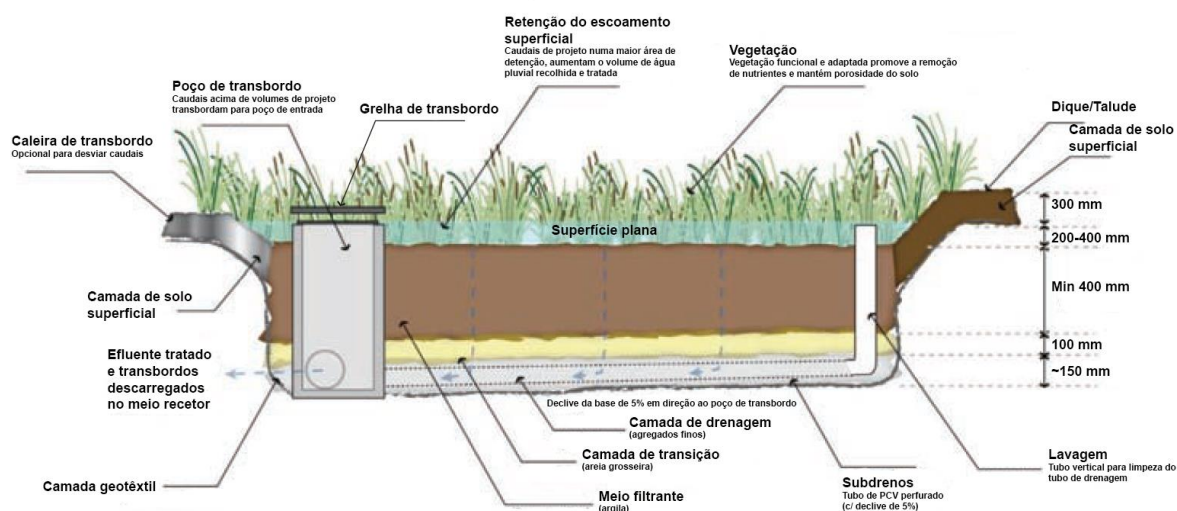


Figura 8 - Perfil típico de um sistema de biorretenção (adaptado de Healthy Waterways Ltd, 2014)

Os sistemas de biorretenção também contribuem para a diminuição do volume de escoamento superficial, quer em eventos de precipitação de menor intensidade, aumentando o seu tempo

de concentração, quer através de processos de evapotranspiração e infiltração. A retenção prolongada de águas pluviais, na camada de solo superficial, permite o armazenamento temporário e o tratamento do escoamento acumulado antes da sua infiltração (Department of Planning and Local Government, 2009; Healthy Waterways Ltd, 2014). Os sistemas de biorretenção podem utilizar uma série de perfis de drenagem representados no *Anexo VII.9*.

Nos sistemas de biorretenção com zona saturada a existência de uma camada geotêxtil na base do sistema garante a saturação das camadas abaixo do meio filtrante, o que permite o armazenamento de água no solo e a sua utilização por parte da vegetação existente, em períodos secos. Os sistemas com perfil de drenagem impermeável possuem igualmente uma camada impermeável na base do sistema, mas a drenagem da água, através da tubagem existente abaixo da camada de transição, não proporciona a existência de uma zona saturada. Os sistemas convencionais não possuem camada geotêxtil impermeável, possibilitando dessa forma a infiltração de água no subsolo, o que promove a recarga de aquíferos e a gestão do escoamento superficial acumulado, e possuindo tubagem perfurada na base do sistema que permite a drenagem de água quando a capacidade de infiltração do solo é excedida. (Healthy Waterways Ltd, 2014).

Os sistemas de biorretenção possuem um elevado grau de adaptação e flexibilidade no que diz respeito à sua implementação em áreas urbanas, podendo assumir diferentes formatos, como jardins chuva, *swales*, e canteiros arborizados e vegetados. No *Anexo VII.10*, apresentam-se as principais configurações de sistemas de biorretenção passíveis de serem implementados em áreas urbanas, incluindo zonas residenciais, espaços verdes urbanos, ao longo de zonas ripícolas, estradas, autoestradas e parques de estacionamento.

Estes sistemas devem ser dimensionados tendo em consideração a adequabilidade ao local, relativamente a funções estéticas e de construção e manutenção. Ao poderem ser implementados em áreas urbanas permitem assim, a gestão de águas pluviais e o tratamento do escoamento superficial e poluentes arrastados com este, que podem ser incorporados em diversos cenários urbanos. A área de tratamento necessária nos sistemas de biorretenção é cerca de 1 a 2% da bacia hidrográfica que contribui para o escoamento, o que facilita a sua implementação. A recolha e tratamento de águas pluviais, em níveis adequados, possibilita ainda o seu armazenamento e reutilização (Healthy Waterways Ltd, 2014).

Estes sistemas devem ser implementados em locais em que a topografia garanta a drenagem. Não devem ser implementados em áreas sob influência das marés, pois a salinidade pode

comprometer as funções biológicas do sistema, devendo nesse caso ser utilizada vegetação halófitas. Áreas com fluxo contínuo de água devem ser evitadas, pois a presença de algas e musgo promove a formação de biofilmes, que reduzem a capacidade de infiltração na camada adjacente. *Swales* com velocidades de caudal elevadas ( $> 1 \text{ m.s}^{-1}$ ) não garantem as condições adequadas para a implementação de sistemas de biorretenção, pois arrastam consigo sedimentos da camada de solo superficial. Áreas com acessibilidade limitada são também inadequadas, isto porque a manutenção do sistema deve ser frequente para garantir o seu bom funcionamento. A escolha das espécies de cobertura vegetal é assim muito importante, pois influencia o desempenho do sistema, evita a erosão das camadas superficiais do solo e contribui para o aumento da biodiversidade e melhoria da paisagem local (Department of Planning and Local Government, 2009; Healthy Waterways Ltd, 2014; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

**Zona Húmida Artificial** – As zonas húmidas artificiais são corpos de água relativamente pouco profundos, com coberto vegetal extenso, nas quais ocorrem processos de sedimentação de sólidos suspensos, filtração de partículas finas e remoção biológica de poluentes. Estas zonas são constituídas por uma lagoa de entrada (precedida por uma bacia de sedimentação), uma zona de macrófitas e um descarregador de superfície, que protege a zona de macrófitas, em situações de entrada de grandes volumes de água na área húmida (*Anexo VII.11*). Opcionalmente pode-se optar por colocar, à entrada da lagoa, um dispositivo de recolha de resíduos sólidos.

A coluna de água da zona de macrófitas deve possuir uma profundidade de 0,50 m a 0,75 m, e deve ser dimensionada para contemplar uma sequência de zonas inundadas, de gênese temporária, pouco profunda e profunda, bem como de corpos de água. O dimensionamento destas zonas húmidas requer uma variação gradual na batimetria entre os 0,2 m acima do nível de água permanente e os 0,5 m abaixo do nível permanente de água. Este leque de habitats suporta uma grande diversidade de espécies e nichos ecológicos, que oferecem uma variedade de processos de tratamento. As zonas húmidas devem estar conectadas a zonas de água mais profundas, que permitam criar uma dinâmica predatória (e.g., entre insetos e anfíbios), proporcionando locais de refúgio nas zonas mais profundas em períodos secos. A profundidade dos corpos de água deve ser 1 m abaixo do nível de água permanente, mas não mais do que 1,5 m, de forma a evitar a colonização por macrófitas emergentes e permitir a colonização por macrófitas submersas (Department of Planning and Local Government, 2009; Healthy Waterways Ltd, 2014; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

As zonas húmidas artificiais, e componentes que as integram, devem ser dimensionados de forma a que a velocidade de escoamento seja uniforme, eliminando caminhos preferenciais de escoamento e zonas com pouca mistura de águas, que levam à formação de águas estagnadas onde se acumulam resíduos, que levam à proliferação de insetos. De forma a evitar estas situações deve-se optar por uma maior relação comprimento/largura na zona de macrófitas, de pelo menos 5:1. A disposição das zonas húmidas artificiais deve ser perpendicular à direção do escoamento, com uma distribuição uniforme de vegetação, que garanta um regime uniforme. A estrutura de saída da zona de macrófitas deve ser dimensionada para permitir um tempo de retenção de 48 a 72 horas, pois é este o tempo necessário para que a água escoe pela zona de macrófitas, assumindo que o escoamento é do tipo “fluxo-pistão”. Outras considerações de projeto a ter em conta são as características hidrológicas da bacia hidrográfica que domina a área onde se localiza a zona húmida artificial (Department of Planning and Local Government, 2009; Healthy Waterways Ltd, 2014; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

#### Medidas de Infiltração

**Sistemas de infiltração** – Os sistemas de infiltração, quando dimensionados corretamente, removem os poluentes existentes nas águas pluviais, arrastados pelo escoamento superficial, através de processos de adsorção, filtração e decomposição biológica. Os dispositivos de infiltração podem ser implementados na origem, para reduzir o volume de escoamento superficial. A remoção de sedimentos é um aspeto que deve ser previsto, devendo por isso existir um pré-tratamento, que evite a colmatação do filtro e, conseqüente, redução da capacidade de infiltração ao longo do tempo. Motivo pelo qual os sistemas de infiltração são normalmente colocados como elemento final na cadeia de gestão *WSUD*, logo após um sistema de tratamento terciário, possibilitando a infiltração das águas pluviais tratadas (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

Os tipos de sistemas de infiltração mais comuns são os poços de infiltração, as trincheiras de infiltração ou valas de infiltração e as bacias de infiltração. O poço de infiltração é constituído por um tubo vertical em betão ou, em PVC, com orifícios, fixado no solo, com cerca de 1 a 3 m de profundidade, coberto com uma camada de geotêxtil e com um anel de cascalho circundante com cerca de 5-10 mm de diâmetro. A água pré tratada escoia através de um tubo de entrada e permite que a água se infiltre através dos orifícios com 8,5 mm de diâmetro, bem

como na base do poço (*Anexo VII.12.*). Estes sistemas são indicados para áreas residenciais pouco densas.

As trincheiras de infiltração são valas lineares, pouco profundas (com cerca de 0,5 a 1,5 m de profundidade), preenchidas com material granular com porosidades na ordem dos 35%, como cascalho, gravilha ou blocos de drenagem (e.g., blocos de material plástico com elevado teor de vazios), envolvidos por uma camada de geotêxtil, que impeça o transporte de materiais finos, detritos ou resíduos para o seu interior, evitando a contaminação do solo. No entanto, o principal objetivo desta camada é o de evitar a colmatação da estrutura, que causaria a perda de permeabilidade e redução de desempenho. No caso de valas preenchidas com cascalho, é utilizada uma tubagem perfurada no topo, que facilita a distribuição de água ao longo da vala, permitindo assim uma maior distribuição da área de infiltração, que no caso de solos menos permeáveis resulta num menor impacto (*Anexo VII.13.*). As valas de infiltração possuem uma maior área de implantação. As trincheiras de infiltração são mais adequadas para pequenas áreas residenciais, comerciais ou industriais (bacias hidrográficas com menos de 20,000 m<sup>2</sup>), bastante impermeabilizadas (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

As bacias de infiltração (*Anexo VII.14.*) são depressões naturais ou construídas que armazenam os efluentes permitindo depois a sua infiltração. A sua implementação adequa-se em áreas com solos arenosos ou argilosos, e podem ser complementadas com coberto vegetal que melhor se adapte à paisagem local. As bacias de infiltração são indicadas para médias e grandes áreas residenciais, comerciais e industriais, bastante impermeabilizadas e onde o espaço não seja um constrangimento (bacias hidrográficas de 50,000 a 500,000 m<sup>2</sup>) (Department of Planning and Local Government, 2009; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009).

As técnicas de infiltração têm associadas uma série de vantagens ambientais e económicas, que incluem a redução dos caudais de ponta de cheia, de inundações a jusante, a gestão do regime hidrológico urbano e descargas nos meios aquáticos a jusante e redução dos custos associados aos sistemas de drenagem convencional. Possibilitam ainda a recarga de aquíferos e a melhoria da qualidade dos efluentes (Department of Environment & Swan River Trust, 2005; Department of Planning and Local Government, 2009).

**Recarga Artificial de Aquíferos e Reutilização** – A recarga artificial de aquíferos e, conseqüente, reutilização da água é utilizado como forma de contribuir para a recarga de aquíferos, utilizando para isso efluentes tratados por sistemas de tratamento a montante. O armazenamento de água permite depois a sua captação e reutilização em períodos de seca, podendo ser uma solução de armazenamento economicamente mais vantajosa, que minimiza

eventuais perdas por evaporação, ou, caso se pretendam maximizar os benefícios ambientais, a água poderá não ser extraída e contribuir assim para manutenção do nível de água de zonas húmidas ou usada como barreira para impedir a intrusão salina em aquíferos sobre-explorados (Department of Planning and Local Government, 2009; Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities & BMT WBM Pty Ltd, 2009).

#### 4.6. Principais benefícios e limitações da abordagem *WSUD*

A abordagem *WSUD* promove a gestão de águas pluviais no meio urbano quer em termos de quantidade, quer de qualidade. Assim, no que diz respeito à quantidade de água, as melhores práticas identificadas permitem, em conjunto, reduzir os caudais de ponta de cheia e, conseqüente, volume de escoamento superficial, o que por sua vez, reduz o risco de inundação, bem como o risco de erosão fluvial (Figura 9).

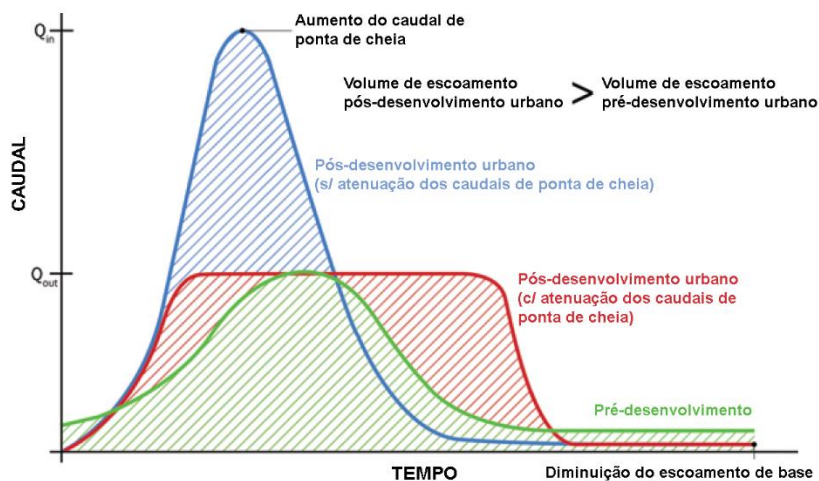


Figura 9 - Hidrograma de cheia em diferentes cenários de desenvolvimento urbano (adaptado de Kellagher et al., 2015)

A adoção das melhores práticas de planeamento e gestão, no âmbito de uma estratégia *WSUD*, evita os impactos negativos do escoamento superficial em áreas urbanas, tanto a nível ambiental, como económico e social. Não obstante, os elementos estruturais apresentam melhor performance na redução do risco de inundação em eventos de precipitação de menor magnitude, na ordem dos 1 aos 6 mm, e pior desempenho em eventos extremos com maiores períodos de retorno. Contudo, a gestão de água pluviais foca-se nos regimes de escoamento superficial mais frequentes, associados a 80% dos eventos de precipitação anuais, que afetam áreas urbanas e causam maiores impactos nos meios recetores. Pretende-se, portanto, que as *MPGs* Estruturais, aplicadas sob o princípio de uma cadeia de gestão, sejam capazes de recolher os primeiros 15 mm de precipitação, e num período de 24 horas restaurar a capacidade

de vazão após o evento (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Parker, 2010; Kellagher *et al.*, 2015; Medina *et al.*, 2011).

No Anexo VIII são apresentados os benefícios, oportunidades, constrangimentos e limitações associados à introdução de infraestruturas urbanas sensíveis à água (Dotro *et al.*, 2018; Victorian Stormwater Committee, 1999).

Mineart & Singh (2000) apresentaram um estudo em São Francisco Califórnia, no qual se investigou se um aumento na frequência de limpeza de sumidouros de águas pluviais poderia resultar num aumento da remoção de poluentes urbanos presentes no escoamento pluvial. Foram examinadas as cargas poluentes recolhidas dos sumidouros durante as limpezas mensais, trimestrais, semestrais e anuais. Os resultados obtidos, revelaram que a manutenção mensal removia um maior volume de poluentes em áreas residenciais, comerciais e industriais, com uma redução nas cargas de cobre a atingir as massas de água da cidade, em cerca de 3%-4%, e possivelmente mais alta (11%-12%), se a manutenção mensal também removesse poluentes com origem em atividades não reguladas.

No âmbito de um projeto de avaliação da eficácia e capacidade de controlo efetivo da quantidade e qualidade do escoamento superficial sob eventos de precipitação extrema, referem-se *MPGs* estruturais associadas a uma estratégia *WSUD*: zona húmida artificial, bacia de biorretenção e *swales* de biorretenção, para as quais Parker (2010) demonstrou que reduzem os caudais de ponta de cheia para todos os eventos de precipitação analisados. Para os eventos nos quais não houve situação de *bypass*, a redução do caudal de ponta de cheia foi de 94% e 99% para a bacia de biorretenção e zona húmida artificial, respetivamente, e em média de 50% para o *swale*. Estes resultados indicam que os elementos estruturais de uma estratégia *WSUD* são eficazes na redução dos caudais de ponta de cheia em bacias hidrográficas urbanas, embora o seu desempenho seja variável, pois eventos de precipitação que originem *bypass*, podem influenciar negativamente o desempenho na redução dos caudais. Relativamente à retenção do escoamento superficial, estas três *MPGs* demonstraram capacidades variáveis, tendo a bacia de biorretenção, com 3,8% da área da bacia hidrográfica e 52% de área impermeabilizada, retido águas pluviais de eventos de precipitação com intensidades entre 8 e 16 mm/h. Já o *swale*, com uma área de 2,9%, com um nível de impermeabilização de 51%, reteve o escoamento resultante de eventos de precipitação com intensidades entre 8 e 12 mm/h. No entanto, a zona húmida artificial, demonstrou menor eficácia na retenção de volumes de escoamento superficial. Relativo à redução do volume de escoamento, o mesmo autor demonstrou que, em eventos de

precipitação para os quais todo o escoamento é recolhido pelas *MPGs* estruturais (e.g., sem *bypass*), foi atingido uma redução na ordem dos 42% quando comparado com o volume de entrada. A simulação efetuada para cada um dos elementos estruturais, mostrou que num período de 23 anos, a bacia de retenção reteria 24% do volume total de escoamento superficial, já o *swale*, diminuiria o volume de saída em comparação com o de entrada, em cerca de 25 %. A zona húmida artificial, para a mesma simulação, não atingiu reduções significativas nos volumes de escoamento superficial, atingido apenas reduções na ordem dos 4%. Embora os sistemas possibilitem reduções significativas na diminuição de caudais de ponta de cheia e retenção de escoamento superficial, a ocorrência de fenómenos de *bypass* é problemática, o que implica que as áreas de implementação destes sistemas (em especial para as zonas húmidas artificiais) devam ser aumentadas, de forma a permitir gerir efetivamente os caudais de escoamento superficial. No que diz respeito à qualidade da água, foi demonstrado pelo referido autor que, a redução da concentração de sólidos suspensos totais (SST), azoto total (N) e fósforo total (P) pela bacia de biorretenção foi de 72%, 42% e 49% respetivamente, ainda que a redução de  $NO_x$  e  $PO_4^{3-}$  tenha sido baixa (<20%), o que levanta alguns problemas, pois a presença destes aumenta o risco de eutrofização. A zona húmida artificial demonstrou ser, para os mesmos parâmetros, a mais eficiente, reduzindo em cerca de 83% e 50%, a concentração de SST, N e P, tendo atingido, em comparação com a bacia de biorretenção, reduções na ordem dos 90% na carga disponível de  $NO_x$  e  $PO_4^{3-}$ . Embora as concentrações de entrada não tenham sido medidas no *swale*, a redução estimada na concentração de poluentes foi de 82%, 47% e 52% para SST, N e P, respetivamente. A zona húmida artificial reduziu ainda as concentrações de todos os metais em cerca de 66-80%. A bacia de biorretenção mostrou ser capaz de reduzir em cerca de 80% a concentração de chumbo e zinco, embora a remoção de alumínio e cobre tenha sido menor, 32% e 56%, respetivamente. O efluente de saída do *swale* continha concentrações vestigiais de metais, com exceção do zinco. De uma forma geral, as *MPGs* estruturais, demonstraram boas capacidades na redução de poluentes presentes no escoamento superficial, no caso de eventos de precipitação que não originem fenómenos de *bypass*. É importante ainda referir que o desempenho destes elementos estruturais foi avaliado individualmente, e não no contexto de uma cadeia de gestão *WSUD*, o que influencia bastante o seu desempenho final (Parker, 2010).

Num caso de estudo referente ao bairro de *Las Huertas* na cidade de Sevilha, desenvolvido no âmbito do projeto *Sistemas de Gestión Sostenible del Ciclo Urbano del Agua en la Rehabilitación Integral de Barriadas en Andalucía (Aqua-Riba)*, foram estimados os custos

para a implementação de *MPGs* estruturais, em que para as trincheiras de infiltração foi 22 €/m<sup>2</sup>, e 45 €/m<sup>2</sup> para os jardins chuva. Em conjunto, as duas *MPGs*, potenciam a infiltração de 668,41 m<sup>3</sup> de águas pluviais e terão um custo total de 70.525,84 € (+IVA), para uma área de 67.800 km<sup>2</sup>, o que implica um custo em relação à capacidade de redução do escoamento superficial de 105,51 €/m<sup>3</sup>, e em função da área servida de 1.394,37 €/km<sup>2</sup> (Navarro *et al.*, 2015). Foi demonstrado por Wong *et al.* (2002) que os custos diretos na utilização de uma abordagem *WSUD*, acarretam, na sua maioria, menos custos que os sistemas de drenagem convencionais, podendo a diferença de custos atingir os 80% para *swales* e 30% para jardins chuva.

A abordagem *WSUD*, vai, no entanto, muito além do que simplesmente contribuir para a mitigação dos impactos causados por eventos de precipitação na qualidade e quantidade de águas pluviais que atingem as áreas urbanas. A implementação desta abordagem pode também promover a manutenção e criação de habitats naturais que aumentam a biodiversidade local. A sua implementação em áreas urbanas, contribui ainda para a criação de espaços esteticamente agradáveis, que incentivam a criação de vínculos afetivo-culturais entre pessoas, água e natureza, contribuindo para o seu bem-estar e para a melhoria do valor ambiental, económico e social das áreas adjacentes. Isto por sua vez contribui para educação da comunidade, podendo demonstrar os benefícios e vantagens da uma cidade desenhada em prol da sensibilidade à água, mais resiliente aos impactos motivados pelas alterações climáticas, e equipada com infraestruturas economicamente e ambientalmente mais sustentáveis, com uma menor pegada de carbono do que as soluções convencionais (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Sharma *et al.*, 2019). Doick & Hutchings (2013), demonstram que a seleção meticulosa e implementação estratégica de infraestruturas verdes em áreas urbanas reduz o efeito de ilha de calor urbana, diminui a temperatura do ar em cerca de 2 a 8 °C, melhora a qualidade do ar, reduz o stress térmico e mortalidade associada a ondas de calor, e contribui para o sequestro de carbono. As medidas estruturais, como as coberturas verdes ou florestas urbanas, ajudam também a diminuir os efeitos da poluição sonora, e permitem regular a temperaturas de edifícios, reduzindo a necessidade e os custos associados a equipamentos de refrigeração, que por sua vez diminuem as emissões de gases com efeito de estufa (Gehrels *et al.*, 2016). Foi ainda, e em linha com o anterior, demonstrado por Gill *et al.* (2007) que a

utilização de coberturas verdes, em apenas 10% da área exterior de um edifício consegue reduzir a temperatura máxima da superfície em 2,4 a 2,5 °C.

Além dos referidos benefícios, uma estratégia *WSUD*, que incorpore elementos naturais na paisagem urbana que transmitam sensações de calma, pode ainda criar outros benefícios, tais como, reduzir a ocorrência de crimes, estimular o desenvolvimento económico, promover o turismo e reduzir o *stress* rodoviário. Kuo & Sullivan (2001), mostram que a presença de vegetação pode inibir a ocorrência de crimes, ao aumentar a vigilância informal, assim como inibir alguns dos precursores psicológicos da violência, como a fadiga mental, isto tendo em conta o fato de que o contacto com a natureza está associado a um funcionamento cognitivo estável, podendo, portanto, ajudar na recuperação da fadiga mental. Ao utilizar a água como um elemento criador de sentimentos de lugar e identidade, a abordagem *WSUD* pode estimular o desenvolvimento económico de diversas formas, quer por melhorar as funções estéticas das áreas urbanas e, conseqüente, vinda de novos negócios, empresas e criação de postos de trabalho, ou por influenciar as tendências do mercado imobiliário. Áreas urbanas esteticamente mais agradáveis, que promovam uma nova dinâmica na utilização e reutilização de recursos locais, podem também influenciar o setor turístico e a afluência de visitantes ao local (Charlesworth, 2010; Kellagher *et al.*, 2015).

Assim sendo, o desenvolvimento de uma estratégia *WSUD* e, posterior implementação de *MPPs* e *MPGs*, deverá sempre contemplar, quando possível, a já existente rede de drenagem de águas pluviais, de forma a que sejam alcançadas as melhores soluções possíveis no contexto da gestão urbana da água. O desafio prende-se, portanto, na conceção de soluções de drenagem urbana sustentáveis e robustas, com um leque diversificado de opções, incluindo para isso sistemas de drenagem convencionais, sempre que estes se mostrem uma solução eficaz (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Ashley *et al.*, 2010; Graham *et al.*, 2012). A utilização dos já existentes sistemas de drenagem, suporta o funcionamento dos novos elementos estruturais descentralizados aquando eventos de precipitação raros e pouco frequentes, já que para os eventos mais frequentes os sistemas de controlo na origem gerem o escoamento superficial, oferecendo uma solução mais flexível e adaptável à gestão urbana da água, onde as águas pluviais são utilizadas como recurso estratégico ou recreacional, em

períodos de seca ou em espaços verdes urbanos, contribuindo os últimos para o aumento da biodiversidade e melhoria do clima urbano (R. M. Ashley *et al.*, 2010; Graham *et al.*, 2012).

Embora o leque de opções e benefícios que deles advêm seja reconhecida, existem ainda nos dias de hoje algumas barreiras e impedimentos à implementação de estratégias no domínio *WSUD*. Uma das principais barreiras é relativa ao seu desempenho e custos de manutenção a longo prazo. Num estudo desenvolvido para a cidade de Brisbane, Austrália, por Thomson & Leinster (2007), foram analisados os custos do ciclo de vida de *MPGs*. Estes estimaram os custos médios anuais de manutenção, para o ano de 2007, em cerca de 1.500 \$ para os sistemas de biorretenção e de 30.000 \$ para as zonas húmidas artificiais com dispositivos de recolha de resíduos sólidos. Os custos médios de manutenção anual, durante o período de estabilização para os *swales* de biorretenção e zonas húmidas artificiais variaram entre 7\$/m<sup>2</sup> e 35 \$/m<sup>2</sup>. As estimativas dos custos anuais de manutenção foram entre 2 \$/m<sup>2</sup> e 12/m<sup>2</sup>. Embora os valores apresentados sejam uma boa aproximação aos custos reais, é conveniente que sejam mantidos todos os registos e custos das estruturas *WSUD*, e que nestes constem os elementos funcionais do sistema, bem como a os custos de manutenção das áreas ajardinadas adjacentes ao sistema, para que a leitura dos dados seja o mais real possível. Por outro lado, a redução de poluentes nos efluentes descarregados nos meios recetores, pode gerar uma redução potencial nos custos de 515 \$ por kg de azoto removido (Australian Capital Territory Canberra, 2014).

Como descrito por Ashley *et al.* (2010), as cidades são sistemas complexos, nas quais o grande desafio se traduz na implementação de uma estratégia de gestão urbana sustentável de água, que incorpore as necessidades locais, as oportunidades e que considere as barreiras, físicas, políticas e socioeconómicas. Além do mais, a natureza fragmentada dos sistemas descentralizados de controlo na origem exige um maior compromisso por parte dos principais atores envolvidos na gestão urbana da água, assim como uma maior participação da comunidade. Será necessária uma atitude de mente aberta e proativa em relação a novas ideias, o que torna o desafio tão social quanto tecnológico.

#### 4.7. Casos de Estudo - Exemplos

##### 4.7.1. Portland, Oregon, USA: From Green to Grey

Há mais de uma década que a cidade de *Portland* utiliza abordagens sustentáveis para a gestão de águas pluviais, não apenas para garantir a gestão, mas também para criar habitats selvagens e promover a biodiversidade. A cidade, com uma área de 376,5 km<sup>2</sup>, albergava, no ano de 2009, 582.130 habitantes. A precipitação anual média observada é de 940 mm. Aproximadamente

metade da cidade é servida por um sistema de drenagem de águas residuais unitário, e a outra metade da cidade por um sistema separativo. Durante eventos de precipitação, ocorria a mistura do escoamento de origem pluvial e o efluente residual, na mesma rede de coletores, o que em muitas das vezes levava à colmatção do sistema. Parte do efluente combinado acabava por transbordar para o meio recetor mais próximo, o rio *Willamette*. Eventos de precipitação extrema podiam ainda causar o refluxo do efluente residual combinado através da caixa de visita, o que ocorria em média, 100 vezes por ano. Como resposta a estas ocorrências, a cidade investiu na construção de condutas de drenagem com capacidade para transportar os efluentes combinados para estações de tratamento, e também na implementação de soluções descentralizadas, como arruamentos verdes, coberturas verdes, jardins chuva, *swales*, canteiros vegetados, e sistemas de caleiras desconectados (*Anexo IX.1. e IX.2.*), com o objetivo de diminuir ao máximo o volume de água que entrava nos sistemas de drenagem. As medidas propostas na iniciativa *Grey to Green* tiveram um custo estimado em cerca de 50 milhões de dólares, durante um período de 5 anos. O investimento também prevê o aumento dos espaços verdes na cidade. Até 2013 foi prevista a implementação de 43.000 m<sup>2</sup> de novas coberturas verdes, 50.000 novas árvores e a reestruturação de 920 ruas equipadas com infraestruturas verdes (Hoyer *et al.*, 2011).

De forma a incentivar os seus habitantes a contribuírem ativamente na gestão sustentável das águas pluviais, a cidade de *Portland* propôs um desconto na taxa de gestão de águas pluviais, para os proprietários que implementassem medidas de controlo na origem de águas pluviais nas suas propriedades, promovendo a diminuição do escoamento superficial. Alguns proprietários aproveitaram a oportunidade para melhorar o espaço urbano envolvente, com elementos verdes. Além de financiamento e disseminação de informação, foi também iniciado um projeto de educação pública, tendo sido criadas oportunidades para que os habitantes da cidade disfrutassem dos novos espaços verdes enquanto aprendiam sobre as *MPGs* que suportam a nova estratégia de gestão sustentável de águas pluviais. As oportunidades educacionais incluem passeios de bicicleta e a pé, passeios virtuais pelas ruas e telhados verdes, assim como uma exposição artística com enfoque na relação entre a paisagem urbana e as águas pluviais, estando os mapas ser disponíveis no *website* do município. Além disso, a divisão de ambiente de *Portland* realizou seminários e workshops públicos gratuitos acerca de diferentes tópicos (e.g., telhados verdes) e, uma vez por ano, é publicado um calendário com referências aos locais onde podem ser observadas *MPGs*. As estratégias de educação contemplam ainda um programa educacional nas escolas públicas (*Anexo IX.3.*), que inclui vários jogos e histórias

sobre a temática da gestão de águas pluviais, e também são organizados passeios e ações de plantação de árvores, em cooperação com as escolas. Nos pátios das escolas foram instalados exemplos de gestão sustentável de águas pluviais, como ferramenta educacional para disseminação de conhecimento (Hoyer *et al.*, 2011).

#### 4.7.2. *Lódz, Polónia: Blue-Green Network*

A cidade de *Lódz*, com 293,25 km<sup>2</sup>, situa-se na zona mais central da Polónia, e foi em tempos uma das principais áreas de produção têxtil, conhecida, por isso, como a *Manchester* da Polónia. As alterações verificadas nas últimas décadas do século XX trouxeram mudanças significativas na cidade, pois o setor industrial entrou em recessão e registou-se uma diminuição na população. Contudo, e como resposta a essas mudanças, a cidade desenvolveu um conjunto de estratégias de revitalização, nas quais foram incluídos elementos associados à história da cidade, na qual os rios tiveram um papel predominante, como se pode confirmar no brasão da cidade, que representa um barco. No entanto, e como resposta ao desenvolvimento urbano, muitos destes rios e ribeiros foram canalizados, cobertos, e em alguns pontos sujeitos a contaminações com origem em redes ilegais de águas residuais. O mesmo desenvolvimento urbano levou a uma alteração na paisagem e, conseqüente, redução na capacidade de esta reter água, aumentando assim o número de inundações fluviais e pluviais (a precipitação média anual é de 516 mm). Foi então decidido que os planos de desenvolvimento deveriam focar-se na renaturalização das massas de água existentes, e usá-las assim como um elemento potenciador do desenvolvimento urbano. A paisagem e os rios, começaram então a ser recuperados com base nos aspetos ec hidrológicos (Hoyer *et al.*, 2011; Maciej Zalewski, 2005).

No âmbito do projeto de pesquisa *SWITCH*, investigadores da Universidade de *Lódz* e o município de *Lódz* reuniram-se para formar uma parceria (principais atores locais do setor público e privado, incluindo o governo local, entidade responsável pela gestão da água, decisores políticos e outros cidadãos envolvidos nas questões urbanas da água) para que fosse dado um primeiro passo na resolução dos problemas de gestão urbana da água da cidade de *Lódz*. O principal objetivo do grupo foi o de identificar questões prioritárias que deveriam ser abordadas pela investigação científica e através da implementação de projetos de demonstração, que dessem origem a um planeamento espacial integrado da cidade (Hoyer *et al.*, 2011).

Estes projetos incluíram a implementação de soluções sustentáveis de gestão de águas pluviais e a aplicação de biotecnologia associada aos ecossistemas aquáticos, para restaurar o ciclo da água e reabilitar ecossistemas aquáticos (*Anexo IX.4.*). O suporte científico baseou-se no conceito inovador de Ecohidrologia, inicialmente desenvolvido na Universidade de *Lódz* e no centro regional Europeu de Ecohidrologia, sob os auspícios da *UNESCO*, em cooperação com grupos internacionais de cientistas no âmbito do Projeto Hidrológico Internacional da *UNESCO* (*Zalewski, et al., 1997*).

A experiência adquirida com a investigação produzida e os projetos de demonstração foram usados como base para o desenvolvimento de uma estratégia de planeamento urbano e gestão integrada da água (*Wagner & Zalewski, 2009*), incluindo:

- Elaboração de recomendações para a proteção, gestão e ordenamento espacial de todas as massas de água que atravessam a cidade de *Lódz*;
- Formulação de linhas orientadoras para o ordenamento do território da cidade relativamente á gestão de águas pluviais;
- Desenvolvimento de um novo conceito para o desenvolvimento territorial de *Lódz*, que valorize o recurso água e as áreas verdes da cidade, designado por *Blue-Green Network* (*Anexo IX.5.*).

#### 4.7.3. *Peppermint Grove, Austrália: The Grove: Leading, Learning, Living*

As cidades de *Cottesloe*, *Mosman Park* e o município de *Peppermint Grove*, desenvolveram um projeto de demonstração ambiental num edifício e espaços adjacentes, o *The Grove: Leading, Learning, Living*, através da implementação de estratégias *WSUD* (*Anexo IX.6.*). O edifício não visa apenas a eficiência no uso da água, mas também se propõe a funcionar com uma ferramenta educacional “viva”. O uso da água no *The Grove* diminuiu significativamente, pois esta é recolhida, armazenada e tratada no local para uso interno. Urinóis sem água e vários dispositivos de água de consumo de água eficiente também foram instalados no edifício. As águas residuais são recolhidas, tratadas e utilizadas no local para rega. Durante os meses mais quentes, alguma da água é utilizada no sistema de refrigeração do edifício, o que contribui para a qualidade térmica do mesmo (*New WAter Ways, 2012*).

Historicamente, o escoamento superficial gerado na Bacia Hidrográfica dominante com 200.000 m<sup>2</sup>, não sofria qualquer tipo de tratamento. Com a implementação de um sistema de recolha de sólidos, consegue-se atingir um nível de tratamento primário do escoamento superficial, que transportado para um tanque, é depois bombeado para que seja garantido o

tratamento secundário, que se dá através da rega subsuperficial de canteiros vegetados com plantas endêmicas, que removem nutrientes, sólidos em suspensão e metais pesados. O efluente é depois drenado para uma zona húmida artificial, onde ocorre uma melhoria no tratamento, seguindo-se a infiltração do efluente no aquífero. Para a implementação e desenvolvimento do sistema de tratamento e reutilização de águas residuais, esquematizado no *Anexo IX.6.* foram gastos \$320.300 (New WAter Ways, 2012).

Os elementos paisagísticos são compostos por espécies de plantas endêmicas da região ocidental Australiana, cujas necessidades hídricas são reduzidas. A utilização de coberturas verdes nalgumas das fachadas do edifício contribuem também para a redução da temperatura. A nível regional, este é o único edifício que incorpora o desvio de líquidos com origem no urinol para um sistema de tratamento a jusante. Na área metropolitana da cidade de *Perth*, foi o primeiro edifício público a recolher, armazenar e tratar águas pluviais para uso potável interno (embora sujeito a algumas limitações de uso), tratar efluentes residuais no local, e utilizar água de origem subterrânea e águas pluviais para regulação da temperatura. Estima-se que o sistema de armazenamento de água pluvial, com capacidade para 258 m<sup>3</sup>, reduza o consumo de água da rede na ordem dos 730 m<sup>3</sup>/ano, conseguindo assim garantir o consumo interno por si só, e cuja implementação está avaliada em cerca de \$494.400. Os dispositivos de consumo de água eficiente economizam perto de 175 m<sup>3</sup>/ano, e a sua instalação compreende um valor de \$5.600. Além disso, a utilização de efluentes tratados para a rega dos espaços verdes, irá permitir reduzir a captação de águas subterrâneas em 700 m<sup>3</sup> (New WAter Ways, 2012).

Uma grande parte do projeto é dedicada à componente educativa, cujo objetivo passa por promover a disseminação do conceito de Desenvolvimento Ecológico Sustentável (*ESD*). O edifício incorpora janelas de visualização, que permitem aos visitantes conhecer os equipamentos, como as câmaras de desvio de águas pluviais. Na biblioteca existente no local, podem ser utilizados vários materiais didáticos existentes, e são organizados fóruns comunitários, oficinas, eventos e atividades que incentivam o envolvimento da comunidade face a práticas mais sustentáveis (New WAter Ways, 2012).

#### 4.7.4. *Perth, Austrália: Kings Square Raingardens*

No contexto de um projeto desenvolvido pela cidade de *Perth* na Austrália, cujo objetivo central foi o de reconectar o centro da cidade com a zona de *Northbridge*, definindo assim um novo núcleo comercial da cidade, equipado com soluções de gestão de águas pluviais sensíveis

à água, integradas nos arruamentos nos espaços públicos abertos. A paisagem urbana de *Kings Square* possibilitará conectar as áreas vinculadas ao projeto *Perth City Link* ao contexto mais amplo do centro financeiro e *Northbridge*, e como extensão do “*City Walk*” até à *Perth Arena*. O projeto de reestruturação da paisagem urbana foi desenvolvido de acordo com os princípios *WSUD* e incluí uma rede de jardins chuva, integrados em parques de estacionamento, que foram projetados para recolher o escoamento superficial com origem na berma entre a estrada e o estacionamento. Estes jardins asseguram a retenção, filtração, gestão de resíduos sólidos e biorremediação, garantido a sua integração com a iluminação rodoviária e mobiliário urbano (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2017).

Os jardins chuva (*Anexo IX.7.*) apresentam inovações ao nível do design urbano que dão relevo à ecologia local, iluminação, plantas e utilização do espaço, que resulte num espaço funcional. A sua integração é feita a montante de um sistema de drenagem de pluviais tradicional, responsável por drenar os eventos *first-flush*. Os lancis foram reduzidos a 80 mm de altura, com as baias de estacionamento desniveladas em relação ao passeio. Quando os lugares de estacionamento estão livres, a área entre os jardins funciona como espaço para pedestres. Foram implementados 10 jardins chuva, cujo comprimento varia de 4 m a 9 m, com largura de 2,5 m. A sua proporção equivale a aproximadamente 1:2, entre a área de infiltração e a área de estacionamento, situação inovadora na paisagem urbana da cidade (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2017).

A fase inicial de um evento de precipitação, é aquela na qual são transportados mais poluentes (por exemplo: hidrocarbonetos, metais pesados, nutrientes, sedimentos e resíduos de folhas), e por isso, maiores são as consequências para o meio. Os jardins chuva apresentam vegetação densa (8 plantas/m<sup>2</sup>), o que contribui para o aumento da biodiversidade, removendo nutrientes e a biorretenção dos poluentes. As árvores foram selecionadas de forma a que oferecessem área sombreada durante o verão e exposição solar durante o inverno. Foi também importante a escolha de árvores com tamanhos de folha relativamente pequenos, que diminuíssem a probabilidade de estas contribuírem para a colmatação do sistema de drenagem. As espécies de plantas halófitas foram especificamente selecionadas para a remoção de nutrientes, mantendo, contudo, um perfil endémico e aspeto esteticamente agradável. Os passeios foram dimensionados de forma a orientar o escoamento pluvial para os jardins chuva e assim promover a rega (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2017).

#### 4.8. Cidade Sensível à Água (*Water Sensitive City*)

A gestão do ciclo urbano da água é tida com um dos maiores desafios das cidades para o século XXI. Pela primeira vez na história da humanidade a população urbana é superior àquela que reside em áreas rurais e a pressão sobre a procura e disponibilidade de água acompanha essa tendência de crescimento. O crescimento populacional ocorre num contexto de alterações climáticas, limitações de recursos naturais e aumento de fatores de stress nos ecossistemas. O conceito de sustentabilidade, surgiu nos últimos anos como resultado de avanços feitos em prol da proteção do ambiente. A procura de ambientes urbanos sustentáveis prevê um modelo de desenvolvimento que não reduza os recursos naturais a níveis que prejudiquem a qualidade e saúde dos ecossistemas terrestres e aquáticos. O desenvolvimento de opções que aumentem a resiliência das cidades, face os impactos das alterações climáticas, que garantam especificamente, o fornecimento de água, a gestão sustentável de fenómenos de cheias e a proteção dos ecossistemas aquáticos, apresentam-se como um desafio emergente, para as comunidades urbanas em crescimento, devendo estas, procurar minimizar o seu impacto nos recursos hídricos existentes, já sobre pressão (Wong *et al.*, 2013; Brown *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, a gestão urbana da água era baseada em sistemas de previsão e controlo. No entanto, e devido ao aumento da frequência e severidade dos eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações e secas, tornou-se mais difícil avaliar a disponibilidade real de água. Assiste-se, por sua vez, a uma sociedade cada vez mais consciente e sensível a questões ambientais, bem como, ao seu impacto na qualidade de vida. Com tudo isto, é possível afirmar que as abordagens estáticas de gestão urbana da água, se tornaram cada vez mais incapazes de, no atual contexto, garantir a operacionalidade dos sistemas. Uma maior imprevisibilidade necessita, por isso, de uma gestão de recursos hídricos mais flexível e resiliente, o que requer mudanças substanciais na abordagem e atitudes dos principais intervenientes: comunidade, governo e empresas. As cidades são afetadas por fatores políticos, práticas e políticas transversais a todos os níveis de governação (local, regional e nacional), tanto que, a definição de objetivos de desenvolvimento requer a integração de novos conhecimentos e práticas, reflexo de alterações nas aspirações e prioridades e que, nalguns casos, promovem o aparecimento de novas ideias e soluções. Atualmente, as linhas orientadoras incitam à implementação de abordagens inovadoras, auxiliadas pelo sistema urbano de água, e na sua capacidade em garantir água suficiente, para manter as infraestruturas verdes e os serviços ecossistémicos associados, para que estes garantam o bem-estar e resiliência das áreas urbanas. As questões de equidade social e intergeracional não devem ser descuradas, para que o capital

natural água continue a ser gerido em prol do benefício comum (Brown *et al.*, 2016; Wong *et al.*, 2013).

O conceito da *Water Sensitive City* surge como visão unificadora de uma abordagem de gestão do ciclo urbano da água, num processo holístico, que incorpora decisões políticas, investimento social e institucional, avanços tecnológicos e atitudes e responsabilidades individuais, não procurando apenas dar resposta à procura de água na cidade, mas, ao ser sensível à água, oferecer simultaneamente múltiplos benefícios, que fomentam, a prosperidade económica através do uso eficiente de diferentes origens de água disponíveis, a proteção e qualidade ambiental das massas de água e zonas húmidas, a redução dos riscos e aumento da resiliência aos impactos associados a inundações, e a criação de espaços públicos que recolhem, tratam e reciclam a água, os quais influenciam o bem-estar e a resiliência da cidade (Brown *et al.*, 2016; Wong *et al.*, 2013).

A água é um elemento essencial para a criação de locais, tanto para a sua manutenção como para a melhoria dos valores ambientais das massas de água existentes, dos valores culturais e da identidade local. A *Cidade Sensível à Água*, no domínio do *Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD)*, combina infraestruturas físicas com os sistemas sociais, governação e sensibilização, para criar uma cidade na qual existe uma relação proativa entre a comunidade, também ela responsável na gestão da água e ecossistema urbano, e as infraestruturas e serviços de água e saneamento, que aumentam o bem-estar e qualidade de vida, também com efeitos positivos sobre a coesão entre a comunidade, pois a sua perceção de lugar e identidade coletiva, é estimulada pela relação cultural com a água (Brown *et al.*, 2016).

Os projetos no domínio *WSUD* influenciam a gestão e o planeamento integrado do uso do solo e recursos hídricos, que resultam em estratégias transversais a toda a bacia hidrográfica, com influência direta sobre a área urbana, e integram soluções baseadas na natureza na paisagem urbana. Promovem as componentes do regime hidrológico, o tratamento do escoamento superficial, reduzindo a percentagem de áreas impermeáveis e contribuindo para assim para a infiltração, aumentando o tempo de retenção e regularização dos caudais, alcançando assim um maior equilíbrio entre o habitat construído e o natural. Contribuem ainda para alcançar diferentes benefícios, que vão desde aumento da biodiversidade, melhoria do aspeto estético da paisagem e infraestruturas urbanas, à mitigação das ilhas de calor urbana, com benefícios para a saúde e bem-estar humano, culminando num aumento da capacidade de resposta da cidade, face à ameaça das alterações climáticas (Kellagher *et al.*, 2015).

Promover a adaptação e aumento da resiliência das cidades, face às alterações climáticas, requer que sejam desenvolvidas soluções flexíveis e dinâmicas, como resposta aos desafios e incertezas de uma nova realidade. Para que haja uma resposta efetiva da cidade, o sistema que gere as águas urbanas tem de assentar em três princípios fundamentais: adaptabilidade, diversidade e redundância (Faram *et al.*, 2010).

Segundo Graaf (2009), as áreas urbanas são sistemas vulneráveis a fatores externos, devido à sua elevada dependência de recursos provenientes do exterior, vulnerabilidade essa que aumenta ainda mais tendo em conta os possíveis efeitos das alterações climáticas, escassez de recursos, e aumento de áreas urbanas. Face estas vulnerabilidades, a utilização de recursos com origem no ecossistema urbano, água e energia, a par daqueles importados, surge como a solução que dá resposta aos princípios elencados por Faram *et al.* (2010), e que tornam a cidade menos dependente de recursos externos, e mais resiliente no caso de fenómenos de cheia, seca e interrupções no abastecimento de energia. É demonstrado por Graaf (2009), que os sistemas descentralizados, à escala local, são soluções mais flexíveis e adaptáveis, e que embora possam apresentar menor eficiência, são menos vulneráveis quando comparados com infraestruturas centralizadas, de grande-escala, que possuem uma capacidade inferior de adaptação à incerteza.

As mudanças no modelo de gestão de águas urbanas, relativas às estratégias de gestão sustentável, devem abordar a dimensão social desta transição. O termo utilizado para descrever os principais valores e acordos implícitos na forma como a água deve ser gerida, conhecido como contrato hidrossocial, é influenciado por fatores culturais e históricos, habilitado através de regulamentos e fisicamente representado através das infraestruturas que compõem os sistemas de gestão de água. À medida que se progride pelos diferentes paradigmas de gestão de águas urbanas, torna-se importante conhecer o contexto temporal, ideológico e tecnológico da cidade, bem como a sua história, ecologia, geografia e dinâmica sociopolítica. O conhecimento dos valores e aspirações sociais, são um pilar fundamental para incentivar a mudança institucional. Embora os mecanismos legais sejam a força institucional mais formal, as mudanças de atitudes e valores precedem, geralmente, as mudanças legais (Brown *et al.*, 2008; Wong & Brown, 2009).

Garantir a resiliência dos domínios social e técnico, superar as vulnerabilidades dos sistemas urbanos associadas às alterações climáticas e crescimento populacional, são condições inerentes à *Cidade Sensível à Água*. Quando os sistemas que compõem a cidade são resilientes estão reunidas as condições necessárias para estimular melhorias, inovações e estratégias de

desenvolvimento. No entanto, a cidade enquanto sistema é vulnerável e está sujeita a que algumas perturbações provoquem consequências sociais e económicas imprevisíveis (Adger, 2006; Wong & Brown, 2009).

A resiliência a fenómenos de inundação, como uma das principais componentes da abordagem *WSUD*, deve ser integrada através dos seguintes princípios (Gersonius *et al.*, 2016):

- Gerir o excesso e a escassez de água de forma integrada;
- Gerir e utilizar o ciclo da água o mais próximo da origem, incorporando todos os seus aspetos e oportunidades locais (e.g., medidas de controlo na origem e uso da topografia local para controlo de caudais);
- Lidar de forma sinérgica e adequada a integração da água no ambiente urbano, incluindo ecossistemas, sistemas urbanos e processos de planeamento (maximizar o custo de oportunidade, flexibilidade e resiliência, na integração efetiva e utilização em áreas urbanas);
- Integrar a gestão da água nos sistemas e serviços públicos que dão resposta às necessidades humanas na cidade e áreas periféricas, através de uma abordagem sistémica, que responda às interdependências.

O significado de “sensível à água” no contexto urbano e a forma como este pode avançar para uma gestão urbana da água mais sustentável é determinado por vários fatores, como: ambiente biofísico, ecologia, clima, história, geografia e demografia, assim como, as tecnologias existentes apropriadas e estruturas institucionais (governos e organizações) que influenciam a gestão da água, e determinam o contrato hidrossocial da cidade (Lundqvist *et al.*, 2001; citado em Brown *et al.*, 2009), representado nos valores predominantes e acordos implícitos entre a comunidade e os órgãos de governação sobre como dever ser gerido o recurso água (Brown *et al.*, 2016).

A estrutura de transição urbana da água (Figura 10) compreende 6 momentos evolutivos que formam um contínuo e estão divididos em duas dimensões:

- I.** Motores cumulativos de mudança sociopolítica (necessidades e expectativas): emergem da crescente sensibilidade ambiental por parte da sociedade e expectativas de melhor prestação de serviços e práticas relativas à gestão urbana da água;
- II.** Objetivos dos serviços prestados: serviços cada vez mais abrangentes, necessários para suportar os motores de mudança à medida que as cidades se tornam mais sustentáveis.

Esta estrutura é uma ferramenta essencial que permite definir quais os atributos que capacitam a cidade no âmbito da sustentabilidade e identificar quais as alterações institucionais necessárias para promover uma gestão mais sustentável da água (Brown *et al.*, 2016).

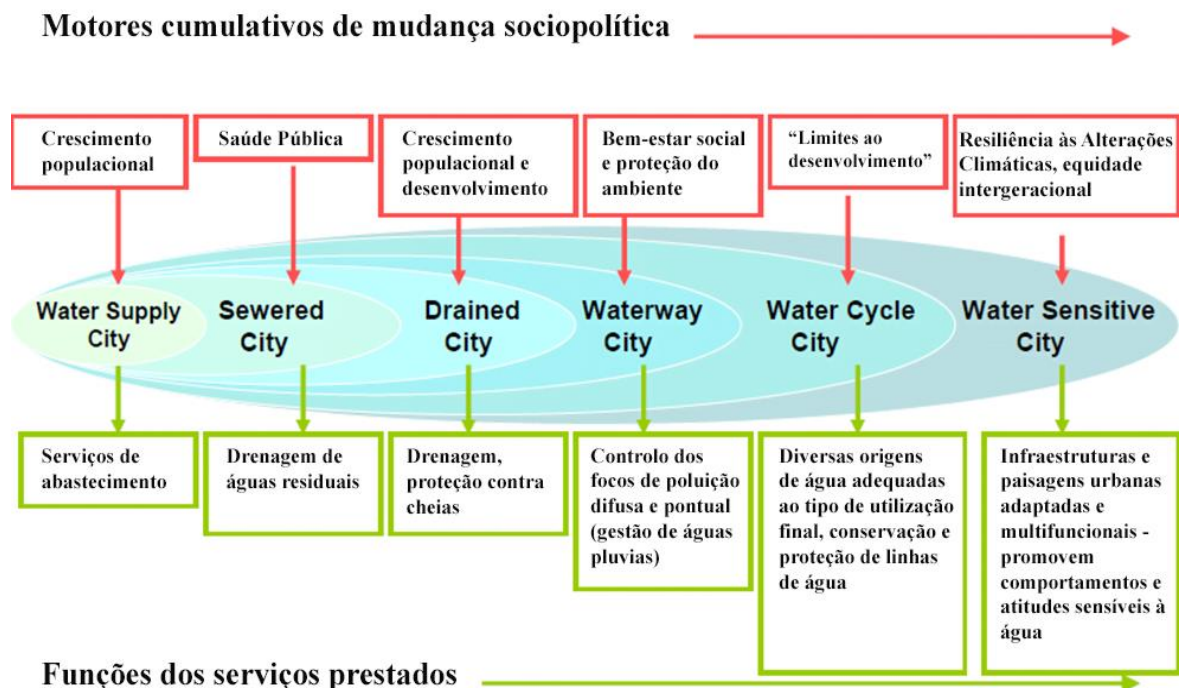


Figura 10 -- Estrutura de transição urbana da água (adaptado de Wong *et al.*, 2009)

A transição para uma maior sensibilidade à água tem, tradicionalmente, sido feita de forma sequencial e progressiva, onde cada etapa se baseia e evolui sob as etapas anteriores. As três primeiras etapas dizem respeito a necessidades e expectativas específicas, relativas ao fornecimento de água, proteção da saúde pública e mitigação de impactos de cheias e inundações. No entanto, as três etapas seguintes demonstram uma mudança significativa, para além das necessidades básicas de sobrevivência, num sentido socioambiental mais complexo, de maior auto-suficiência hídrica e menores impactos ambientais. As massas de água, independentemente da sua dimensão, são consideradas como locais propensos a interações sociais, e são esteticamente aprazíveis. Em suma, a gestão dos recursos hídricos contribui para a revigoração da identidade da cidade, em que a comunidade sente orgulho das práticas sustentáveis de gestão de água (Johnstone *et al.*, 2012).

A implementação dos princípios para uma *Cidade Sensível à Água* é guiada pelas seguintes fases (Gersonius *et al.*, 2016):

1. Desenvolvimento de uma visão focada na gestão sustentável do CUA, com princípios e objetivos definidos, reconhecendo os motores de mudança e possíveis consequências;

2. Identificação das oportunidades, intervenientes e resultados previstos;
3. Avaliação e análise detalhada das opções em questão;
4. Seleção das opções preferenciais, implementação e monitorização da sua performance.

No *Anexo X* são comparados os atributos característicos de uma estratégia de gestão integrada e sustentável do CUA típico de uma *Water Sensitive City*, relativamente à estratégia comum de gestão urbana da água, devendo estes servir como base para abordar as transformações necessárias para desenvolver uma visão que suporte a *Water Sensitive City* (Wong *et al.*, 2013).

A *Cidade Sensível à Água* é caracterizada por três pilares estruturais (Wong & Brown, 2009):

- A cidade como Bacia Hidrográfica: Com acesso a diversas fontes de água, apoiada por infraestruturas centralizadas e descentralizadas, que contribuem para uma gestão holística da água;
- A cidade como fonte de serviços de ecossistemas: O ambiente urbano fomenta e suporta as funções dos ecossistemas naturais;
- A cidade composta por uma comunidade sensível ao ciclo urbano da água: O capital sociopolítico promove, através de políticas locais, mudanças de atitudes e comportamentos a sustentabilidade do recurso água.

Os três pilares categorizam de forma simples as iniciativas em três áreas transversais à gestão sustentável da água em meio urbano: recursos hídricos; serviços dos ecossistemas, e capital social e institucional (Wong *et al.*, 2013).

#### 4.8.1. A Cidade como Bacia Hidrográfica

A suscetibilidade das comunidades urbanas, face aos impactos do aumento da temperatura, diminuição da percentagem de água no solo, variabilidade climática, fenómenos de seca e alterações climáticas, é, cada vez mais, motivo de preocupação. Como forma de mitigar a dependência exterior de recursos hídricos, as cidades devem investir na recolha de água existente na sua própria Bacia Hidrográfica (Wong & Brown, 2009).

O fornecimento de água da cidade, ao ser reformulado, pode deixar de depender totalmente nas origens comuns de água, investindo para isso num portfólio de novas origens de água, mais diversas, que incluem, águas pluviais urbanas, águas residuais recicladas, dessalinização e águas subterrâneas. O desenvolvimento de estratégias em torno de múltiplas origens e infraestruturas de água permitirá às cidades aumentar sua flexibilidade em aceder a novas origens. Cada uma das origens alternativas possui perfis próprios de segurança, risco ambiental

e custo, havendo, no entanto, uma relação proporcional entre segurança, custo e risco ambiental. Na *Cidade Sensível à Água* o acesso a origens alternativas de água tende a ser dinâmico, possibilitado pela existência de infraestruturas associadas à recolha, tratamento, armazenamento e distribuição de água. As estratégias de utilização de água proveniente de origens alternativas incluem, por isso, sistemas centralizados e descentralizados, que podem ser à escala local, desde simples tanques de armazenamento de águas pluviais, para fins não potáveis, até à escala da cidade, como planos de reutilização indireta de água reciclada e redes de reservatórios locais interligados. A otimização de processos garante o acesso preferencial a origens com custos e impactos ambientais menores, em detrimento de outras (Wong & Brown, 2009).

Um elemento chave em prol da diversidade de infraestruturas refere-se às redes duplas de abastecimento de água não potável. Este fornecimento permite adequar o uso de água a um propósito definido (*fit-for-purpose*), através do qual se substitui o uso de água potável por água não potável (águas pluviais, águas cinzentas, ou águas residuais recicladas), para uso habitacional e urbano (descarga de autoclismos e rega de jardins e espaços verdes urbanos). A implementação de redes duplas de abastecimento de água para fins não potáveis é uma base estrutural para incentivar o acesso e a reutilização de água, pois esta origem alternativa de água apresenta menores custos quando aplicada em novos projetos urbanísticos. No entanto, a avaliação da viabilidade de projetos atuais não considera a utilização de águas pluviais e cinzentas, dada a sua baixa popularidade e potenciais riscos associados, embora o atual estado da arte já permita que sejam consideradas como parte de uma estratégia que recorra a origens alternativas, igualmente fiáveis e com baixos custos. (Wong & Brown, 2009).

#### 4.8.2. A Cidade e os Serviços dos Ecossistemas

O aumento populacional e as recentes evidências de alterações climáticas resultam numa maior pressão sobre as áreas urbanas, criando dessa forma novos desafios. Como resposta, a paisagem urbana deve ser adaptada através de soluções que aumentem a sua resiliência face às incertezas futuras no que diz respeito à disponibilidade de água e eventos climáticos extremos, e que forneçam serviços dos ecossistemas, que protejam os ecossistemas aquáticos e terrestres (Wong & Brown, 2009).

O desenvolvimento das cidades, num contexto de alterações climáticas, relativamente à gestão sustentável de recursos hídricos, requer uma mudança estrutural na abordagem convencional que subsiste na extração de recursos do ambiente natural e, conseqüente, deterioração de

ecossistemas. Os espaços públicos são elementos essenciais para o bem-estar da comunidade, devendo, para além da sua funcionalidade, promover outras comodidades espaciais. As funções tradicionais da paisagem urbana necessitam por isso, de ser reforçadas com uma maior compreensão das funções ecológicas da paisagem urbana, que capturam os objetivos da gestão sustentável do CUA, o papel do microclima urbano, a contribuição para o sequestro de carbono e a possível produção de alimentos. Embora muitas das funções ecológicas possam estar pouco relacionadas com a gestão e melhoria da qualidade das águas pluviais, como recurso, a crescente importância das infraestruturas verdes, como pilares do espaço urbano, reflete as bases filosóficas associadas ao conceito *WSUD* (Wong & Brown, 2009).

Os sistemas de tratamento de águas pluviais, como zonas húmidas artificiais e sistemas de biorretenção (e.g., jardins chuva), são implementados em diferentes escalas espaciais, desde edifícios residenciais e bairros, a espaços verdes urbanos e corredores de uso múltiplo. A colaboração com arquitetos paisagistas e urbanistas, permite incorporar muitas desses sistemas no desenho da paisagem urbana. Contudo, o levantamento *in situ* das condições de operação, manutenção e desempenho a longo prazo dos elementos *WSUD*, continua a ser essencial, pois muitos destes sistemas estão a tornar-se nos principais elementos utilizados em estratégias de gestão de águas pluviais, para o desenvolvimento de áreas urbanas mais sensíveis à água. Iniciativas transversais a toda a Bacia Hidrográfica da cidade (sob o domínio *WSUD*) e projetos de construção locais, fornecem a base para a proteção e melhoria da qualidade dos ecossistemas aquáticos (Wong & Brown, 2009).

#### 4.8.3. Cidadãos Sensíveis à Água

A capacitação institucional para promover a gestão sustentável do CUA é, um elemento importante para o sucesso de muitas soluções contempladas no domínio *WSUD*. Brown (2008), argumenta que, a menos que as novas práticas de gestão sejam socialmente incorporadas no contexto institucional local, a sua implementação isolada é insuficiente para garantir o seu sucesso prático. A dimensão socioinstitucional do conceito *WSUD*, embora estrutural para o desenvolvimento efetivo de políticas e disseminação de práticas, carece ainda de pesquisa.

O desenvolvimento e implementação de estratégias no domínio *WSUD* é resultado de interações complexas entre os principais atores chave. A aceitação, a colaboração da comunidade e o apoio político são fundamentais para a transição para a *Cidade Sensível a Água* com conseqüente melhoria da capacidade técnica e prática e aumento da taxa de implementação, em ambientes urbanos complexos. O papel da comunidade, tanto na definição

das questões ligadas aos desafios do ciclo urbano da água, como na sua participação no desenvolvimento de estratégias sensíveis á água, pode e deve destacar o relacionamento da mesma com a água e os seus valores intrínsecos, incentivando a sua sensibilidade e participação na tomada de decisões acerca da gestão urbana do ciclo da água (Wong & Brown, 2009).

Os projetos assentes no domínio *WSUD* devem procurar conhecer os hábitos e atitudes da comunidade, e a receptividade a práticas de reutilização de água e prevenção de poluição, incorporando-os assim no desenvolvimento de políticas locais num contexto *WSUD*. Devem ainda ser desenvolvidos ações de participação abertas à comunidade, como workshops que tenham como base a definição de uma visão conjunta para um futuro sensível à água, ou ainda fóruns participativos públicos para o desenvolvimento de estratégias *WSUD* locais (Wong & Brown, 2009)



## 5. Caracterização da Área em Estudo

Neste capítulo é desenvolvida a caracterização da Bacia Hidrográfica da cidade de Quarteira, com base nos *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé* e no reconhecimento do local, resultado das visitas de campo à área de estudo.

### 5.1. Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira

A bacia hidrográfica que domina a Cidade de Quarteira, com uma área de 12,094<sup>o</sup>km<sup>2</sup>, localiza-se na faixa mais litoral do concelho de Loulé, e está inserida nos limites administrativos da freguesia de Quarteira, correspondendo a 31,69% da sua área total (*Peça Desenhada I*). Como limites territoriais destaca-se, a poente, a subunidade territorial de Vilamoura, cuja gestão está a cargo da empresa municipal Inframoura E.M., e a nascente a subunidade territorial da Quinta do Lago, sendo a Infraquinta, E.M., a responsável pela sua gestão. A bacia hidrográfica da área em estudo insere-se na região hidrográfica das Ribeiras do Algarve – RH8, sub-bacia hidrográfica do Sotavento. Conforme se pode observar na *Figura 11* a bacia hidrográfica que domina a Cidade de Quarteira é composta por sete sub-bacias, que resultam da morfologia e hidrografia local nomeadamente: Almargem (7,804 km<sup>2</sup>), Cavacos (0,388 km<sup>2</sup>), Checul (1,152 km<sup>2</sup>), Forte Novo (0,464 km<sup>2</sup>), Quinta do Romão (1,806 km<sup>2</sup>), Rosa Branca (0,379 km<sup>2</sup>) e Tenazinha (0,101 km<sup>2</sup>).

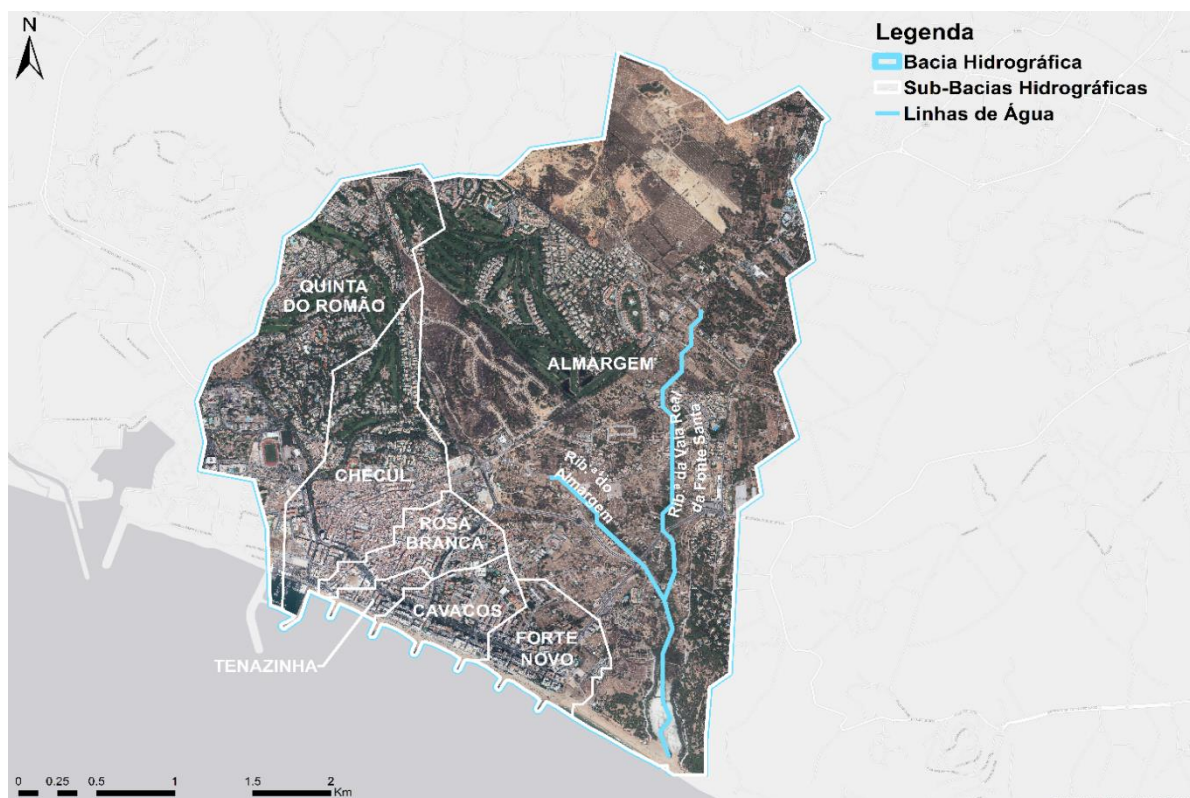


Figura 11 - Bacia Hidrográfica que domina a Cidade de Quarteira e respetivas sub-bacias hidrográficas

A sub-bacia de Almargem, localizada no lado nascente, ocupa a maior área de todas as sub-bacias, estendendo-se desde a faixa litoral até cerca de 5 km para o interior. Nesta são identificadas a Rib.<sup>a</sup> de Almargem, como afluente da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, as principais linhas de água da bacia hidrográfica, e cuja foz desagua na lagoa do Almargem. Esta sub-bacia possui, comparativamente com as restantes, uma menor área de solo urbano, embora uma maior área relativa de edificações dispersas, e a única mancha de solo rural classificada no âmbito da Reserva Agrícola Nacional (RAN), e na faixa litoral, comum a todas as sub-bacias, uma área pertencente à Reserva Ecológica Nacional (REN).

Com maior influência na faixa litoral e solo urbano da cidade, encontram-se as sub-bacias de Cavacos, Checul, Forte Novo, Rosa Branca e Tenazinha, sendo a margem ocidental da bacia, dominada pela sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão. Verifica-se assim em todas elas, um elevado nível de solo urbano edificado, infraestruturas e equipamentos, que contribuem para uma paisagem extremamente modificada, com influência ao nível da fisiografia e impactos no escoamento natural de água e configuração da costa.

## 5.2. Instrumentos de Gestão Territorial

O território onde se localiza a cidade de Quarteira é caracterizado como uma área estreita e alongada sobre a costa, onde ocorrem os principais centros urbanos e atividades económicas. As pressões sobre o tecido urbano e periurbano, resultante da atividade turística, levaram a que fossem criados impactos nefastos sobre o ordenamento do território. A importância dos Instrumentos de Gestão do Território (IGT) reflete-se na importância de garantir uma vivência humana que possibilite o equilíbrio entre pessoas, território e bens. Um melhor conhecimento acerca das características do território permite garantir uma maior resiliência, pelo que deverá sempre ser garantido a salvaguarda dos recursos territoriais e valores naturais. Em Portugal o sistema de gestão territorial é regulado através do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT), que influencia os demais instrumentos de Gestão do Território.

Para além dos planos territoriais de âmbito municipal, o município é ainda abrangido pelos seguintes instrumentos de gestão territorial e políticas de âmbito nacional e regional:

- Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT);
- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA);
- Plano de Gestão das Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8);
- Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve (PROT-ALG);

- Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) Vilamoura - Vila Real de Santo António;

Embora os instrumentos identificados possuam um grande relevo na gestão e ordenamento do território, num contexto de alterações climáticas importa destacar o POOC-Vilamoura-Vila Real de Santo António, pela sua relevância para o ordenamento da sensível faixa litoral deste território e o Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8). Podem ainda ser evidenciados como relevantes para o caso de estudo o PROT-Algarve, o qual define a estratégia regional de desenvolvimento territorial, bem como o PNUEA, como instrumento de política nacional para um uso eficiente da água, essencial para a promoção do Uso Eficiente da Água em Portugal, nos setores urbano, agrícola e industrial, de forma a diminuir os riscos de escassez hídrica e melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país.

A nível municipal este ordenamento e planeamento é regulado através do Plano Diretor Municipal de Loulé (PDM de Loulé), elaborado com o propósito de reforçar e assegurar o desenvolvimento económico, social e ambiental, Planos de Urbanização (PU) e Planos de Pormenor (PP) (CML, 2016; DHV, 2009f). O Regulamento do PDM estipula que: *“Nos espaços urbanos é possível o loteamento urbano e a construção destinada a habitação, comércio, serviços, equipamentos, restauração e bebidas e empreendimentos turísticos. As infraestruturas de abastecimento de água e drenagem de esgotos deverão ser ligadas às redes públicas.”* (DHV, 2009f).

Conforme se pode observar na Planta de Ordenamento do PDM de Loulé em vigor (*Anexo XI.1.*) são identificadas para a área em estudo as duas categorias (solo urbano, solo rural) e várias subcategorias de espaço. Os Espaços classificados como Solo Urbano que integram o território em estudo são caracterizados pelo elevado nível de infraestruturização e concentração de edificações. Estes espaços servem predominantemente a construção com fins habitacionais, podendo também integrar outras funções, como atividades terciárias ou turismo, desde que, pelas suas características, sejam compatíveis com a função habitacional. As áreas de verde urbano, integradas nos Solos afetos à Reserva Ecológica Necessários ao Equilíbrio do Sistema Urbano, de acordo com o Regulamento do PDM (artigo 35º) *“São áreas que pela sua natureza e sensibilidade se destinam a equipar e qualificar os espaços urbanos e urbanizáveis onde se inserem e a facilitar a drenagem natural.”* Estas áreas permitem a viabilização de espaços de

equipamentos compatíveis com a natureza e sensibilidade do local, que contribuam para a qualificação desses espaços, sem prejuízo da necessidade de serem implementados através de plano de urbanização ou de pormenor, desde que sejam cumpridas as regras definidas no PDM (DHV, 2009h, 2009f).

A presença de solos urbanos é característica em toda a bacia hidrográfica da cidade, na qual o aglomerado urbano ocupa grande parte da faixa litoral, embora disperso em manchas de diferentes dimensões. Os Aglomerados urbanos tipo A correspondem a uma área de 2,3523 km<sup>2</sup>, enquanto que as áreas urbanizáveis de expansão tipo A, representam 0,4801 km<sup>2</sup> (DHV, 2009j). Apesar da grande concentração urbanística, são identificadas Áreas de verde urbano, de proteção, e equipado, em que este último corresponde essencialmente a áreas ocupadas por campos de golfe, em manchas de dimensões diversas nos quadrantes N e NO, nas sub-bacias da Checui, Quinta do Romão e também Almargem.

Os Solos Rurais afetos à área em estudo compreendem Espaços Florestais de Proteção, cuja expressão se evidencia no quadrante N e E da sub-bacia de Almargem, e Espaços Naturais de Grau I, coincidentes com a área classificada como REN, e cujo domínio se estende por toda a linha de costa da bacia hidrográfica, de forma a garantir a conservação de valores naturais, a promoção do repouso e recreio ao ar livre e a preservação da qualidade ambiental (DHV, 2009f). A existência de Espaços Agrícolas, cuja classificação supõem uma maior aptidão agrícola e capacidade para manter o equilíbrio biofísico, corresponde a áreas integradas na RAN e também a zonas ameaçadas pelas cheias. Estas áreas desenvolvem-se ao longo das duas linhas de água existentes, as ribeiras do Almargem e da Vala Real da Fonte Santa, localizadas na sub-bacia de Almargem.

Na área referente à Bacia Hidrográfica da cidade de Quarteira os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) (*Anexo XI.2.*), integram Planos de Pormenor (PP), 1 Plano de Intervenção no Espaço Rural (PIER) e um Plano de Urbanização (PU), nomeadamente: PP Zona Nascente de Quarteira, em áreas de aglomerados urbanos – tipo A e Áreas de Reserva Ecológica Nacional – Grau I, inseridos nas sub-bacias de Cavacos e Forte Novo (em vigor); PP Centro Cultural e Parque Estacionamento de Quarteira, também em áreas de aglomerados urbanos – tipo A e Áreas de Reserva Ecológica Nacional – Grau I, na sub-bacia da Checui e Rosa Branca (em elaboração); PP Zona Poente Quarteira, que abrange as áreas de verde urbano localizadas na sub-bacia da Quinta do Romão (em elaboração); PIER Hotel Pinhal do Sol, localizado a NE, na sub-bacia de Almargem; PU Norte/Nordeste de Quarteira, que abrange as

áreas de aglomerado urbano – tipo A e áreas de expansão - tipo A, com maior expressão na sub-bacia de Almargem e Forte Novo, ainda que presente nas áreas limítrofes das sub-bacias dos Cavacos e Rosa Branca.

A Reserva Ecológica Nacional (REN) visa salvaguardar uma estrutura biofísica básica e diversificada que, através dos condicionamentos à utilização de áreas com características ecológicas específicas, garanta a proteção de ecossistemas fundamentais e o enquadramento equilibrado das atividades humanas (DHV, 2009h).

Na área em estudo são identificadas as seguintes tipologias de REN (*Anexo XI.3.*): Arribas e respetivas faixas de proteção; Cabeceiras de linhas de água; Dunas / Cordão Arenoso litoral; Leitões de cursos de Água e Zonas Ameaçadas pelas Cheias; Praias.

Da análise do *Anexo XII.3.* verifica-se que a sub-bacia de Almargem apresenta a maior área de REN, sendo a sua expressão menor para as sub-bacias da Checul, Cavacos, Forte Novo, Rosa Branca e Tenazinha, localizadas em solo urbano ao longo da faixa litoral, sob a forma de Praias.

As áreas integradas na REN localizadas na sub-bacia de Almargem encontram-se representadas por Praias, no setor litoral, Áreas de risco de erosão, no limite SE, e Aluviossolos modernos, que acompanham a principal linha de água existente. A Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa e o troço final do afluente da ribeira do Almargem, onde se sedimentaram os solos transportados pelos escoamentos das águas de montante, e que periodicamente são inundadas, são identificadas como zonas ameaçadas pelas cheias (DHV, 2009h).

As áreas abrangidas pela Reserva Agrícola Nacional (RAN) distribuem-se em manchas de dimensões diversas ao longo da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa e na área NO de toda a sub-bacia de Almargem (*Anexo XI.4.*).

Relativamente à capacidade de uso do solo na área em estudo, conforme se pode observar no *Anexo XII.4.* a classe A, com poucas ou nenhuma limitações e com baixo risco de erosão, surge associada a zonas de vale, ocupa pequenas áreas com dimensões diversas, nomeadamente nas sub-bacias, ordenadas por maior área de incidência, da Quinta do Romão, Checul, Rosa Branca e Tenazinha.

A classe de capacidade de uso do solo Bs apresenta algumas limitações e riscos de erosão moderados, ocorrendo ao longo das duas linhas de água na sub-bacia de Almargem. Ainda nesta sub-bacia, na foz do Almargem, troço terminal da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, destaca-se a presença da classe de uso do solo Eh e Es.

Nas sub-bacias Cavacos e Forte Novo evidenciam-se classes de uso do solo com limitações e riscos de erosão moderados a elevados, Cs, em duas pequenas manchas nos quadrantes SE. Ao longo da faixa litoral de ambas as sub-bacias destacam-se solos de classe Es em área de REN classificada como praias, com riscos de erosão muito elevados.

Na faixa litoral das sub-bacias da Quinta do Romão, Checul e Tenazinha destaca-se a presença de solo de capacidade de uso Es em solos afetos à REN, numa área de solo urbano de verde urbano de proteção, assim como as áreas urbano-turísticas e de verde urbano equipado no sector N de ambas, em solos com capacidade de uso Ds.

A classe de capacidade de uso do solo dominante na área em estudo divide-se entre as classes De e Ds, solos caracterizados pela sua baixa capacidade de uso, com limitações a nível da zona radicular, riscos de erosão e escoamento superficial no máximo elevados a muito elevados, não suscetíveis de utilização agrícola salvo casos muito especiais. Estas classes têm maior expressão na sub-bacia de Almargem, embora estejam presentes ao longo de toda a área em estudo, em sobreposição quer com áreas da RAN, quer de REN.

### 5.3. Recursos Abióticos

#### 5.3.1. Clima

O clima da região do Algarve é influenciado por fatores gerais relacionados com a circulação atmosférica, pela sua localização no limite sudoeste da Península Ibérica, totalmente exposto ao oceano Atlântico e por fatores locais, relativos ao relevo e disposição geográfica. O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger, pode ser classificado como um clima Mediterrânico temperado com inverno chuvoso e verão seco (Csa), com exceção da Costa Vicentina, serra de Monchique e Espinhaço de Cão.

A cidade de Quarteira possui um clima temperado com características Mediterrânicas sob influência da proximidade do mar. O clima pode ser caracterizado pela existência de uma estação seca, típica de meses de verão e uma estação chuvosa, referente aos meses de inverno. A grande percentagem de precipitação observada, cerca de 75% a 85% da precipitação total anual, ocorre entre os meses de outubro a março (estação chuvosa) apesar de se registarem eventos de precipitação nos meses de verão (estação seca), que totalizam cerca de 1% da precipitação anual registada. A precipitação média anual registada na estação do aeroporto de Faro é de cerca de 450mm, podendo oscilar de ano para ano. Foi observada uma tendência crescente das médias anuais de precipitação para anos mais recentes, que ocorre, porém, à custa de aparente maior irregularidade das chuvas durante o ano e a chuvas muito concentradas, com

carácter progressivamente mais torrencial. Registam-se temperaturas amenas durante todo o ano, com uma temperatura média anual registada de 17,1°C, no entanto, a amplitude térmica anual é de apenas 11°C. Quanto aos fenómenos de maré, esta é classificada como de tipo semidiurno com amplitudes médias da ordem de 2m e máximas próximas de 4m. O regime de agitação marítima junto à costa é de média energia e é dominado por ondulação de SW. A altura média anual das ondas é baixa, com altura significativa da ordem de 0,9m e período médio de 8 segundos, sendo registados períodos de calma durante cerca de 1/3 do ano. Este regime calmo é perturbado por temporais de sudoeste e sudeste (levante), em que os primeiros podem ter fortes impactos sobre a costa, mas não duram geralmente mais de 2 a 4 dias. A altura das ondas em temporais de SW atinge facilmente 3 a 4m, com o período de retorno para ondas de 6m calculado para intervalos de 30 a 50 anos. Os temporais de sudeste caracterizam-se por ondas de menor altura mas de período muito curto e tendem a contrariar os efeitos da agitação dominante de SW, que provoca deriva litoral de sedimentos de Oeste para leste (DHV, 2009h; Silva, 2009).

### 5.3.2. Recursos Hídricos

As principais linhas de água existentes na área em estudo são caracterizadas pelo seu regime efémero, sendo apenas perceptíveis aquando a ocorrência de eventos de precipitação continuados e/ou torrenciais, já que no terreno a sua presença é de difícil constatação, associado ao fraco desnível e à artificialização das áreas circundantes. O sistema aquífero existente é caracterizado por ser um sistema multiaquífero complexo, constituído por aquíferos simples ou multicamadas, uns de tipo cársico, outros de tipo poroso ou misto, livres e confinados, por vezes com artesianos repuxante (Brás *et al.*, 2017; CCDR Algarve, 2004; CML, 2016).

A principal massa de água superficial identificada para a área em estudo é a Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa e o seu principal afluente, a Rib.<sup>a</sup> do Almargem, localizado a meio do troço principal desta, atualmente integrada nos arrabaldes da extremidade nordeste da cidade e que assim delimitam a bacia hidrográfica que domina a cidade de Quarteira. A Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa ocupa uma área de cerca de 11 km<sup>2</sup> com orientação N-S abrangendo, entre outros empreendimentos, um campo de golfe (Vila Sol) e um parque aquático (*Aquashow*), desagua na lagoa que se localiza a nascente da cidade, conhecida por Foz do Almargem. A Lagoa da Foz do Almargem é o que resta de um pequeno estuário de água salobra, separada do oceano por um estreito cordão dunar ou por frágeis bancos de areia que têm vindo a ser colmatados por areias e aluviões. O comprimento da lagoa atinge os 830 metros com a largura máxima de 185 metros e uma profundidade que nunca ultrapassa os 5 metros (Brás *et al.*, 2017).

A hidrogeologia característica da área em estudo, diretamente relacionada com as litologias que caracterizam as unidades geomorfológicas existentes, permite identificar para esta área o Sistema Aquífero de Quarteira que abrange os concelhos de Albufeira e Loulé. Tem como principal suporte a formação carbonatada de Lagos-Portimão (Miocénico), quase totalmente coberta pelas areias e cascalheiras de Faro-Quarteira (Quaternário) e os calcários e dolomitos do Jurássico superior, e tem como limites a oeste a área que corresponde à Rib.<sup>a</sup> de Quarteira. A principal área de recarga situa-se a N e nalguns locais, onde os calcários miocénicos assentam diretamente sobre os calcários jurássicos existe conexão hidráulica para o qual se estima um caudal de entrada e 12 hm<sup>3</sup> e saídas na ordem dos 11 hm<sup>3</sup>, apresentando uma disponibilidade hídrica subterrânea anual de cerca de 16,86 hm<sup>3</sup>/ano (Almeida *et al.*, 2000, APA, 2016a, Duque *et al.*, 2009, SNIRH, 2019).

No que concerne ao aquífero existente na área em estudo importa destacar o problema relativo à intrusão salina. O fenómeno de intrusão salina, neste caso concreto, é motivado pelo elevado crescimento demográfico bem como a pressão urbanística que se faz sentir na faixa litoral do território em estudo, que resultam na ocupação de novos espaços e à sobre-exploração dos recursos naturais, incluindo os recursos hídricos subterrâneos. Como consequência têm-se vindo a verificar alguns indícios e situações concretas de desequilíbrio nos sistemas naturais subterrâneos, ignorando a sua capacidade de recarga, promovendo nas zonas litorais um deficit de água que é compensado pelo avanço da cunha, ou intrusão salina para o interior do território. Contudo, o problema da intrusão salina não se coloca apenas na faixa litoral, mas também na zona de recarga a montante, aliada à falta de fiscalização e monitorização das extrações de água a partir de furos (CML, 2016).

De acordo com o Plano de Gestão da Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, as massas de água que atualmente não constituem origens de água para abastecimento público são consideradas reservas estratégicas, desenrolando por isso um importante papel como origens de água nos períodos de seca, suprimindo as necessidades de água das populações, pelo que o nível de proteção tem de ser semelhante ao das origens atuais, de forma a preservar a qualidade da água para que possa ser utilizada nos períodos críticos (CML, 2016).

A hidrografia existente na área em estudo é apresentada em maior detalhe na [Peça Desenhada II](#).

### 5.3.3. Festos, Talvegues, Hipsometria e Declives

A representação dos Festos, Talvegues e Hipsometria para a área em estudo (*Anexo XI.5.*) permite obter uma primeira aproximação à morfologia do território em estudo. Essa mesma representação evidencia as diferentes classes hipsométricas e linhas de festo existentes, garantindo uma boa percepção do relevo.

As classes hipsométricas mais representativas na área em estudo situam-se entre os 50 e 100 metros, numa pequena faixa fronteiriça a norte da bacia hidrográfica nas sub-bacias de Almargem e Quinta do Romão, e entre os 0 e 50 metros numa grande extensão do território, evidenciada pela redução na altimetria de norte para sul. As linhas de festo possibilitam ainda verificar que as áreas urbanizadas da cidade de Quarteira se localizam numa área com pendente cuja orientação é de N-S, condicionante natural da direção preferencial do escoamento superficial. A hipsometria existente evidencia a presença de uma linha de festo na área mais a norte do tecido urbano, com influência sobre a direção do escoamento superficial.

Da análise dos declives e classes de declives dominantes no território em estudo (*Anexo XI.6.*), é possível verificar pendentes característicos de um território extremamente plano com uma classe dominante de declives até aos 2%, dispersa um pouco por todo a área em estudo, embora as classes de declives superiores assumam uma maior expressão nas pequenas elevações existentes.

A classe de declives entre os 5 e 8% predomina nas sub-bacias da Checul, Quinta do Romão, Rosa Branca e Tenazinha. Nas sub-bacias dos Cavacos e Forte Novo prevalecem os declives entre os 8 e 15%, as quais apresentam áreas altamente urbanizadas, com influência sobre a direção e velocidade do escoamento superficial.

### 5.3.4. Geologia

O território Português pode ser dividido em duas grandes unidades geoestruturais: as Formações do Maciço Hespérico que ocupam  $\frac{3}{4}$  do território nacional português e os terrenos mais recentes Mesozóicos e pós-Mesozóicos, as chamadas Orlas pós-Paleozóicas. Estes terrenos mais recentes, cuja formação se deve à abertura do Atlântico, foram deformados pelo Ciclo Alpino e são essencialmente compostos por rochas carbonatadas e formações arenosas. Estas bacias sedimentares formaram-se durante o Mesozóico e Cenozóico e devido a uma

inversão moderada nas margens W e SW ergueram-se as Orlas Ocidental e Algarvia (Ferreira, 2000).

A Zona Sul Portuguesa distingue-se como uma das principais unidades geoestruturais do Maciço Hispérico, (Duque *et al.*, 2009; Julivert *et al.*, 1974; Ribeiro *et al.*, 1979).

A Orla Meridional ou Algarvia, que se enquadra no domínio geoestrutural da Zona Sul Portuguesa, é constituída por rochas sedimentares formadas numa bacia de sedimentação de orientação E-W ( Duque *et al.*, 2009; Manuppella, 1992). O território em estudo insere-se num vasto troço costeiro que se estende desde a área a leste de Olhos de Água até à Praia de Faro. Em termos geológicos, estão representadas neste troço costeiro mais alargado, formações com idades compreendidas entre o Miocénico superior e o atual, que incluem as seguintes unidades ( Duque *et al.*, 2009; Manuppella, 1992; Manuppella *et al.*, 1987; Rocha *et al.*, 1981):

- Areias silto-argilosas avermelhadas (Plio-Plistocénico) - correspondem geralmente a areias grosseiras, silto-argilosas, frequentemente conglomeráticas, avermelhadas, com estratificação mal definida. Estes depósitos ocorrem sobretudo nas sub-bacias de Almargem, Cavacos e Forte Novo;
- Areias de praia - compreendem geralmente a areias médias a finas, bem calibradas. Constituem uma faixa praticamente contínua em toda a faixa litoral da bacia hidrográfica;
- Areias de duna - ocorrem em manchas descontínuas e com muito pequeno desenvolvimento nas zonas baixas, compreendidas entre o limite leste da sub-bacia de Rosa Branca e os troços de arriba na sub-bacia do Forte Novo;
- Aluviões - ocorrência de aluviões lodosos e arenosos associados às baixas aluviais do troço terminal da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, que dá lugar à formação de uma pequena laguna, na margem sul da sub-bacia de Almargem.

No que diz respeito à litoestratigrafia representativa da bacia hidrográfica da cidade de Quarteira, podem ser identificadas (*Anexo XI.7.*) estruturas que datam das seguintes épocas (Almeida, 1985; DHV, 2009h):

1) Quaternário-Holocénico:

- a) Aluviões e sapais (a) - Depósitos aluvionares salinizados pela ação da dinâmica fluvio-marinha e sapais com espessura relativamente fraca, não ultrapassando os 10 m (constituídos por materiais silto-argilosos com areais mais ou menos finas,

possuindo uma elevada quantidade de matéria orgânica), cuja ocorrência coincide com o segmento final da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa e seu afluente Rib.<sup>a</sup> do Almargem, na sub-bacia de Almargem;

- b) Areias de Praia (A) - Extensas faixas de areais de praia (cuja largura pode ser variável e em altura de marés vivas diminuir drasticamente), que se estendem por toda a área em estudo, apenas interrompidas pelo Porto de Pesca de Quarteira e esporões transversais;
  - c) Areias de Duna (Ad) - Correspondem a areias claras de granulometria fina bastante rolada e sub-rolada com restos de lamelibrânquios, comuns às faixas litorais das sub-bacias de Almargem, Cavacos, Checul, Forte Novo e Quinta do Romão;
  - d) Cascalheiras e terraços (Qb) – Litótipos que assentam sobre as Areias de Faro-Quarteira, ocupam grande parte das áreas litorais de todas as Sub-bacias hidrográficas, embora com maior incidência na sub-bacia da Quinta do Romão.
- 2) Quaternário-Plistocénico:
- a) Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira (Qa) - caracterizadas por tonalidades que variam desde o castanho amarelado, amarelo acinzentado ao avermelhado. De grão médio e fino (argilo-siltosos), ruberificados com leitos de cascalheiras centimétricas muito bem roladas. A espessura desta formação não deve ultrapassar os 40 ou 50 m, embora de difícil determinação. Em geral estes terrenos cobrem a plataforma talhada nos calcários miocénicos junto ao litoral e são assim a estrutura mais abundante na bacia hidrográfica, que se estende desde o sector mais a norte e é limitado a sul pelas estruturas do Quaternário-Holocénico.
- 3) Cretácico Inferior a Superior:
- a) Calcários com Palorbitolina; Margas da Luz; Margas e calcários de Porto de Mós; Calcários e dolomitos de Caliços; Dolomitos de Chão de Cevada (C2) – afloramentos com menor representação litoestratigráfica a nascente do troço da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa na sub-bacia de Almargem.

#### 5.3.5. Solos

Os solos em Portugal Continental são em geral jovens, pouco desenvolvidos, com características que em certos casos refletem predominantemente as rochas subjacentes e noutros o relevo ou o clima (Ferreira, 2000).

As principais classes de solos presentes na área em estudo podem ser observadas na [Peça Desenhada III<sup>2</sup>](#), assim como o valor ecológico dos solos. A classificação do valor ecológico dos solos baseia-se nas suas características intrínsecas e estabelece uma escala indicativa da importância relativa dos solos.

A permeabilidade potencial para os solos existentes na área em estudo, considerando a influência do substrato geológico, dos solos e do declive é apresentada na [Peça Desenhada IV](#).

A classe de solos com maior representação na área em estudo corresponde aos solos Litólicos (45,24%), também designados Cambissolos, os quais se distribuem numa grande mancha na que engloba toda a sub-bacia de Almargem e em manchas de menores dimensões nas sub-bacias a jusante. Estes solos caracterizam-se por serem solos em fase inicial de formação, moderadamente desenvolvidos sobre uma rocha parental pouco a moderadamente meteorizada, não apresentando quantidades apreciáveis de argila, matéria orgânica e compostos de alumínio ou ferro. Devido à sua baixa capacidade de retenção de humidade, apresentam um baixo valor ecológico, mas uma permeabilidade relativamente alta (Ferreira, 2000; IUSS Working Group WRB, 2015).

Os solos Incipientes são a segunda classe de solos mais abundante na área em estudo, representando aproximadamente 42,24%. Dentro desta classe predominam os Regossolos psamíticos, que surgem em manchas de dimensão variada ao longo de toda a área da bacia hidrográfica, embora com mais expressão no quadrante a montante orientado de SW para SE. São solos minerais fracamente desenvolvidos, derivados de material parental não consolidado, que não são ricos em fragmentos grosseiros, não são arenosos e não contêm materiais flúvicos. Possuem na sua maioria, baixa capacidade de retenção de humidade e, portanto, baixo valor ecológico, mas uma permeabilidade alta. Os Aluviossolos Modernos são identificados numa área comum às sub-bacias da Checul, Rosa Branca e Tenazinha, numa zona de acumulação natural de água. Já os Calcários e Não Calcários, também com valor ecológico muito alto e permeabilidade moderada a alta, estão presentes onde se sedimentaram os solos erodidos pelos escoamento das águas de montante, e que são inundadas frequentemente, constituindo por isso áreas ameaçadas pelas cheias, identificadas na sub-bacia de Almargem, ao longo da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa. São também identificados Aluviossolos antigos, não Calcários, de textura ligeira, em quatro manchas de dimensões reduzidas ao longo das sub-bacias da Checul, Cavacos, Forte Novo e Quinta do Romão. Estes solos, também denominados Fluviossolos,

---

<sup>2</sup> As designações das Classes de Solo representadas, respeitam às estabelecidas em Cardoso, 1965).

apresentam os valores ecológicos mais elevados para a área em estudo e uma permeabilidade potencial moderada a alta (DHV, 2009h; IUSS Working Group WRB, 2015).

Os solos Podzolizados não hidromórficos, caracterizam-se pela presença de um horizonte de acumulação de ferro, alumínio e/ou matéria orgânica com um horizonte lixiviado (Ferreira, 2000), apresentam um valor ecológico de baixo a variável e uma permeabilidade moderada a alta. Representam uma área correspondente a 6,82% da bacia hidrográfica e estão distribuídos em várias manchas de pequenas dimensões nas sub-bacias de Almargem, Checul e Quinta do Romão.

Os solos Halomórficos (0,88%) formam-se em zonas onde os índices de precipitação são inferiores ao da evaporação nalguma estação do ano e apresentam elevados teores de salinidade (Ferreira, 2000). Podem ser encontrados no troço terminal da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, a lagoa de Almargem na sub-bacia de Almargem, razão pela qual apresentam um baixo valor de permeabilidade potencial, tendo, no entanto, um valor ecológico alto.

Os solos Calcários caracterizam-se pela presença de carbonato de cálcio e apresentam um valor ecológico variável devido à acumulação substancial de carbonatos secundários, pelo que a sua permeabilidade é alta, embora dependente da proporção de argilas existentes (IUSS Working Group WRB, 2015; Rodrigues, 2017). Os solos Calcários existentes na área em estudo, ocupam apenas uma pequena faixa a nascente da sub-bacia de Almargem correspondente a 0,32% da área em estudo.

Os solos Argiluvitados caracterizam-se por serem pouco insaturados de cor avermelhada ou amarelada, apresentam um maior teor de argila no subsolo do que na camada superficial resultante de processos pedogenéticos, possuindo um valor ecológico alto, permeabilidade moderada a alta, sendo a classe menos representativa na área da bacia hidrográfica (0,28%), ocupam uma pequena área no setor limítrofe a poente da bacia hidrográfica, presentes numa pequena mancha no setor limítrofe a poente da sub-bacia da Quinta do Romão.

## 5.4. Recursos Bióticos

### 5.4.1. Biótopos e habitats

A identificação de biótopos existentes foi efetuada através da “Carta de Ocupação Actual do Solo”, elaborada no âmbito dos *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé*, presente no Volume II – “Análise Biofísica”, que contabilizou para a área em estudo os seguintes biótopos: galerias ripícolas; sistemas aquáticos; culturas

permanentes; pinhal; culturas anuais; matos; dunas; espaços verdes humanizados e não humanizados. Segundo Brás *et al.* (2017) são identificados para a área em estudo, mais precisamente para a bacia hidrográfica da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, parcialmente abrangida pela sub-bacia hidrográfica de Almargem, cerca de 16 habitats naturais e seminaturais de interesse comunitário (Diretiva 92/43/CEE). Os biótopos e habitats cuja presença se verifica na área em estudo são apresentados no *Anexo XII*.

De acordo com a “Carta de Valores Ecológicos segundo o grau de importância dos Biótopos” (*Anexo XI.8.*), destacam-se zonas de elevado valor ecológico nomeadamente na sub-bacia de Almargem em solo urbano, numa área urbano-turística e em áreas de verde urbano equipado, e nas sub-bacias da Quinta do Romão e Checul numa pequena mancha litoral classificada como solo urbano, relativa a uma área de verde urbano de proteção. A faixa litoral da área de estudo, classificada com área REN, apresenta um elevado valor ecológico.

#### 5.4.2. Flora e Vegetação

A bacia hidrográfica da Cidade de Quarteira é biogeograficamente localizada, segundo Aguiar *et al.* (1998), na região Mediterrânica, Sub-região Mediterrânica Ocidental, Superprovíncia Mediterrânica Ibero-Atlântica, Província Gaditano-Onubo-Algarviense, Setor Algarviense, Superdistrito Algárvico, sendo características as unidades ricas em endemismos e comunidades vegetais próprias do Sudoeste da Península Ibérica, muitas com distribuição restrita ou com ótimo biogeográfico. A nível bioclimático, e tendo por base os mapas desenvolvidos por Rivas-Martínez *et al.* (2017), a área possui um macro bioclima Mediterrânico com bioclima pluviestacional oceânico, semihiperoceânico, termomediterrânico seco a Sub-húmido inferior (Brás *et al.*, 2017; DHV, 2009h).

Os fatores essenciais que determinaram a diversidade florística e a variabilidade de comunidades vegetais reconhecidas resultam sobretudo da sua posição geográfica, das características pedológicas e condições bioclimáticas (Brás *et al.*, 2017).

O Setor Algarviense é um território litoral predominantemente plano com elevações de baixa altitude, termomediterrânico seco a sub-húmido. Ocorrem neste setor diferentes táxones endémicos tais como a *Dittrichia viscosa* subsp. *revoluta*, *Linaria amethystea*, *Genista hirsuto* subsp. *algarbiensis*, *Thymus camphoratus* e *Stauracanthus spectabilis* subsp. *vicentinus*. *Armeria pungens*, *Chamaerops humilis*, *Helianthemum origanifolium*, *Limonium lanceolatum*, *Prasium majus*, *Salsola vermiculata* e *Teucrium pseudochamaedris* (Aguiar *et al.*, 1998; DHV, 2009h; Gomes & Paiva Ferreira, 2005)

O Superdistrito Algárvico, do qual se destacam as areias do sotavento, encontra-se bioclimaticamente no andar termomediterrânico e ombroclima seco a sub-húmido, distingue-se pela existência de endemismos característicos tais como a *Bellevalia hackelii*, *Plantago algarbiensis*, *Scilla odorata*, *Teucrium algarbiense*, *Thymus lotocephalus* e *Tuberaria major* (Aguiar *et al.*, 1998; DHV, 2009h).

A caracterização da flora existente elaborada ao nível do Município de Loulé, identificou a presença de espécies florísticas que inventariadas para a região, ascendem os 1500 *taxa*, embora apenas seja possível identificar para o território abrangido pela bacia hidrográfica da cidade de Quarteira com recurso a bibliografia existente, as espécies vegetais com valor patrimonial ou de interesse para a conservação que acompanham a principal massa de água superficial, a Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, apresentadas em maior detalhe no *Anexo XII*. Podem também ser identificadas (*Anexo XI.9.*), as zonas cujo valor ecológico é classificado como elevado, moderado e reduzido, segundo o grau de importância para as espécies inventariadas mais importantes do ponto de vista conservacionista (DHV, 2009h). Importa destacar as áreas classificadas como zonas de elevado valor ecológico existentes na área de estudo representadas numa mancha de maior dimensão em solo urbano, numa área urbano-turística e em áreas de verde urbano equipado na sub-bacia de Almargem e uma outra mancha de menores dimensões, transversal ao sector S das sub-bacias da Checul e Quinta do Romão.

#### 5.4.3. Fauna

A comunidade faunística identificada para a área em estudo teve por base os *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé*, referindo-se à existência de espécies pertencentes aos seguintes grupos: Ictiofauna, Herpetofauna, Avifauna e Mamofauna, características dos biótopos existentes na área em estudo. Foram identificadas para o Município de Loulé, 252 espécies faunísticas, embora não sejam identificadas em detalhe quais as que ocorrem na área de estudo. Apresentam-se no *Anexo XI.10.* as zonas cujo valor ecológico é classificado como elevado, moderado e reduzido, segundo o grau de importância para as espécie inventariadas mais importantes do ponto de vista conservacionista, no qual é visível uma clara sobreposição de solo urbano em áreas de elevado valor ecológico em todas as sub-bacias (DHV, 2009h)

## 5.5. Recursos Culturais

### 5.5.1. Ocupação do Solo (1990-2005)

A evolução da ocupação do solo entre o ano de 1990 e 2005 na área em estudo pode ser avaliada através das Cartas de Ocupação do Solo (1990)” e da “Ocupação Actual do Solo”, desenvolvidas no âmbito dos *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé* (DHV, 2009h).

Com base na Carta ”Ocupação do Solo (1990)” são identificados 5 grupos principais de classes de ocupação do território (*Anexo XI.11.*). À data de elaboração desta Carta predominavam na área onde se insere a bacia hidrográfica da cidade de Quarteira as áreas artificiais e florestais, que preenchiam a faixa mais próxima do mar e que davam lugar a áreas predominantemente agrícolas à medida que se progredia para o interior (DHV, 2009h).

No que às áreas artificiais diz respeito identificam-se espaços urbanos, classificados como tecido urbano contínuo, descontínuo, outros espaços fora do tecido urbano consolidado e ainda espaços verdes urbanos florestais. Predominavam nas áreas entre os quadrantes WNW e S, relativo às sub-bacias da Checul, Cavacos, Forte Novo, Quinta do Romão, Rosa Branca e Tenazinha e com menor expressão em Almargem (DHV, 2009h). As áreas florestais com maior expressão na área em estudo diziam respeito a manchas de coberto de Folhosas diversas, Pinheiro Manso e Sobreiro. A ocorrência de Folhosas diversas é mais expressiva nas proximidades das ribeiras, embora na área em estudo pudessem ser encontradas numa mancha comum de áreas urbanas nas sub-bacias dos Cavacos e Forte Novo, e os pinhais de Pinheiro Manso se distribuíssem um pouco por todo o território em estudo em manchas de dimensões variadas, sobretudo nas áreas circundantes aos espaços de tecido urbano descontínuo nas sub-bacias de Almargem, Checul e Quinta do Romão. É na sub-bacia de Almargem, a norte da Lagoa do Almargem que se encontra a única parcela de Sobreiros, envolta por áreas agrícolas correspondentes a Pomares diversos. As áreas agrícolas existentes nesta sub-bacia possuem dimensões variadas e encontram-se sobretudo nas áreas marginais à Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, relativas a áreas de produção de Citrinos, Culturas anuais (que incluem culturas de sequeiro e regadio) e áreas agrícolas heterogéneas (que compreendem sistemas culturais e parcelares complexos). Verifica-se também a existência de meios seminaturais, distribuídos por toda a faixa litoral da área em estudo sob a forma de praias, dunas, areias e solos sem cobertura vegetal, onde estes últimos, assim como os Matos, são pouco representativos, ocupando pequenas áreas nas sub-bacias de Almargem e Quinta do Romão. Na zona central de Almargem ocorria ainda uma área de Vegetação arbustiva alta e floresta degradada ou de

transição. Na sub-bacia de Almargem encontram-se os dois planos de água, que incluem águas continentais que compreendem os cursos de água, a Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa e Rib.<sup>a</sup> do Almargem e águas marítimas, relativa à Lagoa do Almargem.

No *Anexo XI.12.* observa-se a ocupação atual do solo.

A análise comparativa entre as duas cartas permite observar de forma clara as alterações ocorridas sobre o uso do solo entre o período de 1990 e 2005. As diferenças mais significativas entre os dois períodos são, como seria de prever, relativas às áreas artificiais que incluem áreas edificadas, de infraestruturas e equipamentos, tendo o principal aumento ocorrido nas áreas urbanas, especialmente nas áreas de tecido urbano contínuo e descontínuo, especialmente na sub-bacia hidrográfica de Almargem, substituindo assim áreas previamente ocupadas por Pinheiro Manso, Sobreiro e Misto de Pomares. O crescimento de áreas urbanas foi acompanhado pelo aumento de espaços verdes artificiais em Almargem, nomeadamente campos de golfe (incluídos na categoria de espaços verdes urbanos – não florestais – para as atividades desportivas). Registou-se, também, nesta sub-bacia, uma redução das áreas agrícolas, relativa às áreas de Pomar, associada ao aparecimento de campos de golfe e novas áreas urbanizadas (DHV, 2009h).

#### 5.5.2. Estrutura Ecológica Municipal

No âmbito do desenvolvimento da caracterização da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, importa mencionar, pela sua importância na criação de espaços verdes e consequente grau de relação com os objetivos do presente trabalho, a Estrutura Ecológica Municipal (EEM) como um importante modelo de gestão territorial à escala municipal. As novas linhas de orientação estratégicas relativas à 2<sup>a</sup> geração de PDM evidenciam a necessidade de contrariar a densificação urbana, visível na área em estudo, através da criação de espaços verdes de descompressão, equilíbrio ambiental e enquadramento paisagístico, através da contenção do preenchimento urbano da faixa costeira (CML, 2016).

A EEM deverá delimitar áreas vitais destinadas à conservação da natureza e valorização da biodiversidade, assumindo particular importância os cursos de água e as suas zonas ribeirinhas, os elementos do património paisagístico e cultural, as áreas importantes para a conservação da natureza, os espaços verdes de recreio, os solos de elevada capacidade de uso, as zonas integradas na REN e as matas e manchas de vegetação com interesse paisagístico e ecológico (DHV, 2009h).

É também contemplado no âmbito do Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve (PROTAL) um corredor ecológico costeiro, que abrange o território em estudo, e que diz respeito ao troço da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa. Por este motivo a EEM delimitada na área em estudo deverá ser compatibilizada com a estrutura de proteção e valorização ambiental desse mesmo plano (DHV, 2009h).

A análise das cartas evidencia a vasta presença, ao longo da área em estudo, de elementos com elevado valor paisagístico e ecológico, cuja proteção deverá ser salvaguardada de forma a que se invertam as tendências que levam à perda de recursos ambientais e ecológicos, mas também, a escassa presença de espaços verdes de utilização coletiva.

A definição da EEM, recorreu às Cartas referentes à Paisagem e Estrutura Ecológica para o município e freguesias do concelho de Loulé. A área relativa à Bacia Hidrográfica da cidade de Quarteira, encontra-se referenciada na Carta II 16.6 - “Paisagem e Estrutura Ecológica da Freguesia – Quarteira”, representada no *Anexo XI.13.*, que integra elementos de valor paisagístico positivo, quer seja património construído ou natural, designadamente biótopos com elevado nível de importância ecológica, espaços verdes urbanos e outros espaços, de onde se destacam as galerias ripícolas, cursos de água, dunas e sistemas aquáticos. São também identificadas as principais vistas panorâmicas, redes de percursos pedonais/cicláveis, corredores de interesse paisagístico e de lazer, percursos panorâmicos e os elementos que contribuem negativamente para a paisagem.

Verifica-se, através da sobreposição das cartas, que as áreas classificadas como biótopos com elevado nível de importância ecológica correspondem, no território em estudo, às áreas identificadas como zonas de elevado valor ecológico, as quais coincidem com as áreas REN existentes no mesmo território, exceto duas manchas de pequenas dimensões na sub-bacia de Almargem em área RAN, e uma outra, de dimensões reduzidas, na faixa litoral das sub-bacias da Quinta do Romão e Checul. Estas áreas de elevado valor ecológico coincidem ainda com áreas com solos classificados com valor ecológico variável a alto. A norte da sub-bacia de Almargem identificam-se três áreas de dimensões distintas que contribuem negativamente para a paisagem ligadas à indústria extrativa e onde há sobreposição com uma zona classificada com elevado nível de importância ecológica para os biótopos.

## 6. Transição para a Cidade Sensível à Água

Neste capítulo além do diagnóstico, apresenta-se o conceito e as estratégias de intervenção não-estruturais que orientam o processo de transição da cidade de Quarteira para uma *Cidade Sensível à Água*. Com o intuito de orientar a seleção de propostas de intervenção no domínio da abordagem *WSUD* é desenvolvida uma análise *SWOT* no contexto da Bacia Hidrográfica que domina a Cidade de Quarteira e realizado um inquérito. Este capítulo termina com a apresentação das propostas de intervenção definidas no domínio das melhores práticas de gestão estruturais para cada uma das Sub-bacias hidrográficas com influência na área em estudo.

### 6.1. Diagnóstico

Com base na caracterização da área de estudo, nas visitas ao local, registos históricos, Fichas de Diagnóstico desenvolvidas no âmbito da PDM de Loulé (DHV, 2009i), uso de ferramentas de geoprocessamento para identificação de áreas críticas e análise dos Cenários de Inundação Costeira devido à subida do Nível Médio do Mar, apresenta-se na Tabela 3 a análise *SWOT*. (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Esta análise permite identificar as principais forças e fraquezas do território cujo valor se reflete em oportunidades e ameaças como fatores determinantes na definição da estratégia de transição e implementação das medidas propostas. Para identificação das áreas críticas na área de estudo recorreu-se aos resultados obtidos através do uso da ferramenta de geoprocessamento *Hydrology* disponível na plataforma *ArcMap*, que permite observar a rede de drenagem natural existente, na situação anterior ao desenvolvimento urbano (*Peça Desenhada VII*), com origem no quadrante NE da sub-bacia da Checul, e cujas secções de referência correspondem ao Largo das Cortes Reais (C3) e Largo do Mercado (RB1), sob influência das Rua da Alagoa e Ruas Gonçalo Velho (RB8) e Bartolomeu Dias (que deriva do troço final da Rua Vasco da Gama) respetivamente. Este fator aumenta, portanto, a vulnerabilidade destas áreas aos impactos da acumulação de escoamento superficial. O papel da topografia é assim determinante na formação de caminhos preferenciais de escoamento, resultando de más práticas de uso do solo, que se refletem numa elevada impermeabilização do solo e incapacidade do sistema de drenagem de águas pluviais em assegurar o devido escoamento de caudais de escoamento superficial elevados. Ilustra-se ainda na Figura 14, um ponto considerado crítico na sub-bacia do Forte Novo, nomeadamente no troço das Ruas do Nascente e do Leste (F3) por igual motivo. Durante o desenvolvimento do presente trabalho, foi ainda possível validar os resultados obtidos com recurso à ferramenta *Hydrology*, aquando da ocorrência, no dia

No território em estudo, as áreas sujeitas a inundação estão, segundo a carta de áreas inundáveis (DHV, 2009h), confinadas às margens da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa e da Rib.<sup>a</sup> do Almargem, seu afluente.(*Anexo XI.14.*). Não obstante o risco de cheia de origem fluvial identificado com recurso à Carta supramencionada, deve também ser considerado o risco associado à subida do nível médio do mar, cujos impactos afetam toda a linha de costa do território em estudo. No âmbito da Diretiva Europeia 2007/60/CE, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundação, foram desenvolvidos para o território Português vários cenários de inundação costeira devido à subida do nível médio do mar em termos de inundação extrema, vulnerabilidade física e cenários de submersão, para 2025, 2050 e 2100 segundo vários modelos de subida do Nível Médio do Mar (NVM) (*Mod.FC\_2, Mod.FC\_3, NOAA\_High NOAA\_Extreme*) A análise dos mapas gerados com recurso à tecnologia SIG para os diferentes cenários e horizontes temporais, evidencia a extrema vulnerabilidade da faixa mais litoral da Bacia Hidrográfica de Quarteira aos risco de inundação extrema e submersão. No *Anexo II.6.* apresentam-se os Cenários de Inundação Costeira devido à subida do Nível Médio do Mar.

Tabela 3 - Análise SWOT

<b>Análise SWOT</b>					
<b>Forças</b>			<b>Fraquezas</b>		
<b>Abióticos</b>	<b>Bióticos</b>	<b>Culturais</b>	<b>Abióticos</b>	<b>Bióticos</b>	<b>Culturais</b>
Solos com permeabilidade moderada a alta em grande parte da bacia hidrográfica. Topografia favorece o escoamento superficial. Recursos hídricos sob a forma de linhas de água, plano de água e aquífero.	Recursos naturais e de biodiversidade em quantidade e qualidade. Biótopos com importância ecológica. Existência de espaços verdes urbanos e Galerias ripícolas.	<i>IGTs</i> com capacidade para condicionar o uso e intervenções em solo urbano e rural. Estratégia a nível municipal, que determina o compromisso e necessidade de responder aos desafios colocados pelas alterações climáticas. Regimes jurídicos (RAN e REN) não condicionam a implementação de <i>MPGs</i> Estruturais na área afeta à bacia hidrográfica	Acumulação de água nas áreas impermeabilizadas em zonas suscetíveis a fenómenos de inundação, dada a existência de linhas de fecho em solo urbano, com pendente N-S, condiciona a direção do escoamento superficial. Consumos de água mais elevados durante a época seca aumentam a pressão sobre recursos disponíveis. Intrusão salina. Desertificação do solo.	Elevada concentração urbanística no litoral. Degradação progressiva de áreas ambientalmente sensíveis.	Regimes jurídicos (RAN e da REN) inviabilizam alguns usos e ações, que se poderiam considerar compatíveis com a proteção dos recursos que estes pretendem proteger. Classes de capacidade de uso do solo predominantes podem limitar a eficácia de elementos estruturais, devido a limitações a nível da zona radicular, riscos de erosão e escoamento superficial no máximo elevados a muito elevados.

					Elevada concentração de edifícios em áreas sujeitas a fenómenos de inundação.
Oportunidades			Ameaças		
Abióticos	Bióticos	Culturais	Abióticos	Bióticos	Culturais
<p>Massas de água que não constituem origens de água para abastecimento público são reservas estratégicas.</p> <p>Recolha e reutilização de águas pluviais, assim como a reutilização de águas residuais tratadas para usos não potáveis com potencial para redução do consumo de água per capita.</p> <p>Estratégia de intervenção da estrutura verde municipal, que assente na limpeza das linhas de água e na não ocupação dos leitos e margens.</p> <p>Desenvolvimento de um plano de gestão de águas pluviais, com efeito sobre os níveis de contaminação do escoamento superficial e atenuação de caudais de ponta de cheia.</p> <p>Minimizar alterações na topografia natural através de <i>MPPs</i> no uso, ocupação e alteração do solo.</p>	<p>Promover a biodiversidade.</p> <p>Promover a proteção de vegetação autóctone em espaços verdes de uso múltiplo.</p> <p>Manter ou melhorar os valores paisagísticos e ecológicos existentes.</p> <p>Demonstrar soluções de design urbano que integram a gestão do ciclo urbano da água nos domínios público e privado.</p> <p>Melhoria dos arruamentos e áreas verdes, através de <i>MPGs</i> estruturais para assegurarem funções de retenção, atenuação e infiltração de águas pluviais.</p>	<p>Reabilitação e valorização dos centros urbanos, dotando-os de espaços verdes de recreio e lazer.</p> <p>Preservar e manter os sistemas de abastecimento de água, de drenagem de pluviais e residuais, investindo na sua recuperação e manutenção.</p> <p>Valorização e estabelecimento de uma estrutura ecológica que integre áreas verdes de proteção, espaços verdes urbanos em articulação com os elementos de património natural e cultural, para conservação da natureza, proteção dos valores naturais e regulação da circulação hídrica e atmosférica, que para além do reforço das funções existentes ou instalação de novas funções, dinamizem a participação da sociedade civil em projetos sensíveis à água.</p> <p>Implementação de <i>MPGs</i> para prevenção da poluição dos meios recetores e</p>	<p>Subida do nível médio do mar</p> <p>Diminuição das reservas hídricas</p> <p>Contaminação dos aquíferos.</p> <p>Diminuição da precipitação média anual.</p> <p>Aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos.</p> <p>Fenómenos de erosão costeira, recuo da linha de costa.</p>	<p>Aumento da expansão urbana</p> <p>Degradação dos sistemas naturais, com consequente perda de biodiversidade devido à ação humana.</p> <p>Aumento da pressão populacional e urbanística sobre os ecossistemas naturais, sobretudo costeiros.</p>	<p>Progressiva degradação da envolvente construída dos espaços públicos encarece futuras intervenções</p> <p>Danos em edifícios e infraestrutura associados aos fenómenos de erosão costeira.</p>

		mitigação dos riscos de cheia.  Uso de incentivos para a utilização sustentável do recurso água, através de dispositivos eficientes e/ou estruturas para recolha e armazenamento de águas pluviais.  Contenção na ocupação urbana da faixa costeira.			
--	--	---	--	--	--

Com base nesta análise, o desenvolvimento da estratégia de intervenção deverá integrar os instrumentos de gestão territorial em prática e os recursos naturais e culturais que permitam dar resposta às necessidades da cidade e habitantes, seguindo as orientações das Opções de Adaptação do Município de Loulé, realçando para isso as potencialidades do território em estudo, como motores que promovam uma transição que responda às ameaças identificadas. Esta análise evidencia o papel dos espaços verdes como fator determinante na gestão da biodiversidade, proteção de massas de água, reabilitação dos espaços urbanos, mitigação dos riscos de cheias urbanas e de outros impactos associados às Alterações Climáticas, tais como a redução da precipitação média anual e ocorrência de eventos climáticos extremos, e consequências socioeconómicas que daí advêm que justificam a necessidade do aumento da resiliência e adaptabilidade do território em estudo.

As diminuições das reservas hídricas para abastecimento humano evidenciadas na análise, colocam sérios problemas à qualidade de vida dos habitantes não só da cidade de Quarteira, mas também de toda a região. Desta forma torna-se fundamental investir numa estratégia que permita diminuir os consumos de água per capita através de intervenções que visem a eficiência hídrica e possibilitem o controlo e recolha na origem.

Os impactos dos fenómenos de cheias urbanas com origem em eventos de pluviosidade extrema estão identificados como um dos principais desafios a ultrapassar no território em estudo. Os resultados da análise suportados pelos registos existentes, demonstram que, embora toda a faixa lateral esteja exposta ao fenómeno de inundação costeira devido à subida do nível médio do mar, a ocorrência de cheias urbanas é um fenómeno recorrente mesmo em eventos de precipitação moderada, tal como aquele ocorrido a 20 de Março de 2020, no qual, no espaço de 4 horas de precipitação fraca a moderada (com uma intensidade líquida máxima de 2.9 mm/h), a precipitação acumulada foi de 22.9 mm, levando à acumulação excessiva de escoamento superficial num sector da sub-bacia da Checul, nomeadamente no troço da Av. Carlos Mota Pinto (C1) que intersecta a Rua Vasco da Gama (C4), e cujos impactos podem ser visualizados na Figura 12 (IPMA, 2020). Os efeitos de eventos de precipitação extrema podem ainda causar impactos ao longo de toda a secção jusante da Rua Vasco da Gama ilustrados na Figura 13.

Para identificação das áreas críticas na área de estudo recorreu-se também aos resultados obtidos através do uso da ferramenta de modelação *Hydrology* disponível na plataforma *ArcMap*, que permite observar a rede de drenagem natural existente, na situação anterior ao desenvolvimento urbano ([Peça Desenhada VII](#)), com origem a NE desta sub-bacia, cuja secção de referência corresponde ao Largo das Cortes Reais (C3), embora o Largo do Mercado (RB1), sob influência das Ruas Gonçalo Velho (RB8) e Bartolomeu Dias (que deriva do troço final da Rua Vasco da Gama) esteja também sujeito aos impactos das cheias urbanas. Evidencia-se o papel da topografia como fator determinante na formação de caminhos preferenciais de escoamento, resultante de más práticas de uso do solo, que se refletem numa elevada impermeabilização do solo e incapacidade do sistema de drenagem de águas pluviais em assegurar o devido escoamento de caudais de escoamento superficial elevados. Ilustra-se ainda na Figura 14, um ponto considerado crítico na sub-bacia do Forte Novo, nomeadamente no troço das Ruas do Nascente e do Leste (F3).



Figura 12 - Interseção da Avenida Carlos Mota Pinto (C1) com a Rua Vasco da Gama (C4) antes e após evento de precipitação intensa (adaptado de Leininger, 2020)



Figura 13 - Secção jusante da Rua Vasco da Gama (C4) antes e após evento de precipitação intensa (adaptado de Junta de Freguesia de Quarteira, 2016; Ramos, 2015)



Figura 14 - Secção da Rua do Nascente e Rua do Leste (F3) antes e depois de fenómeno de precipitação intensa (adaptado de L. Medina, 2016; Palmeiro, 2010)

## 6.2. Conceito e estratégia de intervenção

Conforme referido, a estratégia para promover a transição da cidade de Quarteira (concelho de Loulé) para uma *Water Sensitive City* (Cidade Sensível à Água) assenta nos princípios *WSUD*, ou seja, num planeamento urbano sensível à água como alternativa à abordagem tradicional de gestão urbana da água, que promova a gestão integrada e sustentável do CUA e, simultaneamente, a resiliência e adaptação da cidade face às alterações climáticas, integrando a comunidade na tomada de decisões. O plano de intervenção desenvolvido é suportado nas melhores práticas de gestão não-estruturais e estruturais no domínio de *WSUD*, direcionadas sobretudo para as zonas críticas diagnosticadas na área de estudo e inclui medidas para controlo na origem, tratamento e promoção da infiltração do escoamento superficial.

O conceito de intervenção para transição da cidade de Quarteira para uma Cidade Sensível à Água é representado na Figura seguinte.

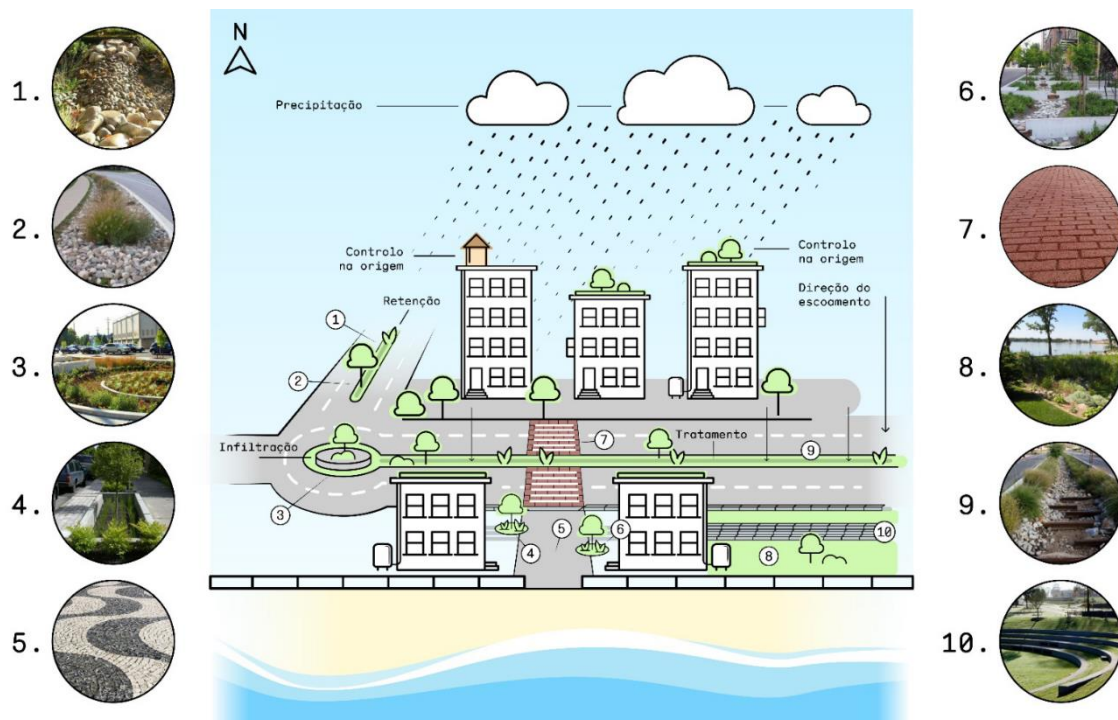


Figura 15 - Conceito de intervenção para a área em estudo

A transição para a *Cidade Sensível à Água* carece da definição de uma visão e estratégia suportada por medidas estruturais e não-estruturais, que orientem o desenvolvimento de uma estratégia flexível, que possibilite alcançar os objetivos propostos para diferentes horizontes temporais. As estratégias devem por isso orientar e promover alterações que estabeleçam as condições que facilitem a transição para um futuro sensível à água. Isto exigirá que sejam incentivadas alterações significativas nas estruturas, práticas e planos de gestão, tomada de decisão, participação e dimensionamento dos sistemas de água urbanos.

Em conjunto com a Divisão de Ação Climática e Economia Circular da C. M. de Loulé, foi desenvolvido um inquérito no sentido de efetivar a participação pública, disseminado através dos serviços camarários por diferentes entidades, municipais e outros indivíduos com particular interesse na gestão urbana da água na cidade de Quarteira. O inquérito, dividido em quatro secções, permitiu dar a conhecer os objetivos do trabalho assim como aferir, a sensibilidade dos inquiridos face à gestão do ciclo urbano da água no contexto de uma Cidade Sensível à Água, quais as principais condicionantes no processo de transição e também a importância da comunidade nesse mesmo processo. São apresentadas as principais *MPGs* estruturais identificadas no âmbito da revisão bibliográfica assim como uma área considerada crítica e outras duas que se mostram relevantes no controlo e mitigação dos impactos associados a eventos de precipitação extrema, nas quais é pedido aos inquiridos a sua colaboração na escolha dos elementos estruturais mais adequados para solucionar os problemas nas zonas críticas,

assim como a capacidade de tais medidas em reduzir os riscos associados aos eventos climáticos extremos. É depois pedido que sejam identificadas duas áreas críticas na Cidade de Quarteira, de forma a validar os resultados da modelação hidrológica que permitiram a identificação de áreas críticas com recurso à plataforma *ArcMap*. Por fim são pedidos comentários e sugestões de melhoria acerca do trabalho e objetivos propostos. No Anexo XIII apresenta-se o inquérito.

Dos inquéritos enviados aos membros integrantes do Conselho Local de Acompanhamento (CLA) da Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Loulé (EMAAC de Loulé) e a docentes e alunos do Mestrado em Ciclo Urbano da Água (ISE-UAAlg) foram apenas obtidas treze respostas. Onze respostas foram dadas a título individual e duas por via institucional. Os inquiridos representam desta forma, tanto habitantes da cidade como indivíduos cuja atividade profissional decorre em ou está relacionada com a cidade de Quarteira. A análise dos resultados demonstra que, numa amostra de 13 inquiridos, 61,5% dizem conhecer o conceito de Cidade Sensível à Água. Para 84,6%, a transição da cidade de Quarteira trará inevitavelmente mais-valias para a cidade e aos seus habitantes. A comunidade local, segundo 92,3% dos inquiridos, possui um papel decisivo no processo de transição. Como principais desafios ao processo de transição, 61,5% dos inquiridos identifica a resistência à mudança de comportamentos e práticas como fator condicionante, embora para 23,1% sejam os recursos financeiros que colocam mais entraves ao processo de transição.

A maioria dos inquiridos (46,2%) identificaram a sub-bacia da Checul como aquela mais vulnerável aos impactos dos eventos climáticos extremos, o que está em concordância com as áreas críticas identificadas no diagnóstico. Foram ainda identificadas outras áreas críticas não contempladas no âmbito do diagnóstico, nomeadamente a Rua Patrão Lopes (C6), a Rua da Nora, localizada na sub-bacia da Tenazinha e complementar à Rua Manuel Faria (CV3), e a Av. Infante de Sagres (T2), também conhecida como Marginal de Quarteira e localizada na frente de mar transversal às sub-bacias da Checul, Rosa Branca, Tenazinha, Cavacos e Forte Novo. Embora estas não tenham sido identificadas como críticas no âmbito do diagnóstico, foram sinalizadas pelo seu potencial de mitigação de impactos de eventos extremos e, por isso, são propostas *MPGs* estruturais.

Do total de inquiridos 92,3% antevê a implementação de *MPGs* estruturais como mais-valias para a redução dos riscos associados aos eventos climáticos extremos, havendo apenas um inquirido a responder que talvez.

O inquérito permitiu, numa primeira abordagem, recolher informação quanto à sensibilidade dos inquiridos no que diz respeito às questões relativas ao CUA na cidade de Quarteira. Foi também tida em consideração o contributo dos mesmos na identificação das áreas críticas e proposta de medidas estruturais de mitigação. Evidencia-se a necessidade de estabelecer outras abordagens que efetivem de facto uma participação pública mais abrangente e dinâmica, através de um processo co-evolutivo que aumente a literacia sobre as questões relativas ao CUA e produza resultados nos quais a comunidade se reveja.

As linhas norteadoras que guiam a transição para uma *Cidade Sensível à Água* foram desenvolvidas com base nos resultados obtidos no Diagnóstico, assim como nos resultados dos inquéritos realizados, que reúne o contributo de *stakeholders* e comunidade envolvida.

Na Tabela 4 são apresentadas estratégias de intervenção inerentes à Cidade Sensível à Água que orientam o processo de transformação da cidade de Quarteira.

Tabela 4 – Estratégias de intervenção capacitadoras do processo de transição para a Cidade Sensível à Água

<b>Estratégias de intervenção capacitadoras do processo de transição para a Cidade Sensível à Água</b>
Desenvolvimento de um plano de gestão de águas pluviais, com efeito sobre os níveis de contaminação do escoamento superficial e atenuação de caudais de ponta de cheia.
Reduzir os consumos de água potável através da utilização de dispositivos de consumo de água eficientes e a recolha e armazenamento de águas pluviais através da criação de estímulos que facilitem a aquisição e instalação de sistemas para esse fim.
Incentivar a reutilização de águas pluviais e residuais recicladas, segundo uma abordagem <i>fit-for-purpose</i> .
Desenvolver e comunicar uma narrativa assente nos benefícios ambientais, económicos e sociais do design urbano sensível à água.
Preservar e manter os sistemas de abastecimento de água, de drenagem de pluviais e residuais, investindo na sua recuperação e manutenção.
Promover a participação da sociedade civil em projetos sensíveis à água.
Manter ou melhorar os valores paisagísticos e ecológicos existentes.
Minimizar alterações na topografia natural através de <i>MPPs</i> no uso, ocupação e alteração do solo.
Integrar <i>MPGs</i> estruturais nos projetos de desenvolvimento e reabilitação urbana.
Testar e demonstrar os benefícios da implementação de infraestruturas verdes que promovam a recolha, retenção e tratamento do escoamento superficial, com influência sobre o volume de poluentes e caudais que afluem aos sistemas de drenagem, para a proteção de áreas de alto valor ecológico, atenuação/mitigação de cheias urbanas e melhoria do bem-estar da comunidade
Implementação de <i>MPGs</i> estruturais, auxiliadas por elementos informativos relativos à função destes, nos espaços de uso público, escolas, equipamentos desportivos e arruamentos, com fins educacionais e de sensibilização.
Proteger os recursos hídricos subterrâneos existentes, promovendo a sua recarga natural, de forma a evitar o avanço da cunha salina.

### 6.3. Propostas de Intervenção no domínio de *WSUD*

Com base na revisão bibliográfica, caracterização da área de estudo e no diagnóstico apresentam-se propostas de intervenção para cada sub-bacia, cujo objetivo é o de transformar o atual modelo de gestão do CUA num que assente nos três pilares que caracterizam uma *Water Sensitive City*: cidade como bacia hidrográfica, cidade como fonte de serviços de ecossistemas e cidade composta por cidadãos sensíveis ao CUA. As intervenções propostas de cariz estrutural e não – estrutural, pretendem: i) diminuir o volume e velocidade do escoamento superficial com origem nas áreas a montante através de medidas de controlo na origem, de forma a mitigar os impactos associados a fenómenos climáticos extremos nas áreas a jusante; ii) reduzir o consumo de água potável, através de incentivos que promovam a recolha, armazenamento e reutilização de águas pluviais; e iii) contribuir para a EEM, garantindo múltiplas funções que contribuam para a proteção e valorização dos corredores ecológicos, conservação da natureza, preservação da biodiversidade e requalificação da paisagem urbana, promovendo simultaneamente a retenção, infiltração, evapotranspiração e tratamento do escoamento superficial. Deverão ainda ser asseguradas a nível estratégico, *MPPs* que incluam conjunturas políticas futuras que sejam sensíveis à água e diretrizes de desenvolvimento urbano sustentáveis que orientem a transição da cidade. Neste plano de transição para uma cidade de Quarteira mais sensível à água, entre as intervenções estruturais propostas destacam-se as seguintes tipologias: dispositivos de recolha de material sólido, pavimentos permeáveis, coberturas verdes, recolha e armazenamento de águas pluviais, bacias de retenção/detenção, canteiros arborizados de biorretenção, swales de biorretenção. Em seguida indicam-se as intervenções previstas para cada uma das sub-bacias abrangidas pelo plano, assim como a respetiva localização, salientando-se desde já que a maioria das intervenções se localiza nas áreas urbanas das respetivas sub-bacias.

#### **Sub-bacia hidrográfica de Almargem**

Na sub-bacia hidrográfica de Almargem destaca-se a presença de duas linhas de água e sistema lagunar com elevado valor ecológico e de espaços urbanizáveis de expansão. Na Tabela 5 indicam-se, de forma resumida, as intervenções preconizadas para esta sub-bacia. Os locais e intervenções referidos na tabela são identificados na Figura 16.

Tabela 5 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica de Almargem

Identificação do local	Descrição das intervenções
A1; A2; A3; A4	Separador central: Av. Atlântico, Av. Francisco Sá Carneiro, Av. Papa Francisco e Av. Ceuta, adaptado com <i>swale</i> de biorretenção; colocação de dispositivos de recolha de resíduos sólidos nos sumidouros que antecedem as rotundas.
A5; A7; A10; A12; A13	Edifícios e Urbanizações: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
A6	Escola EB1 n.º 3 de Quarteira: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; jardins chuva nos espaços verdes existentes.
A8	Cemitério: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; Espaços verdes adjacentes ao Cemitério: bacia de biorretenção, que também recebe o escoamento com origem no estacionamento e área exterior de armazém adjacente ao cemitério.
A11; A9	Condomínio <i>Garden Golf</i> : sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes, com armazenamento em tanques ou cisternas; Rua da Pernada: bacia de biorretenção no canteiro localizado no troço inicial da rua. Urbanização da Abelheira: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; Espaço verde adjacente aos prédios: bacia de biorretenção.
A14; A15; A17; A18; A19; A20	Rotundas: jardim chuva; poço de infiltração, recebem o efluente tratado com origem nos troços de a montante.
A16	Foz do Almargem: monitorização de indicadores de qualidade ambiental; nos pontos de descarga na lagoa: dispositivos de recolha de resíduos sólidos.

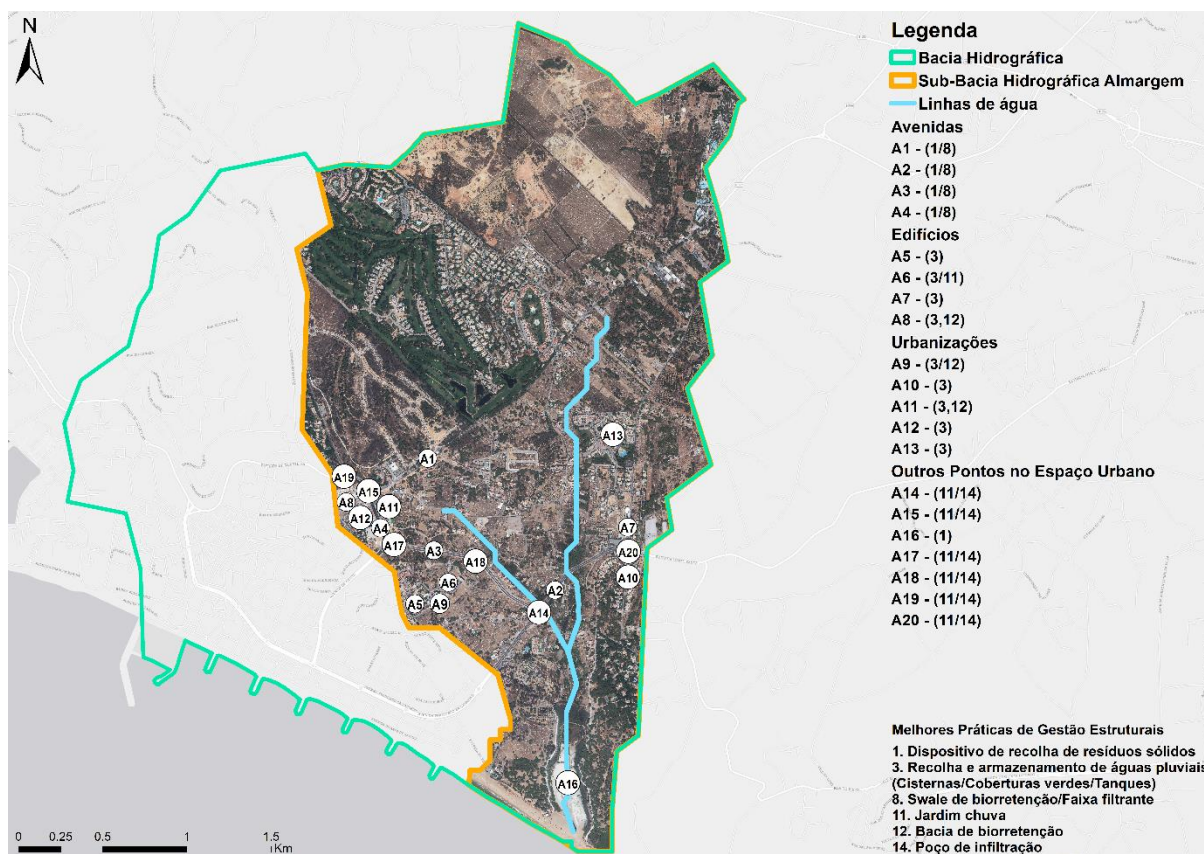


Figura 16 - Sub-bacia hidrográfica de Almargem - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 16 para a sub-bacia hidrográfica de Almargem são propostas intervenções em 20 locais (A1 a A20).

### Sub-bacia hidrográfica dos Cavacos

Na sub-bacia hidrográfica dos Cavacos destaca-se a presença dos vazios urbanos e espaços públicos abertos. Face à permeabilidade potencial do solo evidencia-se a contribuição deste na infiltração e consequente redução do escoamento superficial. Na Tabela 6 indicam-se, de forma resumida, as intervenções preconizadas para esta sub-bacia. Os locais e intervenções referidos na tabela são identificados na Figura 17.

Tabela 6 - MPG's Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica dos Cavacos

Identificação do local	Descrição das intervenções
CV1	Praceta do Regedor: canteiros vegetados de biorretenção. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
CV2; CV3	Separador central nos estacionamento transversais às ruas Mestre Luís e Manuel Faria: faixa filtrante. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
CV4	Separador central Rua Porta do Mar: faixa filtrante.

CV5; CV18	Canteiros: adaptar para assegurar funções de biorretenção. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes, com e armazenamento em tanques ou cisternas.
CV6; CV7; CV10; CV12; CV13	Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
CV8; CV9	Espaço de Jogo e Recreio Marginal I: bacia de biorretenção; canteiros arborizados. Edifícios: sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas. Praça Filipe Jonas: recolha e armazenamento de águas pluviais ao nível do solo; canteiros arborizados de biorretenção; bacia de detenção.
CV11	Igreja de São Pedro do Mar: bacia de biorretenção na área a Este da igreja; sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
CV14; CV15	Rotundas: jardim chuva; poço de infiltração, recebem o efluente tratado com origem nos troços a montante.
CV16	Rua <i>Stuttgart</i> : dispositivo de recolha de resíduos sólidos nos sumidouros existentes na intersecção com Rua Cap. Salgueiro Maia; pavimentos permeáveis e dispositivos de recolha de resíduos sólidos nos pontos de passagem que antecedem a rotunda e sumidouros. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
C17	Troço final Av. de Ceuta: complementar a RB5, swale de biorretenção; pavimentos permeáveis e colocação de dispositivos de recolha de resíduos sólidos nos pontos de passagem e sumidouros que antecedem a rotunda.

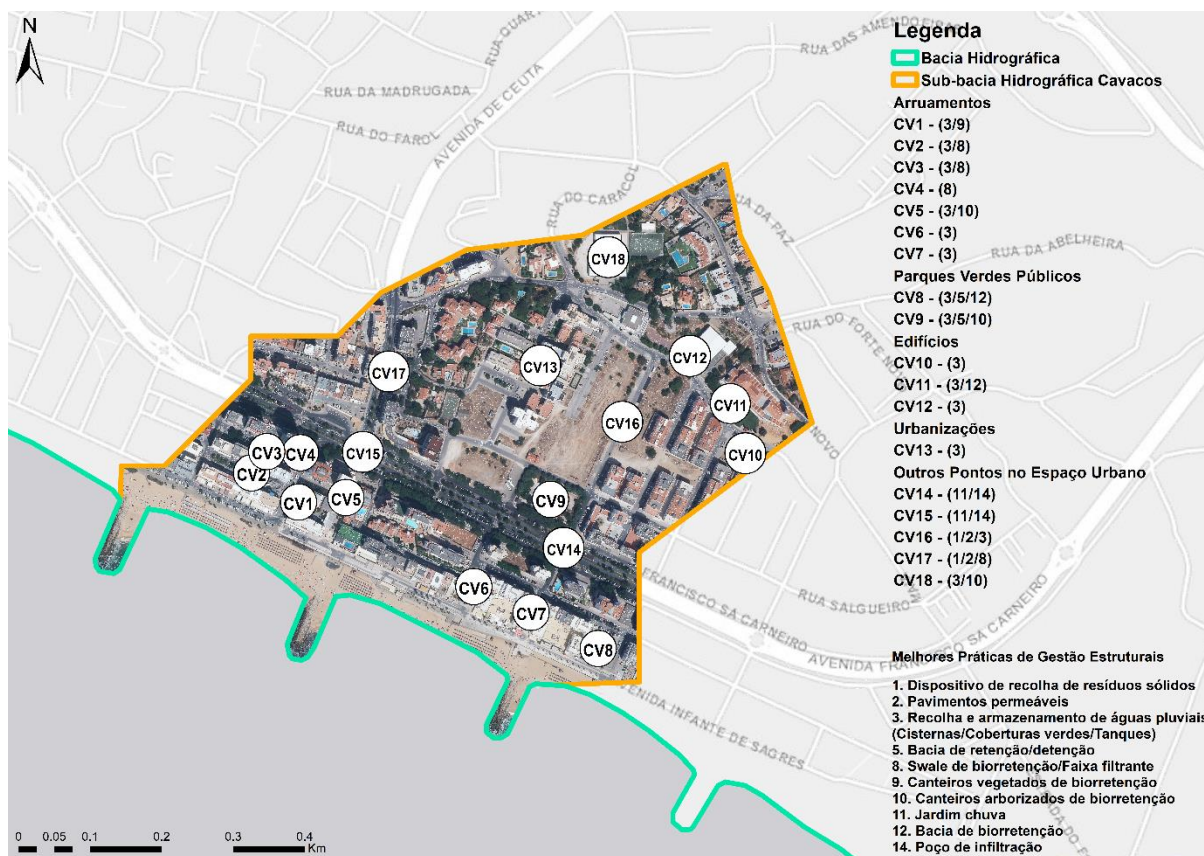


Figura 17- Sub-bacia hidrográfica dos Cavacos - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 17 para a sub-bacia hidrográfica dos Cavacos são propostas intervenções em 18 locais (CV1 a CV18).

### Sub-bacia hidrográfica da Checul

A sub-bacia hidrográfica da Checul apresenta uma elevada densidade urbanística em toda a área a sul da Estrada de Quarteira, onde se localizam as áreas mais atingidas por fenómenos de cheias urbanas ilustradas nas Figuras 12 e 13, potenciadas pela baixa permeabilidade do solo e pendente natural com orientação N-S que dá origem à rede de drenagem natural que atravessa toda a Rua Vasco da Gama. Nesta sub-bacia é destacado o papel dos espaços verdes na área a montante e espaços públicos abertos na mitigação dos impactes dos eventos de precipitação intensa. Na Tabela 7 indicam-se, de forma resumida, as *MPGs* Estruturais propostas para esta sub-bacia. Os locais e intervenções referidas na tabela são identificados na Figura 18.

Tabela 7 - *MPGs* Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Checul

Identificação do local	Descrição das intervenções
C1	Troço inicial Av. Carlos Mota Pinto: bacia de biorretenção; nos separadores central e lateral: <i>swale</i> de biorretenção; pavimentos permeáveis e dispositivos de recolha de resíduos sólidos, nos pontos de passagem e sumidouros que antecedem as rotundas.

C2; C3	Largo do Mercado (complementar a RB1) e Largo das Cortes Reais: dispositivos de recolha de resíduos sólidos nas sarjetas e sumidouros existentes; reabilitação dos canteiros arborizados com funções de biorretenção adjacentes às zonas de estacionamento. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
C4	Rua Vasco da Gama: dispositivos de recolha de resíduos sólidos e pavimentos permeáveis, nos pontos de passagem e sumidouros localizados na intersecção com a Av. Dr. Carlos Mota Pinto, Rua D. João V/Rua Hermenegildo Piedade e Rua Gago Coutinho. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; dotar os canteiros arborizados com funções de biorretenção e aumentar a capacidade de infiltração.
C5	Rua da Alagoa: dispositivo de recolha de resíduos sólidos, nos sumidouros marginais à rua; pavimentos permeáveis, no estacionamento no troço inicial da rua e nos pontos de passagem existentes; faixa filtrante no separador central; bacia de biorretenção: troço terminal do separador. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
C6	Rua Patrão Lopes: dotar os canteiros arborizados com funções de biorretenção para receber escoamento superficial com origem no estacionamento. Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
C7	Edifícios adjacentes ao Largo Poeta Pardal: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; dotar os canteiros arborizados com funções de biorretenção para receber escoamento superficial com origem no estacionamento.
C8	Sede da Checul: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; dotar os canteiros arborizados com funções de biorretenção.
C9	Escola EB1/JI D. Francisca de Aragão: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; dotar os canteiros arborizados com funções de biorretenção. Campo de recreio: bacia de detenção seca. Estacionamento lateral na Rua da Escola: faixa separadora adaptada para incluir faixa filtrante; pavimentos permeáveis no ponto de passagem no troço final da rua.
C10	Bairro IGAPHE e Miravila: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; canteiro central adaptado com funções de biorretenção.
C11	Bairro da Checul: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; Campo de recreio (~350 m <sup>2</sup> ): bacia de detenção seca; Canteiro de biorretenção, no canteiro em triângulo a SW.
C12	Urbanização do Ribeirinho: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
C13; C14	Rotundas da Checul e do Polvo: jardim chuva; poço de infiltração, recebem o efluente tratado com origem nos troços a montante.

C15; C16	Áreas verdes marginais à Estrada de Quarteira (C16 limitada pelas Travessas da Escola e João de Deus): dispositivo de recolha de resíduos sólidos; adequar as características dos espaços para desempenharem funções de <i>swale</i> de biorretenção e bacia de biorretenção.
C17; C18	Ruas 25 de Abril e D. Dinis: dispositivo de recolha de resíduos sólidos em sumidouros existentes; pavimentos permeáveis nos pontos de passagem e estacionamentos existentes; Edifícios sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
C19	Largo Dr. Diamantino Duarte Baltazar (espaço central ~550 m <sup>2</sup> ): bacia de detenção seca; Espaços verdes arborizados - bacias de biorretenção.

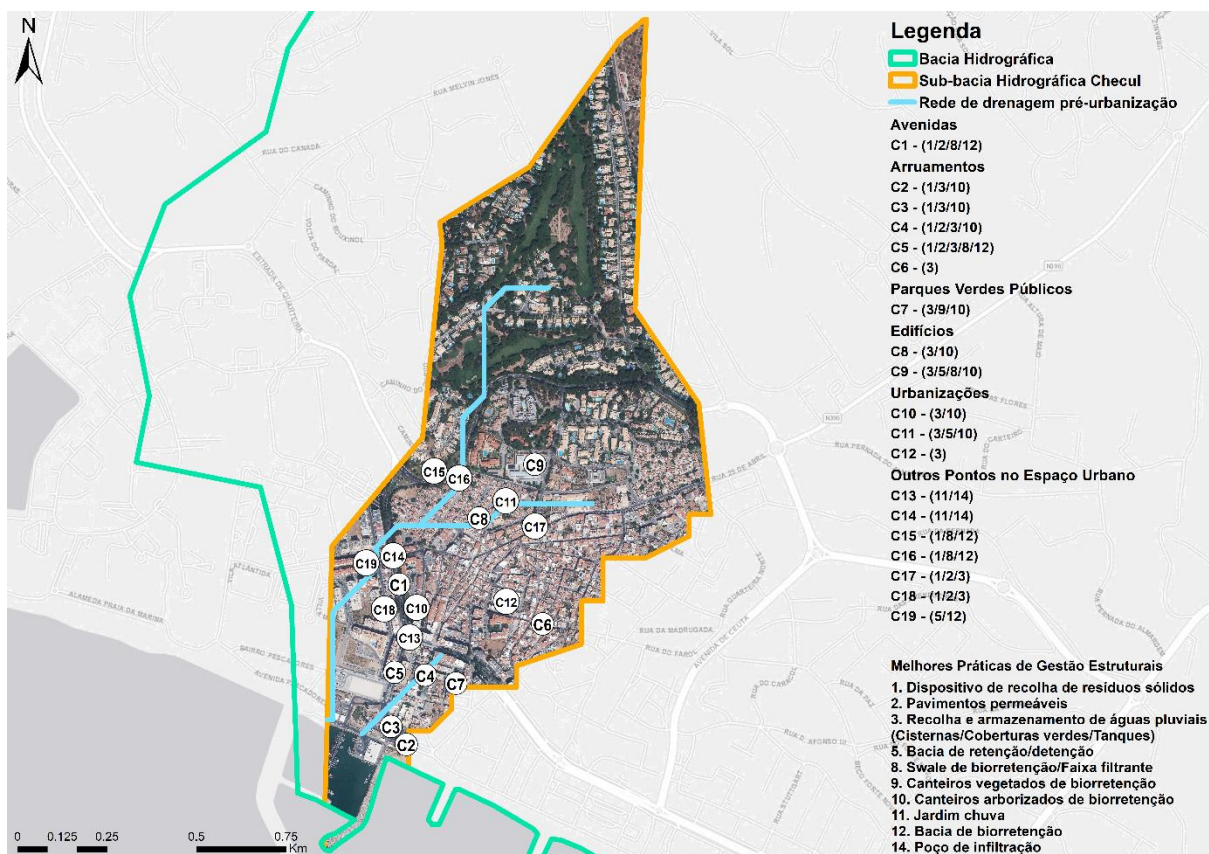


Figura 18 - Sub-bacia hidrográfica da Checul - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 18 para a sub-bacia hidrográfica da Checul são propostas intervenções em 19 locais (C1 a C19).

### Sub-bacia hidrográfica do Forte Novo

A sub-bacia do Forte Novo apresenta características comuns às sub-bacias que a marginam, sendo maioritariamente ocupada por solos urbanos, dos quais se destacam duas pequenas manchas de espaços urbanizáveis de expansão. Realça-se nesta sub-bacia, a presença de espaços verdes de recreio e lazer tanto a montante como a jusante. Evidencia-se a necessidade da introdução de elementos que possibilitem um controlo na origem capaz de retardar a

acumulação de escoamento superficial nas áreas a jusante, para que se mitiguem os impactos das cheias urbanas registadas ao longo da Rua do Nascente e do Leste (F3) ilustradas na Figura 11. As *MPGs* Estruturais propostas são apresentadas na Tabela 8, para os locais identificados na Figura 19.

*Tabela 8 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica do Forte Novo*

<b>Identificação do local</b>	<b>Descrição das intervenções</b>
F1	Junto ao Café Golfinho: canteiro adaptado com funções de biorretenção, para receber escoamento superficial com origem no estacionamento.
F2	Parque de Estacionamento: dispositivo de recolha de resíduos sólidos, nos sumidouros a jusante. Edifícios: sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas;
F3	Ruas do Nascente (comum à sub-bacia dos Cavacos) e Leste: adaptação do separador central, colocação de faixa filtrante; Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas;
F4	Jardim: no espaço de recreio, bacia de detenção; canteiros arborizados de biorretenção. Edifícios: sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas;
F5; F7; F8; F9; F10; F11; F12	Parque Verde Público e Urbanizações: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas;
F6; F15	Jardim Público de São Pedro do Mar: jardim chuva; sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; Escola Dr. <sup>a</sup> Laura Ayres: jardins chuva; sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas,
F13; F14	Rotundas: jardim chuva; poço de infiltração, recebem o efluente tratado com origem nos troços a montante.
F16; F17	Ruas José Afonso e Forte Novo: dispositivo de recolha de resíduos sólidos e pavimentos permeáveis, nos pontos de passagem no troço final das ruas.

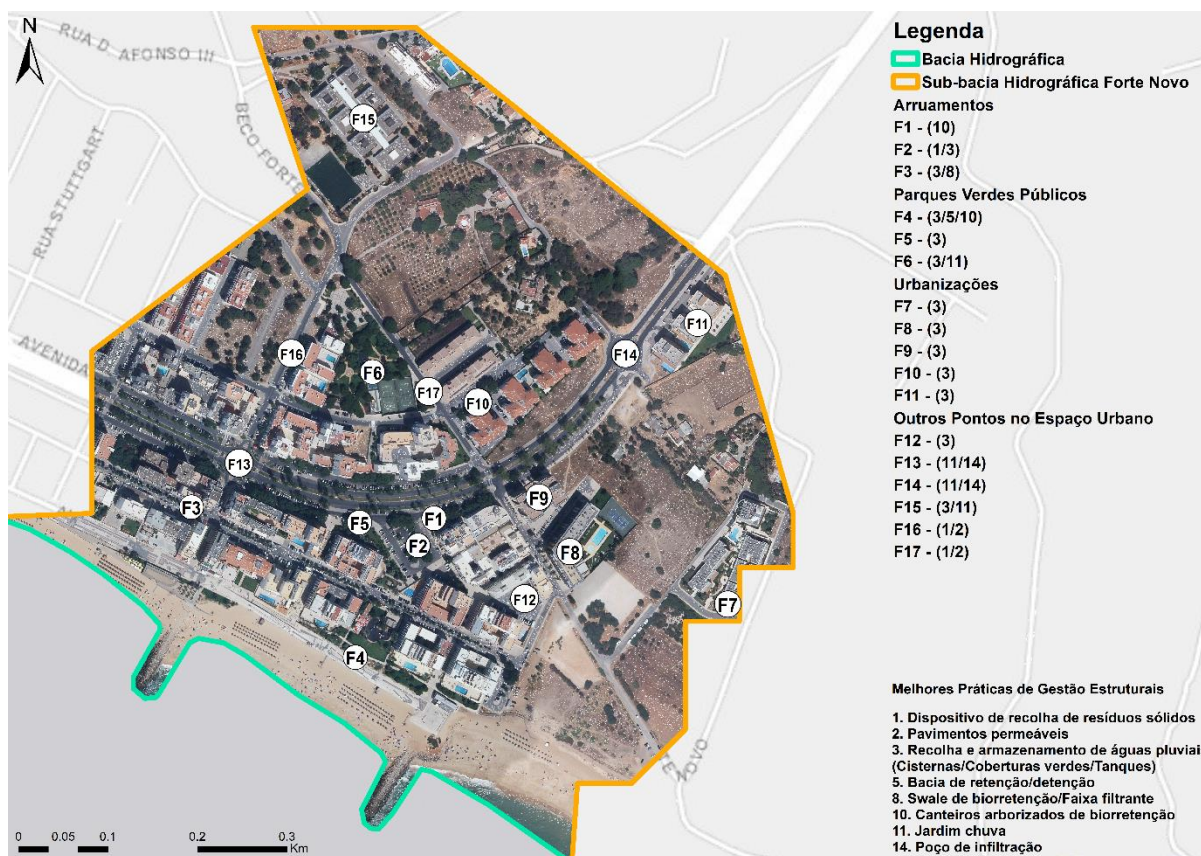


Figura 19 - Sub-bacia hidrográfica do Forte Novo - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 19 para a sub-bacia hidrográfica do Forte Novo são propostas intervenções em 17 locais (F1 a F17).

### Sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão

Na sub-bacia da Quinta do Romão a ocupação do solo é principalmente constituída por áreas urbano-turísticas e de verde urbano equipado (campos de golfe) a norte da estrada de Quarteira, enquanto que a sul se encontra ainda uma pequena mancha ocupada por matos em sobreposição com espaços urbanizáveis de expansão tipo A em solos com elevado valor ecológico e uma área a sul de verde urbano de proteção que deverão obedecer às linhas orientadoras de projetos sensíveis à água, incluindo tanto *MPPs* como *MPGs*. Evidencia-se ainda a rede de drenagem natural, transversal a toda a Rua D. Dinis e contributo para a acumulação de volumes de água a jusante. As *MPGs* Estruturais propostas são apresentadas na Tabela 9, para os locais identificados na Figura 20.

Tabela 9 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão

Identificação do local	Descrição das intervenções
QR1	Junto à Escola D. Dinis: canteiros arborizados de biorretenção; jardim chuva.
QR2	Dotar os canteiros existentes com funções de biorretenção.
QR3	Passeio das Dunas: bacia de retenção.
QR4	Piscinas Municipais: sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes, com armazenamento em tanques ou cisternas; Separador central no estacionamento: faixa filtrante.
QR5	Escola D. Dinis: jardins chuva; sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes, com armazenamento em tanques ou cisternas.

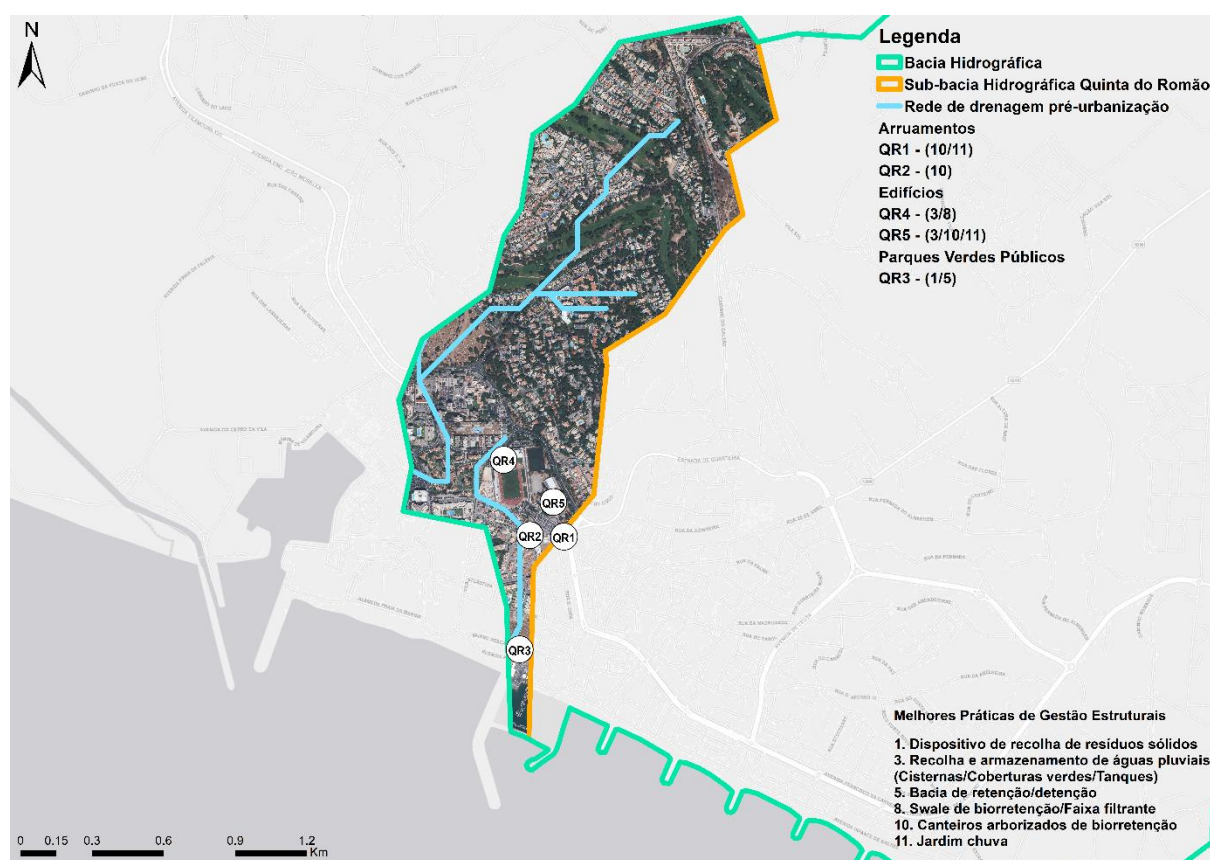


Figura 20 - Sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 20 para a sub-bacia hidrográfica da Quinta do Romão são propostas intervenções em 5 locais (QR1 a QR5).

### Sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca

A sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca é totalmente ocupada por solo urbano e margina a oeste a sub-bacia da Checul, pelo que é aqui que devem ser implementadas medidas de controlo na origem e tratamento do escoamento superficial, aproveitando a permeabilidade potencial do solo, efetivando a redução do volume de escoamento superficial com origem na rede de

drenagem natural, atualmente influenciada pelo declive do território e elevada impermeabilização do solo e que aflui para a Rua Patrão Lopes (C6), o Largo do Mercado (C2) e a Av. Francisco Sá Carneiro (T4). As MPG Estruturais propostas são apresentadas na Tabela 10, para os locais identificados na Figura 18.

Tabela 10 - MPGs Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca

<b>Identificação do local</b>	<b>Descrição das intervenções</b>
RB1	Largo do Mercado (C2).
RB2	Largo dos Rosas: nos Edifícios, sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; no largo -tanques de atenuação.
RB3; RB7	Dispositivo de recolha de resíduos sólidos em sumidouros existentes nas intersecções com Travessa da Alegria, Rua Afonso III e Rua do Farol e do Ribeiro; pavimentos permeáveis na área de estacionamento (RB3) e no ponto de passagem na intersecção com a Rua do Pinheiro; sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
RB4	Espaço verde entre as Ruas Srg. Arlindo Viegas e dos Forninhos: introdução de espécies autóctones; tanques de atenuação; canteiros arborizados de biorretenção;
RB5	Avenida de Ceuta: nas intersecções com as Ruas Afonso III e da Abelheira - dispositivo de recolha de resíduos sólidos; pavimentos permeáveis nos pontos de passagem nas intersecções e final da avenida; coberturas dos edifícios: sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
RB6	Praceta da Madrugada: tanque de atenuação; canteiro arborizado adaptado com funções de biorretenção.
RB8; RB9	Ruas Marco do Fontanário e Gonçalo Velho: pavimentos permeáveis nas áreas onde há intersecção com outras ruas; sistema de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
RB10	Rotunda da <i>Phonehouse</i> : jardim chuva, poço de infiltração, recebe o efluente tratado com origem no troço a montante.

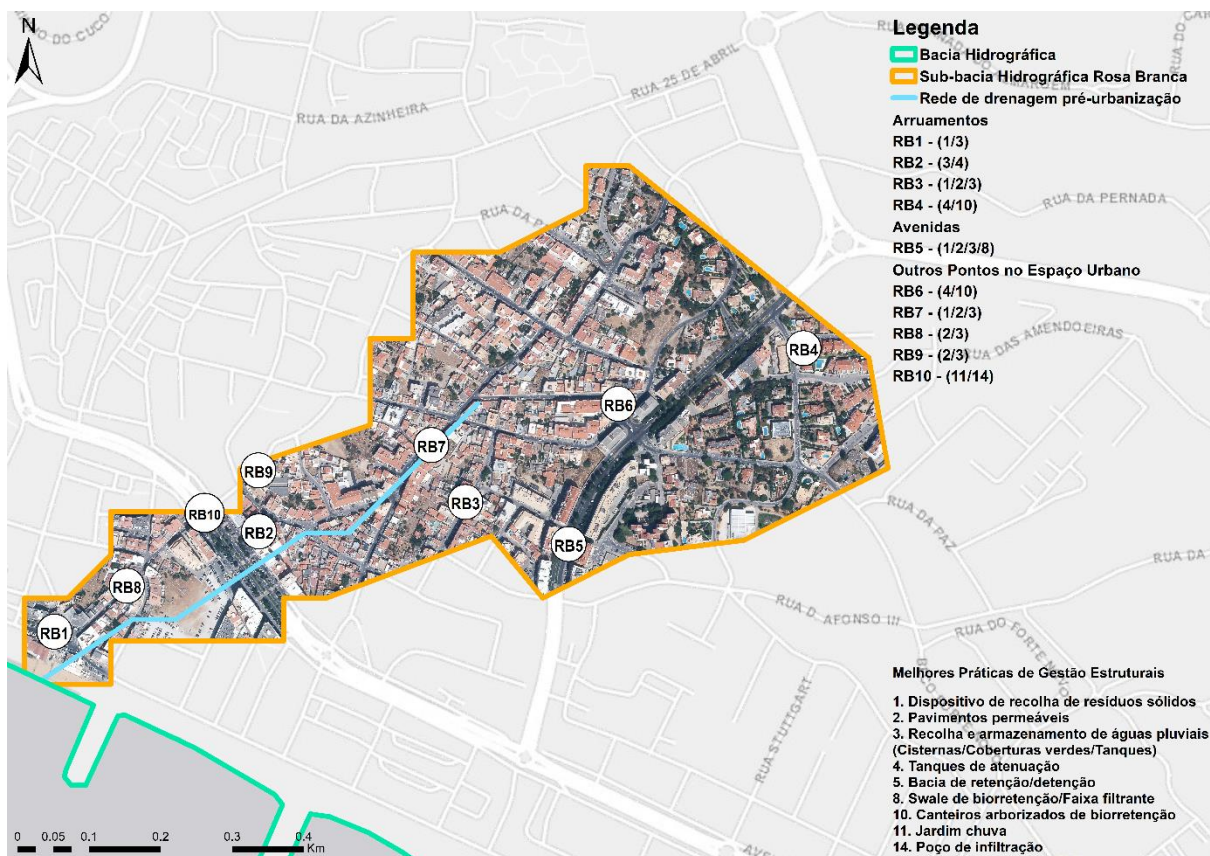


Figura 21 - Sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 21 para a sub-bacia hidrográfica da Rosa Branca são propostas intervenções em 10 locais (RB1 a RB10).

### Sub-bacia hidrográfica da Tenazinha

A área relativa à sub-bacia hidrográfica da Tenazinha apresenta apenas solos urbanos. Os elementos estruturais propostos para esta área irão reduzir a acumulação e a velocidade do escoamento superficial nas áreas a jusante, através de medidas de controlo na origem, tratamento e posterior descarga no sistema de drenagem existente, reduzindo ainda os poluentes que afluem ao sistema de drenagem. As *MPGs* Estruturais propostas são apresentadas na Tabela 11, para os locais identificados no na Figura 22.

Tabela 11 - *MPGs* Estruturais propostas para a sub-bacia hidrográfica da Tenazinha

Identificação do local	Descrição das intervenções
T1	Rua José J. Soares: canteiro arborizado, beneficiado com funções de biorretenção; Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.
T2	Avenida Infante de Sagres, marginal de Quarteira: nos Edifícios, sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; pavimentos permeáveis nos estacionamentos que marginam a praia.

T3	Praça do Mar: nos Edifícios, sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas; bacia de detenção seca; canteiros arborizados dotados com funções de biorretenção.
T4	Avenida Francisco Sá Carneiro: dispositivo de recolha de resíduos sólidos nos sumidouros existentes na intersecção com a Rua São Tomé e Príncipe; separador central e faixas laterais beneficiadas com <i>swale</i> de biorretenção.
T5	Rotunda: jardim chuva; poço de infiltração, que também recebe o efluente tratado do troço a montante.
T6	Troço final Rua da Cabine: dispositivo de recolha de resíduos sólidos; pavimentos permeáveis nos pontos de passagem; Edifícios: sistemas de recolha de águas pluviais com recurso a coberturas verdes e armazenamento em tanques ou cisternas.

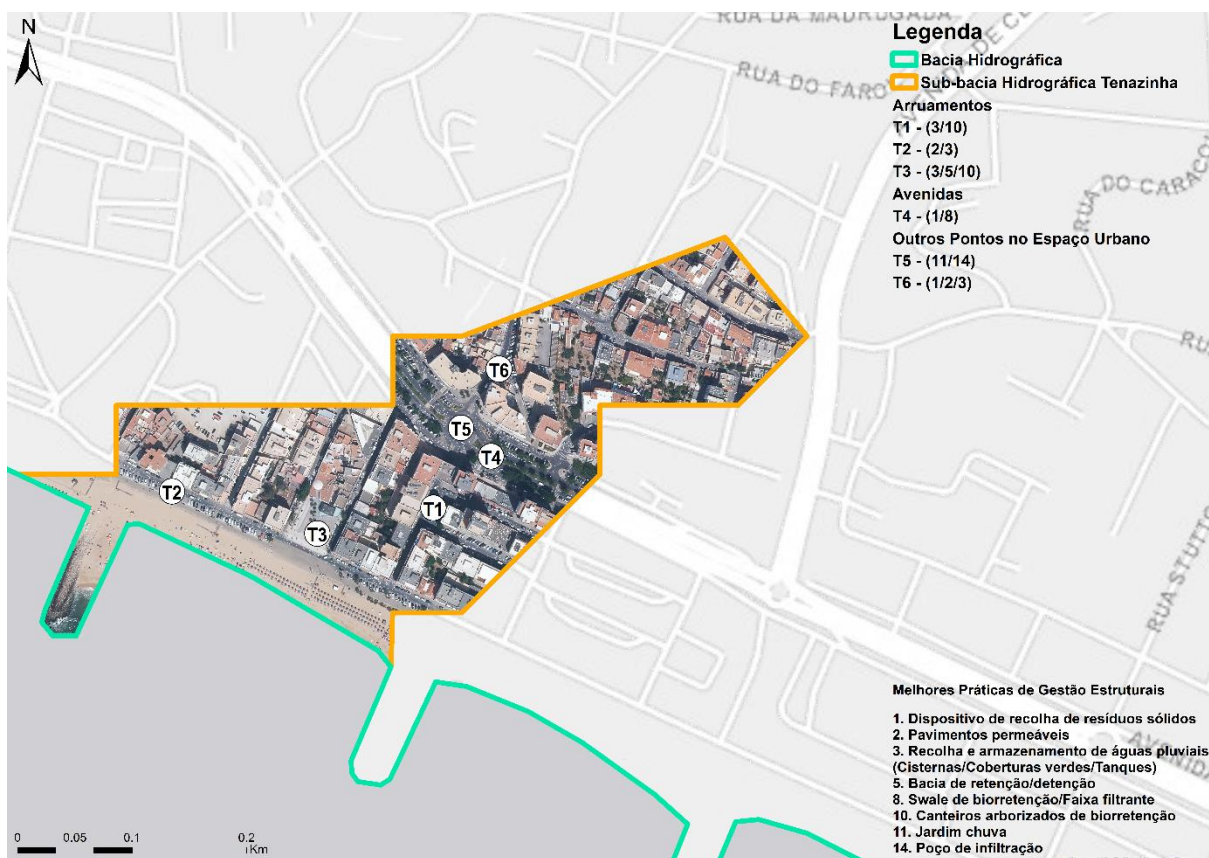


Figura 22 - Sub-bacia hidrográfica da Tenazinha - localização das intervenções

Como se pode observar na Figura 22 para a sub-bacia hidrográfica da Tenazinha são propostas intervenções em 6 locais (T1 a T6).

## 7. Considerações Finais

O desenvolvimento e implementação de uma Cidade Sensível a Água é o resultado de interações complexas entre os atores-chave e as características locais. A aceitação e colaboração da comunidade e o apoio político são fundamentais para efetivar esta transição, nomeadamente em ambientes urbanos complexos, como é o caso da cidade Quarteira. É necessária uma atitude proativa em relação a este novo paradigma de gestão urbana da água, o que torna o desafio tão social quanto tecnológico.

Neste trabalho é proposto um plano que reconhece a necessidade do desenvolvimento de soluções flexíveis e dinâmicas como resposta aos desafios e incertezas de uma nova realidade. Este plano é desenhado de forma a suportar a promoção da adaptação às Alterações Climáticas em harmonia com as opções de adaptação presentes na *EMAAC de Loulé* e pretende ser um ponto de partida para estimular a transição da cidade de Quarteira para uma *Water Sensitive City*. São apresentadas doze estratégias de intervenção comuns à bacia hidrográfica, como pilares fundamentais de um processo de transição, suportado por melhores práticas de gestão no domínio de *WSUD*. Estas estratégias constituem uma abordagem pró-ativa que reconhece a necessidade de integrar a gestão de águas pluviais no planeamento e design/conceção de áreas urbanas, aplicado em toda a escala espacial, com enfoque nas zonas críticas diagnosticadas na área de estudo.

As intervenções propostas de cariz estrutural e não estrutural, associadas a técnicas convencionais de drenagem de água na cidade, podem contribuir para melhorar a capacidade de adaptação a riscos urbanos inerentes à gestão do CUA, pois promovem a gestão holística da água, o que inclui a sua utilização, armazenamento, tratamento e reutilização, de forma a maximizar o valor ambiental, cultural, recreacional e económico do recurso água. No plano estratégico de gestão desenvolvido para a cidade de Quarteira, entre as intervenções propostas destacam-se as seguintes tipologias: dispositivos de recolha de material sólido, pavimentos permeáveis, sistemas de recolha e armazenamento de águas pluviais através de coberturas verdes, tanques ou cisternas, bacias de retenção/detenção, *swales* de biorretenção e faixas filtrantes, canteiros arborizados de biorretenção, jardins chuva, bacias de biorretenção e poços de infiltração

O processo de transição para uma *Water Sensitive City* é evolutivo e contribui para a resiliência, através de iniciativas que preparem o sistema urbano para fenómenos extremos, mitiguem os seus impactos, e cuja recuperação apoie a adaptação do sistema a novas condições. Para que

muitas das tipologias de intervenção sejam integradas no (re)desenho da paisagem urbana é fundamental a participação e colaboração de uma equipa multidisciplinar, a monitorização dos sistemas e a validação por parte dos agentes locais. As funções tradicionais da paisagem urbana necessitam de ser reforçadas com uma maior compreensão das funções ecológicas, que incorporem a gestão de águas pluviais e integrem os objetivos da gestão sustentável do ciclo urbano da água. É por isso possível concluir que os principais desafios para a transição para a *Cidade Sensível à Água* não são só tecnológicos, mas políticos e sociais . Para que estes desafios sejam ultrapassados é necessário estabelecer pontes de comunicação, através de uma abordagem colaborativa, que esteja assente em objetivos a longo prazo, comuns aos vários intervenientes, próprios a uma maior sensibilidade à água, na qual o desenho urbano fornece soluções tecnicamente robustas que respondem aos desafios futuros e estimulam e envolvem a comunidade, proporcionando múltiplos benefícios que vão para além da sustentabilidade.

Os inquéritos realizados permitiram, numa primeira abordagem, recolher informação quanto à sensibilidade dos inquiridos no que diz respeito às questões relativas ao CUA na cidade de Quarteira. Foi também tida em consideração o contributo dos mesmos na identificação das áreas críticas e proposta de medidas estruturais de mitigação. Evidencia-se a necessidade de estabelecer outras abordagens que efetivem uma participação pública mais evidente e ativa, através de um processo co-evolutivo que aumente a literacia sobre as questões relativas ao CUA e produza resultados nos quais a comunidade se reveja.

Ao longo deste trabalho foram propostas estratégias e melhores práticas para a transição de cidades para uma abordagem mais sensível à água. No entanto, algum trabalho complementar precisará de ser feito para uma futura aplicação faseada e coordenada das medidas propostas. Num contexto de transição, é necessário que sejam utilizados métodos de avaliação adequados que validem e assegurem o sucesso das medidas adotadas, como processo evolutivo no horizonte a longo prazo.

De forma a abranger toda a dimensão do ciclo urbano da água, deverá ser desenvolvido o balanço hídrico da bacia hidrográfica que domina a cidade, o que permite quantificar os fluxos de água nos seus diferentes domínios. Ao nível da bacia hidrográfica, e como complemento à transição, o desenvolvimento de um plano de gestão de águas pluviais é fundamental, não só para controlar a quantidade, mas também a qualidade das águas pluviais que são descarregadas nos meio recetores mais próximos. O plano de gestão de águas pluviais define objetivos a médio-longo prazo, quer ao nível da quantidade, quer de melhoria da qualidade de águas

pluviais, que podem ser alcançados através da implementação de melhores práticas de gestão estruturais. A avaliação do desempenho e manutenção destas estruturas deverá ser contemplado no plano, para garantir a sua operacionalidade e eficácia face aos objetivos propostos, através do uso de indicadores. A performance dos elementos estruturais deve ser simulada através da modelação hidrológica relativamente à quantidade e qualidade do escoamento superficial com origem na bacia hidrográfica. As infraestruturas tradicionais de drenagem de pluviais devem também ser objeto de levantamento, no qual o cadastro e manutenção são essenciais para que operem em paralelo com as *MPGs* estruturais na gestão de águas pluviais da cidade. Destaca-se ainda o papel das *MPPs* enunciadas, como normas orientadoras, basilares no planeamento e dimensionamento das componentes estruturais de *MPGs*. Face às características do local em estudo deve ser criada uma matriz que identifique áreas na paisagem capazes de melhor suportar práticas específicas de uso do solo, dando-se preferência às que proporcionem maiores benefícios ambientais e que garantam a utilização sustentável no futuro das áreas já desenvolvidas e também dos vazios urbanos existentes, de forma a que estes possam contribuir para a gestão sustentável do ciclo urbano da água no processo de transição para uma Cidade Sensível à Água.

As estratégias e metodologias propostas permitiram desenhar um plano que permita a transição de Quarteira para uma cidade sensível à água. No entanto, estas metodologias podem ser aplicadas a outras cidades.

Salienta-se que este plano, de carácter preliminar, carece de ajustes e de programação faseada na respetiva implementação. Este trabalho surge assim, como o primeiro plano desenvolvido na região do Algarve a abordar a adaptação às alterações climáticas, sob a perspetiva da gestão urbana da água e do ordenamento do território.

Como nota final, destaca-se o facto de a componente de Participação Pública inicialmente prevista ter sido repensada aquando do início da pandemia pela *COVID-19*. A solução encontrada em conjunto com a Divisão de Alterações Climáticas e Economia Circular da Câmara Municipal de Loulé permitiu a elaboração de um inquérito, posteriormente disseminado pelos canais municipais.



## 8. Referências Bibliográficas

- Adger, W. N. (2006). *Vulnerability*. 16, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Aguiar, C., Capelo, J. H., Lousã, M., Costa, J. C., & Neto, C. (1998). *Biogeografia de Portugal Continental*. 46.
- Allen, M. D., Argue, J. R., Wolfgang, F. G., Linton, D. J., Pezzaniti, D., & Scott, P. (2013). *WATER SENSITIVE URBAN DESIGN: BASIC PROCEDURES FOR 'SOURCE CONTROL' OF STORMWATER* (J. R. Argue (ed.); 7th ed.). [www.stormwater.asn.au](http://www.stormwater.asn.au)
- Almeida, C., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R., & Gomes, A. J. (2000). *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental - Sistema Aquífero: Quarteira (M7)*. Instituto da Água.
- ANQIP. (2011). *ETA 0905 - Sistemas Prediais de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC)*. [http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2166/7/ETA\\_0905.pdf](http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2166/7/ETA_0905.pdf)
- Antunes, C., Rocha, C., & Catita, C. (2017). *Cartografia de Inundação e Vulnerabilidade Costeira*. [www.snmportugal.pt](http://www.snmportugal.pt)
- Antunes, C., Rocha, C., & Catita, C. (2019). Coastal Flood Assessment due to Sea Level Rise and Extreme Storm Events: A Case Study of the Atlantic Coast of Portugal's Mainland. *Geosciences*, 9(5), 239. <https://doi.org/10.3390/geosciences9050239>
- APA. (2016). *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações. Ribeiras do Algarve. Região Hidrográfica 8 - Ribeiras do Algarve Zonas Críticas: Aljezur, Tavira, Monchique, Faro e Silves (Maio 2016)*. 123. [http://www.apambiente.pt/\\_zdata/Politiclas/Agua/PlaneamentoGestao/PGRI/2016-2021/PGRI\\_RH8.pdf](http://www.apambiente.pt/_zdata/Politiclas/Agua/PlaneamentoGestao/PGRI/2016-2021/PGRI_RH8.pdf)
- APA. (2019a). *Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2020 (ENAA 2020)*. <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=955>
- APA. (2019b). *Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030)*. <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117&sub3ref=1376>
- APA. (2019c). *Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC)*. <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1181>
- APA, & CML. (2015). *Relatório de Vulnerabilidades Climáticas Atuais*.
- Ashley, R., Blanksby, J., Saul, A., Doncaster, S., & Dudley, L. (2013). *Flood Resilience and Water Sensitive Urban Design (WSUD) in the flood resilient and water sensitive city*.
- Ashley, R. M., Faram, M. G., Chatfield, P. R., Gersonius, B., & Andoh, R. Y. G. (2010). Appropriate Drainage Systems for a Changing Climate in the Water Sensitive City. *Low Impact Development 2010*, 864–877. [https://doi.org/10.1061/41099\(367\)76](https://doi.org/10.1061/41099(367)76)
- Atelier GROENBLAUW. (2006). *Urban infiltration strips*. <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/urban-infiltration-strips/>
- Australian Capital Territory Canberra. (2014). Water Sensitive Urban Design - Review report. In *ACT Government* (Issue August). [http://www.environment.act.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/621568/Water-Sensitive-Urban-Design\\_ACCESS.pdf](http://www.environment.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0010/621568/Water-Sensitive-Urban-Design_ACCESS.pdf)
- Bartone, C., Bernstein, J., Leitmann, J., & Eigen, J. (1994). Toward environmental strategies for cities: policy considerations for urban environmental management in developing countries. In *Urban Management Programme - World Bank* (Vol. 18). The World Bank Group.
- Benedict, M., & McMahon, E. (2006). *Green infrastructure - linking landscapes and communities*. Island Press.

- Biswas, A. K. (1981). Integrated water management: Some international dimensions. *Journal of Hydrology*, 51(1–4), 369–379. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(81\)90145-1](https://doi.org/10.1016/0022-1694(81)90145-1)
- Brás, L., Santos, J. A., Guerreiro, P., Lopes, F., Pereira, H., Quinto-Canas, R., Rosa-Pinto, J., Pinto-Gomes, C., & Palma, L. (2017). *Cadoiço e Foz do Almargem*.
- Brown, R., Farrelly, M., & Keath, N. (2009). Practitioner Perceptions of Social and Institutional Barriers to Advancing a Diverse Water Source Approach in Australia. *International Journal of Water Resources Development*, 25(1), 15–28. <https://doi.org/10.1080/07900620802586090>
- Brown, R. R., Keath, N., & Wong, T. H. F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science and Technology*, 59(5), 847–855. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.029>
- Brown, R., Rogers, B., & Werbeloff, L. (2016). *Moving toward Water Sensitive Cities and policy makers*.
- Brown, Rebekah R. (2008). Local Institutional Development and Organizational Change for Advancing Sustainable Urban Water Futures. *Environmental Management*, 41(2), 221–233. <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9046-6>
- CCDR Algarve. (2004). *Plano Regional de Ordenamento do Território - Anexo H - Recursos Hídricos , Planeamento e Gestão do Recurso Água: Vol. II*.
- Charlesworth, S. M. (2010). A review of the adaptation and mitigation of global climate change using sustainable drainage in cities. *Journal of Water and Climate Change*, 1(3), 165–180. <https://doi.org/https://doi.org/10.2166/wcc.2010.035>
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Queré, C., Myneni, R. B., Piao, S., & Thornton, P. (2013). *Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- City of Townsville, & Queensland Government. (2011). *WSUD Technical Design Guidelines for the Coastal Dry Tropics - Sand Filters*.
- CML. (n.d.). *Listagem Espaços Verdes - Base de dados*.
- CML. (2016). *Loulé: Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas*.
- CML. (2018). *Perfil de Impactos Locais - Quarteira*.
- Comissão Europeia. (1998). Directiva 98/15/CE de 27 de Fevereiro de 1998. *Jornal Oficial Da União Europeia*, L 67, 29–30. <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/15/oj>
- Conselho da União Europeia. (1991). Directiva 91/271/CEE de 21 de Maio de 1991. *Jornal Oficial Da União Europeia*, L 135, 40–52. <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>
- Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities. (2017). *Kings Square Raingardens*.
- Costa, J., Lousã, M., & Espírito-Santo, M. (1996). A VEGETAÇÃO DO PARQUE NATURAL DA RIA FORMOSA (ALGARVE, PORTUGAL) The vegetation of "Parque Natural da Ria Formosa " (Algarve, Portugal). *Studia Botanica*, 15, 69–157.
- Costa, J., Neto, C., & Lousã, M. (2005). Elytrigietum junceo-boreoatlantici: nova associação das dunas embrionárias da Província Lusitano-Andaluza Litoral. *Quercetea*, 13, 136–138.
- da Costa Almeida, C. A. (1985). *Hidrogeologia do Algarve Central*. Universidade de Lisboa.
- Department of Environment, & Swan River Trust. (2005). *Stormwater Management Manual for Western Australia*.

- Department of Planning and Local Government. (2009). *Water Sensitive Urban Design Technical Manual for the Greater Adelaide Region* (Issue July).
- DHV. (2008a). *Carta II.1 - Geologia*. DHV, SA.
- DHV. (2008b). *Carta II.16 - 'Paisagem e Estrutura Ecológica da Freguesia de Quarteira'*. DHV, SA.
- DHV. (2008c). *Carta II.17 – Carta de Valores Ecológicos segundo o grau de importância dos Biótopos*. DHV, SA.
- DHV. (2008d). *Carta II.20 - Valores ecológicos segundo o grau de importância para a fauna*. DHV, SA.
- DHV. (2008e). *Carta II.4 - Declives*. DHV, SA.
- DHV. (2009a). *Carta II.10 – Carta de Ocupação do Solo (1990)*. DHV, SA.
- DHV. (2009b). *Carta II.11 – Carta de Ocupação Actual do Solo*. DHV, SA.
- DHV. (2009c). *Carta II.23 - 'Áreas Inundáveis'*. DHV, SA.
- DHV. (2009d). *Carta II.5 - Avaliação da delimitação da RAN*. DHV, SA.
- DHV. (2009e). *Carta VII.7 - Planos Municipais de Ordenamento do Território em vigor e em elaboração*. DHV, SA.
- DHV. (2009f). *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé: Vols VII-Anál.*
- DHV. (2009g). *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé - Volume I - Enquadramento*.
- DHV. (2009h). *Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé - Volume II - Análise Biofísica*.
- DHV. (2009i). *Fichas de Diagnóstico dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé*. DHV, SA.
- DHV. (2009j). *VII\_Anexo I\_Quarteira\_a* (pp. 1–2). DHV, SA.
- Direção Geral do Ambiente. (2012). Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos. *Jornal Oficial Da União Europeia*, 62. <https://doi.org/10.2779/88588>
- Doick, K., & Hutchings, T. (2013). Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure. In *Forestry Commission Research Note 12*. (Issue February). Forestry Commission. [http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/\\$FILE/FCRN012.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/$FILE/FCRN012.pdf)
- Dong, X., Jiang, L., Zeng, S., Guo, R., & Zeng, Y. (2020). Vulnerability of urban water infrastructures to climate change at city level. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104918. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104918>
- Dotro, G., Langergraber, G., Molle, P., Nivala, J., Puigagut, J., Stein, O., von Sperling, M., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P., Wallingford, H. R., Woods-Ballard, B., Woods Ballard, B., Construction Industry Research and Information Association, Great Britain, Department of Trade and Industry, Environment Agency, ... Técnico, S. (2018). The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 174–180. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>
- ENVIROPOD. (2020). *LittaTrap™ Technical Guide*.
- European Commission. (2015). *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-*

*Based Solutions & Re-Naturing Cities*. <https://doi.org/10.2777/765301>

- European Environment Agency. (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. In *EEA Report: Vol. 12/2012* (Issue 1). <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88246-6>
- Everett, G., Lamond, J., Morzillo, A. T., Chan, F. K. S., & Matsler, A. M. (2016). Sustainable drainage systems: helping people live with water. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*, 169(2), 94–104. <https://doi.org/10.1680/wama.14.00076>
- Fernandes da Silva, C. M. (2009). *O Abastecimento de Água na Região do Algarve: Caracterização e Perspectivas de Evolução*. Universidade do Porto.
- Ferreira, A. M. (2000). Caracterização de Portugal Continental, Capítulo 2. In *Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional*.
- Ferreira, R. P., & Gomes, C. P. (2002). *O interesse da fitossociologia na gestão do litoral alentejano: praia do Monte Velho (Santiago do Cacém)*. DRAOT-Alentejo.
- Fletcher, T. (2014). *Data Requirements for Integrated Urban Water Management*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482266191>
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni, A., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M., Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Arthur, S., Trowsdale, S., ... Viklander, M. (2015). SUDS , LID , BMPs , WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Geels, F. W. (2005). Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(6), 681–696. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.08.014>
- Gehrels, H., Meulen, S. Van Der, Schasfoort, F., Goossens, M., Jacobs, C., Jong, M. De, Kok, S., Massop, H., Osté, L., Pérez-soba, M., Rovers, V., Smit, A., Verweij, P., Vries, B. De, & Weijers, E. (2016). Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. *Applied Research Organisation, June*, 109. <http://www.adaptivecircularcities.com/wp-content/uploads/2016/03/Designing-green-and-blue-infrastructure-to-support-healthy-urban-living.pdf>
- Geldof, G. D. (1995). Adaptive water management: Integrated water management on the edge of chaos. *Water Science and Technology*, 32(1). [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00532-R](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00532-R)
- Gersonius, B., Ashley, R., Salinas-rodríguez, C., Rijke, J., Radhakrishnan, M., & Zevenbergen, C. (2016). *Flood resilience in Water Sensitive Cities Guidance for enhancing flood resilience in the context of an Australian water sensitive city*. 1–77.
- Gill, S. ., Handley, J. ., Ennos, A. ., & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Giorgi, F. (2007). *Climate Change in the Mediterranean. Presentation to the 12th meeting of the Mediterranean Commission on Sustainable Development*.
- Gleick, P. H. (1993). *Water in Crisis - A Guide to the World's Fresh Water Resources* (pp. 13–23). Oxford University Press.
- Gleick, Peter H. (2003). Global Freshwater Resources : Soft-Path Solutions for the 21st Century. *Science*, 312(December 2003), 1524–1528. <https://doi.org/10.1126/science.1089967>
- Global Water Partnertship. (2012). *Water Demand Management: The Mediterranean Experience*. [http://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/Technical Focus Papers/01 Water Demand](http://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/Technical%20Focus%20Papers/01%20Water%20Demand)

- Graaf, R. E. De. (2009). Innovations in urban water management to reduce the vulnerability of cities. In *Doctoral Thesis*. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A817c33c6-f716-44ca-bb17-80d20ef2100e>
- Graham, A., Day, J., Bray, B., & Mackenzie, S. (2012). *Sustainable drainage systems - maxising the potential for people and wildlife*. 64.
- Gualdi, S., Somot, S., Artale, V., & Adani, M. (2012). *Regional Climate Change Projections with Realistic*. February 2018. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00136.1>
- Haan, F. J. De, Ferguson, B. C., Adamowicz, R. C., Johnstone, P., Brown, R. R., & Wong, T. H. F. (2014). Technological Forecasting & Social Change The needs of society : A new understanding of transitions , sustainability and liveability. *Technological Forecasting & Social Change*, 85, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.005>
- Hamilton City Council. (2014). *THREE WATERS MANAGEMENT PRACTICE NOTE - HCC 06 : Detention Tank* (pp. 2–5). Hamilton City Council.
- Harremoës, P. (1997). Integrated water and waste management. *Water Science and Technology*, 35(9). [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00180-7](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00180-7)
- Hartmann, D. (1994). *Global Physical Climatology* (1st ed.). Academic Press.
- Healthy Waterways Ltd. (2014). *Bioretention Technical Design Guidelines* (p. 138). Water by Design. [https://hlw.org.au/u/lib/mob/20150715140823\\_de4e60ebc5526e263/wbd\\_2014\\_bioretentiontdg\\_mq\\_online.pdf](https://hlw.org.au/u/lib/mob/20150715140823_de4e60ebc5526e263/wbd_2014_bioretentiontdg_mq_online.pdf)
- Hoban, A., & South East Queensland Healthy Waterways. (2009). *Concept design guidelines for water sensitive urban design*. SEQ Healthy Waterways Partnership.
- Hogland, W., & Niemczynowicz, J. (1980). *Kvantitativ och kvalitativ vattenom-sattningsbudget for Lund centralort; kompletterande matning gar och methodic (em Sueco; Balanço da qualidade e quantidade de água para a cidade de Lund: estimativa e metodologia)*.
- Howe, C. ., Butterworth, J., Smout, J. K., Duffy, A. M., & Vairavamorthy, K. (2011). *SWITCH - Sustainable Water Management in the City of the Future - Findings from the SWITCH Project*.
- Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., & Weber, B. (2011). *Water Sensitive Urban Design Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future - Manual*. jovis Verlag GmbH.
- IPCC. (2014). Climate change 2014. Synthesis report. Versión inglés. In *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- IPMA. (2020). *Resumo horário - rede de Estações Meteorológicas*. <https://www.ipma.pt/pt/otempo/obs.superficie/index-map-hora-chart.jsp>
- IUSS Working Group WRB. (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. (World Soil). FAO.
- Jia, H., Wang, Z., Zhen, X., Clar, M., & Yu, S. L. (2017). China’s sponge city construction: A discussion on technical approaches. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11(4), 18. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0984-9>
- Jia, H., Yao, H., & Yu, S. L. (2013). Advances in LID BMPs research and practice for urban runoff control in China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 7(5), 709–720. <https://doi.org/10.1007/s11783-013-0557-5>

- Johnstone, P., Adamowicz, R., Haan, F. J. De, Ferguson, B. C., & Wong, T. (2012). Liveability and the water sensitive city - Science-Policy Partnership for Water Sensitive Cities. In *Science-Policy Partnership for Water Sensitive Cities: Vol. August* (p. 68). Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
- Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities, & BMT WBM Pty Ltd. (2009). *Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design - A National Guide*.
- Josh Byrne & Associates, & ETC Murdoch University. (2012). *The Grove: Leading, Learning, Living. New Water Ways*.
- Julivert, M., Fontbote, J., Ribeiro, A., & Conde, L. (1974). *Memória Explicativa del Mapa Tectónico de la Peninsula Ibérica y Baleares*. Inst. Geol. Min. España.
- Junta de Freguesia de Quarteira. (2016). *Zonas pedonais com mais segurança e conforto*. Junta de Freguesia de Quarteira. <https://www.jf-quarteira.pt/noticias/zonas-pedonais-com-mais-seguranca-e-conforto-68>
- Ka, F., Chan, S., Gri, J. A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y., Xu, Y., & Thorne, C. R. (2018). *Land Use Policy “Sponge City” in China — A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context*. 76(May 2017), 772–778.
- Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P., Wallingford, H. R., & Woods-Ballard, B. (2015). The SuDS Manual. In C753. CIRIA. [www.ciria.org](http://www.ciria.org)
- Kloss, C., & Lukes, R. (2008). Managing Wet Weather with Green Infrastructure Municipal Handbook. Green Streets. In *US Environmental Protection Agency* (EPA-833-F-). <https://doi.org/EP A-833-F-08-009>
- Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2001). Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime? *Environment & Behavior*, 33(3), 343–367. <https://doi.org/10.1177/00139160121973025>
- Kuzniecowa Bacchin, T., Ashley, R., Veerbeek, W., & Berghauser Pont, M. (2013). *A multi-scale approach in the planning and design of water sensitive environments*.
- Lawrence, A. I., Ellis, J. B., Marsalek, J., Urbonas, B., & Phillips, B. C. (1999). Total urban water cycle based management. In J. E. Joliffe, I.B. & Ball (Ed.), *Proceedings of the 8th International Conference on Urban Drainage* (pp. 1142–1149).
- Leininger, C. (2020). *Rua Vasco da Gama*. Youtube. [https://www.facebook.com/groups/517048578413405/?post\\_id=2800865486698358](https://www.facebook.com/groups/517048578413405/?post_id=2800865486698358)
- Lourenço, R. (2014). *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável*. Instituto Politécnico de Coimbra.
- Lundqvist, J., Narain, S., & Turton, A. (2001). *Social, institutional and regulatory issues*. In: Maksimovic, C. & Tejada-Guibert, J.A. (eds.) *Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope?* IWA Publishing.
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of hydrology*. McGraw-Hill.
- Maksimovic, C., & Tejada-Guibert, J. A. (2015). Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or hope. *Water Intelligence Online*, 4, 9781780402659–9781780402659. <https://doi.org/10.2166/9781780402659>
- Manuppella, G. (1992). *Carta Geológica da Região do Algarve, na escala 1:100 000. Notícia Explicativa*. (p. 15). Serv.Geol. Portugal.
- Manuppella, G., Ramalho, M., Antunes, M. T., & Pais, J. (1987). *Carta Geológica de Portugal à escala de 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 53-A-Faro* (p. 52). Serv. Geol. Portugal.

- Manuppella, G., Rocha, R. B., & Marques, B. (1981). *Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000, Folha 52-B, Albufeira*. Serv. Geol. Portugal.
- Mariotti, A., Zeng, Y., Yoon, J.-H., Artale, V., Navarra, A., Alpert, P., & X. Z. Li, L. (2008). Mediterranean water cycle changes Transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations. In *Environmental Research Letters* (Issue 3). IOP Publishing.
- Marlow, D. R., Moglia, M., Cook, S., & Beale, D. J. (2013). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. *Water Research*, 47(20), 7150–7161. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.046>
- Marsalek, J., Jiménez-Cisneros, B. E., Malmquist, P.-A., Karamouz, M., Goldenfum, J., & Chocat, B. (2006). Urban Water Cycle Processes and Interactions. In *Urban Water Cycle Processes and Interactions* (SC-2006/WS/7, Issue 78). <https://doi.org/10.1201/9781482288544>
- McPherson, M. B. (1973). Need for metropolitan water balance inventories. *Journal of the Hydraulics Division*, 99(10), 1837–1848.
- McPherson, M. B., & Schneider, W. J. (1974). Problems in modeling urban watersheds. *Water Resources Research*, 10(3), 434–440. <https://doi.org/10.1029/WR010i003p00434>
- Medina, D., Monfils, J., & Baccala, Z. (2011). *Green Infrastructure Benefits for Floodplain Management: A Case Study*. <https://www.foresternetwork.com/stormwater/stormwater-management/article/13006579/green-infrastructure-benefits-for-floodplain-management-a-case-study>
- Medina, L. (2016). *Cidade de Quarteira*. <https://algarvemeualgarve.blogspot.com/2016/04/cidade-de-quarteira.html>
- Melbourne Water. (2013). *City of Melbourne WSUD Guidelines* (p. 165). melbournewater.com.au
- Melbourne Water. (2017). *Treatment train*. <https://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management/options-treating-stormwater/treatment-train>
- Mineart, P., & Singh, S. (2000). The Value of More Frequent Cleanouts of Storm Drain Inlets. In *The Practice of Watershed Protection* (Issue 122). Centre for Watershed Protection.
- Mitchell, V. G. (2006). Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience. *Environmental Management*, 37(5), 589–605. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0252-1>
- Morison, P. J., Brown, R. R. (2011). Understanding the nature of publics and local policy commitment to Water Sensitive Urban Design. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.08.019>
- Natural Resources Conservation Service. (2000). *Filter strips*. 1–4. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs143\\_025825.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_025825.pdf)
- Navarra, A., & Tubiana, L. (2013). *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean. Volume 2: Agriculture, Forests and Ecosystem Services and People* (Vol. 2). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5772-1>
- Navarro, L., Moreno, A. M., Talavera, A. J., Morell Sastre, J., Peña, M. L., Morales, L. P., Martínez, J. L., Thomas, A. P., Casas, J. N., Monrosi, L. O., García, Á. L., & Ituarte, L. del M. (2015). *Aqua-Riba. Guía para la incorporación de la gestión sostenible del agua en áreas urbanas*.
- New Water Ways. (2012). *The Grove: Leading, Learning, Living* (p. 2). New Water Ways.
- Niemczynowicz, J. (1996). Megacities from a Water Perspective. *Water International*, 21(4), 198–205. <https://doi.org/10.1080/02508069608686515>

- Novotny, V., & Olem, H. (1994). *Water quality : prevention, identification, and management of diffuse pollution*. Van Nostrand Reinhold.
- Palmeiro, N. (2010). *Mau tempo em Quarteira 8/12/2010*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=O54S3fC3L1k>
- Parker, N. (2010). *Assessing the Effectiveness of Water Sensitive Urban Design in Southeast Queensland*. Queensland University of Technology.
- Parlamento Europeu, & Conselho da União Europeia. (2006). Directiva 2006/118/CE de 12 de Dezembro de 2006. *Jornal Oficial Da União Europeia*, L 372, 19–31. <http://data.europa.eu/eli/dir/2006/118/oj>
- Parlamento Europeu, & Conselho da União Europeia. (2007). Directiva 2007/60/CE de 23 de Outubro de 2007. *Jornal Oficial Da União Europeia*, L 288, 27–34. <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj>
- Peixoto, J. P., & Oort, A. H. (1992). *Physics of Climate* (1st ed.). AIP-Press.
- Pinto Gomes, C., & Paiva Ferreira, R. (2005). *Flora e Vegetação do Barrocal Algarvio (Tavira-Portimão)* (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve (ed.)).
- Qin, H., Li, Z., & Fu, G. (2013). The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics. *Journal of Environmental Management*, 129, 577–585. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.026>
- Quinto-Canas, R. (2014). *Flora y Vegetación de la Serra do Caldeirão*. Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales.
- Quinto-Canas, R., Vila-Viçosa, C., Paiva-Ferreira, R., Cano-Ortiz, A., & Pinto-Gomes, C. (2012). The Algarve climatophilous vegetation series – Portugal: a base document to the planning, management and nature conservation Les séries de végétation climatophiles de l’Algarve - Portugal: un document de base pour la planification, gestion et conservation. *Acta Botanica Gallica*, 159(3), 289–298. <https://doi.org/10.1080/12538078.2012.737150>
- R. Allison, Eadie, M., Leinster, S., Taylor, S., McAlister, T., Tanner, C., & G. Hardy. (2005). *Water Sensitive Urban Design Engineering Guidelines: Chapter 4 - Sedimentation Basins* (Issue August, pp. 275–280).
- Ramos, J. (2015). *Mau tempo em Quarteira*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=EYHDyvjvPkq0>
- Ren, N., Wang, Q., Wang, Q., Huang, H., & Wang, X. (2017). Upgrading to urban water system 3.0 through sponge city construction. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11(4), 9. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0960-4>
- Rivas-Martínez, S., Lousã, M., Díaz, T., Fernández-González, F., & Costa, J. (1990). The vegetation of southern Portugal, Sado, Alentejo and Algarve [La vegetación del sur de Portugal (Sado, Alentejo y Algarve)]. *Itinera Geobotanica*, 3, 5–126.
- Rivas-Martínez, S., Penas, Á., Díaz González, T. E., Cantó, P., del Río, S., Costa, J. C., Herrero, L., & Molero, J. (2017). Biogeographic Units of the Iberian Peninsula and Balearic Islands to District Level. A Concise Synopsis. In J. Loidi (Ed.), *The Vegetation of the Iberian Peninsula: Volume 1* (pp. 131–188). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54784-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54784-8_5)
- Roads and Maritime Services Centre for Urban Design and Environmental Land Management Section. (2017). *Water sensitive urban design guideline - Applying water sensitive urban design principles to NSW transport projects*.
- Rodrigues, J. E. G. (2017). *Water Sensitive Cities: A vision for Lisbon’s Alcântara watershed*. Universidade de Lisboa.

- Rogers, P. (1993). Integrated urban water resources management. *Natural Resources Forum*, 17(1), 33–42. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1993.tb00158.x>
- Roque Santos, A. M. (2016). *Rede de Cidades Resilientes em Portugal no Contexto das Alterações Climáticas*.
- Rubio, J., Safriel, U., Daussa, R., Blum, W., & Pedrazzini, F. (2009). *Water Scarcity, Land Degradation and Desertification in the Mediterranean Region*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2526-5>
- Samant, T. M. (2015). Green roofs pertaining to Storm Water Management in Urban Areas: Greening the City with Green Roofs. *IARJSET*, 2(10), 71–77. <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2015.21015>
- Santini, M., Caccamo, G., Laurenti, A., Noce, S., & Valentini, R. (2010). A multi-component GIS framework for desertification risk assessment by an integrated index. *Applied Geography*, 30(3), 394–415. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.11.003>
- Sharma, A. K., Gardner, T., & Begbie, D. (2019). *Approaches to Water Sensitive Urban Design*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03594-5>
- Smith, L. C. (2011). *The New North: The World in 2050*. Profile.
- SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. (2019). *Ficha do Sistema Aquífero: QUARTEIRA(M7)*. [https://snirh.apambiente.pt/snirh/\\_atlasagua/sistemasaquiferos/mostra\\_ficha.php?aquif=M7](https://snirh.apambiente.pt/snirh/_atlasagua/sistemasaquiferos/mostra_ficha.php?aquif=M7)
- South East Queensland Healthy Waterways. (2010). Construction and establishment guidelines: swales, bioretention systems and wetlands. In *Water by Design* (Issue April).
- Thomson, D., & Leinster, S. (2007). *Life Cycle Costs of Water Sensitive Urban Design (WSUD) Treatment Systems: Summary Report. A report for Brisbane City Council* (Issue January 2007). [http://www.wsud.org/wp-content/uploads/2010/10/4179\\_Summary-Report\\_d0011.pdf](http://www.wsud.org/wp-content/uploads/2010/10/4179_Summary-Report_d0011.pdf)
- Townsville City Council. (2011). *Water Sensitive Urban Design - Best Management Practices*.
- Pollution Prevention Act, (1990).
- US EPA. (2000). *Low-Impact Development (LID): A Literature Review* (United States Environmental Protection Agency (ed.); EPA-841-B-).
- van de Ven, F. H. M. (1990). Water balances of urban areas. *Unesco/IHP International Symposium on URBAN WATER '88*, 198, 21–32. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025559278&partnerID=40&md5=a42d58cd9fd2658e4b2373c0d653fa3c>
- van der Linden, M. (2006). *Section scheme infiltration strip*.
- Veerbeek, W., Gersonius, B., Ashley, R., Rijke, J., Radhakrishnan, M., & Salinas Rodriguez, C. (2016). *Appropriate flood adaptation Adapting in the right way, in the right place and at the right time Socio-technical flood resilience in water sensitive cities – Adaptation across spatial and temporal scales (Project B4.2)*.
- Victorian Stormwater Committee. (1999). *Urban Stormwater - Best Practice Environmental Management Guidelines*. CSIRO Publishing.
- Wagner, I., & Zalewski, M. (2009). Ecohydrology as a basis for the sustainable city strategic planning: focus on Lodz, Poland. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 8(3), 209–217. <https://doi.org/10.1007/s11157-009-9169-8>
- Wang, Y., Sun, M., & Song, B. (2017). Public perceptions of and willingness to pay for sponge city initiatives in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 11–20.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.002>

- White, I. (2010). *Water and the City: Risk, Resilience and Planning for a Sustainable Future. The Natural and Built Environment Series* (1st ed.). Routledge.
- Wong, T., Allen, R., Brown, R., Deletic, A., Gangadharan, L., Gernjak, W., Jakob, C., Johnstone, P., Reeder, M., Tapper, N., Veitz, G., & Walsh, C. (2013). Blueprint 2013: Stormwater Management in a Water Sensitive City. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015, 1*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Wong, T., Brown, R. (2009). *The water sensitive city: principles for practice*. 673–682. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>
- Wong, T. H. F., Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 673–682. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>
- Wong, T. H. F., Chesterfield, C. J., & Lloyd, S. D. (2002). *Water Sensitive Urban Design – A Stormwater Management Perspective* (Issue 02/10).
- Wong, T. H. F., & Engineers Australia. (2006). *Australian runoff quality: a guide to water sensitive urban design*. Engineers Media for Australian Runoff Quality Authorship Team.
- Wood, E. F., Roundy, J. K., Troy, T., van Beek, L. P. H., Bierkens, M. F. P., Blyth, E., de Roo, A., Döll, P., Ek, M., Famiglietti, J., Gochis, D., & van de Giesen, N. (2011). Hyperresolution Global Land Surface Modeling: Meeting a Grand Challenge for Monitoring Earth's Terrestrial Water. *Water Resources Research*, 47.
- WWAP/UN-Water. (2018). *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002615/261594e.pdf>
- Zalewski, M., Janauer, G. A., & Jolánkai, G. (1997). Ecohydrology: a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. In *International Hydrological Programme*.
- Zalewski, Maciej. (2005). Ecohydrology - The use of water and ecosystem processes for healthy urban environments. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 5.
- Zbyszewski, G., Freire de Andrade, R., Almeida, F. M. de, de Carvalho, D., Monteiro, J. H., Soares, A. F., Rocha, R. B., Ferreira, M. P., Antunes, M. T., & Ribeiro, A. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal* (p. 114). Serv.Geol. Portugal.

## Anexos

### I - EMAAC de Loulé, principais eventos climáticos e opções de adaptação

- I.1. Principais impactos associados a eventos climáticos observados no Município de Loulé.*
- I.2. Principais eventos climáticos e seus impactos, consequências e sectores afetados no Município de Loulé.*
- I.3. Principais eventos climáticos identificados na área de estudo.*
- I.4. Opções de adaptação da EMAAC de Loulé face objetivos da Dissertação.*

*I.1. - Principais impactos associados a eventos climáticos observados no Município de Loulé (adaptado de Câmara Municipal de Loulé, 2016)*

<b>Temperaturas elevadas e ondas de calor</b>
Aumento do risco de incêndio e ocorrência de incêndios
Danos para a saúde humana
Alterações nos estilos de vida
Danos para a vegetação e alterações na biodiversidade
Danos para as cadeias de operação e alterações nos usos de equipamentos
<b>Secas</b>
Interrupção ou redução do fornecimento de água e/ou redução da sua qualidade
Danos para a vegetação e alterações na biodiversidade
Danos para as cadeias de produção e alterações nos usos de equipamentos
Alterações nos estilos de vida
<b>Subida do nível médio do mar</b>
Erosão costeira
Danos em edifícios e infraestruturas
Alterações nos usos de equipamentos e serviços
Danos para a vegetação e biodiversidade
<b>Precipitação extrema (cheias/inundações)</b>
Alterações nos estilos de vida
Danos em edifícios e infraestruturas
Danos para as cadeias de produção e alterações nos usos de equipamentos
Danos para a saúde humana
Danos para a vegetação
<b>Aumento da temperatura dos oceanos</b>
Alterações na biodiversidade
Alterações nos usos de equipamentos e serviços
<b>Vento forte</b>
Danos em edifícios e infraestruturas
Danos para a vegetação
Alterações nos estilos de vida
<b>Temperaturas baixas e ondas de frio</b>
Danos para a saúde humana
Danos para as cadeias de produção
Danos para a vegetação
Alterações nos estilos de vida

**I.2. - Principais eventos climáticos e seus impactos, consequências e sectores afetados no Município de Loulé (adaptado de Câmara Municipal de Loulé, 2016)**

<b>Principais eventos climáticos</b>	<b>Impactos</b>	<b>Consequências</b>	<b>Setores</b>
Temperaturas Elevadas/Ondas de Calor	Incêndios; Risco de Incêndio; Danos na saúde; Alterações nos estilos de vida; Alterações na biodiversidade; Alteração no uso de equipamentos; Danos para as cadeias de produção; Danos para a vegetação.	Incêndios; Aumento do número de óbitos e de doenças respiratórias; Aumento da afluência aos serviços de urgência das unidades hospitalares e aumento do número de internamentos hospitalares; Alterações na distribuição espacial de alguns vetores de doenças (ex.: mosquitos, Dengue); Danos económicos; Danos no setor da floresta e da agricultura.	Agricultura, floresta e pescas; Biodiversidade; Energia e indústria; Ordenamento do Território e Cidades; Recursos Hídricos; Saúde Humana; Segurança de pessoas e bens; Turismo; Zonas costeiras.
Secas	Interrupção/redução do fornecimento de água e/ou redução da sua qualidade; Danos para as cadeias de produção; Alterações nos estilos de vida; Alterações na biodiversidade; Alterações no uso de equipamentos/serviços.	Redução das reservas de água e abaixamento dos níveis das albufeiras; Restrições nas captações de água subterrânea para abastecimento; O Aquífero Querença – Silves atingiu níveis hídricos históricos muito baixos; Diminuição da qualidade da água; Aumento dos incêndios; Restrições em alguns tipos de consumo de água; Restrições na realização de algumas tarefas/serviços municipais; Danos na agricultura; Danos na biodiversidade.	Agricultura, floresta e pescas; Biodiversidade; Energia e indústria; Ordenamento do Território e Cidades; Recursos Hídricos; Saúde Humana; Segurança de pessoas e bens; Turismo.
Subida do Nível Médio do Mar	Erosão costeira; Recuo da linha de costa; Danos em edifícios e infraestruturas (tanto a nível urbanístico como turístico); Alterações na biodiversidade; Alterações nos usos de equipamentos e serviços.	Recuo da linha de costa; Diminuição das praias; Danos significativos em edifícios e infraestruturas; Destruição de património/vestigios arqueológicos; Danos em sistemas naturais sensíveis com elevado valor e interesse ambiental e paisagístico.	Biodiversidade; Ordenamento do Território e Cidades; Segurança de pessoas e bens; Turismo; Zonas costeiras.
Precipitação Excessiva (cheias/inundações)	Danos em edifícios; Dano para infraestruturas; Danos para vegetação; Alterações nos estilos de vida e no uso de equipamentos; Danos para a saúde; Inundações, etc.	Corte de vias; Encerramento e danos em lojas; Prejuízos significativos inerentes dos danos em edifícios e infraestruturas; Alteração do quotidiano (cancelamento de eventos) e do uso de equipamentos; Perda de vegetação, sobretudo árvores; Acidentes rodoviários.	Ordenamento do Território e Cidades; Recursos Hídricos; Saúde Humana; Segurança de pessoas e bens; Turismo; Zonas costeiras.
Aumento da Temperatura dos Oceanos	Alterações na biodiversidade; Alterações no uso de equipamentos e serviços; Alterações nos padrões/produktividade dos recursos pesqueiros.	Presença e circulação de novas espécies de peixes e de crustáceos na costa algarvia e deslocamento de alguma flora marítima; Aumento do número e da frequência dos avistamentos de espécies de animais marinhos de grande	Agricultura, floresta e pescas; Biodiversidade; Turismo; Zonas costeiras.

		porte a nadar perto da costa, com destaque para os tubarões e aumento do número de tartarugas encontradas mortas.	
Vento Forte	Danos em edifícios; Danos em infraestruturas; Danos na vegetação; Alterações nos estilos de vida.	Estragos em moradias; Estragos em estruturas montadas ou suspensas; Alteração do quotidiano e do uso de equipamentos; Perda de vegetação, sobretudo árvores.	Biodiversidade; Ordenamento do Território e Cidades; Segurança de pessoas e bens.
Temperaturas Baixas/ Ondas de Frio	Danos para a saúde; Danos para as cadeias de produção; Danos para vegetação; Alterações nos estilos de vida.	Maior ocorrência de doenças relacionadas com o frio; Aumento da mortalidade; Aumento do número e frequência do auxílio aos sem abrigo, e outros grupos socialmente desfavorecidos.	Agricultura, floresta e pescas; Energia e indústria; Ordenamento do Território e Cidades; Saúde Humana; Turismo.

**I.3. - Principais eventos climáticos identificados na área de estudo (CML, 2018)**

<b>Fonte</b>	<b>Data do evento climático (dd/mm/aaaa)</b>	<b>Tipo de evento climático</b>	<b>Impacto</b>	<b>Detalhes das consequências</b>	<b>Localização</b>
Jornal Público	21/11/2005	Precipitação excessiva	Inundações	Casas, garagens e carros inundados devido à intensidade das chuvas	Quarteira
Jornal Público	21/11/2005	Precipitação excessiva	Inundações	Inundações em casas levaram a que sete pessoas tivessem de ser retiradas das suas casas	Quarteira
Tempo do Algarve	29/09/2008	Precipitação excessiva	Inundações	As inundações afetaram principalmente casas e estabelecimentos comerciais	Quarteira
Jornal do Algarve	18/05/2011	Precipitação excessiva)	Inundações	Inundações em estabelecimentos comerciais, garagens e caves	Quarteira
Jornal do Algarve	18/05/2011	Precipitação excessiva	Acidentes Rodoviários	Dezenas de acidentes rodoviários provocados pelas condições meteorológicas adversas	Quarteira
Jornal Público	08/11/2012	Precipitação excessiva	Danos em edifícios	13 pessoas desalojadas na zona de Quarteira	Quarteira
Diário Online	08/11/2012	Precipitação excessiva	Inundações	Diversas lojas e casas inundadas	Quarteira
Diário Online	08/11/2012	Precipitação excessiva	Danos em edifícios	Diversas lojas e casas inundadas	Quarteira
Diário Online	08/11/2012	Precipitação excessiva	Outros danos	Queda de muros construídos dentro de linhas de água, queda de árvores e danos nas caixas de esgotos	Quarteira
Serviço Municipal Proteção Civil	01/11/2015	Precipitação excessiva	Inundações	Sem informação	Quarteira
Serviço Municipal Proteção Civil	01/11/2015	Precipitação excessiva	Danos em edifícios	Sem informação	Quarteira
Serviço Municipal Proteção Civil	01/11/2015	Precipitação excessiva	Danos em edifícios	Sem informação	Quarteira
Serviço Municipal Proteção Civil	01/11/2015	Precipitação excessiva	Cheias	Sem informação	Quarteira
Serviço Municipal Proteção Civil	02/11/2015	Precipitação excessiva	Danos em edifícios	Sem informação	Quarteira
Serviço Municipal Proteção Civil	02/11/2015	Precipitação excessiva	Danos em edifícios	Sem informação	Quarteira

Comando Distrital de Operações de Socorro (CDOS) de Faro	08/05/2016	Precipitação excessiva	Inundações	Sem informação	Quarteira
Comando Distrital de Operações de Socorro (CDOS) de Faro	26/11/2016	Precipitação excessiva)	Inundações	Sem informação	Quarteira
Relatório Serviço Municipal Proteção Civil		Outros/Generalidades	Outros danos	Sem informação	Quarteira - Praia
Relatório Serviço Municipal Proteção Civil	26/02/2017	Outros/Generalidades	Inundações	Sem informação	Quarteira - Praia
Relatório Serviço Municipal Proteção Civil	02/03/2018	Marés Vivas	Galgamento costeiro	Sem informação	Quarteira

**I.4. - Opções de adaptação da EMAAC de Loulé face objetivos da Dissertação (adaptado de (CML, 2016)**

<b>Opções de Adaptação do Município de Loulé<sup>3</sup></b>	<b>Descrição</b>	<b>Grau de relação</b>	<b>Nível de impacto (direto/indireto)</b>
(#1/ID6) Adequar os sistemas de previsão, informação e alerta à escala local	Adequar os sistemas de previsão, informação e alerta existentes à escala local, associados à ocorrência de eventos climáticos extremos, de modo a garantir que essa informação chegue a todas as entidades e a todos os cidadãos, a fim de suprimir as consequências associadas à ocorrência.	Baixo	Indireto
(#2/ID11) Elaborar e implementar um plano de contingência municipal para períodos de seca	Desenvolvimento de um Plano de Contingência Municipal que minimize os impactos e consequências associados a situações a situações de seca.	Alto	Direto
(#4/ID10) Elaborar e implementar um programa municipal para o uso eficiente da água	O Programa Municipal para o Uso Eficiente da Água (PMUEA) deve definir as linhas orientadoras e as estratégias de intervenção para uma gestão mais eficiente e sustentável deste recurso e para prevenir situações de escassez de água, potenciadas em períodos de seca.	Alto	Direto
(#6/ID17) Elaborar e implementar um plano de contingência municipal para as ondas de calor	Elaboração de um Plano de Contingência Municipal para Ondas de Calor, suportado por uma estratégia que permita prevenir e reduzir os efeitos adversos das ondas de calor na saúde da população	Alto	Direto
(#8/ID18) Garantir a implementação e monitorização de medidas referentes à salvaguarda das zonas costeiras	Promoção a manutenção e salvaguarda do troço litoral concelhio, apoiando e colaborando a autarquia com as entidades competentes na promoção e implementação das medidas necessárias.	Médio	Indireto
(#9/ID19) Implementar medidas específicas para a gestão do risco de cheias	Definição e implementação de medidas, tanto estruturais como não estruturais, com vista à redução da probabilidade de ocorrência de cheias e inundações e diminuição do seu impacto nas zonas mais vulneráveis.	Alto	Direto
(#10/ID1) Elaborar e implementar um programa de educação ambiental no centro ambiental subordinado às AC	Definição e dinamização de um programa de educação ambiental subordinado às AC, com o objetivo de divulgar e dar a conhecer as suas implicações no território, no quotidiano da população e na sustentabilidade local, despertando o público escolar para a importância desta problemática, dando especial ênfase às questões da adaptação	Médio	Indireto
(#11/ID3) Criar o observatório do Ambiente	Criação de uma plataforma de informação e gestão ambiental municipal, dedicada à recolha, compilação, sistematização e disseminação de informação ambiental nos vários descritores e vertentes ambientais (água, energia, ar, mobilidade, zonas costeiras, resíduos, etc.), disponibilizando-o à sociedade civil.	Médio	Indireto

<sup>3</sup> Identificação utilizada na EMAAC de Loulé

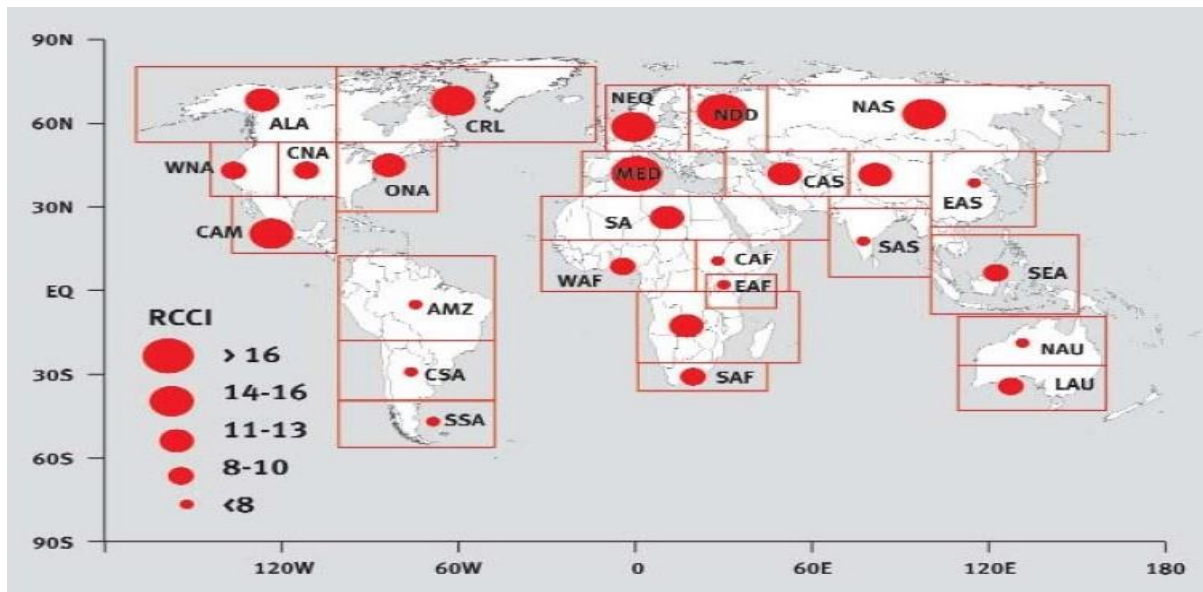
<p>(#12/ID2) Elaborar e implementar um programa de educação, sensibilização e informação pública sobre AC, extensível aos vários setores</p>	<p>Definir e implementar um Programa de Educação, Sensibilização e Informação Pública sobre AC, extensível a todos os setores, que promova a educação, sensibilização e a informação sobre a temática e potencie a integração das questões de adaptação junto de todos os grupos da sociedade local (famílias, organizações locais, líderes de opinião, educadores e agentes económicos, etc.), bem como da população visitante e turistas.</p>	<p>Médio</p>	<p>Direto</p>
<p>(#13/ID7) Reforçar os espaços verdes e promover soluções/iniciativas de sustentabilidade ambiental relacionadas</p>	<p>Desenvolvimento de iniciativas/projetos que contribuam para a adaptação de espécies, redução de custos de manutenção dos espaços verdes sob a competência do município, e reforçar estes, tanto num sentido ambiental quanto estético.</p>	<p>Alto</p>	<p>Direto</p>
<p>(#15/ID25) Definir e implementar um programa relacionado com os impactos das AC na saúde humana</p>	<p>Promover parcerias em articulação com as entidades competentes na matéria, no sentido da promoção da saúde humana e prevenção de doenças, dos estilos de vida sustentáveis, qualidade de vida urbana e oferta de serviços.</p>	<p>Médio</p>	<p>Indireto</p>
<p>(#16/ID15) Incorporar critérios de adaptação às AC nos regulamentos, planos e projetos municipais</p>	<p>A medida pretende estabelecer uma série de critérios relativos à construção sustentável, de energias renováveis, de uso eficiente da água, de ordenamento de espaços exteriores, reforço de espaços verdes, etc.</p>	<p>Alto</p>	<p>Direto</p>
<p>(#17/ID27) Reabilitar as ribeiras e galerias ripícolas associadas</p>	<p>Valorização do património ecológico e paisagístico do Município, apelando à proteção da natureza face às dinâmicas económicas e sociais.</p>	<p>Alto</p>	<p>Indireto</p>
<p>(#18/ID8) Ampliar o projeto das hortas urbanas às restantes localidades urbanas do município</p>	<p>Projeto municipal que visa proporcionar aos cidadãos, em especial aos mais carenciados, a possibilidade de cultivarem e de usufruírem de produtos agrícolas frescos, produzidos por si e pelo seu agregado familiar, proporcionando a melhoria da qualidade de vida no município; uma maior difusão de práticas ambientais sustentáveis; o conhecimento da população urbana acerca de agricultura sustentável e a possibilidade de contactar com a terra; a promoção da educação ambiental; o incentivo à alimentação e estilos de vida saudáveis, etc.</p>	<p>Baixo</p>	<p>Indireto</p>
<p>(#19/ID12) Apoiar, promover e colaborar com projetos de investigação relacionados com as Alterações Climáticas</p>	<p>Estabelecimento de parcerias institucionais que devem acrescentar/aumentar o conhecimento sobre os impactos e vulnerabilidades decorrentes das alterações climáticas no município e que que contribuam para aprofundar o conhecimento, a inovação técnica e a intervenção junto da comunidade local.</p>	<p>Alto</p>	<p>Direto</p>
<p>(#23/ID22) Elaborar um Plano Municipal para o Turismo Sustentável</p>	<p>Pretende-se, através de Plano Municipal de Turismo Sustentável, criar um elemento orientador no sentido de estipular objetivos e diretrizes para o desenvolvimento harmonioso do setor do turismo, que busque o equilíbrio entre equilíbrio com o ambiente,</p>	<p>Médio</p>	<p>Indireto</p>

	recursos naturais, património, etnografia, história, gastronomia e cultura.		
(#24/ID9) Definir e implementar o projeto Selo Verde/Selo Sustentável	O Selo Verde é uma iniciativa através da qual se pretende melhorar a capacidade adaptativa do setor privado (empresas dos diferentes setores e unidades hoteleiras, entre outras), através de um certificado a atribuir a empresas locais como forma de reconhecimento pelas boas práticas que comprovadamente respeitam o ambiente e se procuram adaptar às AC.	Médio	Indireto
(#25/ID26) Incluir nos procedimentos de contratação pública critérios que tenham em conta a problemática das AC	Inclusão de critérios nos cadernos de encargos que tenham em conta a problemática das AC, nomeadamente em projetos e intervenções viabilizados pelas autarquias e/ou nas aquisições e contratos efetuados, influenciando positivamente as políticas do mercado através de critérios que tenham em conta questões ambientais.	Médio	Indireto
(#26/ID5) Alargar o sistema de Gestão Integrado (SGI) (Principalmente do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), ao maior número possível de serviços e setores da autarquia	O alargamento do SGI a outros serviços e setores da autarquia, com enfoque no SGA, tem como benefício a monitorização de alguns descritores ambientais como os consumos de energia, de combustíveis fósseis, de água e de recursos, a produção de resíduos e as emissões de efluentes e a definição de procedimentos e práticas para minimizar os impactos ambientais da organização	Baixo	Indireto
(#28/ID20) Criar, promover e implementar em meio urbano estratégias inovadoras de sustentabilidade	Adequar as questões relacionadas com a energia (apostar em energias renováveis e num maior conforto térmico); a água (bairros com racionalização, reaproveitamento, armazenamento e tratamento de água); a mobilidade (utilização de transportes não poluentes); a reabilitação (reabilitar áreas degradadas); o solo (permeabilização dos solos); a biodiversidade (proteção e reforço dos espaços verdes); e a utilização de materiais (utilização de materiais reciclados e/ou mais eficientes e com maior durabilidade).	Alto	Direto

## II - Alterações Climáticas e Compartimentos naturais de Água

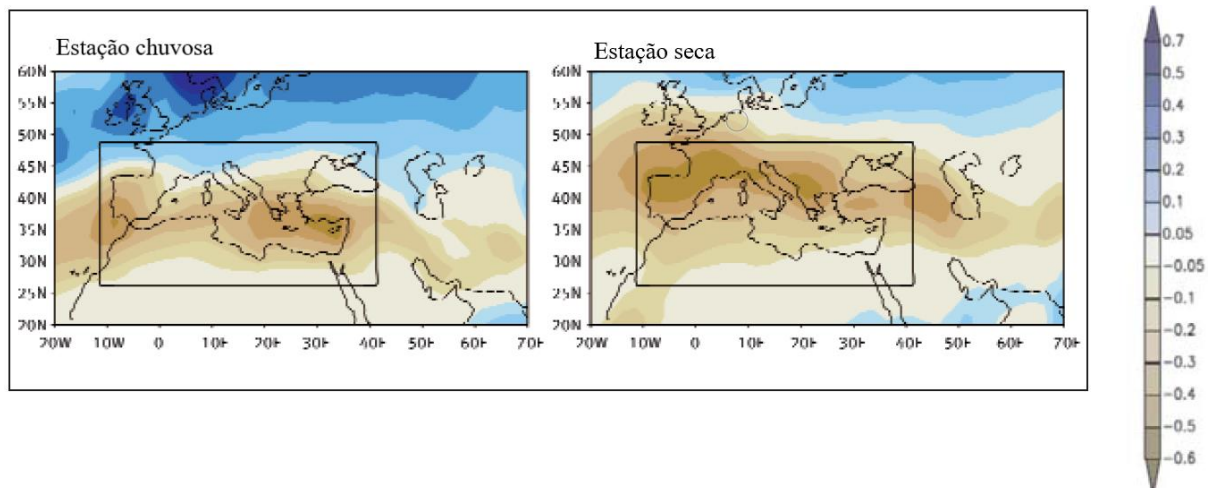
- II.1 Severidade dos impactos das Alterações Climáticas nas diferentes regiões do globo, segundo o Índice de Alterações Climáticas Regional (RCCI).
- II.2 Tendências de precipitação na região do Mediterrâneo (mm/d), 1950-2000 e 2070–2099.
- II.3 Impactos observados e projetados das Alterações Climáticas para a região do Mediterrâneo.
- II.4 Variação expectável dos parâmetros meteorológicos e hidrológicos para a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve.
- II.5 Volumes de água nos diferentes compartimentos de armazenamento naturais de água.
- II.6 Cenários de Inundação Costeira devido à Subida do Nível Médio do Mar

II.1. - Severidade dos impactos das Alterações Climáticas nas diferentes regiões do globo, segundo o Índice de Alterações Climáticas Regional (RCCI). (adaptado de Giorgi, 2007)



N.B: O cálculo do RCCI foi aferido para 26 regiões globais e é calculado para 20 modelos globais e 3 cenários de emissões de GEE. O RCCI baseia-se nos valores de precipitação e temperatura média, variabilidade inter-anual da temperatura, e a relação entre as tendências de temperatura regional e global para as estações seca e chuvosa.

















II.2. - Tendências de precipitação na região do Mediterrâneo (mm/d), 1950-2000 e 2070–2099 (adaptado de Mariotti et al., 2008)



N.B. - Os resultados correspondem às médias obtidas nas simulações Coupled Model Intercomparison Project 3 (CMIP 3).

**II.3. - Impactos observados e projetados das Alterações Climáticas para a região do Mediterrâneo** (adaptado de European Environment Agency, 2017)

A tabela mostra a direção predominante das alterações observadas e projetadas para cada indicador. Os símbolos utilizados possibilitam visualizar a direção das alterações observadas e projetadas para a região. A existência de células vazias traduz a inexistência de informação para o indicador.

<b>Impactos observados e projetados das Alterações Climáticas para a região do Mediterrâneo</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Variável</b>	<b>Observado</b>	<b>Projetado</b>
<b>Alterações no Sistema Climático</b>			
<b>Atmosfera</b>			
Temperatura regional	Temperatura		
Ondas de calor	Frequência de ondas de calor		
Precipitação média	Precipitação anual		
Precipitação extrema	Intensidade		
Rajadas de vento	Velocidade máxima da rajada de vento		
Queda de granizo	Índice de precipitação potencial de granizo		
<b>Impactos das alterações climáticas nos ecossistemas</b>			
<b>Oceanos e ecossistemas marinhos</b>			
Temperatura da superfície do mar	Temperatura		
<b>Zonas Costeiras</b>			
Nível médio do mar	Nível absoluto do mar		
	Nível relativo do mar		
	Frequência de inundações marítimas		
<b>Sistemas de água doce</b>			
Caudal dos rios	Caudal médio (para rios pouco modificados)		
Inundações fluviais	Frequência e magnitude		
Secas meteorológicas e hidrológicas	Frequência e severidade de secas meteorológicas		

Temperatura da água	Temperatura de rios e lagos		
<b>Ecosistemas terrestres</b>			
Humidade do solo	Humidade do solo na estação de Verão		
<b>Impactos das alterações climáticas na sociedade</b>			
<b>Impactos de eventos climáticos extremos</b>			
Perdas económicas relativas a eventos extremos	Custos		
<b>Saúde Humana</b>			
Inundações e saúde-humana	Mortalidade e morbilidade		
Temperaturas extremas e saúde-humana	Mortalidade por calor extremo		
<b>Agricultura</b>			
Consumo agrícola de água	Déficit de água		
<b>Vulnerabilidade multisectorial e riscos</b>			
Impactos económicos projetados	Bem-estar		

Legenda(adaptado de European Environment Agency, 2017)

	Aumento em toda a região	Tendência dominante em pelo menos dois terços, alteração oposta menor que 10%	Alteração benéfica
	Diminuição em toda a região		
	Aumento em áreas significativas da região	Tendência entre um terço e dois terços, tendência oposta menos que 10%	Alteração adversa
	Diminuição em áreas significativas da região		
	Aumento e diminuição na região	Tendência em ambas as direções em pelo menos 10%	Alteração não adversa nem prejudicial
	Pequenas alterações		

**II.4. - Variação expectável dos parâmetros meteorológicos e hidrológicos para a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (adaptado de APA, 2016)**

<b>Parâmetros meteorológicos e hidrológicos</b>	<b>Variação expectável (média dos resultados dos vários modelos) para os períodos 1991-2020, 2021-2050 e 2071-2100</b>
Temperatura anual média	+ 4°C
Precipitação anual média	- 20%
Evaporação e humidade relativa do ar	- 7 a 15%
Disponibilidade de água	- 30%
Inundações	s/ dados
Secas	s/ dados
Qualidade da água e biodiversidade em sistemas aquáticos	s/ dados
Aumento do nível médio da água do mar	Aumento médio entre 0,17m e 0,82m

N.B. - Estas tendências não se verificam da mesma forma em todas as estações do ano.

**II.5. - Volumes de água nos diferentes compartimentos de armazenamento naturais de água (adaptado de (Gleick, 1993).**

<b>Origens de água</b>	<b>Volume de água (km<sup>3</sup>)</b>	<b>% Água doce</b>	<b>% Água total</b>
Oceanos, mares, baías	1.338,000,000	-	<b>96,54</b>
Calotes polares, glaciares e neve permanente	24.064,000	68,7	<b>1,74</b>
Água subterrânea	23.400,000	-	<b>1,69</b>
Doce	10.530,000	30,1	0,76
Salgada	12.870,000	-	0,93
Água no solo	16,500	0,05	<b>0,001</b>
Gelo e permafrost	300,000	0,86	<b>0,022</b>
Lagos	176,400	-	<b>0,013</b>
Doce	91,000	0,26	0,007
Salgada	85,400	-	0,006
Atmosfera	12,900	0,04	<b>0,001</b>
Água salobra	11,470	0,03	<b>0,0008</b>
Rios	2.120	0,006	<b>0,0002</b>

Água em seres vivos	1,120	0,003	<b>0,0001</b>
---------------------	-------	-------	---------------

*N.B.- As percentagens estão arredondadas, logo o valor total não é exatamente 100%.*

**II.6. - Cenários de Inundação Costeira devido à subida do Nível Médio do Mar (adaptado de Antunes et al., 2017, 2019).**

<b>Cenários de Inundação Costeira devido à subida do Nível Médio do Mar (adaptado de Antunes, Rocha, &amp; Catita, 2017, 2019)</b>		
<b>Inundação Extrema<sup>1</sup></b>	<b>Vulnerabilidade Física<sup>2</sup></b>	<b>Submersão Frequente<sup>3</sup></b>
<b>Cenário para 2050<sup>4</sup></b>	<b>Cenário para 2050<sup>5</sup></b>	<b>Cenário para 2050<sup>6</sup></b>
Projeção Mod.FC_2		Projeção Mod.FC_2b
O avanço do mar irá ser evidente na linha de costa, removendo alguns metros ao cordão dunar, com impactos transversais a toda a faixa costeira da Bacia Hidrográfica (área REN). Os maiores impactos a nível de áreas sensíveis de proteção, registam-se na área adjacente ao porto de pesca de Quarteira (área de verde urbano de proteção) e a Lagoa do Almargem em área REN.	O índice de vulnerabilidade física para toda a faixa costeira da Bacia Hidrográfica varia entre o baixo e alto. A linha de costa apresenta vulnerabilidade moderada a fenómenos de galgamento oceânico, com tendência a aumentar na área adjacente ao porto de pesca de Quarteira. É na Lagoa do Almargem que se regista o maior índice de vulnerabilidade, na área a montante do sistema lagunar.	O nível de submersão registado afeta principalmente o cordão dunar, com a submersão total dos primeiros metros da linha de costa a ocorrer entre 219 h e 876 h, em toda a faixa costeira da Bacia Hidrográfica, com maiores impactos sobre o porto de pesca de Quarteira e Lagoa do Almargem.
<b>Cenário para 2100<sup>7</sup></b>	<b>Cenário para 2100<sup>8</sup></b>	<b>Cenário para 2100</b>
Projeção Mod.FC_2		Projeção Mod.FC_2b <sup>9</sup>
Fenómenos de inundação extrema entre toda a linha de costa e primeira faixa de edifícios, cuja inundação extrema acarreta a destruição parcial ou total, ou perda de usufruto, com cenários mais gravosos para a zona do porto de pesca de Quarteira e áreas circundante, praia do Forte Novo, e sistemas naturais sensíveis com elevado valor e interesse ambiental e	Predominância dos índices de vulnerabilidade moderados em toda a faixa costeira, com maior incidência na zona do porto de pesca de Quarteira e Lagoa do Almargem, que regista uma vulnerabilidade alta a montante do sistema lagunar. Diminuição da vulnerabilidade na primeira linha de edifícios, embora a vulnerabilidade das edificações correntes face a estas ações deve ser considerada muito elevada e consequentemente, caso sofram	Submersão total dos primeiros 20 m da linha de costa, cum um avanço evidente da linha máxima preia-mar, com tendência a acelerar os processos de erosão costeira. Nível de submersão frequente de 10% - 576h, com maiores impactos zona do porto de pesca de Quarteira e Lagoa do Almargem.
		Projeção Mod.FC_3 <sup>10</sup>
		Intensificação dos impactos causados pela submersão frequente dos primeiros 20 m da

paisagístico (Lagoa do Almargem).	destruição parcial o seu grau de perda é geralmente total.	acima da linha atual do mar, aumentando assim a possibilidade de galgamento oceânico e consequente rotura da estrutura de duna. Submersão frequente entre os 0.1% e 10%, correspondentes a 9h e 876h, de áreas a montante do porto de pesca de Quarteira e totalidade da Lagoa do Almargem.
-----------------------------------	--	---

*Legenda*

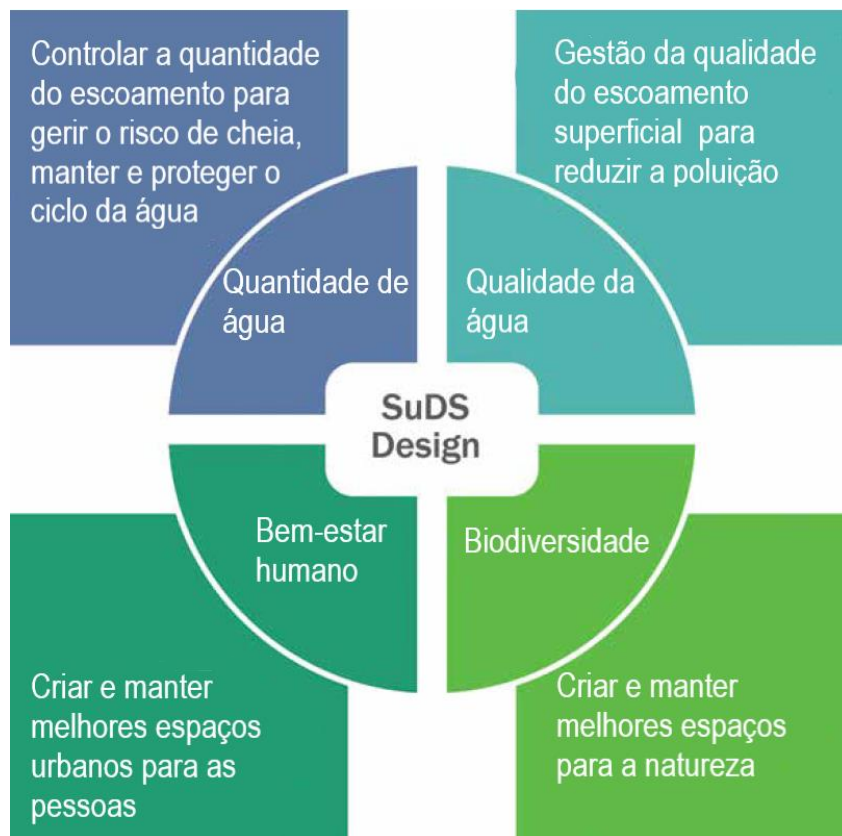
<p><sup>1</sup>Caracterizado por um Índice de Perigosidade de Inundação que varia de 1 a 5, correspondentes a 5 níveis de confiança: 1 - Muito Baixa; 2 - Baixa; 3 - Média; 4 - Alta; e 5 - Elevada. Os níveis de confiança estão separados por intervalos de 20% de probabilidade de inundação (probabilidade condicional, condicionada à estimativa central da projeção de subida do NMM).</p>
<p><sup>2</sup>O Índice de Vulnerabilidade Costeira, correspondente à suscetibilidade física de inundação, é um índice composto e tem valores de 1 a 5, estimado a partir de um critério de pesos, determinados pelo método de Análise Hierárquica de Parâmetros (AHP), com o Cenário de Inundação e mais seis parâmetros físicos: Rede Hidrográfica, Tipo de Linha de Costa, Distância à Linha de Costa, Geologia, Deriva Geológica e Uso do Solo.</p>
<p><sup>3</sup>Representa as zonas que ficarão frequentemente submersas em cenários futuros devido única e exclusivamente à subida do NMM. Corresponde à cartografia das zonas de inundação temporária, em fase de Preia-mar, de forma permanente após a subida do NMM</p>
<p><sup>4</sup>Cenário Extremo de Inundação Costeira para o período de 2050 (futuro de médio prazo), com subida do NMM segundo a projeção Mod.FC_2 (de 44 cm relativamente ao datum vertical Cascais1938) e com maré em Preia-Mar máxima sobrelevada (com sobrelevação meteorológica) de período de retorno de 100 anos<sup>11</sup>.</p>
<p><sup>5</sup>Cartografia de Vulnerabilidade Costeira para o Cenário de Inundação de 2050 (futuro de médio prazo), com subida do NMM segundo a projeção Mod.FC_2 (de 44 cm relativamente ao datum vertical Cascais1938) e com maré em Preia-Mar máxima sobrelevada (com sobrelevação meteorológica) de período de retorno de 100 anos<sup>11</sup>.</p>
<p><sup>6</sup> Cartografia de níveis de submersão frequente da maré em 2050, para o cenário de subida do NMM de perigosidade intermédia da FCUL, Mod.FC_2 de 0.44 m, relativamente ao Datum Vertical de Cascais1938.</p>
<p><sup>7</sup>Cenário Extremo de Inundação Costeira para o período de 2100 (futuro de longo prazo), com subida do NMM segundo a projeção Mod.FC_2 (de 1.15 m relativamente ao datum vertical Cascais1938) e com maré em Preia-Mar máxima sobrelevada (com sobrelevação meteorológica) de período de retorno de 100 anos<sup>11</sup>.</p>
<p><sup>8</sup>Cartografia de Vulnerabilidade Costeira para o Cenário de Inundação de 2100 (futuro de longo prazo), com subida do NMM segundo a projeção Mod.FC_2 (de 1.15 m relativamente ao datum vertical Cascais1938) e com maré em Preia-Mar máxima sobrelevada (com sobrelevação meteorológica) de período de retorno de 100 anos<sup>11</sup>.</p>
<p><sup>9</sup>Cartografia de níveis de submersão frequente da maré em 2100, para o cenário de subida do NMM de perigosidade Intermédia da FCUL, Mod.FC_2b de 1.15 m, relativamente ao Datum Vertical de Cascais1938.</p>
<p>Cartografia de níveis de submersão frequente da maré em 2100, para o cenário de subida do NMM de perigosidade Intermédio-Alto da FCUL, Mod.FC_3 de 1.60 m, relativamente ao Datum Vertical de Cascais1938.</p>
<p><sup>11</sup> De acordo com os requisitos da Directiva 2007/60/CE.</p>

### III - Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS)

**III.1** Os quatro pilares do conceito SuDS.

**III.2** Etapas na Cadeia de Gestão dos SuDS.

**III.1.** - Os quatro pilares do conceito SuDS, (adaptado de Kellagher et al., 2015)



**III.2.** - Etapas na Cadeia de Gestão dos SuDS.

<b>Etapa da Cadeia de Gestão</b>	<b>Função</b>	<b>Técnicas</b>
Prevenção	Utilizar boas práticas que previnam a entrada de contaminantes no sistema	Limpeza de ruas, separação de escoamento com origem em telhados daquele potencialmente contaminado
Controlo na Origem	Garante que sedimentos e poluentes não entram na cadeia de gestão, controlando o caudal e a qualidade da água para jusante	Telhados verdes, Paredes vivas, Jardins Chuva, Superfícies Permeáveis, Faixas Filtrantes, Áreas de Biorretenção
Controlo Local	Técnicas SuDS localizadas na periferia de infraestruturas que promovem tratamento secundário e terciário, assim como armazenamento temporário	Bacias de retenção
Controlo Regional	Gestão de grandes volumes de escoamento relativamente limpo em bacias temporárias. Último tratamento antes de descarga no meio recetor	Bacias de retenção e zonas húmidas associadas
Transporte	Estruturas à superfície que conectam os diferentes componentes na cadeia de gestão.	Swales e canais

## IV – Processos de tratamento utilizados numa linha de tratamento WSUD em diferentes contextos de aplicação

**IV.1** Tratamentos e categorias típicas de uma linha de tratamento.

**IV.2** Dimensões de partículas, classes de poluentes e processos de tratamento utilizados numa linha de tratamento WSUD.

**IV.1.** - Tratamentos e categorias típicas de uma linha de tratamento (adaptado de (Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009; Melbourne Water, 2017)

		<b>Processo</b>	<b>Poluentes</b>	<b>Elemento estrutural</b>
<b>Tratamento</b>	Primário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-filtração</li> <li>• Sedimentação rápida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos grosseiros</li> <li>• Sedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacias de infiltração</li> <li>• Dispositivo de recolha de resíduos de sólidos</li> <li>• Bacia de sedimentação</li> </ul>
	Secundário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedimentação de partículas finas</li> <li>• Filtração</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedimentos finos</li> <li>• Poluentes adsorvidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacias de infiltração</li> <li>• Trincheiras de infiltração</li> <li>• Pavimentos porosos</li> <li>• Sistema de biorretenção</li> </ul>
	Terciário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedimentação avançada</li> <li>• Absorção biológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutrientes</li> <li>• Metais pesados</li> <li>• Bactérias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de biorretenção e zonas húmidas artificiais</li> </ul>
<b>Categoria</b>	Controlo na origem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do volume de escoamento superficial</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolha de águas pluviais</li> <li>• Pavimentos permeáveis</li> <li>• Sistemas de infiltração</li> </ul>

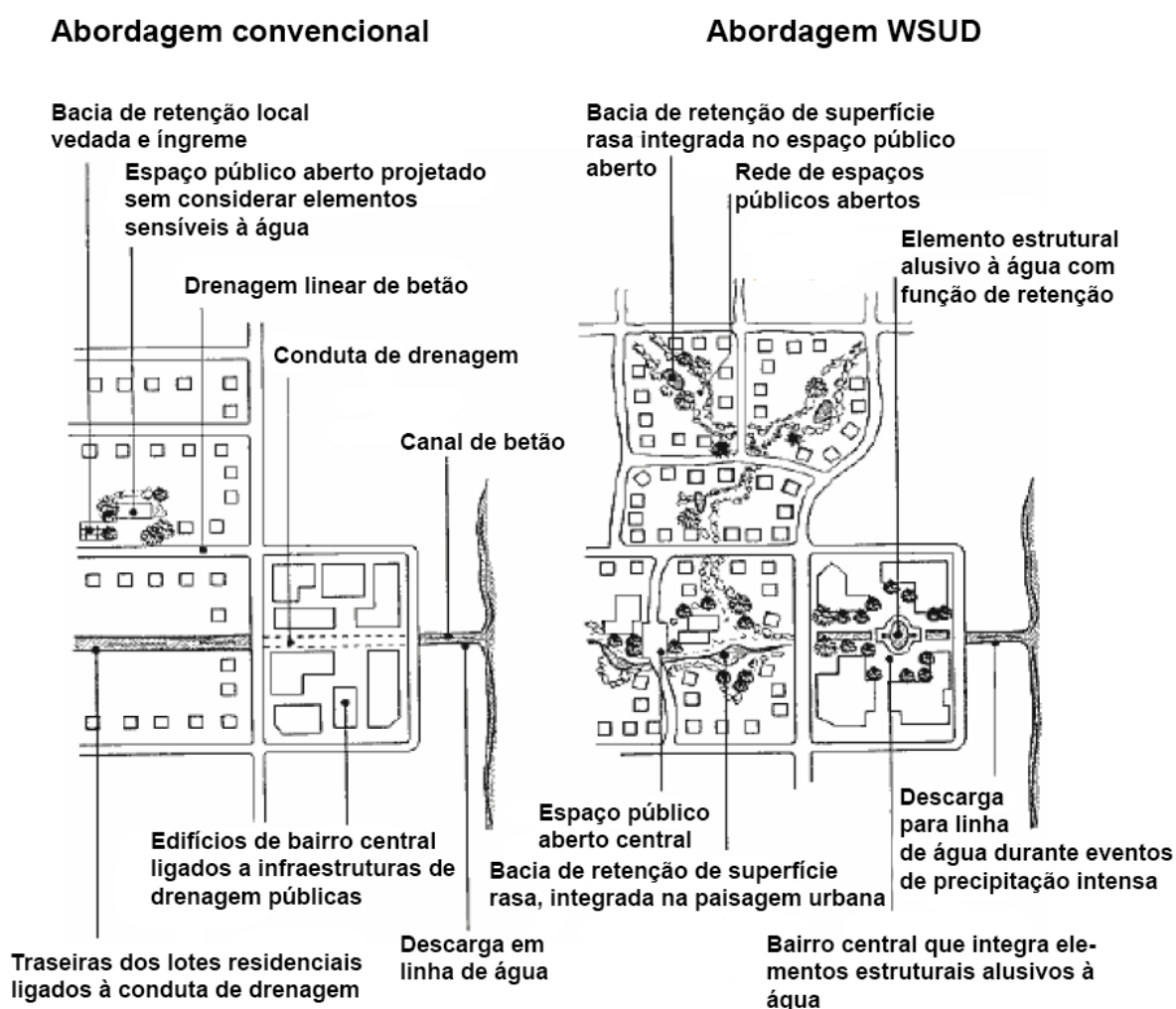
*IV.2. - Dimensões de partículas, classes de poluentes e processos de tratamento utilizados numa linha de tratamento WSUD (adaptado de Hoban & South East Queensland Healthy Waterways Partnership, 2009)*

Dimensão das partículas	Contexto de aplicação					Processo de tratamento
	Visual	Sedimentos	Matéria orgânica	Nutrientes	Metais	
Sólidos brutos > 5000µm	Lixo	Gravilha	Resíduos de plantas			Gradagem
Sólidos grosseiros 5000µm - 125 µm	Turbidez	Lodo			Material particulado	Sedimentação
Partículas finas 125 µm - 10 µm				Material particulado		Sedimentação melhorada
Partículas coloidais 10 µm – 0,45 µm			Materiais naturais e antropogénicos	Material solúvel	Coloidal	Adesão e filtração
Partículas dissolvidas < 0,45 µm						Fitorremediação

## V – Melhores Práticas de Planeamento (*MPPs*)

- V.1 *Espaços público abertos incorporados no desenvolvimento urbano através da abordagem WSUD.*
- V.2 *Integração de área residencial em áreas adjacentes a linhas de água segundo a abordagem WSUD.*
- V.3 *Estradas e ruas: abordagem convencional vs. abordagem WSUD*
- V.4 *Abordagem convencional em confrontação com abordagem WSUD para a configuração de bermas de estrada.*
- V.5 *Abordagem convencional vs. abordagem WSUD para a disposição de ruas.*
- V.6 *Comparação de interface lote/arruamento na perspectiva convencional e WSUD*
- V.7 *Esquema de um arruamento sob perspectiva convencional e WSUD*

V.1. - *Espaços público abertos incorporados no desenvolvimento urbano através da abordagem WSUD (adaptado de Victorian Stormwater Committee, 1999)*

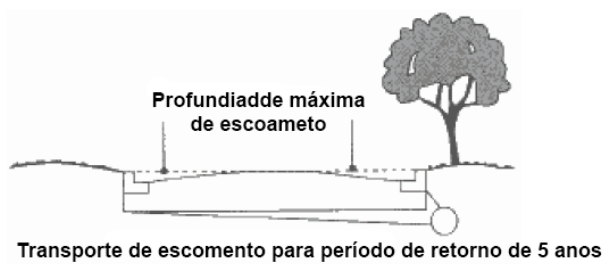


**V.2. - Integração de área residencial em áreas adjacentes a linhas de água segundo a abordagem WSUD (adaptado de (Victorian Stormwater Committee, 1999)**



**V.3. - Estradas e ruas: abordagem convencional vs. abordagem WSUD (adaptado de Victorian Stormwater Committee, 1999)**

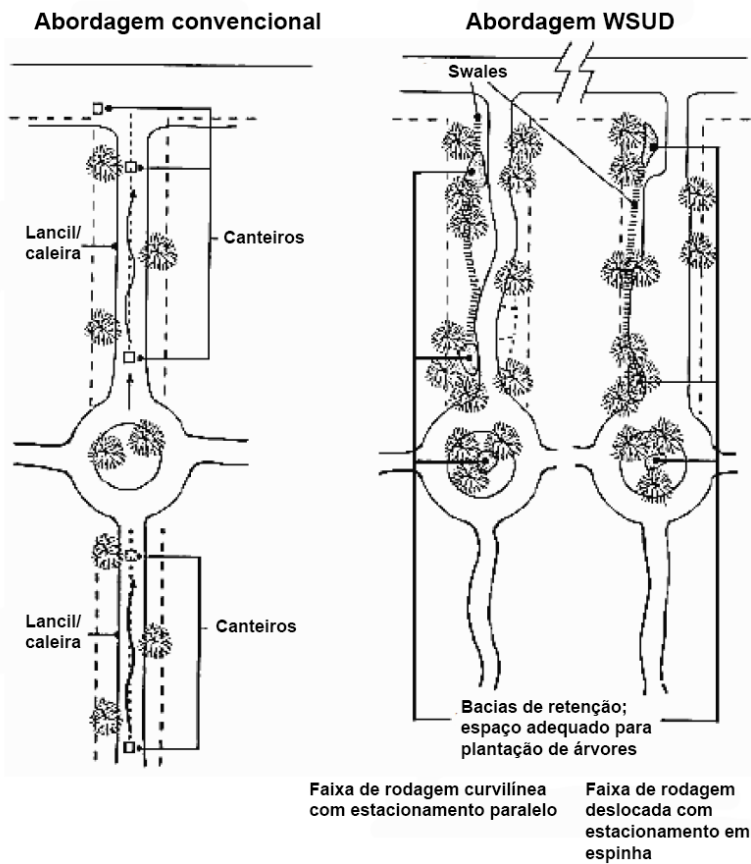
**Abordagem convencional**



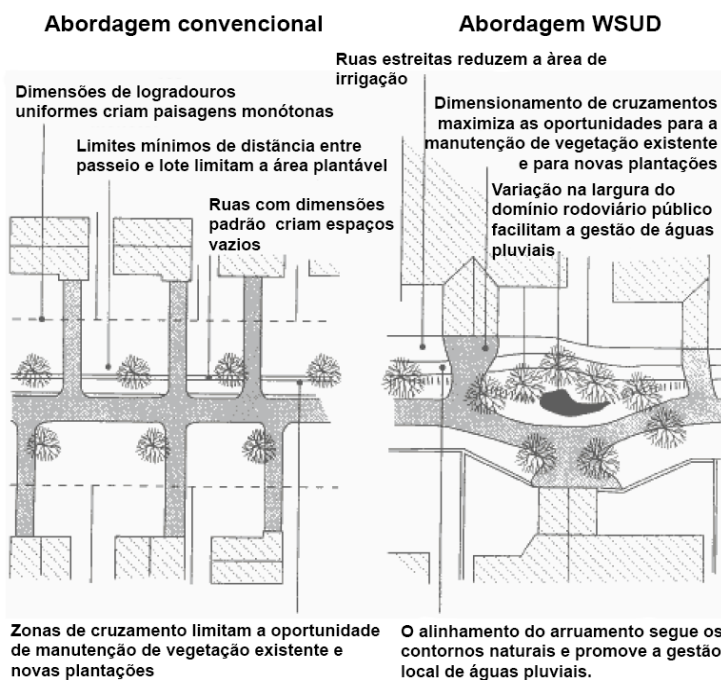
**Abordagem WSUD**



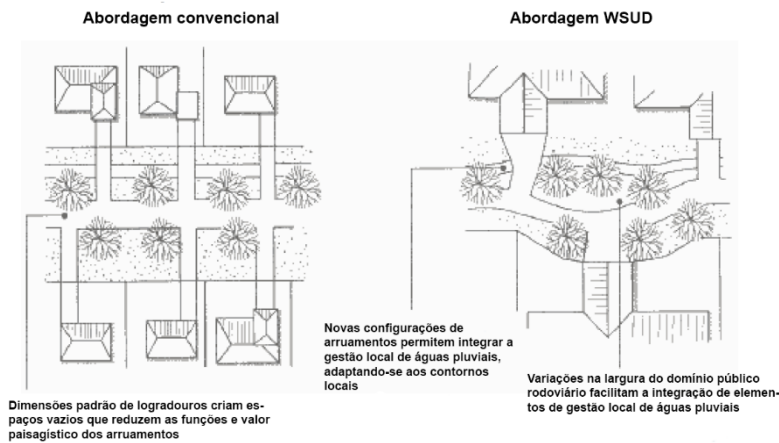
V.4. - Abordagem convencional em confrontação com abordagem WSUD para a configuração de bermas de estrada (adaptado de Victorian Stormwater Committee, 1999)



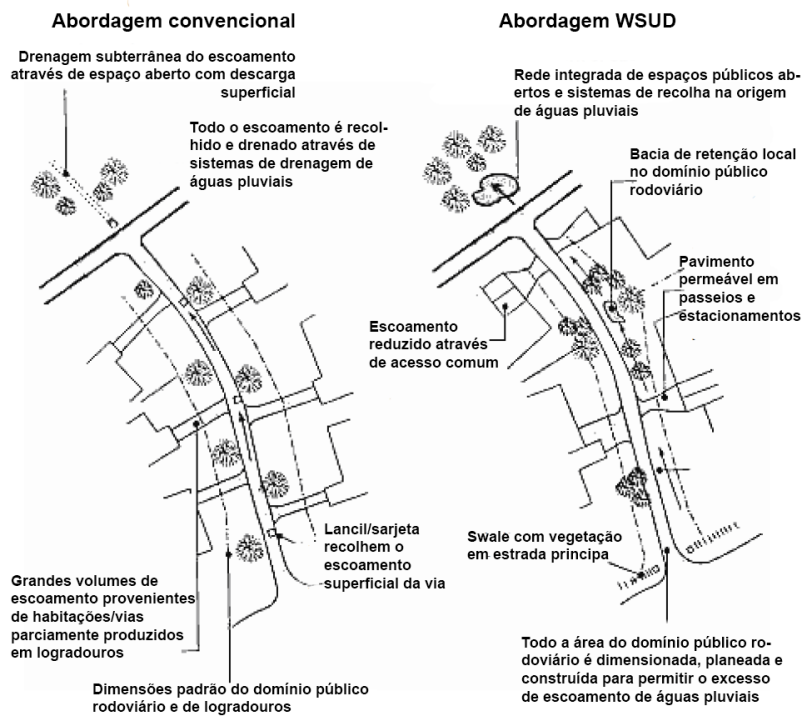
V.5. - Abordagem convencional vs. abordagem WSUD para a disposição de ruas (adaptado de Victorian Stormwater Committee, 1999)



**V.6. - Comparação de interface lote/arruamento na perspectiva convencional e WSUD (adaptado de Victorian Stormwater Committee, 1999)**



**V.7. - Esquema de um arruamento sob perspectiva convencional e WSUD (adaptado de Victorian Stormwater Committee, 1999)**



## VI – Melhores Práticas de Gestão (MPGs)

**VI.1** *MPGs e a sua aplicação consoante os objetivos de estratégias no domínio WSUD.*

**VI.2** *MPGs: Objetivos, benefícios, adequabilidade e restrições.*

**VI.3** *MPGs Não-Estruturais.*

**VI.4** *Aplicabilidade de MPGs Estruturais para diferentes tipos de áreas urbanas.*

**VI.1.** - *Melhores práticas de gestão (MPGs) e a sua aplicação consoante os objetivos de estratégias no domínio WSUD (adaptado de Hoban & South East Queensland Healthy Waterways Partnership, 2009)*

Melhores práticas de Gestão (MPGs)	Objetivos		
	Conservação de água	Redução de águas residuais	Gestão de águas pluviais
Gestão da procura	X	X	
Recolha de águas pluviais	X		X
Reutilização de águas residuais	X	X	
Dispositivo de recolha de resíduos sólido			X
Bacias de sedimentação			X
Bacias de infiltração	X		X
Filtros de areia			X
Sistemas de biorretenção	X		X
Zonas húmidas artificiais			X
Pavimentos permeáveis			X
Infiltração e recarga de aquíferos	X		X

VI.2. - *MPGs: Objetivos, benefícios, adequabilidade e restrições (adaptado de Department of Planning and Local Government, 2009)*

MPG	Objetivo da MPG		Benefícios potenciais	Adequabilidade local	Restrições de aplicação
	Qualidade	Quantidade			
<b>Gestão da procura</b>	Baixo	Alto	Redução nos consumos de água	Áreas residenciais, comerciais e industriais	Onde a qualidade de água não se adequa aos usos
<b>Recolha e reutilização de águas urbanas</b>	Médio	Alto	Redução nos consumos de água	Áreas residenciais, comerciais e industriais	Áreas onde a procura é baixa ou onde existem impactos negativos a jusante
<b>Tanques de armazenamento de águas pluviais</b>	Baixo	Alto	Armazenamento para reutilização. Remoção de sedimentos. Diminuição de risco de inundação	Próximo de telhados. Transporte gravítico. Inserido na paisagem urbana	Escoamento que necessite de tratamento. Onde haja pouca utilização
<b>Jardins Chuva</b>	Médio	Alto	Retenção de volume. Melhoria da qualidade do escoamento	Loteamentos	Solo argiloso reativo. Próximo de infraestruturas
<b>Telhados Verdes</b>	Médio	Médio	Retenção de água. Biodiversidade	Telhados planos, declives até 30°.	Telhados com pouca aptidão estrutural
<b>Sistemas de infiltração</b>	Alto	Médio	Retenção de volume. Melhoria da qualidade da água	Recintos	Solos pouco permeáveis. Nível freático alto
<b>Pavimentos permeáveis</b>	Alto	Médio	Retenção e detenção do escoamento	Loteamentos, estradas e parques de estacionamento	Elevado tráfego rodoviário e áreas com alta carga de sedimentos
<b>Dispositivos de recolha de resíduos sólidos</b>	Alto	Baixo	Reduz resíduos sólidos. Pode reduzir carga de sedimentos. Pré-tratamento noutras <i>MPGs</i>	Escala local e recintos	Áreas superiores a 1 km <sup>2</sup> . Canais naturais. Áreas de baixa altitude
<i>Swales</i>	Baixo	Baixo	Remoção de partículas finas e médias. Contribui para a paisagem urbana. Irrigação passiva	Declives médios (< 4%)	Áreas com declive acentuado
<b>Sistemas de biorretenção</b>	Alto	Baixo	Remoção de poluentes finos e solúveis. Melhoria da paisagem urbana. Redução de picos de cheia frequentes	Áreas planas	Áreas com declive acentuado. Nível freático alto

<b>Faixas filtrantes</b>	Alto	Baixo	Pré-tratamento do escoamento para remoção de sedimentos. Melhoria da paisagem urbana	Áreas planas	Áreas íngremes
<b>Bacias de sedimentação</b>	Alto	Médio	Recolha de sedimentos grosseiros. Instalação temporária. Pré-tratamento para outras <i>MPGs</i>	Áreas amplas	Onde se pretendam aumentar os valores paisagísticos
<b>Zonas húmidas artificiais</b>	Alto	Médio	Ativo da comunidade. Remoção de poluentes finos, médios e solúveis. Redução de picos de cheia. Armazenamento e reutilização de água. Biodiversidade	Áreas planas e amplas	Áreas íngremes. Nível freático alto

### VI.3. - *MPGs Não-Estruturais (adaptado de Wong et al., 2002)*

<b><i>MPGs Não-Estruturais</i></b>	<b>Descrição</b>
Políticas ambientais e de desenvolvimento urbano	Estas políticas, ao serem aplicadas ao nível local e regional necessitam que sejam incentivadas a adoção de práticas de desenvolvimento ecologicamente sustentável, incluindo a incorporação de <i>WSUD</i> nos processos de urbanismo.
Considerações ambientais em áreas destinadas à construção	O planeamento e a gestão inadequada de locais de construção podem influenciar negativamente a qualidade do escoamento de águas pluviais. Planos de gestão de obra são uma estratégia útil para minimizar a dispersão de poluentes de atividades de construção.
Educação e formação de colaboradores <ul style="list-style-type: none"> <li>• Governo local</li> <li>• Indústria</li> <li>• Empresa</li> </ul>	Estratégias de educação, incluindo a formação de colaboradores, devem abranger todos as hierarquias para que as mudanças efetivas de atitudes e hábitos. Devem ser fornecidas as ferramentas/técnicas necessárias para permitir que a equipa planeie atividades futuras (e.g., planos de atividades de manutenção e operação)
Programas de educação e sensibilização para a comunidade	Os programas educacionais e de sensibilização para a valorização dos recursos hídricos devem encorajar alterações nos comportamentos sociais habituais da comunidade. Mudanças individuais nas atitudes e hábitos podem contribuir coletivamente para reduzir o impacto das áreas urbanas na qualidade e quantidade das águas pluviais. No entanto, a sensibilização e

	conhecimento da comunidade acerca das questões relacionadas com a gestão de águas pluviais não são necessariamente precursoras de mudanças de comportamentos. Contudo, é importante realçar o fato de que uma comunidade informada pode, mais facilmente, influenciar a governação local, a indústria e as empresas e o impacto que estas têm sobre as águas pluviais.
Planos de cumprimento normativo	As coimas são uma ferramenta potencialmente eficaz para promover mudanças de comportamento que resultem numa redução de poluição. Os planos normativos são na sua maioria da responsabilidade do governo local e organização de proteção do ambiente.

**VI.4. - Aplicabilidade de MPGs Estruturais para diferentes tipos de áreas urbanas (adaptado de Department of Planning and Local Government, 2009)**

Implementação/ Localização	Novos arruamentos  (em novas áreas urbanas de pequena ou grande escala)		Arruamentos e rodovias existentes  (onde a drenagem e pavimentos existentes devem ser melhorados)		Terrenos públicos  (onde a área e usos do solo permitem a incorporação de novas estruturas)	Zona Residencial		Zona Comercial	Parques de estacionamento (Públicos ou privados)	
	Declives < 4%	Declives > 4%	Declives < 4%	Declives > 4%		Moradias isoladas (lotes > 500m <sup>2</sup> )	Densidade média ou moradias em banda (lotes < 500m <sup>2</sup> )			Propriedades Comerciais/ Industriais
Aplicabilidade de MPGs <sup>4</sup> Estruturais	Dispositivo de recolha de resíduos sólidos	N	O	N	O	S	-	-	S	S
	Swale	S	N	S	N	S	-	--	S	S
	Faixa filtrante	S	N	S	N	S	-	-	S	S
	Swale Biorretenção	S	N	S	N	S	-	-	S	S
	Trincheira de infiltração	S	O	S	O	S	S	O	S	S
	Sistema de Biorretenção	S	O	S	O	S	S	O	S	S

<sup>S</sup> – Apropriado

N – Não apropriado

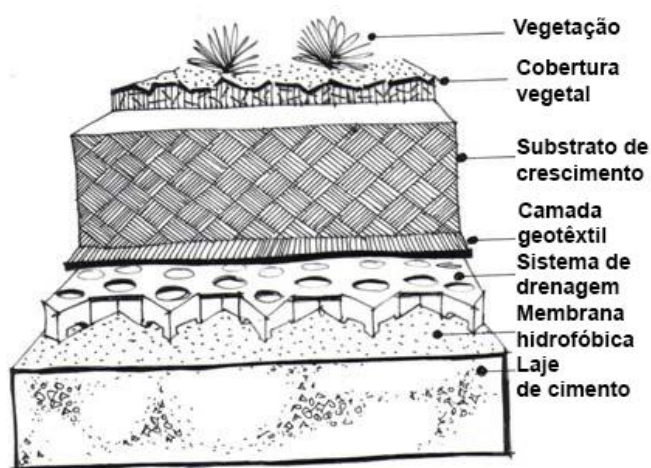
O – Requer análise e/ou permissão

<b>Tanque de almacenamiento</b>	-	-	-	-	S	S	S	S	S
<b>Pavimento Permeável</b>	S	N	S	N	S	S	S	S	S
<b>Tanque de almacenamiento subterráneo</b>	S	O	S	O	S	S	S	S	S
<b>Recarga Artificial de Acuíferos</b>	N	N	N	N	S	N	N	O	O
<b>Zona Húmeda Artificial</b>	-	-	-	-	S	-	-	O	O

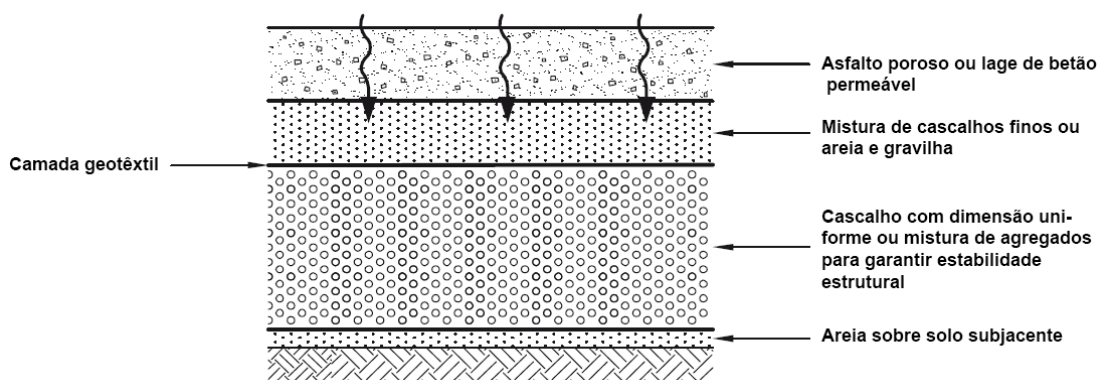
## VII – Pormenores Construtivos

- VII.1** Componentes típicos de construção de uma cobertura verde.
- VII.2** Secção de um pavimento permeável.
- VII.3** Esquema de Tanque de Atenuação/Detecção.
- VII.4** Dispositivos de recolha de resíduos sólidos (GPT).
- VII.5** Principais elementos de uma Bacia de Sedimentação.
- VII.6** Secção esquemática de uma faixa filtrante.
- VII.7** Perfil longitudinal de um swale.
- VII.8** Configuração típica de um Filtro de Areia.
- VII.9** Perfis de drenagem utilizados em sistemas de biorretenção.
- VII.10** Tipos de sistemas de biorretenção.
- VII.11** Componentes de uma Zona Húmida Artificial.
- VII.12** Representação de um poço de infiltração.
- VII.13** Perfil típico de Trincheira de Infiltração.
- VII.14** Secção típica de uma Bacia de Infiltração.

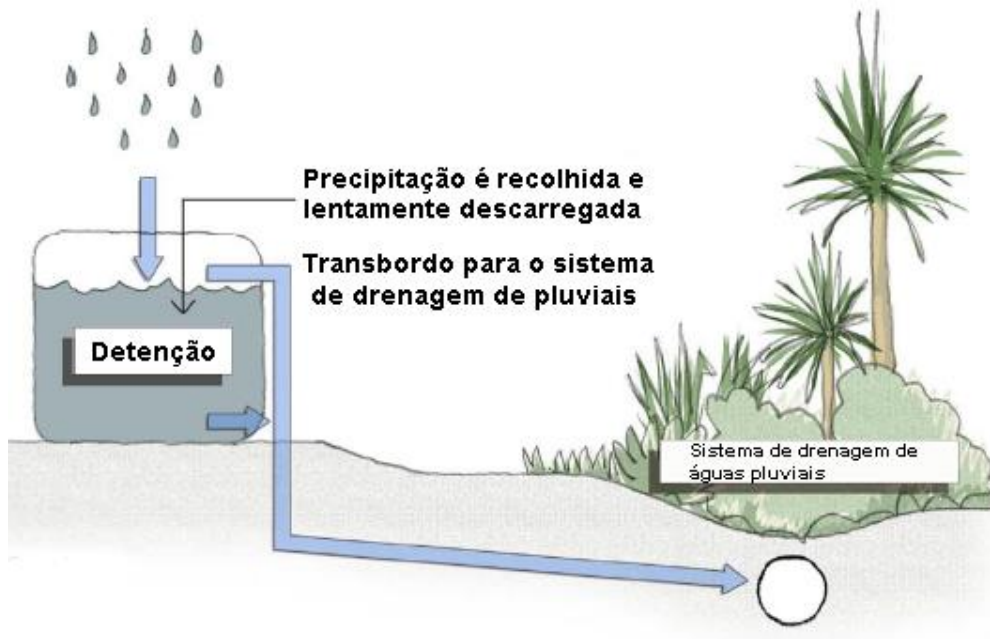
**VII.1.** - Componentes típicos de construção de uma cobertura verde (adaptado de Department of Planning and Local Government, 2009)



**VII.2.** - Secção de um pavimento permeável (adaptado de Department of Environment & Swan River Trust, 2005)



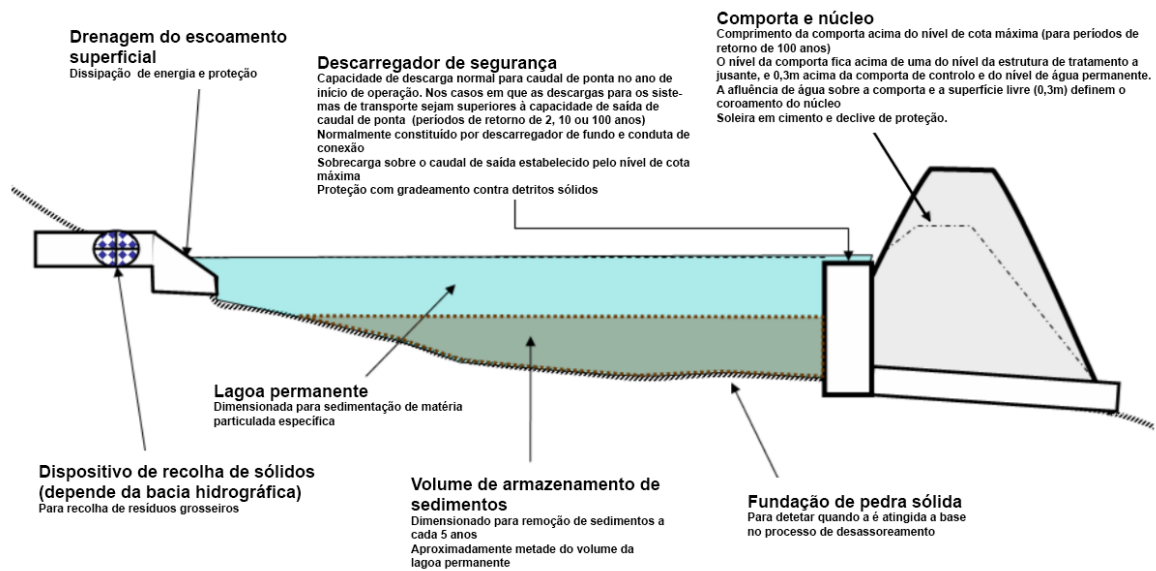
VII.3. - Esquema de Tanque de Atenuação/Detenção (adaptado de Hamilton City Council, 2014)



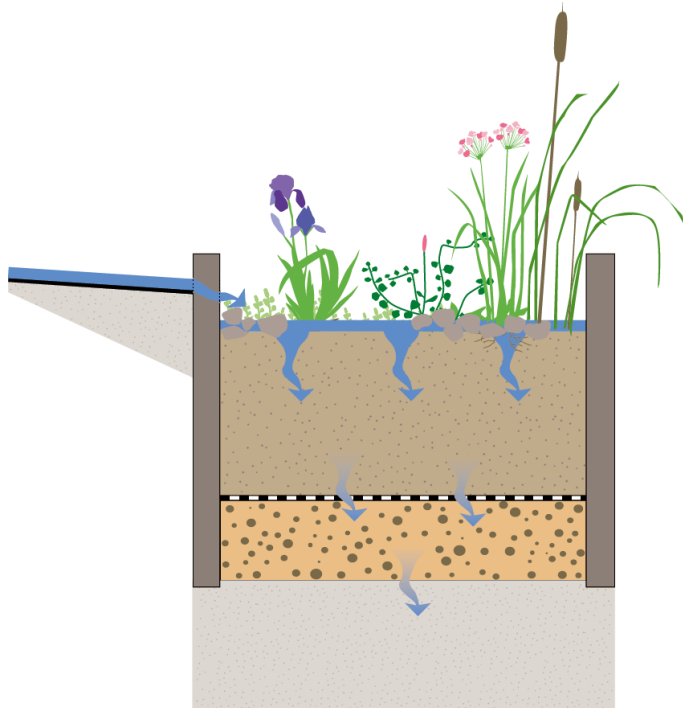
VII.4. - Dispositivos de recolha de resíduos sólidos (GPT) (retirado de ENVIROPOD, 2020)



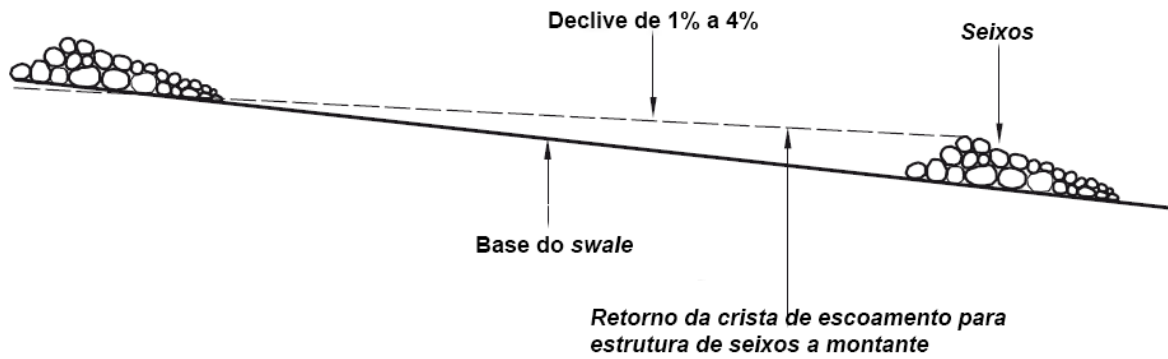
**VII.5. - Principais elementos de uma Bacia de Sedimentação (adaptado de R Allison et al., 2005)**



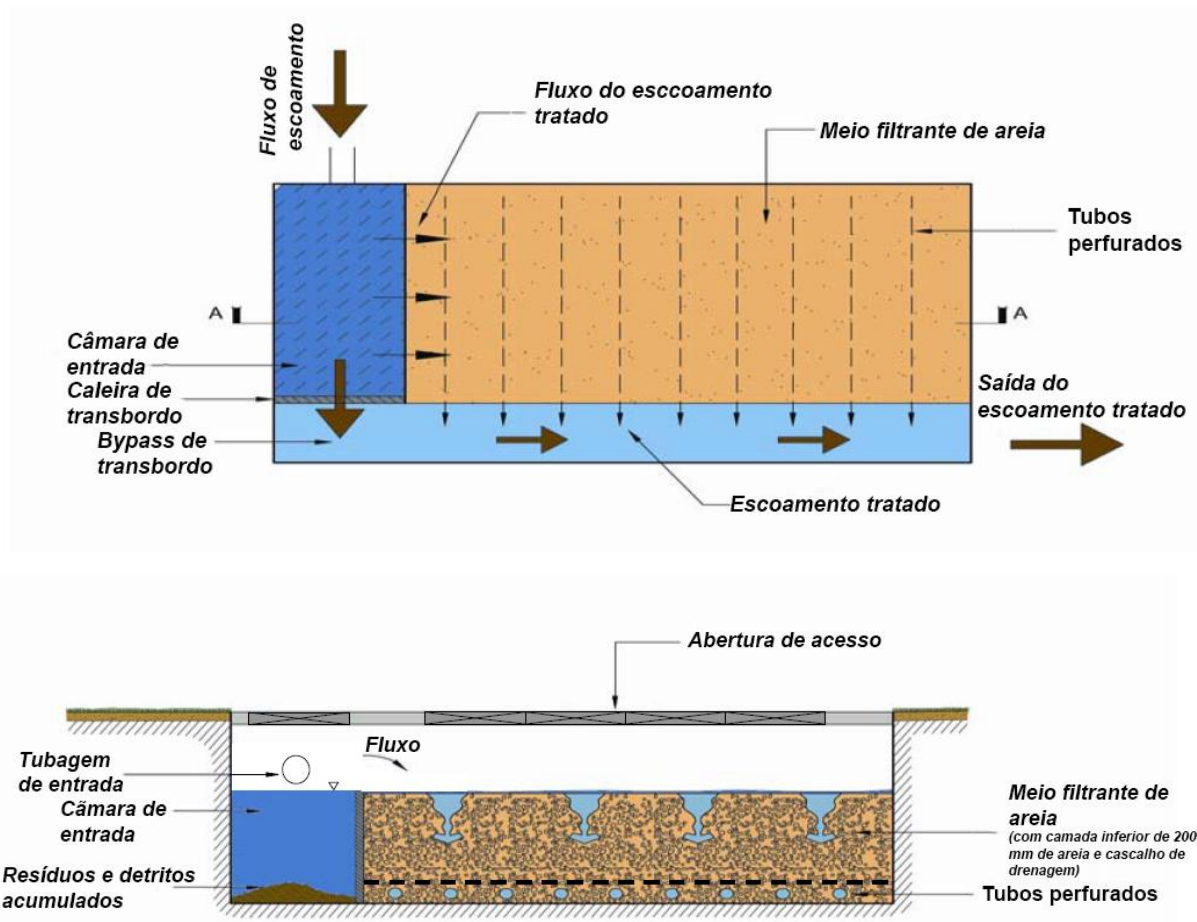
**VII.6. - Seção esquemática de uma faixa filtrante (retirado de (van der Linden, 2006)**



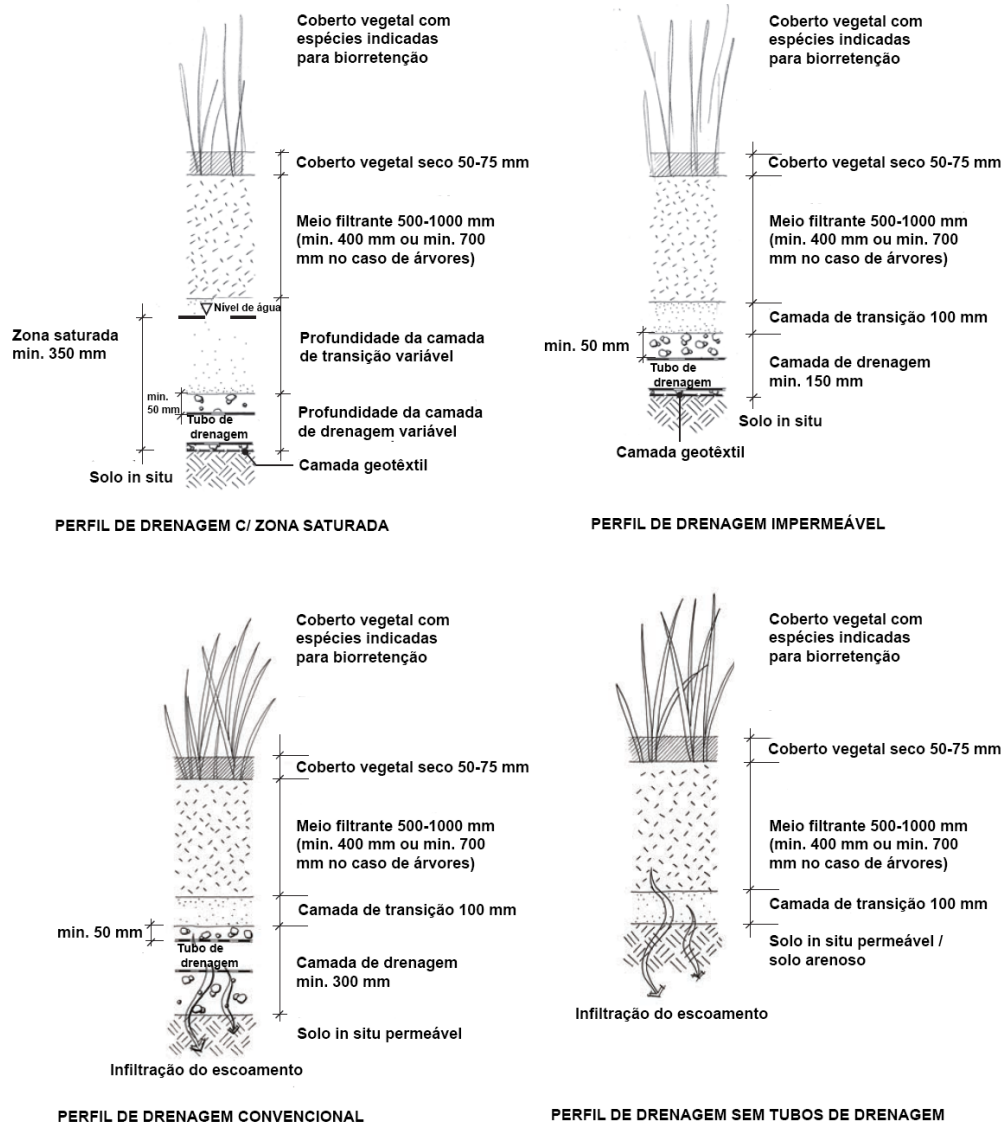
**VII.7.** - Perfil longitudinal de um *swale* (adaptado de Department of Environment & Swan River Trust, 2005)



**VII.8.** - Configuração típica de um Filtro de Areia (adaptado de City of Townsville & Queensland Government, 2011)



**VII.9. - Perfis de drenagem utilizados em sistemas de biorretenção (adaptado de Healthy Waterways Ltd, 2014)**



**VII.10. - Tipos de sistemas de biorretenção (adaptado de Healthy Waterways Ltd, 2014)**

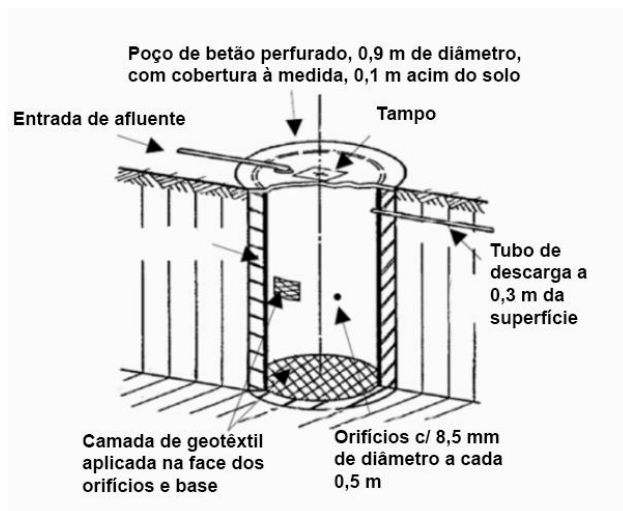
Tipo de sistema de biorretenção	Descrição
<b>Bacia de biorretenção</b>	Sistema de tratamento de fim de linha; 100-800 m <sup>2</sup> de área de filtração; implementação adjacente a parques/espacos verdes urbanos, vegetação preferencialmente endêmica.
<b>Swale de biorretenção</b>	Trata e transporta o escoamento superficial: componentes de biorretenção na base do swale com largura entre 600 e 2000 mm; superfície do meio filtrante segue o declive longitudinal do swale, entre os 0,5% e 2%.

<b>Canteiros vegetados</b>	Sistema de controlo na origem; com cerca de 50 m <sup>2</sup> ; recebe escoamento superficial de áreas impermeáveis; coberto vegetal com arbustos, gramíneas e juncos.
<b>Canteiros arborizados de biorretenção</b>	Sistema de controlo na origem; com cerca de 2 a 4 m <sup>2</sup> ; recebe escoamento superficial de áreas impermeáveis.

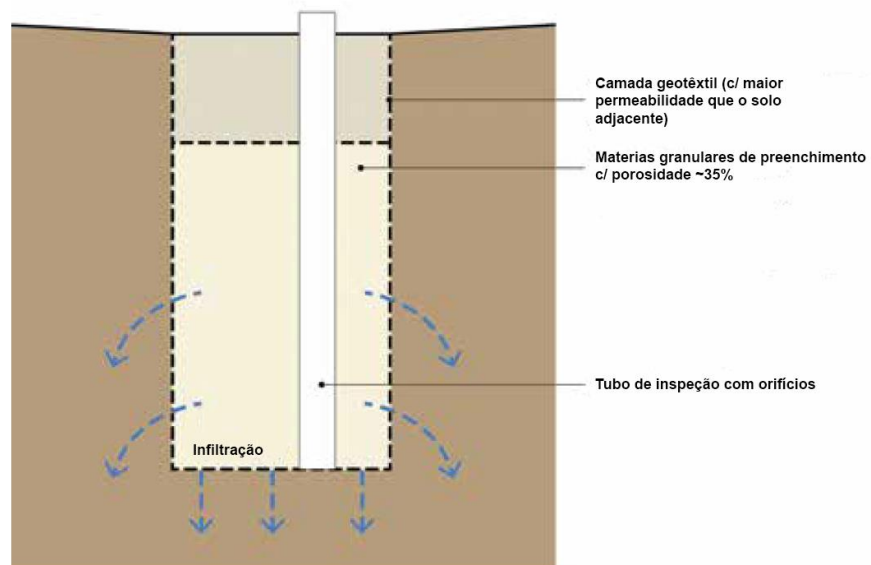
**VII.11. - Componentes de uma Zona Húmida Artificial (adaptado de Healthy Waterways Ltd, 2014)**



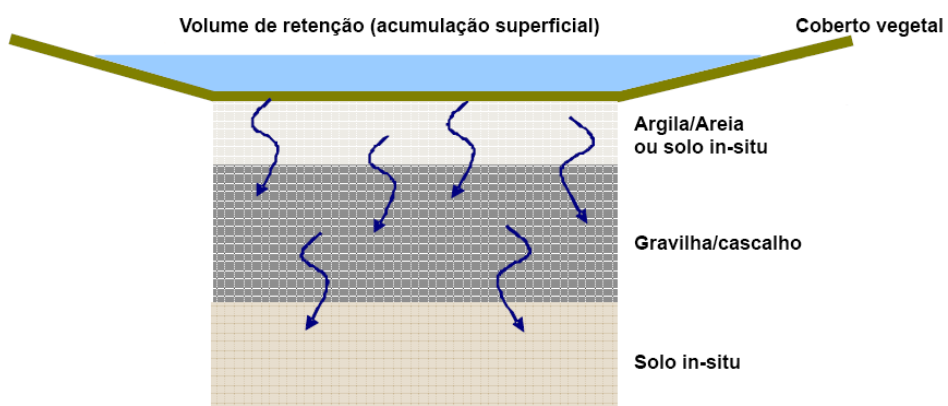
**VII.12. - Representação de um poço de infiltração (adaptado de (Wong & Engineers Australia, 2006)**



**VII.13.** - Perfil típico de Trincheira de Infiltração (adaptado de Kellagher et al., 2015)



**VII.14.** - Secção típica de uma Bacia de Infiltração (adaptado de Hoban & South East Queensland Healthy Waterways, 2009)



## VIII – Benefícios/oportunidades e constrangimentos/limitações associados à abordagem *WSUD*

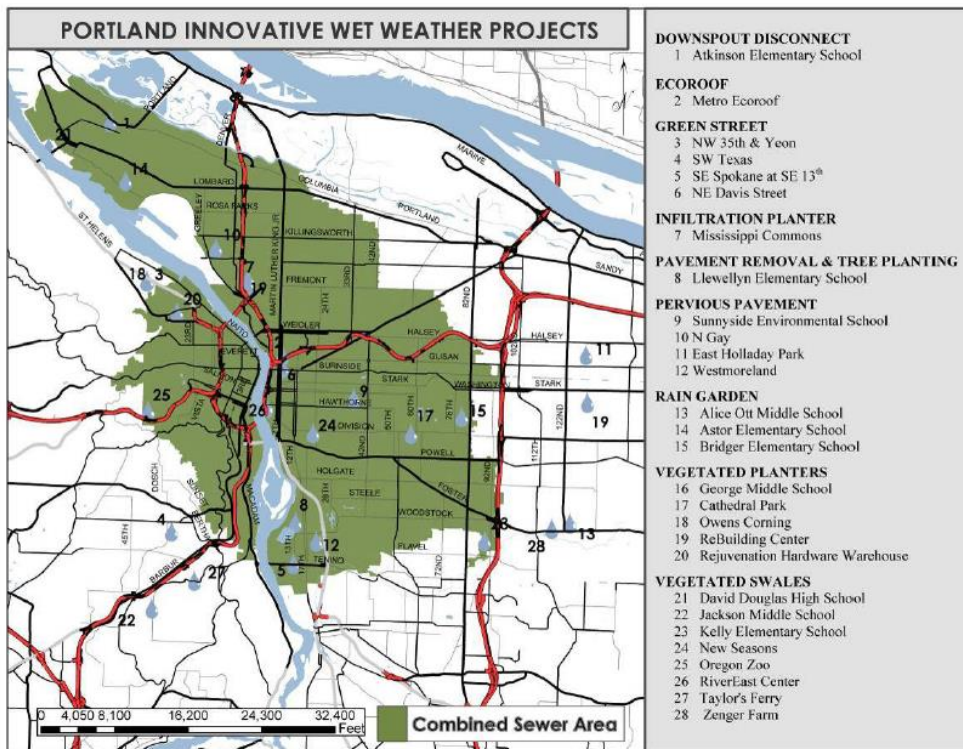
<b>Benefícios/oportunidades e constrangimentos/limitações associados à abordagem <i>WSUD</i></b> (Victorian Stormwater Committee, 1999)	
<b>Benefícios/oportunidades</b>	<b>Constrangimentos/limitações</b>
<b>Económicos</b>	
Redução de custos de capital investido em infraestruturas hidráulicas (tubagens e condutas).	Limitações de mercado, a nova estratégia de desenvolvimento urbano pode influenciar os comportamentos de mercado
Redução nos custos de construção (e.g., terraplanagem e remoção de árvores).	Custos de manutenção/operação podem aumentar.
Redução no custo de investimento em infraestruturas de drenagem a jusante.	Possível necessidade de recorrer a infraestruturas hidráulicas suplementares para atenuar eventos de precipitação e declives do terreno.
Redução nos custos associados à melhoria da qualidade da água descarregada no meio recetor.	Possível perda de receitas (e.g., impostos) devido a restrições sobre uso dos solos urbanos.
Aumento do valor de mercado das propriedades através da incorporação do elemento água nas áreas verdes, tornando a área economicamente mais atrativa.	Terrenos fragmentados e com diferentes proprietários podem resultar em dificuldades na aquisição de terrenos.
Áreas que são inadequadas para o desenvolvimento urbano, mas são adequadas para recreação livre, como espaços verdes urbanos.	Os benefícios económicos relativos a novas zonas urbanizáveis podem ser afetados caso a área seja classificada como espaço verde de utilização pública.
Redução nos custos causados por situações de inundação.	
<b>Ambientais e sociais</b>	
Manutenção do ciclo urbano da água, utilizando processos naturais de armazenamento, infiltração e evapotranspiração.	Limitações quando o nível freático está próximo da superfície.
Proteção de áreas sensíveis sujeitas a pressões causadas pelo desenvolvimento urbano.	Limitações em áreas com terrenos íngremes e extremamente erodidos.
Recuperação e restauração de massas de água em áreas urbanas.	Solos com má qualidade (solos insípidos e desagregados) e com estrato rochoso próximo da superfície.
Redução do impacto do desenvolvimento urbano sobre o meio ambiente.	Pode levar a alterações do risco e segurança percebidos.
Potencial aumento da diversidade de habitats naturais e paisagens urbanas.	Aceitação por parte da população à nova morfologia urbana.
Redução da pegada de carbono das infraestruturas urbanas de água.	
Mitigação dos efeitos de ilha urbana de calor.	

Recarga de aquíferos.	
Harmonização da paisagem urbana	
Melhoria do valor estético da cidade.	
Melhoria do bem-estar da população	
Redução nos consumos de água.	
Fomenta o espírito integrador e de comunidade.	

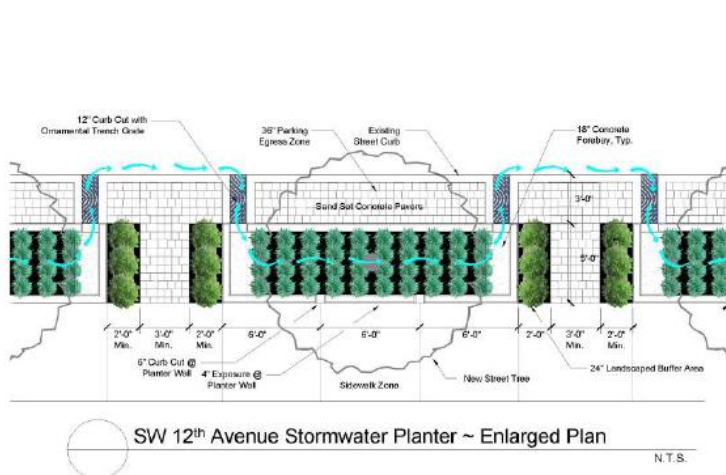
## IX – Casos de estudo - Exemplos

- IX.1** Implementação de projetos de gestão sustentável de águas pluviais na cidade de Portland.
- IX.2** Projeto para a reestruturação verde da avenida 12 SW na cidade de Portland.
- IX.3** Jardim Chuva e canteiro de infiltração na Escola Básica de Mt. Tabor.
- IX.4** Intervenções resultantes da parceria entre a cidade de Lódz, Universidade de Lódz, grupo local e projeto SWITCH.
- IX.5** Possíveis benefícios de uma Blue-Green Network na cidade de Lódz.
- IX.6** Esquema de processos e sistemas implementados no projeto The Grove.
- IX.7** Representação esquemática dos Jardins Chuva de Kings Square.

**IX.1.** - Implementação de projetos de gestão sustentável de águas pluviais na cidade de Portland (adaptado Hoyer et al., 2011)



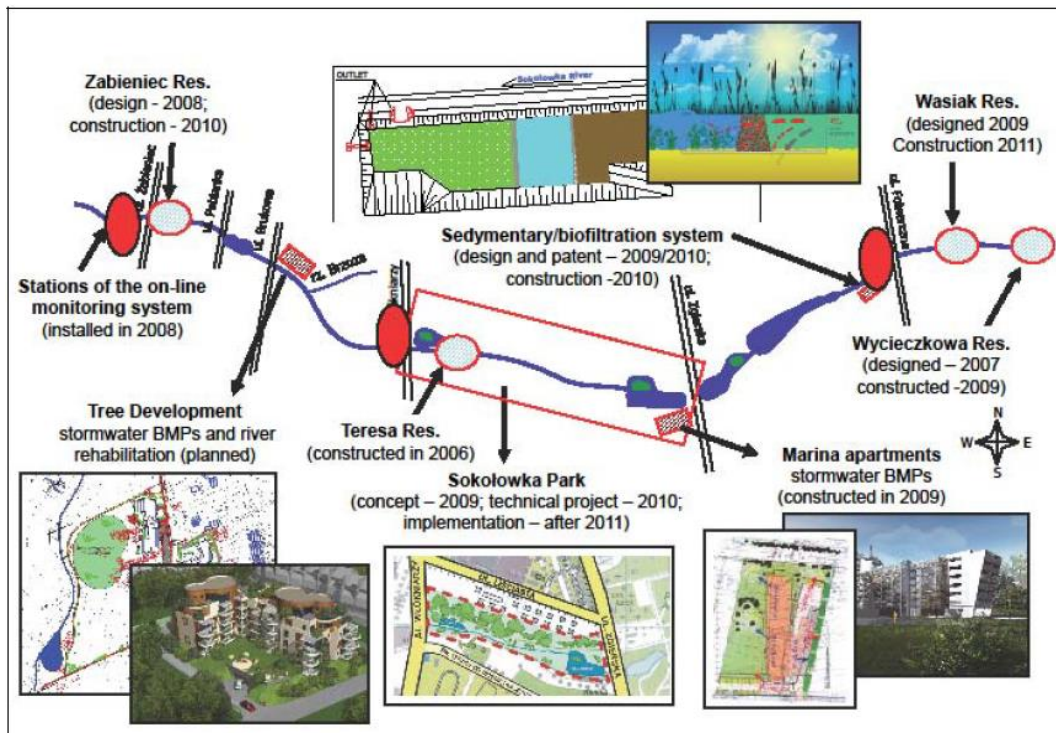
**IX.2.** – Projeto para a reestruturação verde da avenida 12 SW na cidade de Portland (adaptado de Hoyer et al., 2011)



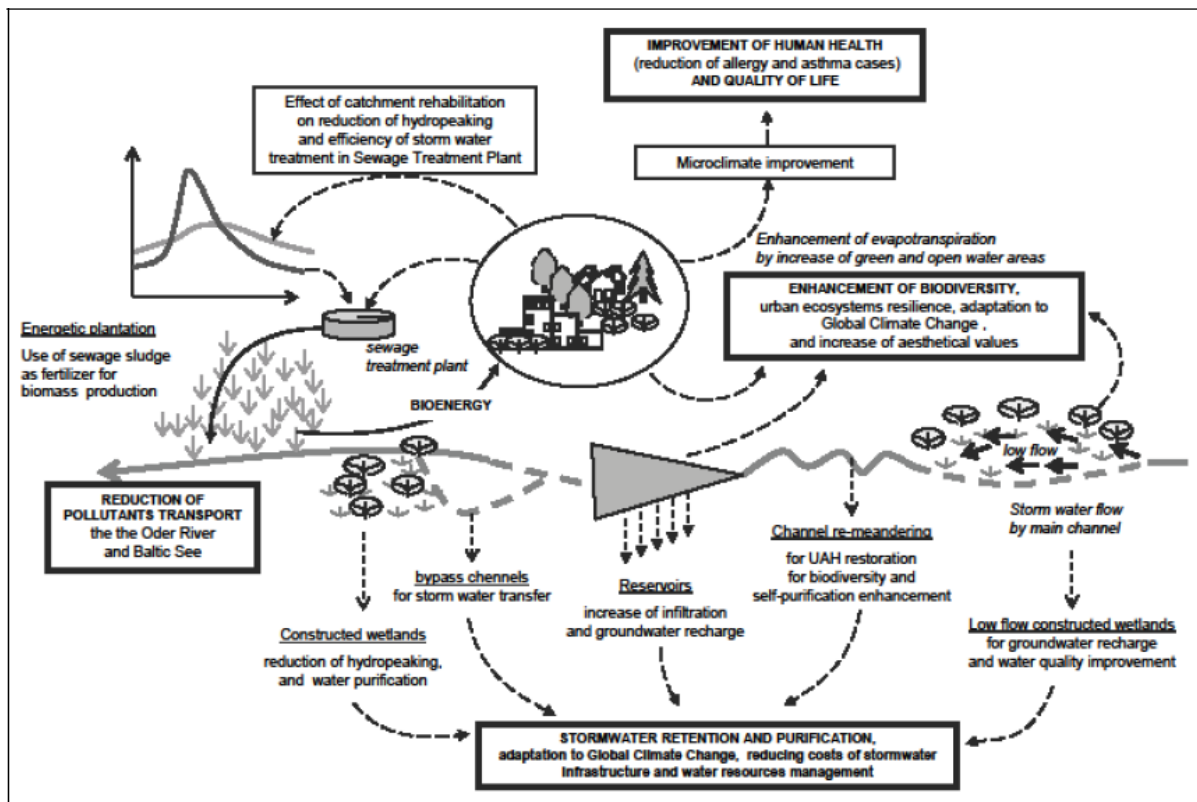
**IX.3.** - Jardim Chuva e canteiro de infiltração na Escola Básica de Mt. Tabor (adaptado de Hoyer et al., 2011)



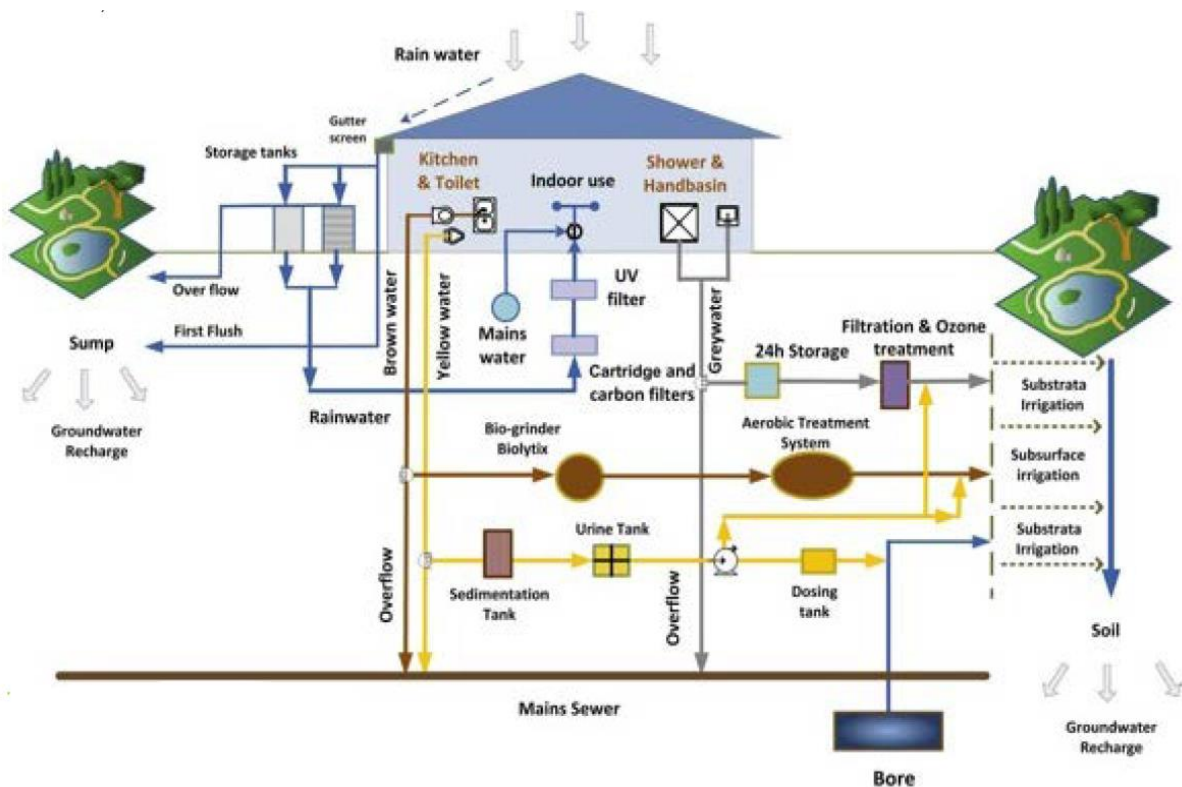
**IX.4.** - Intervenções resultantes da parceria entre a cidade de Łódź, Universidade de Łódź, grupo local e projeto SWITCH (adaptado de Hoyer et al., 2011)



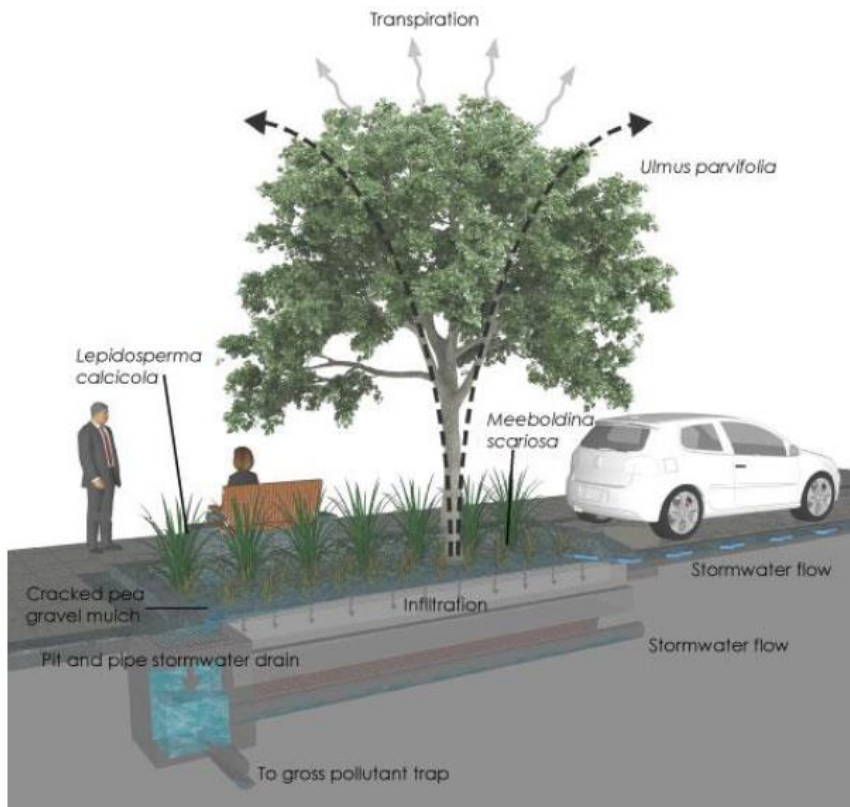
IX.5. – Possíveis benefícios de uma Blue-Green Network na cidade de Łódź (adaptado de Hoyer et al., 2011)



IX.6. - Esquema de processos e sistemas implementados no projeto The Grove (adaptado de Josh Byrne & Associates, 2012)



*IX.7. - Representação esquemática dos Jardins Chuva de Kings Square (adaptado de (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2017)*



## X – Comparação de atributos entre modelo comum de gestão urbana da água e estratégia *Water Sensitive*

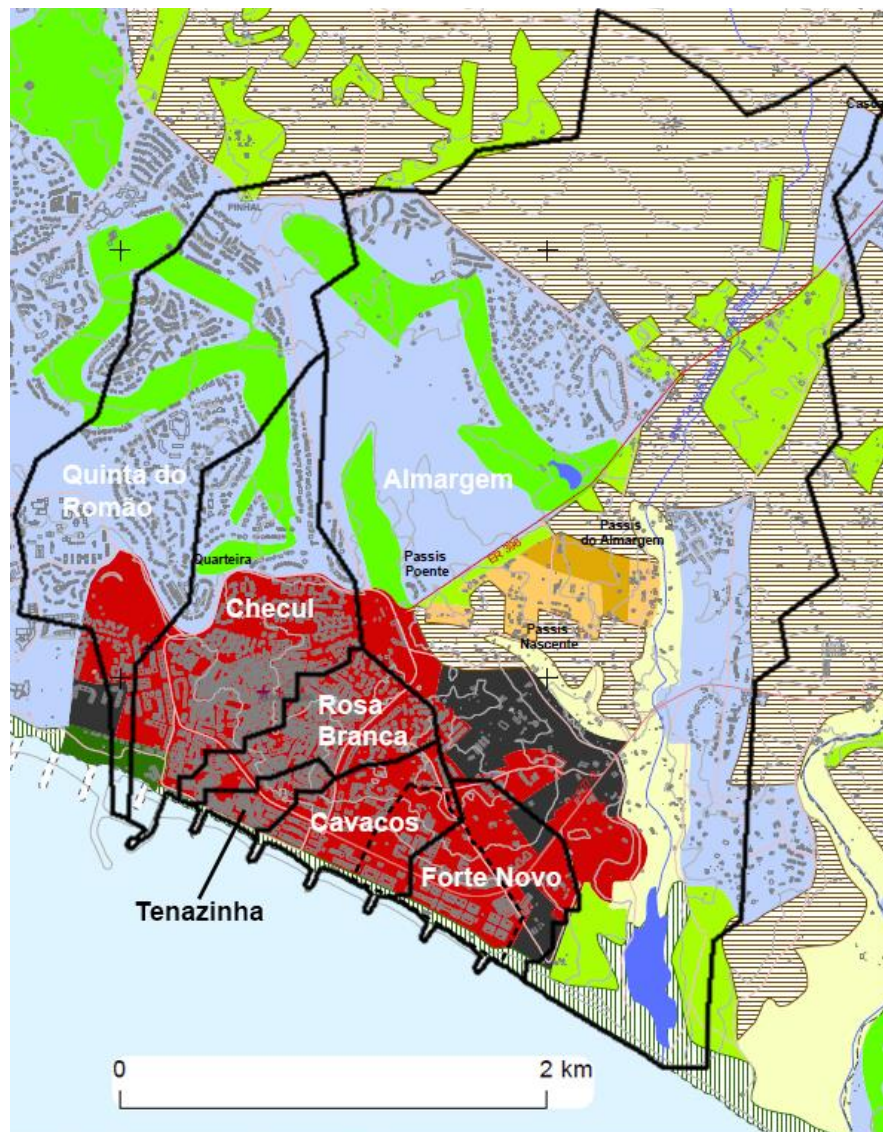
<b>Atributo</b>	<b>Estratégia comum</b>	<b>Conceito <i>Water Sensitive</i></b>
<b>Fronteiras do sistema</b>	Abastecimento de água, gestão de águas residuais e controlo de cheias, para crescimento económico, populacional e proteção da saúde humana	Múltiplas finalidades para a água consideradas para períodos de longo prazo, incluindo estado das massas de água e outras necessidades, como transporte, recreação/bem-estar, microclima, energia, produção de alimentos, etc.
<b>Modelo de gestão</b>	Compartimentação e otimização de componentes individuais do ciclo da água	Adaptável, integrado, gestão sustentável do ciclo da água (incluindo o ordenamento do território), de forma a garantir uma maior resiliência face às incertezas relativas ao clima, necessidades dos serviços inerentes à água, e promovendo a habitabilidade do ambiente urbano
<b>Especialidade</b>	Áreas muito técnicas de engenharia e economia	Aprendizagem interdisciplinar envolvendo diversos atores e transversal à esfera social, técnica, económica, de planeamento e ecológica
<b>Prestação de serviços</b>	Centralizados, lineares e predominantemente dependentes de fatores económicos e tecnológicos	Soluções diversas e flexíveis em vários níveis através de um conjunto de abordagens (técnicas, sociais, económicas, ecológicas, etc.)
<b>Papel dos utilizadores</b>	A água é gerida por entidades públicas/privadas em nome da comunidade	Gestão da água participativa e partilhada entre entidades gestoras, empresas e comunidade
<b>Risco</b>	Risco regulado e controlado pelas entidades de gestão	Risco partilhado e diversificados através de instrumentos públicos e privados

## XI – Elementos do PDM

- XI.1** *Planta de Ordenamento do PDM em vigor para a área de estudo, elaborada com base na Carta VII.5 - Planta de Ordenamento do PDM em vigor, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.2** *PMOT localizados na área da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborada com base na Carta VII.7 – “Planos Municipais de Ordenamento do Território em vigor e em elaboração”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.3** *Delimitação REN para a Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborada com base na Carta II.7, “Avaliação da Delimitação da Reserva Ecológica Nacional”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.4** *Área RAN e Classes de Capacidade de Uso do Solo existentes na Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado com base na Carta II.5 – “Avaliação da delimitação da RAN”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.5** *Festos, Talvegues e Hipsometria representativos da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.3 - “Festos, Talvegues e Hipsometria”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.6** *Classes de declives presentes na Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.4 - “Declives”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.7** *Enquadramento geológico da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.1 - “Geologia”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.8** *Valores ecológicos segundo grau de importância para os biótopos identificados para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.17 – “Carta de Valores Ecológicos segundo o grau de importância dos Biótopos”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.9** *Valores ecológicos segundo grau de importância para a flora identificados para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.19 – “Valores Ecológicos segundo o grau de importância para a Flora”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.10** *Valores ecológicos segundo grau de importância para a fauna identificados para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.20 – “Valores Ecológicos segundo o grau de importância para a Fauna”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.11** *Ocupação do Solo (1990) para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.10 – “Carta de Ocupação do Solo (1990)”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.12** *Ocupação do Solo Atual para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.11 – “Carta de Ocupação Actual do Solo”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*
- XI.13** *Paisagem e Estrutura Ecológica presente na Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.16 – “Paisagem e Estrutura Ecológica da Freguesia de Quarteira”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*

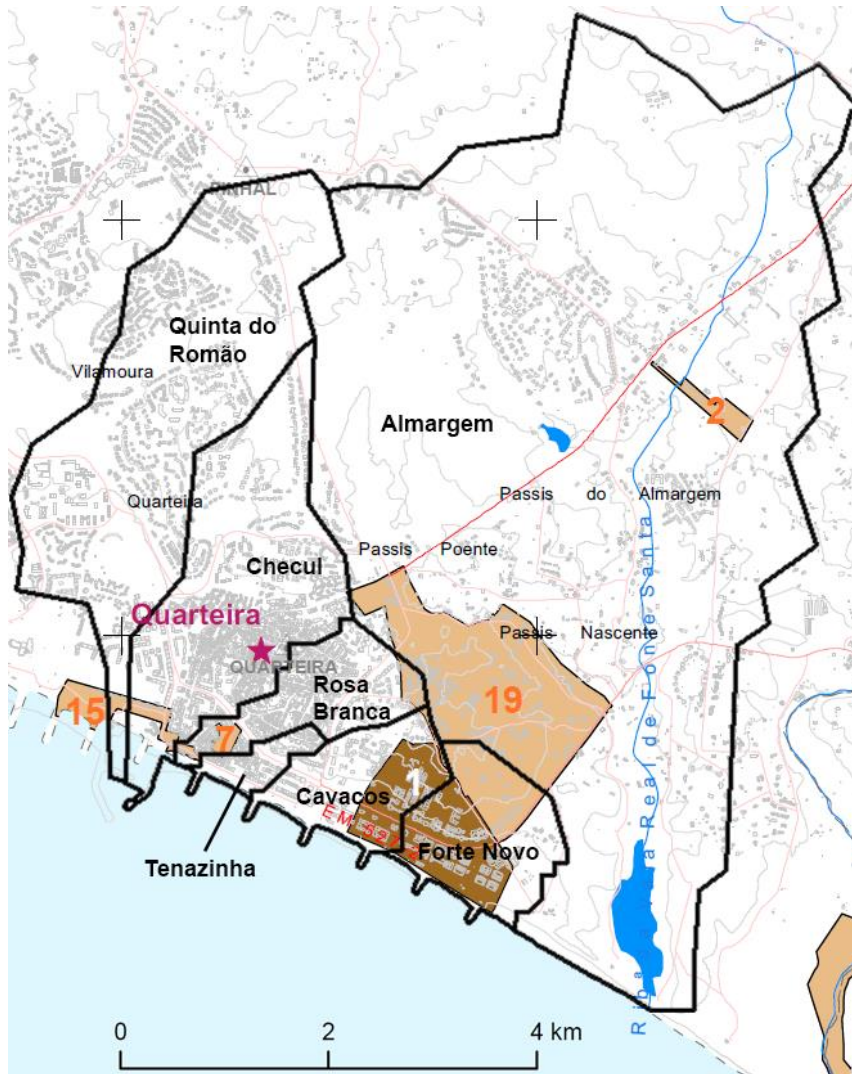
**XI.14** *Delimitação das zonas inundáveis para a Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elabora a partir da Carta II.23 – “Zonas inundáveis”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé.*

**XI.1. - Planta de Ordenamento do PDM em vigor para a área de estudo, elaborada com base na Carta VII.5 - Planta de Ordenamento do PDM em vigor, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Batista & Rocha, 2009)**



<b>Referências administrativas</b>	<b>SOLO URBANO</b>
★ Sede de Freguesia	■ Aglomerados urbanos tipo A
○ Limite de Freguesia	■ Áreas urbano-turísticas
<b>Edificado</b>	<b>Espaços Urbanizáveis</b>
□ Construções	■ Espaços Urbanizáveis de expansão - Tipo A
<b>Limites Bacia Hidrográfica</b>	■ Áreas de edificação dispersa a estruturar
<b>Referências topográficas</b>	■ Áreas com função não habitacional
● Vértices geodésicos	<b>Solos Afectos à Reserva Ecológica Necessários ao Equilíbrio do Sistema Urbano</b>
~ Curvas de nível	■ Áreas de verde urbano de protecção
<b>Rede hidrográfica</b>	■ Áreas de verde urbano equipado
■ Planos de água	<b>SOLO RURAL</b>
~ 1ª ordem	<b>Espaços Agrícolas</b>
~ Outros cursos de água	■ Áreas de Reserva Agrícola Nacional
<b>Rede rodoviária</b>	■ Áreas de agricultura condicionada II
~ Itinerário principal	<b>Espaços Florestais</b>
~ Itinerário complementar	■ Áreas de protecção
~ Estrada regional / nacional	<b>Espaços Naturais</b>
~ Estrada municipal	■ Grau I - Áreas de Reserva Ecológica Nacional
~ Outras vias	<b>Planos municipais de ordenamento do território</b>
	■ Em vigor

**XI.2. - PMOT localizados na área da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborada com base na Carta VII.7 – “Planos Municipais de Ordenamento do Território em vigor e em elaboração”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Louro et al., 2009)**



**Referências administrativas Planos Municipais de Ordenamento do Território**

- ★ Sede de Freguesia
- Limite de Freguesia

**Edificado**

- Construções

**Limites Bacia Hidrográfica**

**Referências topográficas**

- ▲ Vértices geodésicos
- ~ Curvas de nível

**Rede hidrográfica**

- ☁ Planos de água
- ~ 1ª ordem
- ~ Outros cursos de água

**Rede rodoviária**

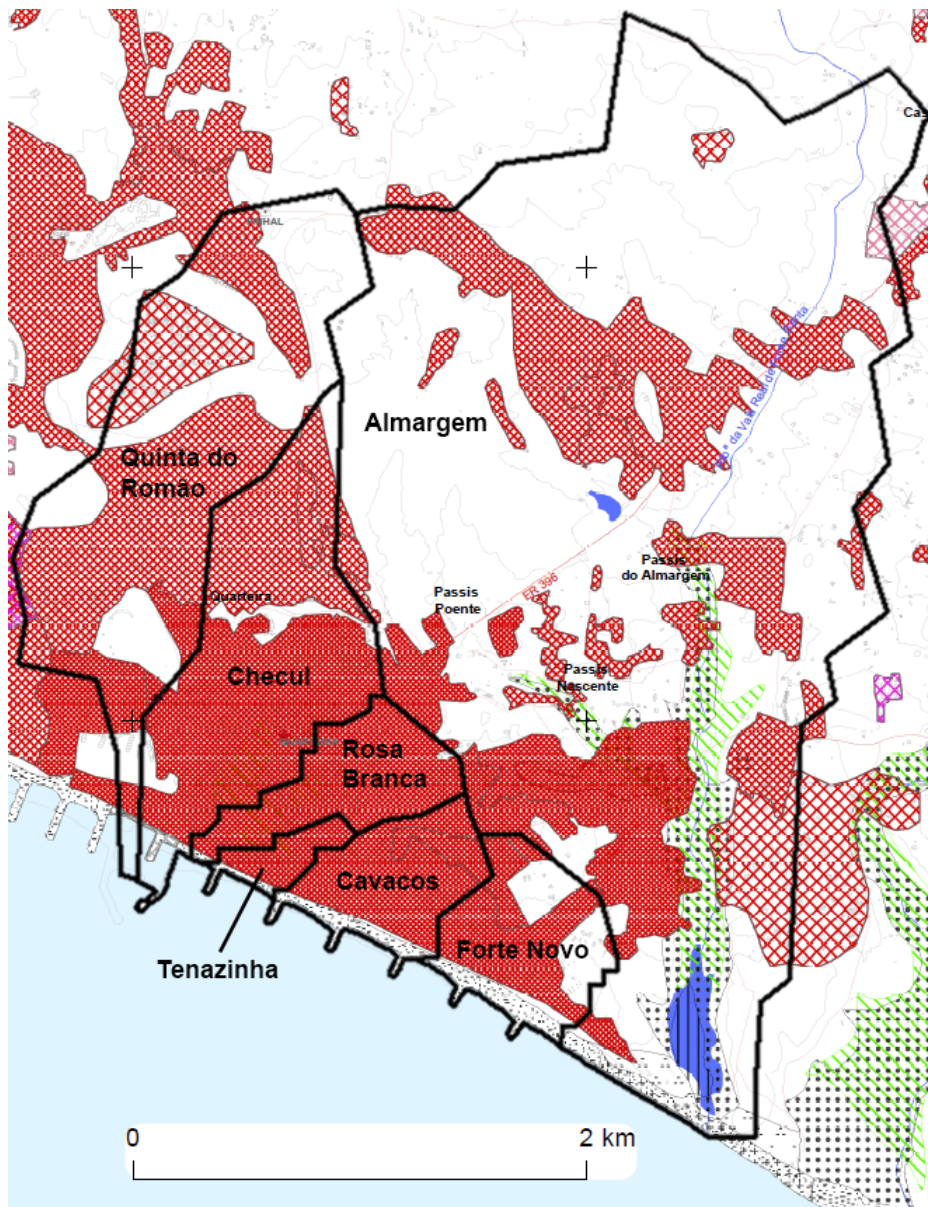
- ~ Itinerário principal
- ~ Itinerário complementar
- ~ Estrada regional / nacional
- ~ Estrada municipal
- ~ Outras vias

- Em Vigor
- Em Elaboração

Identificador	Designação PMOT em vigor
1	PP Zona Nascente Quarteira

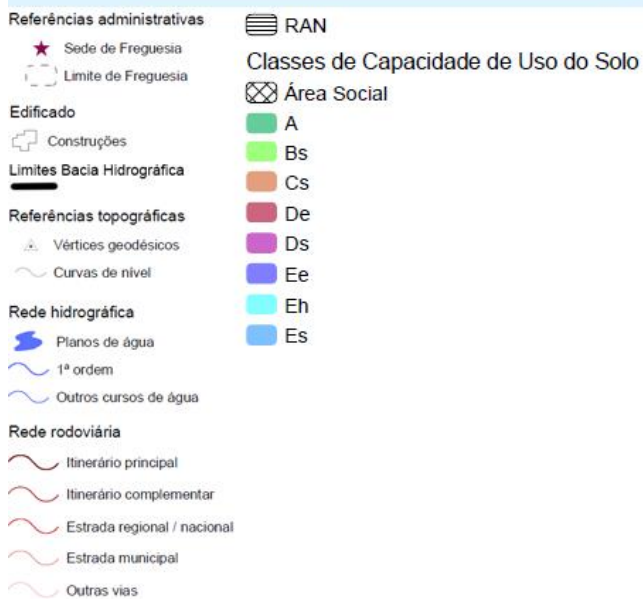
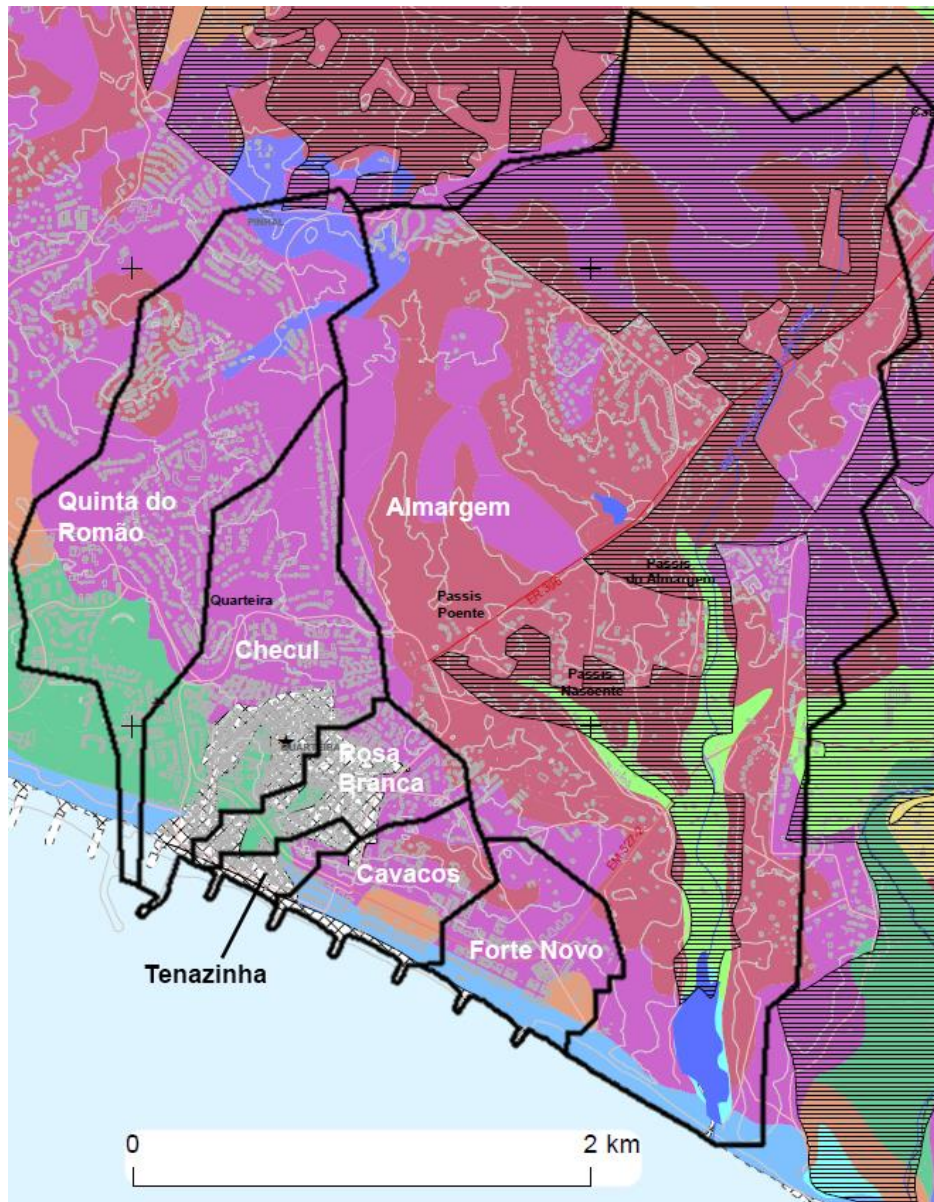
Identificador	Designação PMOT em elaboração
2	PIER Hotel Pinhal do Sol
7	PP Centro Cultural e Parque Est. Quarteira
15	PP Zona Poente Quarteira
19	PU Norte/Nordeste de Quarteira

**XI.3.** - Delimitação REN para a Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborada com base na Carta II.7, “Avaliação da Delimitação da Reserva Ecológica Nacional”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Lorena & Rocha, 2009)

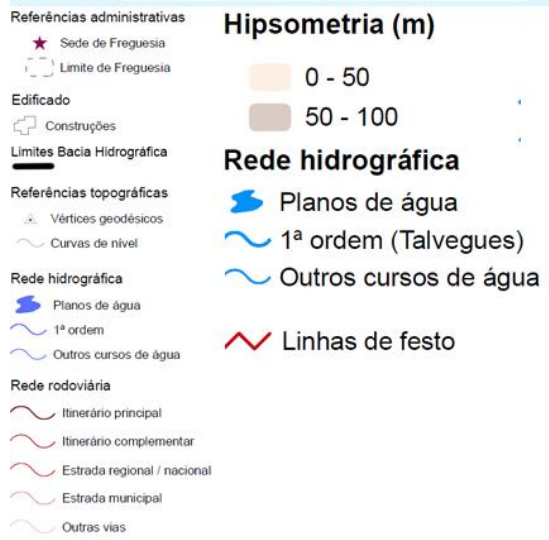
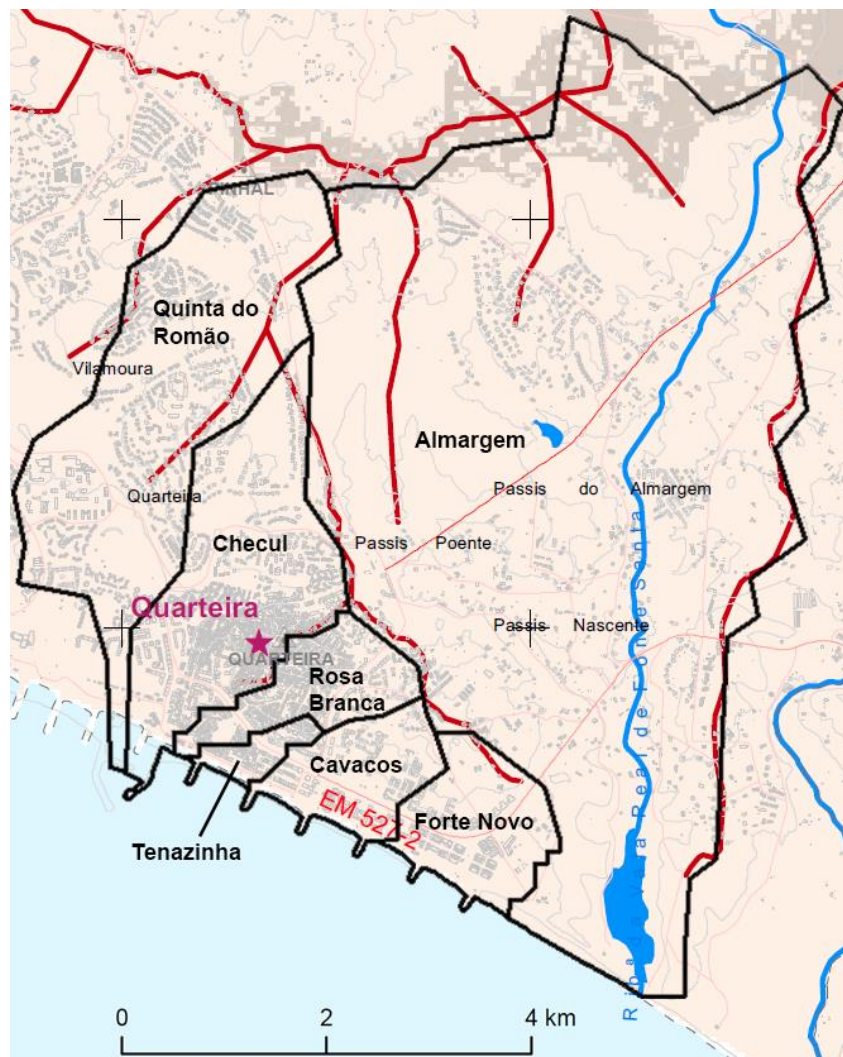


<b>Referências administrativas</b>	<b>Características do território</b>
★ Sede de Freguesia	■ Tecido Urbano Contínuo
□ Limite de Freguesia	▨ Tecido Urbano Descontínuo
<b>Edificado</b>	▩ Outros espaços fora do tecido urbano consolidado
⊕ Construções	▤ Zonas industriais e comerciais
<b>Limites Bacia Hidrográfica</b>	▥ Outras infraestruturas e equipamentos
<b>Referências topográficas</b>	<b>Áreas de REN</b>
▲ Vértices geodésicos	▧ Arribas e respectivas faixas de protecção
~ Curvas de nível	▨ Cabeceiras de linhas de água
<b>Rede hidrográfica</b>	▩ Dunas / Cordão arenoso litoral
■ Planos de água	▤ Leitos de cursos de água e zonas ameaçadas pelas cheias
~ 1ª ordem	▥ Praias
~ Outros cursos de água	▧ Áreas de risco de erosão
<b>Rede rodoviária</b>	▨ Aluviossolos modernos
~ Itinerário principal	
~ Itinerário complementar	
~ Estrada regional / nacional	
~ Estrada municipal	
~ Outras vias	

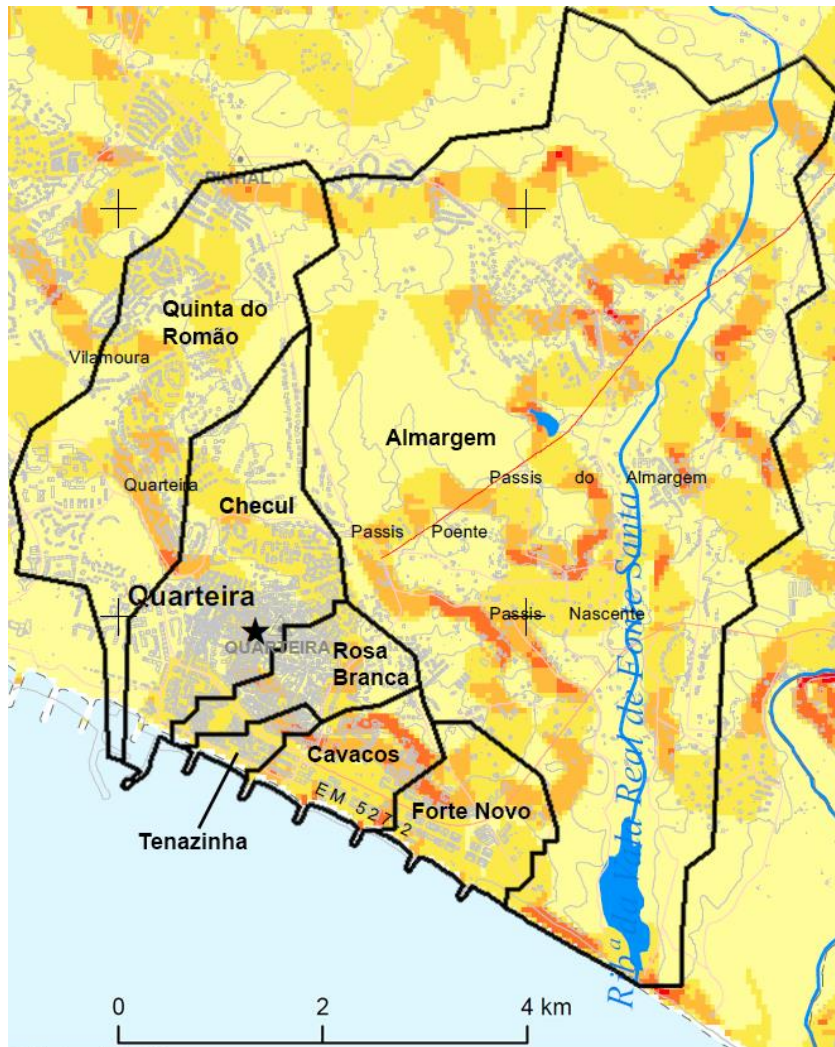
**XI.4.** - Área RAN e Classes de Capacidade de Uso do Solo existentes na Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado com base na Carta II.5 – “Avaliação da delimitação da RAN”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Lorena & Rocha, 2009)



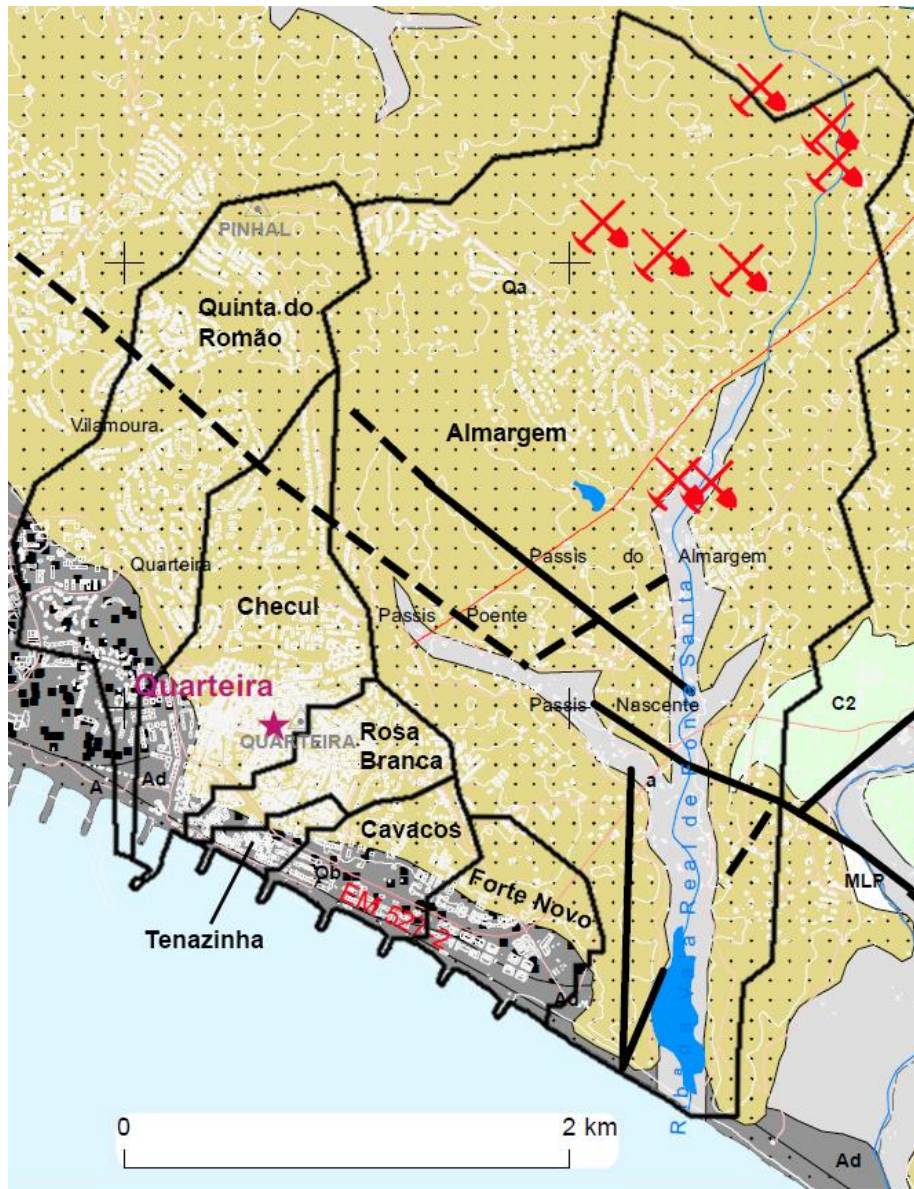
**XI.5.** - Festos, Talvegues e Hipsometria representativos da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.3 - “Festos, Talvegues e Hipsometria”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Sousa & Rocha, 2008)



**XI.6.** - Classes de declives presentes na Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.4 - “Declives”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Sousa & Rocha, 2008b)

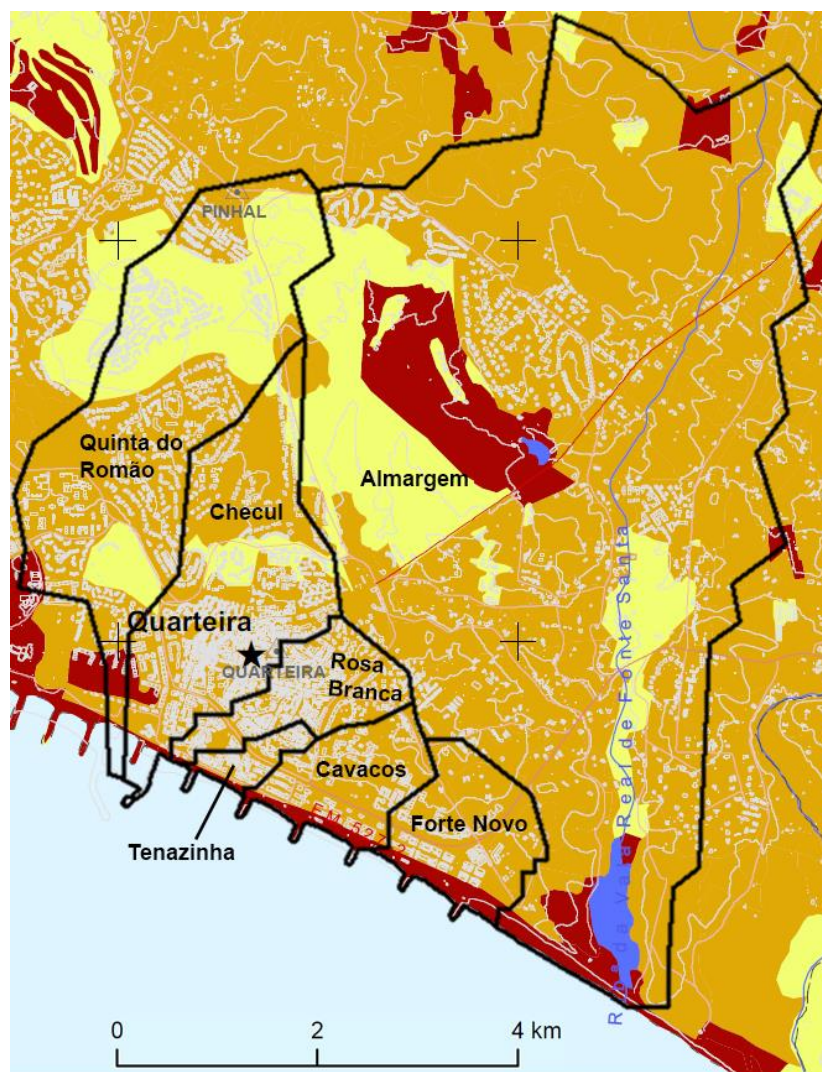


**XI.7. - Enquadramento geológico da Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.1 - "Geologia", no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Duque & Rocha, 2008)**



<b>Referências administrativas</b>	<b>Geologia</b>
★ Sede de Freguesia	Quaternário-Holocénico (a) - Aluviões e sapais
□ Limite de Freguesia	Quaternário-Holocénico (A) - Areias de praia
<b>Edificado</b>	Quaternário-Holocénico (Ad) - Areias de duna
□ Construções	Quaternário-Holocénico (Qb) - Cascalheiras e terraços
<b>Limites Bacia Hidrográfica</b>	Quaternário-Plistocénico (Qa) - Areias e cascalheiras de Faro-Quarteira
<b>Referências topográficas</b>	Cretácico Inf. a Sup.-Aptiano-Albiano-Cenomaniano (C2) - Calcários com Parlorbotolina; Margas da Luz; Margas e calcários de Porto de Mós; Calcários e dolomitos de Caliços; Dolomitos de Chão de Cevada; Margas superiores; Calcários cristalinos de Pão Branco
▲ Vértices geodésicos	<b>Outros elementos</b>
~ Curvas de nível	✗ Areiros
<b>Rede hidrográfica</b>	⚡ Cavalgamento
☁ Planos de água	↘ Falha(s) Certa(s)
~ 1ª ordem	↘ Falha(s) Provável(eis)
~ Outros cursos de água	
<b>Rede rodoviária</b>	
~ Itinerário principal	
~ Itinerário complementar	
~ Estrada regional / nacional	
~ Estrada municipal	
~ Outras vias	

**XI.8.** - Valores ecológicos segundo grau de importância para os biótopos identificados para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.17 – “Carta de Valores Ecológicos segundo o grau de importância dos Biótopos”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Quaresma et al., 2008a)



**Referências administrativas**

- ★ Sede de Freguesia
- Limite de Freguesia

**Edificado**

- Construções

**Limites Bacia Hidrográfica**

- Limites Bacia Hidrográfica

**Referências topográficas**

- △ Vértices geodésicos
- Curvas de nível

**Rede hidrográfica**

- Planos de água
- 1ª ordem
- Outros cursos de água

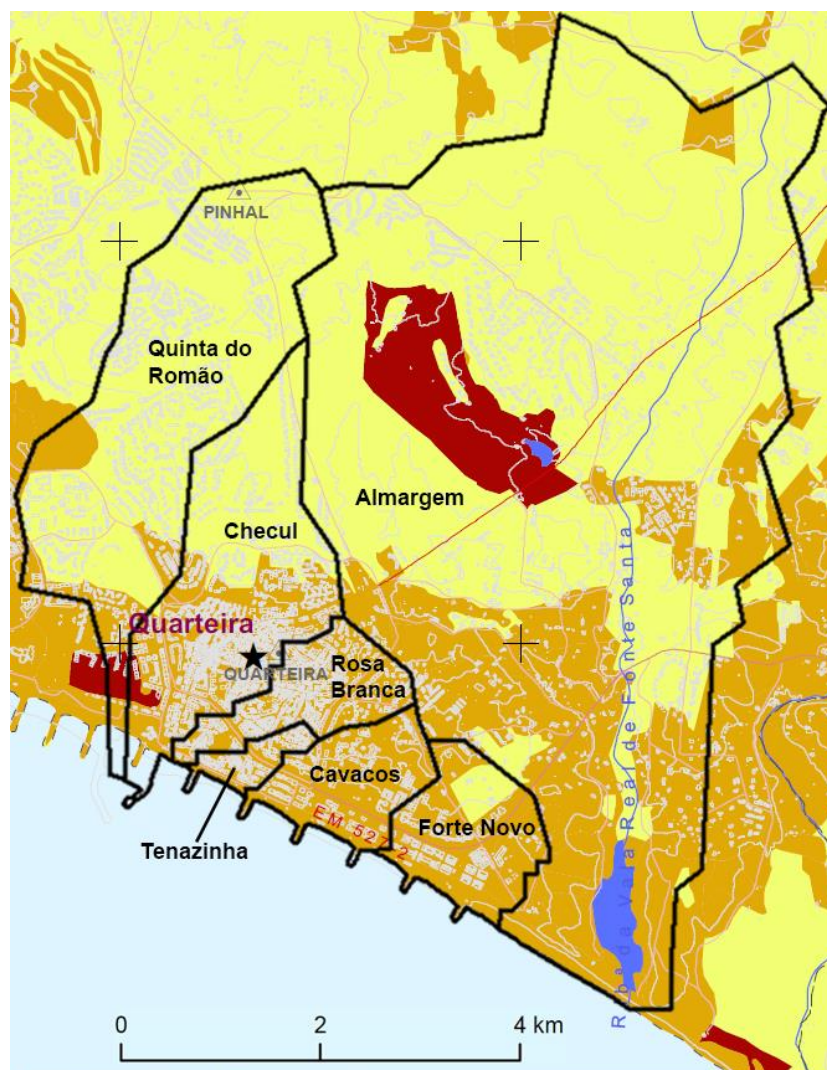
**Rede rodoviária**

- Itinerário principal
- Itinerário complementar
- Estrada regional / nacional
- Estrada municipal
- Outras vias

**Valor ecológico segundo o grau de importância para os biótopos**

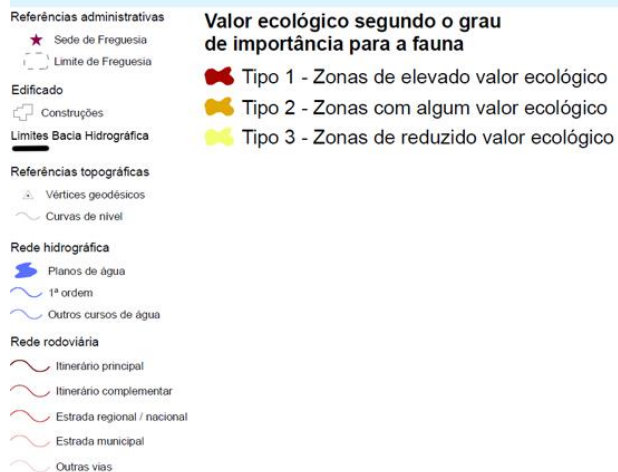
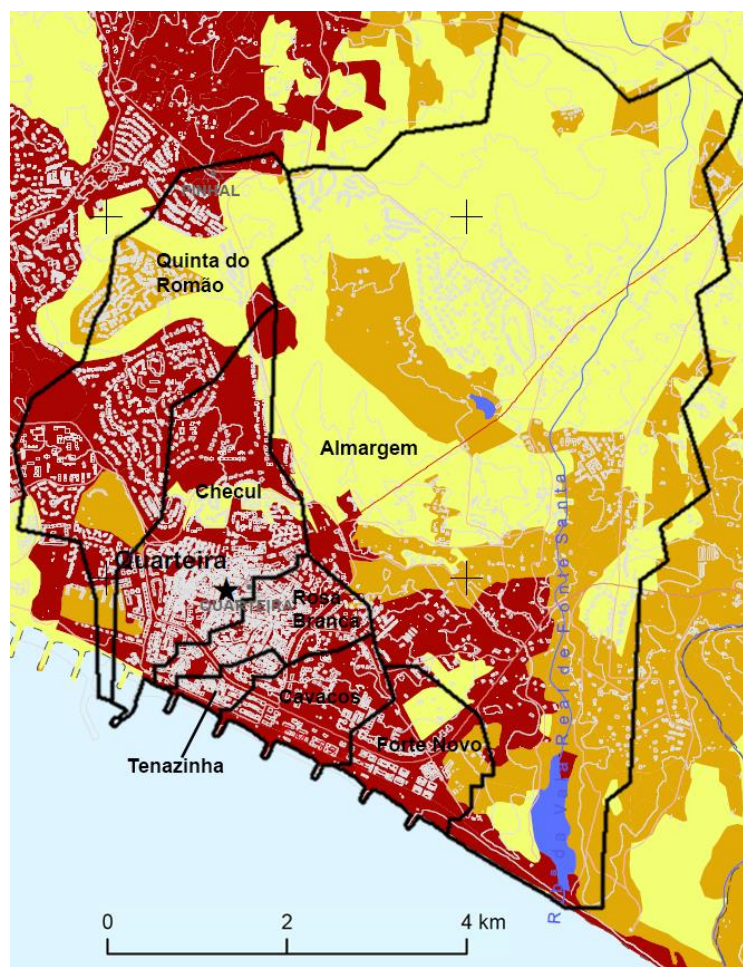
- Tipo 1 - Zonas de elevado valor ecológico
- Tipo 2 - Zonas com algum valor ecológico
- Tipo 3 - Zonas de reduzido valor ecológico

**XI.9.** - Valores ecológicos segundo grau de importância para a flora identificados para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.19 – “Valores Ecológicos segundo o grau de importância para a Flora”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Quaresma et al., 2008)

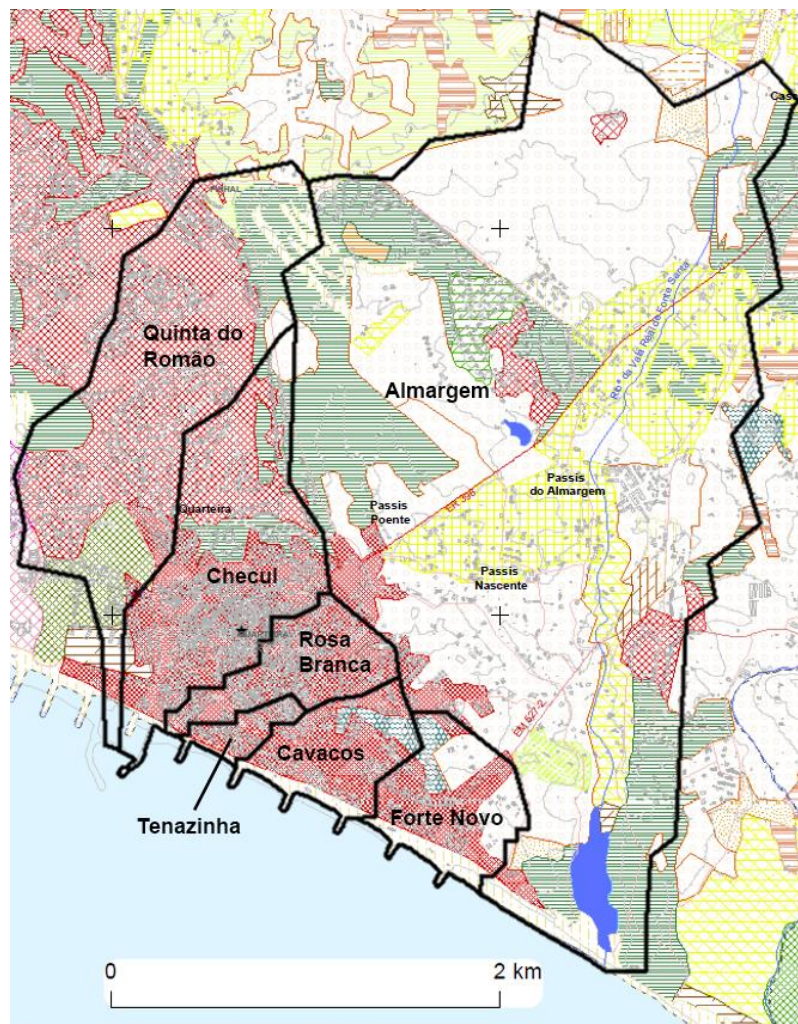


- Referências administrativas**
- ★ Sede de Freguesia
  - Limite de Freguesia
- Edificado**
- Construções
- Limites Bacia Hidrográfica**
- 
- Referências topográficas**
- △ Vértices geodésicos
  - Curvas de nível
- Rede hidrográfica**
- Planos de água
  - 1ª ordem
  - Outros cursos de água
- Rede rodoviária**
- Itinerário principal
  - Itinerário complementar
  - Estrada regional / nacional
  - Estrada municipal
  - Outras vias
- Valor ecológico segundo o grau de importância para a flora**
- Tipo 1 - Zonas de elevado valor ecológico
  - Tipo 2 - Zonas com algum valor ecológico
  - Tipo 3 - Zonas de reduzido valor ecológico

**XI.10.** - Valores ecológicos segundo grau de importância para a fauna identificados para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.20 – “Valores Ecológicos segundo o grau de importância para a Fauna”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Quaresma et al., 2008)



**XI.11.** - Ocupação do Solo (1990) para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.10 – “Carta de Ocupação do Solo (1990)”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de Lorena & Rocha, 2009a)



**Referências administrativas**

- ★ Sede de Freguesia
- Limite de Freguesia

**Edificado**

- Construções

**Limites Bacia Hidrográfica**

- Limites Bacia Hidrográfica

**Referências topográficas**

- ⊙ Vértices geodésicos
- Curvas de nível

**Rede hidrográfica**

- Planos de água
- 1ª ordem
- Outros cursos de água

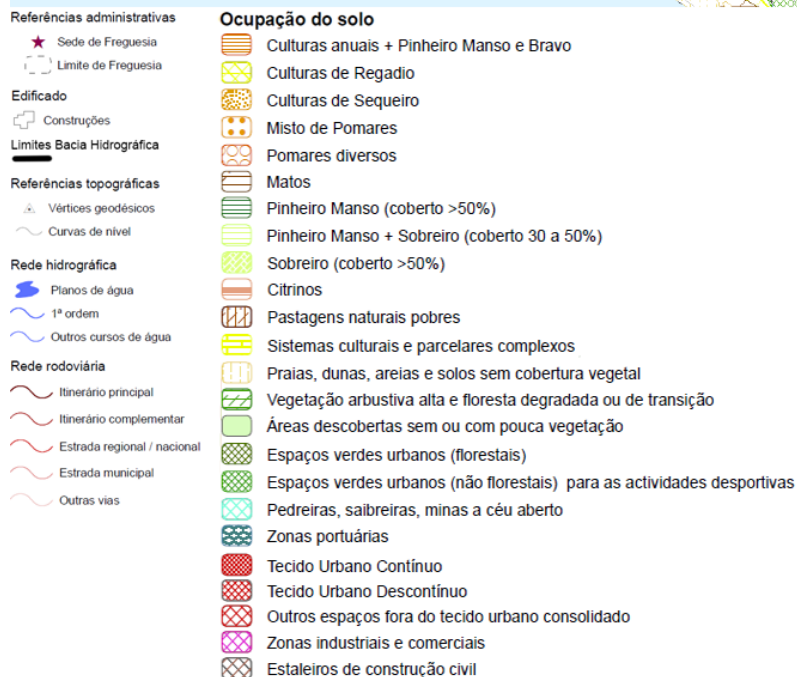
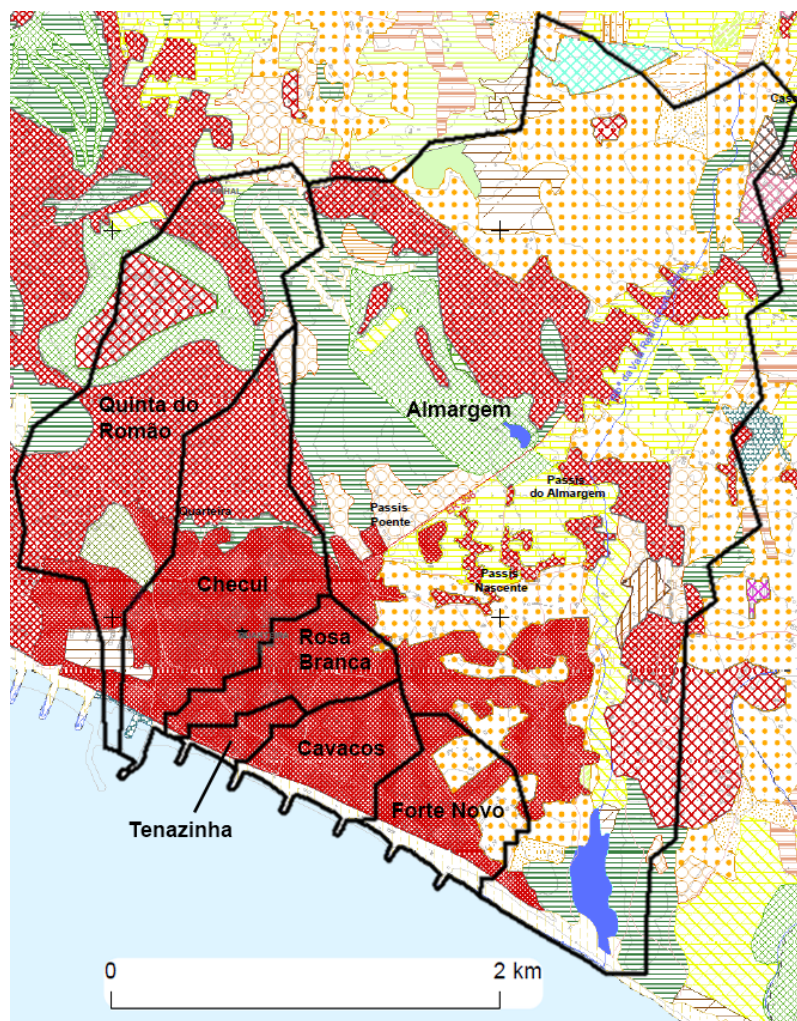
**Rede rodoviária**

- Itinerário principal
- Itinerário complementar
- Estrada regional / nacional
- Estrada municipal
- Outras vias

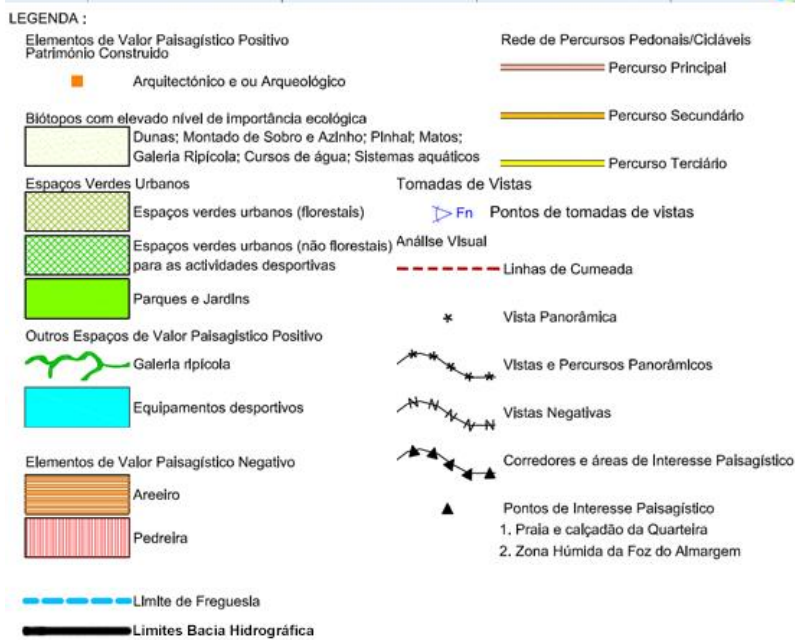
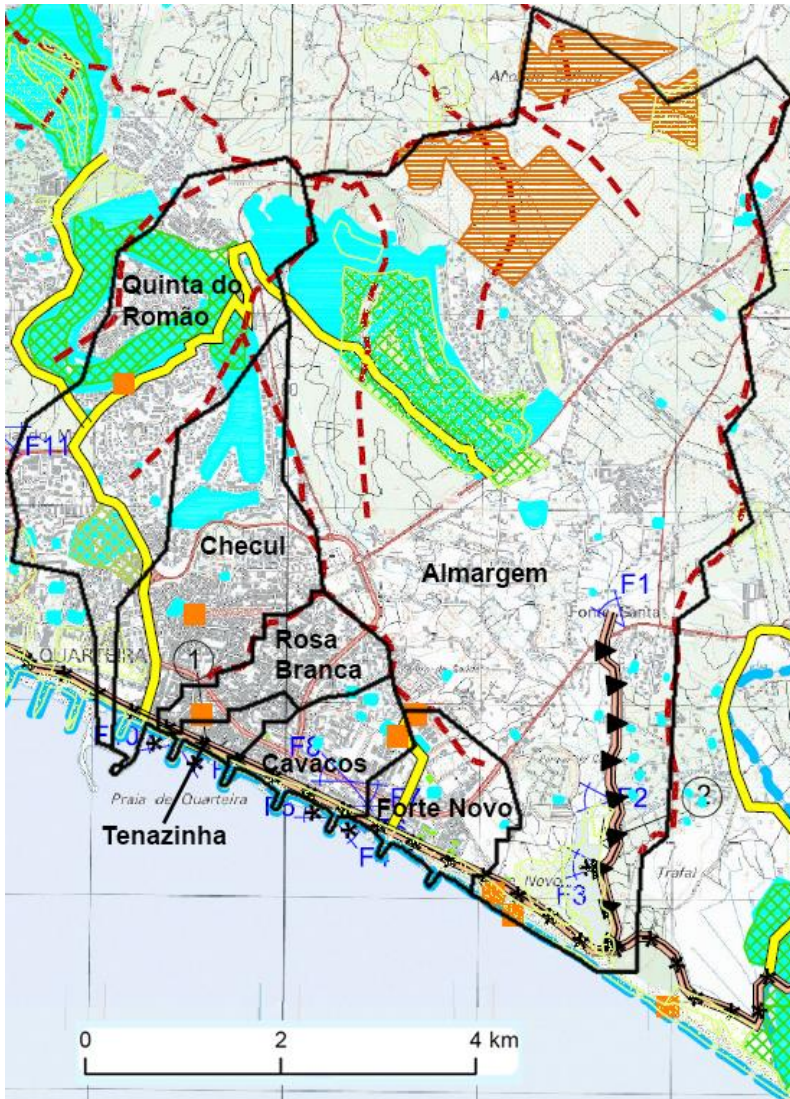
**Ocupação do solo**

- Culturas anuais + Pinheiro Manso e Bravo
- Culturas de regadio
- Culturas de sequeiro
- Misto de Pomares
- Pomares diversos
- Folhosas diversas (coberto > 50%)
- Folhosas diversas (coberto 30 a 50%)
- Folhosas diversas (coberto < 10%)
- Matos
- Pinheiro Manso (coberto > 50%)
- Pinheiro Manso + Sobreiro (coberto > 50%)
- Sobreiro (coberto > 50%)
- Citrinos
- Sistemas Culturais e parcelares complexos
- Praias, dunas, areias e solos sem cobertura vegetal
- Culturas anuais + Pinheiro Manso e Bravo
- Vegetação arbustiva alta e floresta degradada ou de transição
- Espaços verdes urbanos (florestais)
- Tecido Urbano Contínuo
- Tecido Urbano Descontínuo
- Outros Espaços fora do tecido urbano consolidado

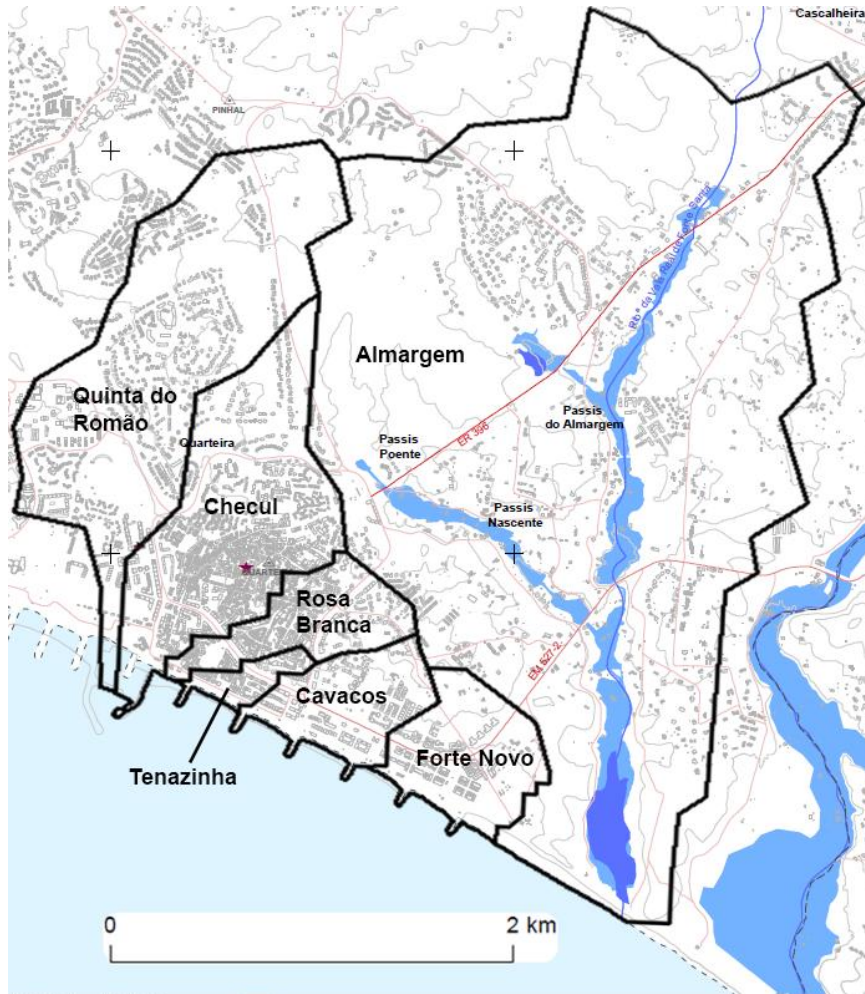
**XI.12. - Ocupação do Solo Atual para a área relativa à Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.11 – “Carta de Ocupação Actual do Solo”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé ( adaptado de Lorena & Rocha, 2009b)**



**XI.13.** - Paisagem e Estrutura Ecológica presente na Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborado a partir da Carta II.16 –“Paisagem e Estrutura Ecológica da Freguesia de Quarteira”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de DHV, 2008b)



**XI.14. - Delimitação das zonas inundáveis para a Bacia Hidrográfica da Cidade de Quarteira, elaborada a partir da Carta II.23 – “Zonas inundáveis”, no âmbito dos Estudos de Caracterização e Diagnóstico no Âmbito da Revisão do PDM de Loulé (adaptado de DHV, 2009c)**



- Referências administrativas
    - ★ Sede de Freguesia
    - Limite de Freguesia
  - Edificado
    - Construções
  - Limites Bacia Hidrográfica
    -
  - Referências topográficas
    - △ Vértices geodésicos
    - Curvas de nível
  - Rede hidrográfica
    - Planos de água
    - 1ª ordem
    - Outros cursos de água
  - Rede rodoviária
    - Itinerário principal
    - Itinerário complementar
    - Estrada regional / nacional
    - Estrada municipal
    - Outras vias
- Área inundada provável para T= 100 anos

## XII – Habitats Naturais e Seminaturais e espécies vegetais com valor patrimonial ou de interesse para a conservação - Bacia Hidrográfica da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa

O território abrangido pela Bacia Hidrográfica da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa, circunscreve-se às formações areníticas e arenosas da plataforma da Faixa Litoral, na qual a vegetação natural, potencial dos biótopos climatófilos, pertence à série termomediterrânica, seca a sub-húmida, Lusitana-Andaluza Litoral, psamófila de *Quercus suber* (Brás *et al.*, 2017). Quinto-Canas *et al.* (2012) identificam a cabeça de série ou etapa madura, que corresponde a um sobreiral de *Aro neglecti-Quercetum suberis*, dominado por *Quercus suber* e normalmente acompanhado por *Olea europaea* var. *sylvestris*. O sub-bosque é rico em lianas e elementos termófilos como *Smilax aspera* var. *altissima*, *Asparagus aphyllus*, *Rubia peregrina*, *Hedera maderensis* subsp. *iberica*, entre outros. Na orla, e como primeira etapa de substituição, surge um medronhal de *Phillyreo angustifoliae-Arbutetum unedonis*, dominado por *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Viburnum tinus*, *Erica arborea* e *Erica scoparia*. Com eliminação do coberto arbóreo e arbustivo, os medronhais cedem posição ao giestal psamofílico de *Cytisetum cabezudoi*, dominado por *Cytisus grandiflorus* subsp. *cabezudoi*. Sobre as coberturas arenosas, mais ou menos espessas, estas comunidades são secundadas pelos baraçais de *Armerio macrophyllae-Celticetum giganteae*, dominados por *Celtica gigantea*, frequentemente acompanhado pelos endemismos do Superdistrito Algárvico *Armeria macrophylla* e *Scilla odorata*. Com a degradação das condições do solo e vegetação, surgem os tojais de *Halimio halimifolii-Stauracanthetum genistoidis*, co-dominados por *Halimium halimifolium*, *Stauracanthus genistoides*, *Thymus albicans*, *Ulex australis*, e os sargaçais de *Cistetum bourgaeani*, dominados por *Cistus libanotis* e onde estão presentes outras plantas psamófilas, destacando-se o endemismo *Ulex argenteus* subsp. *subsericeus*, com distribuição restrita no Superdistrito Algárvico. Sobre substratos com horizonte de surraipa, sobretudo em litossolos paleopodzólicos ferruginosos hidromórficos, surge um tojal de *Tuberario majoris-Stauracanthetum boivinii*, dominado por *Stauracanthus boivinii* e onde pontifica o endemismo Algarviense *Tuberaria major*. Como etapas de maior degradação surge um arrelvado vivaz dominado por *Corynephorus canescens* var. *maritimus* (*Herniario maritimae-Corynephoretum maritimi*) e a comunidade terofítica de *Tolpido barbatae-Tuberarietum bupleurifoliae*, marcada pela presença de *Tuberaria guttata*, *Tolpis barbata* (olho-de-mocho) e do endemismo do território litoral e sub-litorais do sudoeste ibérico *Malcolmia triloba* subsp. *Gracilima* (Brás *et al.*, 2017).

Segundo Quinto-Canas *et al.* (2012), a maior parte da área de ocorrência potencial da etapa madura desta série de vegetação, encontra-se praticamente coberta por pinhais de *Pinus pinea*, ou mesmo destruída, face à forte pressão urbano-turística exercida sobre os territórios da faixa litoral representativa da área de estudo. Todavia, nas estações possuidoras de algum grau de preservação, ainda é possível observar manchas fragmentadas de comunidades vegetais regressivas da dinâmica serial (urzais/tojais,

esteveis, arrelvados vivazes e anuais). Ainda que, estas últimas comunidades correspondam a etapas avançadas de degradação dos bosques e respetivos matagais, apresentam frequentemente uma elevada diversidade florística, com presença de espécies raras ou endémicas, que devem ser alvo de medidas de preservação. Nas margens e leitos da ribeira dominam os canaviais nitrófilos de *Arundo donax*, filiaíveis na associação de *Arundini donacis-Convolutum sepium*, próprios de ambientes degradados resultantes de atividades antrópicas intensas e continuadas (agrícolas e pastoris) sobre os bosques edafo-higrófilos (Brás *et al.*, 2017; Quinto-Canas, 2014).

O troço inferior da bacia hidrográfica da Rib.<sup>a</sup> da Vala Real da Fonte Santa possui património ecológico e paisagístico singular, congregando ambientes naturalmente confinados, como praias, sistemas dunares e uma lagoa costeira. Ao nível lagunar, as depressões que antecedem os sistemas dunares da Praia do Cavalo Preto (Lagoa do Almargem), constituem superfícies costeiras com água salobra ou pouco salgadas (com salinidade variável) separadas do oceano por frágeis bancos de areia (Praia do Cavalo Preto). Trata-se de uma laguna costeira, com aberturas esporádicas ao oceano, onde os débitos da lâmina de água da Rib.<sup>a</sup> de Almargem não é suficiente para impedir a oclusão das areias que constituem a barra (excluindo os períodos de precipitação excecional que originam fortes correntes). Todavia, a abertura esporádica (natural ou artificial) permite a entrada de água salgada nesta lagoa, alterando o teor salino da água (ainda dependente da precipitação e posterior diminuição do volume de água por evaporação). É por isso relevante, para a disposição das comunidades potencialmente existentes, o nível de salinidade, a quantidade de água disponível ao longo do ano, a quantidade de matéria orgânica e valores do pH. Acresce que, a morfologia deste geossistema lagunar e foi profundamente alterada por intensas e continuadas interferências antrópicas (drenagem e aterros) ligadas às atividades agropecuárias e expansão urbano-turística. Assim sendo, nesta lagoa costeira a disposição e ocorrência das comunidades vegetais é bastante diversa e pode alterar-se rapidamente, principalmente com o aumento ou diminuição da salinidade (por fecho ou abertura da barra ao oceano). Entre as comunidades vegetais ocorrentes destaca-se a presença da minissérie dos tamargais arborescentes, dominados por *Tamarix africana* (*Polygono equisetiformis-Tamaricetum africanae*), frequentemente acompanhada pela planta característica nominal *Polygonum equisetiforme* e por outras plantas capazes de suportar um certo grau de salinidade, tais como *Juncus acutus* e *Juncus maritimus*. Com a degradação destes tamargais ocorrem os caniçais dominados por *Phragmites australis*, pertencentes à associação *Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*. Ocorrem ainda os juncais dominados por *Bolboschoenus maritimus*, *Juncus maritimus*, (*Polygono equisetiformisJuncetum maritimi*) e por *Juncus acutus* (*Holoschoeno vulgaris-Juncetum acuti*) e uma comunidade dominada por plantas que colonizam superfícies hidromórficas com nível freático próximo da superfície. Estes últimos, ocupam por isso solos húmidos mesooligotróficos com horizontes pseudogley, de textura argilo-limosa e relativamente ricos em iões devido ao fenómeno de ascensão de sais promovido pelo aumento da temperatura no solo durante a época estival (Brás *et al.*, 2017; Rivas-Martinez *et al.*, 1990). Nas dunas móveis embrionárias desenvolve-se a comunidade

halopsamófila de *Elytrigietum junceo-boreoatlanticae*, que se instala nos sectores mais planos até à frente de praia, invadidos pela ondulação - nas tempestades e marés vivas, e por isso sujeita a uma forte movimentação de areias e encharcamentos (acção direta da água salgada), associação dominada por *Elytrigia juncea* subsp. *boreoatlantica*, e onde estão presentes *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*, *Calystegia soldanella*, *Euphorbia paralias*, entre outras (Brás *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 1996; Costa *et al.*, 2005; ALFA, 2006; Ferreira & Gomes, 2002;). Nas dunas móveis ocorre uma comunidade dominada por *Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea* (*Loto cretici-Ammophiletum arundinaceae*), que coloniza dunas instáveis, onde as partículas arenosas não se encontram estabilizadas, e apresentam acentuadas mobilizações no sentido dos ventos dominantes. A localização desta permassérie está intimamente relacionada com o limite máximo hidrodinâmico (planta que não tolera encharcamentos, não suportando a acção direta da água salgada) e com a influência da salsugem do ar. Entre as plantas características desta comunidade, destaca-se a presença de *Lotus creticus*, *Crucianella marítima* e *Otanthus maritimus*. Nas dunas penestabilizadas, assiste-se a uma maior evolução pedogenética, maior acumulação de matéria orgânica, maior estabilidade das areias e velocidade do vento e uma menor influência da salsugem (quer no ar quer no solo). Nestas posições abrigadas dos ventos marítimos, verifica-se a presença fragmentada da associação *Artemisio crithmifoliae-Armerietum arundinaceae*, dominada por elementos arbustivos camefíticos psamófilos: *Armeria pungens*, *Artemisia campestris* subsp. e *Helichrysum italicum* subsp. *Picardi* (Brás *et al.*, 2017; Ferreira & Gomes, 2002;).

Com o intenso desenvolvimento urbano que orientou a expansão da cidade de Quarteira, tornaram-se evidentes as alterações ao nível da flora existentes na área em estudo, e podem hoje ser identificadas muitas outras espécies de plantas, arbustos e árvores, para além das já existentes, em meio natural ou introduzidas como elementos decorativos nos arruamentos da cidade, presentes em estruturas urbanas comuns como canteiros e caldeiras de árvores. São identificadas as seguintes espécies, *Schinus molle*, *Ficus elástica*, *Lantana camara*, *Nerium oleander*, *Tipuana tipu*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Cordyline indivisa*, *Ficus carica*, *Myoporum laetum*, *Citrus sinensis*, *Washingtonia robusta*, *Celtis australis*, *Jacaranda momosifolia*, *Cupressus sempervirens* sp., *Prunus cerasifera* var. *pissardii*, *Platanus occidentalis*, *Araucaria*, *Arecastrum romanzoffianum*, *Casuarina equisetifolia*, *Phoenix canariensis*, *Phoenix dactylifera*, *Strelitzia reginae*, *Populus* sp., *Cercis siliquastrum*, *Olea europaea*, *Washingtonia filifera*, *Acer pseudoplatanus*, *Hibiscus rosa sinensis*, *Pinus pinea*, *Cedrus*, *Pyracanthas coccinea*, *Tamarix africana*, *Yucca elephantipes*, *Chamaerops humilis*, *Pinus pinaster*, *Agave americana* sp., *Platanus* sp., *Pittosporum tobira*, *Quercus suber*, *Robinia pseudoacacia*, *Ligustrum japonicum*, *Musa*, *Magnolia grandiflora*, *Salix babylonica*, *Platanus orientalis*, *Washingtonia* sp. e *Eriobotrya japónica* (CML, n.d.).

Em relação às espécies vegetais com valor patrimonial ou de interesse para a conservação, destaca-se a presença de:

*Bellevalia hackelii*;

*Convolvulus pentapetaloides*;

*Genista hirsuta* subsp. *algarbiensis*;

*Juniperus turbinata*;

*Sideritis arborescens* subsp. *lusitanica*;

*Thymus lotocephalus*<sup>4</sup> (espécie prioritária do Anexo II da Directiva 92/43/CEE);

*Narcissus calcicola* (Anexo II da Directiva 92/43/CEE);

*Ranunculus macrophyllus*;

*Klasea baetica* subsp. *lusitanica*;

*Spiranthes spiralis*;

*Stauracanthus boivinii*;

*Tuberaria major*<sup>4</sup> (espécie prioritária do Anexo II da Directiva 92/43/CEE);

*Thymus albicans*;

*Cistus libanotis*;

*Ulex argenteus* subsp. *subsericeus*;

*Armeria macrophylla*;

*Dianthus broteri* subsp. *hinoxianus*;

*Malcolmia triloba* subsp. *gracilima* (Anexo V da Directiva 92/43/CEE) ;

*Narcissus bulbocodium* (Anexo V da Directiva 92/43/CEE) ;

*Mandragora autumnalis*;

*Linaria algarviana* (Anexo II da Directiva 92/43/CEE) ;

*Frankenia boissieri*;

*Ononis variegata*;

*Plantago macrorrhiza*.

No território em estudo destaca-se a presença dos seguintes habitats naturais e seminaturais de interesse comunitário da Directiva 92/43/CEE:

2110 – Dunas móveis embrionárias;

2120 – Dunas móveis do cordão dunar com *Ammophila arenaria* (“dunas brancas”) \*2130 – Dunas fixas com vegetação herbácea (“dunas cinzentas”);

2150<sup>5</sup> - Dunas fixas descalcificadas atlânticas (*Calluno-Ulicetea*);

---

<sup>5</sup> Habitat prioritário

- 2190 – Depressões húmidas intradunares;
- 2230 - Dunas com prados da *Malcolmietalia*;
- 2260 - Dunas com vegetação esclerófila da *Cisto-Lavenduletalia*;
- 2270<sup>4</sup> – Dunas com florestas de *Pinus pinea* ou *Pinus pinaster* subsp. *atlantica* 2330 - Dunas interiores com prados abertos de *Corynephorus* e *Agrostis*;
- 4030 - Charnecas secas europeias;
- 5330 – Matos termomediterrânicos pré-desérticos;
- 6210<sup>4</sup> - Prados secos seminaturais e fácies arbustivas em substrato calcário; *Festuco-Brometalia* (importantes habitats de orquídeas);
- 6220<sup>4</sup> - Subestepes de gramíneas e anuais da *Thero-Brachypodietea*;
- 6420 – Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da *Molinio-Holoschoenion*;
- 8210 - Vertentes rochosas calcárias com vegetação casmofítica;
- 92D0 - Galerias e matos ribeirinhos meridionais (*Nerio-Tamaricetea* e *Securinegion tinctoriae*);
- 9340 - Florestas de *Quercus ilex* e *Quercus rotundifolia*;
- 9560<sup>4</sup> - Florestas endémicas de *Juniperus* spp.

## XIII - Inquérito

# Quarteira, uma Cidade Sensível à Água.

Este questionário surge no âmbito do desenvolvimento de uma dissertação do Mestrado em Ciclo Urbano da Água, intitulada "Water-Sensitive Urban Design para a criação de uma *Water Sensitive City*, Caso de Estudo: Quarteira". O anonimato das respostas é garantido.

Agradecemos desde já a sua colaboração!

**\*Obrigatório**

## Âmbito

1. Está a responder a este questionário a título: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Individual      *Avançar para a pergunta 2*
- Institucional      *Avançar para a pergunta 5*

Dados Sociodemográficos.

2. Idade. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- 18 - 30 anos
- 31 - 40 anos
- 41 - 50 anos
- 51 - 65 anos
- + de 65 anos

3. Habitações literárias. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Ensino Básico
- Ensino Secundário
- Ensino Superior

4. Qual a sua relação com a cidade de Quarteira? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sou residente em Quarteira
- Não sou residente, mas exerço a minha atividade profissional em Quarteira
- Não resido nem trabalho em Quarteira, mas a minha atividade profissional tem relação com a cidade
- Outra:

---

*Avançar para a pergunta 8*

Dados Institucionais.

5. Instituição que representa. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Administração local
- Administração regional
- Administração central
- Organização Não Governamental
- Associação sem fins lucrativos
- Estabelecimento de ensino/investigação
- Outra:

---

6. Âmbito territorial de atuação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concelho de Loulé (e.g., C. M. de Loulé)
- Cidade de Quarteira (e.g., Junta de Freguesia de Quarteira)
- Associação de Moradores ou de utentes
- Região do Algarve (e.g., AMAL, APA)
- Outra: \_\_\_\_\_

7. Âmbito de atuação da entidade. \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Água e Saneamento
- Ambiente
- Cidadania
- Construção e Manutenção de Edifícios
- Espaços Verdes
- Infraestrutura Municipais
- Planeamento e Ordenamento do Território
- Proteção Civil
- Reabilitação Urbana
- Saúde Pública
- Sustentabilidade
- Urbanismo

Outra:  \_\_\_\_\_

*Avançar para a pergunta 8*

## A Cidade Sensível à Água

O trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma estratégia que promova a transição da cidade de Quarteira para uma Cidade Sensível à Água (CSA) através de uma estratégia fundamentada na abordagem de Desenho Urbano Sensível à Água (cuja terminologia original é *Water Sensitive Urban Design*, representada pela sigla *WSUD*) por meio de Melhores Práticas de Gestão (MPGs), cujos principais objetivos são:

-Promover a adaptação e aumento da resiliência da cidade, face à ocorrência de eventos climáticos extremos (e.g., precipitação excessiva, ondas de calor e secas); Promover a adaptação e aumento da resiliência da cidade, face à ocorrência de tratamento do escoamento superficial, promovendo assim a redução de caudais de Valorizar o papel dos espaços verdes urbanos na recolha, retenção, transporte e tratamento do escoamento superficial, promovendo assim a redução de caudais de cheia, melhoria da qualidade do escoamento superficial urbano, mitigação do efeito de ilha de calor urbana e dos efeitos de ondas de calor, proteção de ecossistemas naturais e aumento da biodiversidade; Consciencializar e sensibilizar a

comunidade acerca dos benefícios da CSA através da sua participação e integração no processo de gestão do Ciclo Urbano da Água.

8. Sabe o que é uma Cidade Sensível à Água? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Vagamente
- Não sabe/não responde

9. Considera que a transição da cidade de Quarteira para uma Cidade Sensível à Água é uma mais-valia para a cidade e os seus habitantes? \* *Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Talvez
- Não sabe/não responde

10. Considera o papel da comunidade um fator decisivo no processo de transição de Quarteira para uma Cidade Sensível à Água? \* *Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Talvez

11. Indique qual a principal condicionante no processo de transição de Quarteira para uma Cidade Sensível à Água? \* *Marcar apenas uma oval.*

- Recursos financeiros
- Resistência à mudança de comportamentos e práticas
- Recursos técnicos
- Outra:

## Bacia e sub-bacias hidrográficas que dominam a Cidade de Quarteira



12. Em qual das sub-bacias identifica áreas mais expostas aos impactos de eventos climáticos extremos (e. g., precipitação extrema, ondas de calor e secas)? \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Alargem
- Cavacos
- Checul
- Forte Novo
- Quinta do Romão
- Rosa Branca
- Tenazinha

As Melhores Práticas de Gestão Estruturais (MPGs Estruturais) no domínio da abordagem de Desenho Urbano Sensível à Água propostas na estratégia de transição são apresentadas na figura abaixo.

Através do seguinte link poderá obter mais informações acerca destas estruturas:

<https://docs.google.com/document/d/1wUGBfMvonVtWlIttgXRpsLuo8051ieglWSRGpJOZJ0c/edit?usp=sharing>

MPGs Estruturais e respetivas funções.



- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| ① Dispositivo de recolha de resíduos sólidos           | ⑥ Faixa filtrante                     |
| ② Pavimentos permeáveis                                | ⑦ Bacia de biorretenção               |
| ③ Sistema de recolha e armazenamento de águas pluviais | ⑧ ⑨ Vala de biorretenção              |
| ④ Coberturas Verdes                                    | ⑩ Canteiro arborizado de biorretenção |
| ⑤ Bacia de retenção                                    | ⑪ ⑫ Jardim Chuva                      |

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Controlo da qualidade da água ① | Atenuação e Retenção ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫           |
| Controlo na origem ③ ④          | Tratamento ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫                         |
| Reutilização ③                  | Redução efeito de ilha de calor urbana ④ ⑩ ⑪ ⑫ |
| Infiltração ② ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫     | Habitat ④ ⑩ ⑪ ⑫                                |

Aquando de eventos de precipitação excessiva é frequente que algumas áreas da cidade de Quarteira estejam sujeitas a fenómenos de cheias urbanas (inundações), como os que são demonstrados abaixo. De forma a mitigar tais impactos, é necessário que sejam implementadas *MPGs* Estruturais tanto na origem como a montante de tais áreas. Nas perguntas seguintes, é pedido que sejam identificadas quais as *MPGs* Estruturais mais adequadas para mitigar os riscos associados aos eventos climáticos extremos (e.g., precipitação excessiva), com base nas funções identificadas.



13. As imagens abaixo apresentam três pontos críticos localizados na sub-bacia hidrográfica da Checul. Indique quais as *MPGs* Estruturais que considera que melhor se adequam à mitigação dos impactos de eventos climáticos extremos nestes pontos.

\*



*Marcar tudo o que for aplicável.*

	2	3	8, 9	10
MPG Estrutural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. As imagens que se apresentam agora encontram-se a montante dos pontos críticos identificados anteriormente. Quais as *MPGs* Estruturais que pensa melhor solucionar os problemas dos pontos críticos apresentados na pergunta anterior? \*



Marcar tudo o que for aplicável.

	1	2	7	8, 9
MPG Estrutural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. As zonas que se apresentam agora estão também a montante dos pontos críticos, no entanto o nível de impermeabilização do solo favorece a implementação de outras *MPGs* Estruturais. Que soluções julga serem mais adequadas? \*



Marcar tudo o que for aplicável.

	1	2	3	10
MPG Estrutural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Identifique, nas seguintes questões, duas áreas na Cidade de Quarteira que considere críticas face a eventos climáticos extremos (e.g., precipitação excessiva, ondas de calor).

16. Área crítica 1 (e.g., Nome da Rua, Quarteira). \*

17. Área crítica 2 (e.g., Nome da Rua, Quarteira).

---

18. Considera que as *MPGs* Estruturais apresentadas acima podem ser uma mais valia para reduzir os riscos associados aos eventos climáticos extremos? \* *Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Talvez

19. Comentários e sugestões de melhoria acerca do trabalho e objetivos propostos.

---

---

---

---

---

---

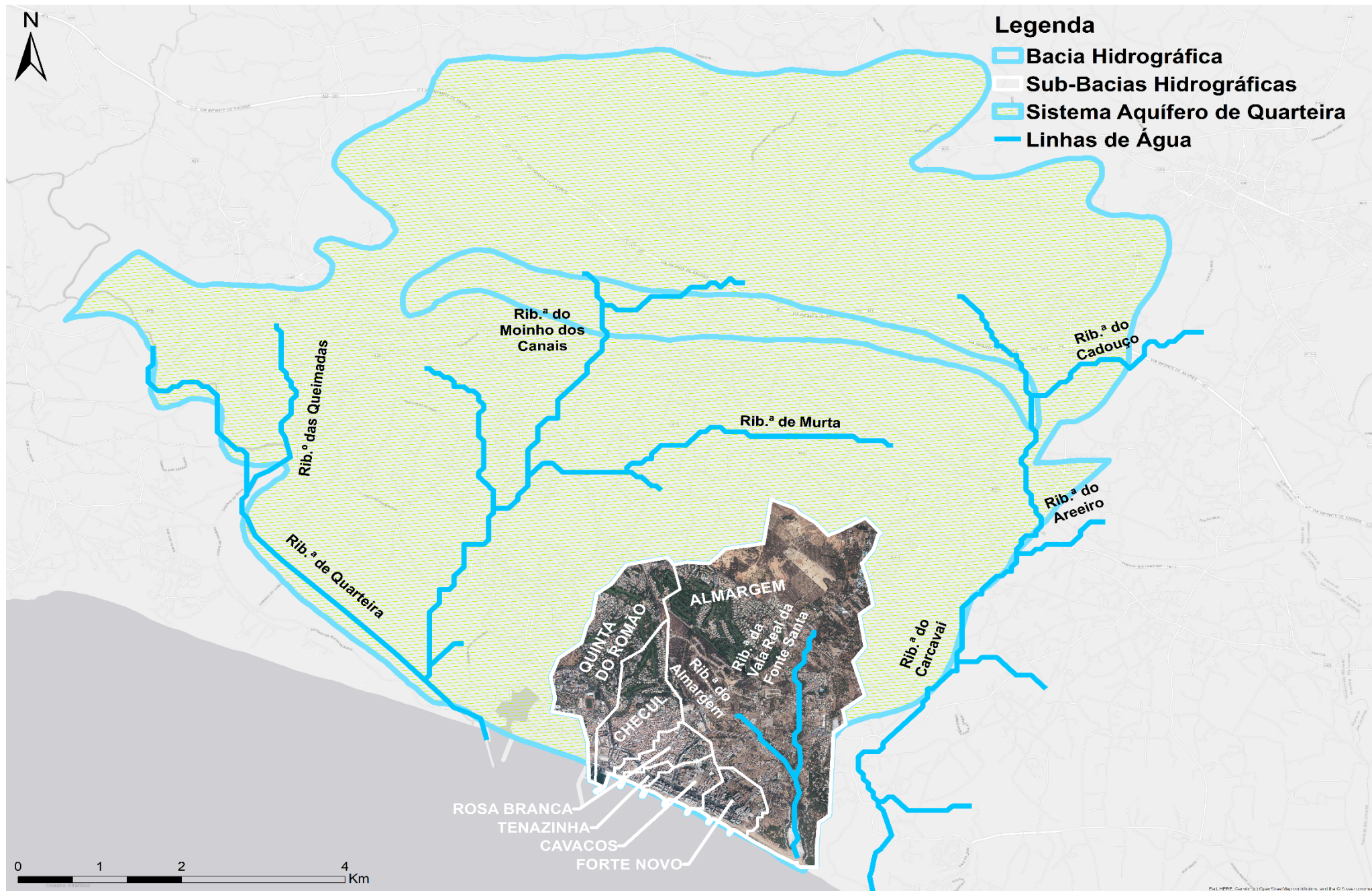
## *Peças Desenhadas*

- I.** Limites Administrativos da Freguesia de Quarteira.
- II.** Principais Massas de Água.
- III.** Carta de Solos.
- IV.** Permeabilidade Potencial do Solo.
- V.** *Sub-Bacia Hidrográfica de Almargem* - localização das intervenções.
- VI.** *Sub-Bacia Hidrográfica dos Cavacos* - localização das intervenções.
- VII.** *Sub-Bacia Hidrográfica da Checul* - localização das intervenções.
- VIII.** *Sub-Bacia Hidrográfica do Forte Novo* - localização das intervenções.
- IX.** *Sub-Bacia Hidrográfica da Quinta do Romão* - localização das intervenções.
- X.** *Sub-Bacia Hidrográfica da Rosa Branca* - localização das intervenções.
- XI.** *Sub-Bacia Hidrográfica da Tenazinha* - localização das intervenções.

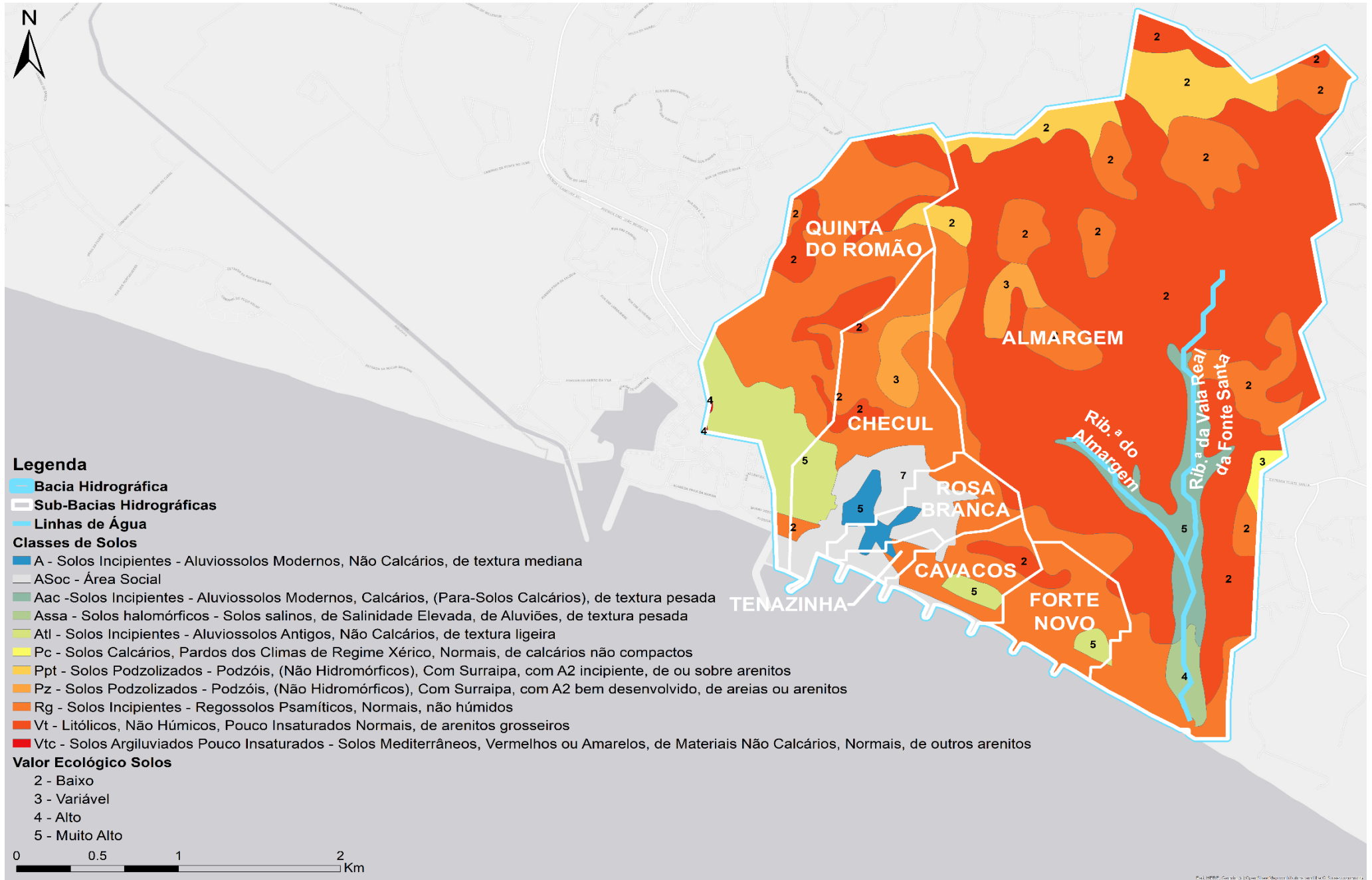
# I-Limites Administrativos da Freguesia de Quarteira



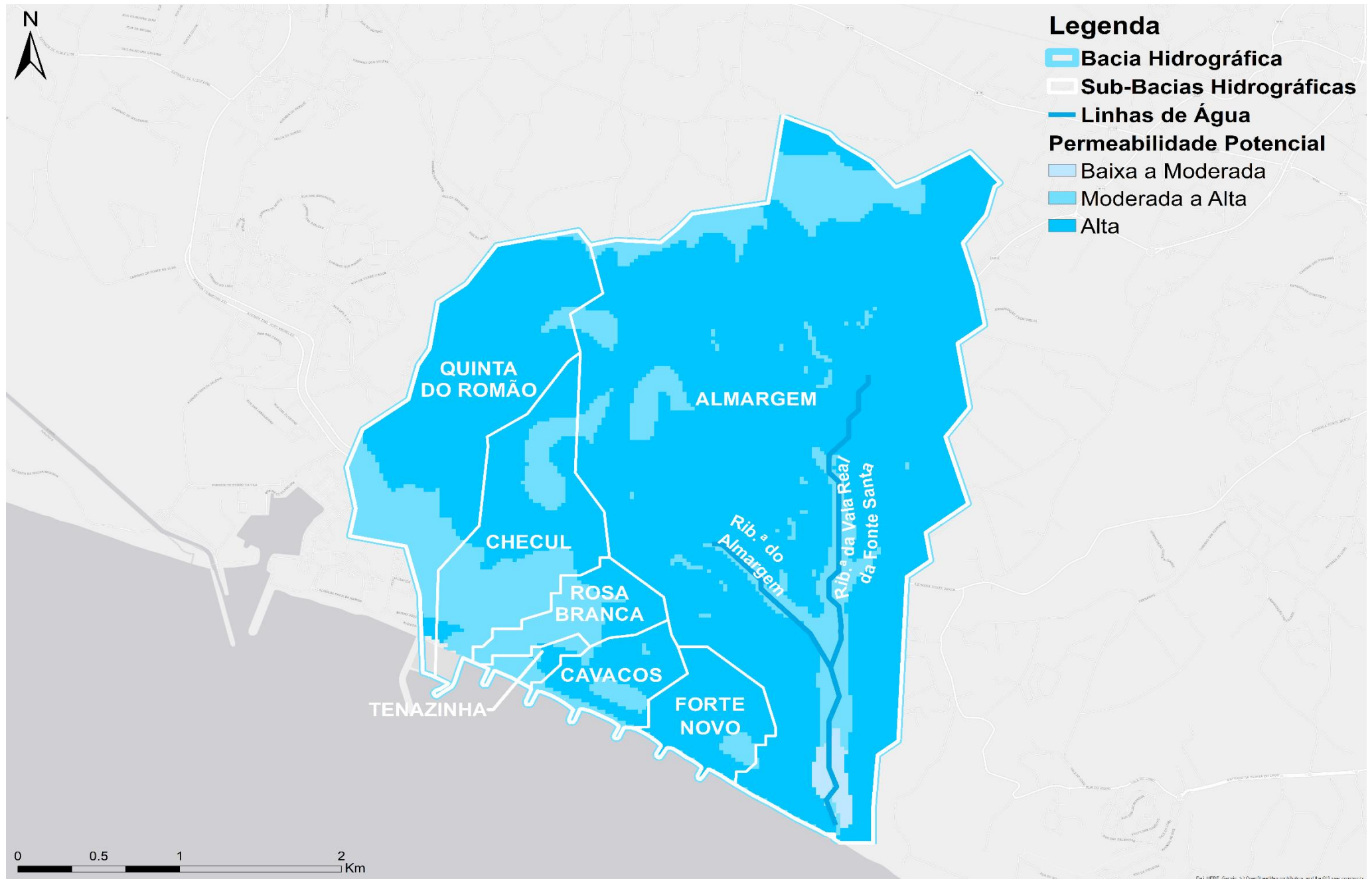
## II - Principais Massas de Água



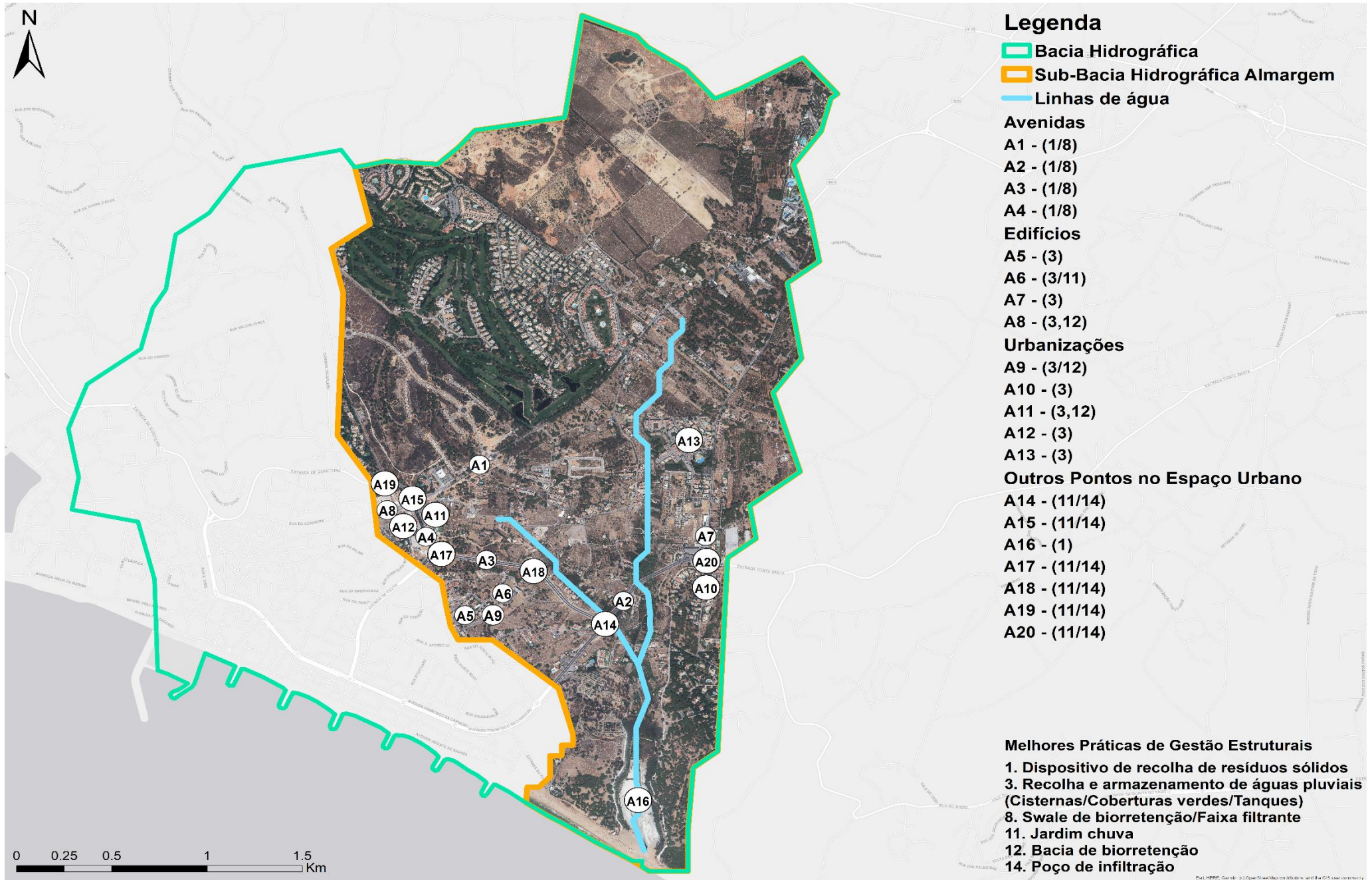
### III- Carta de Solos



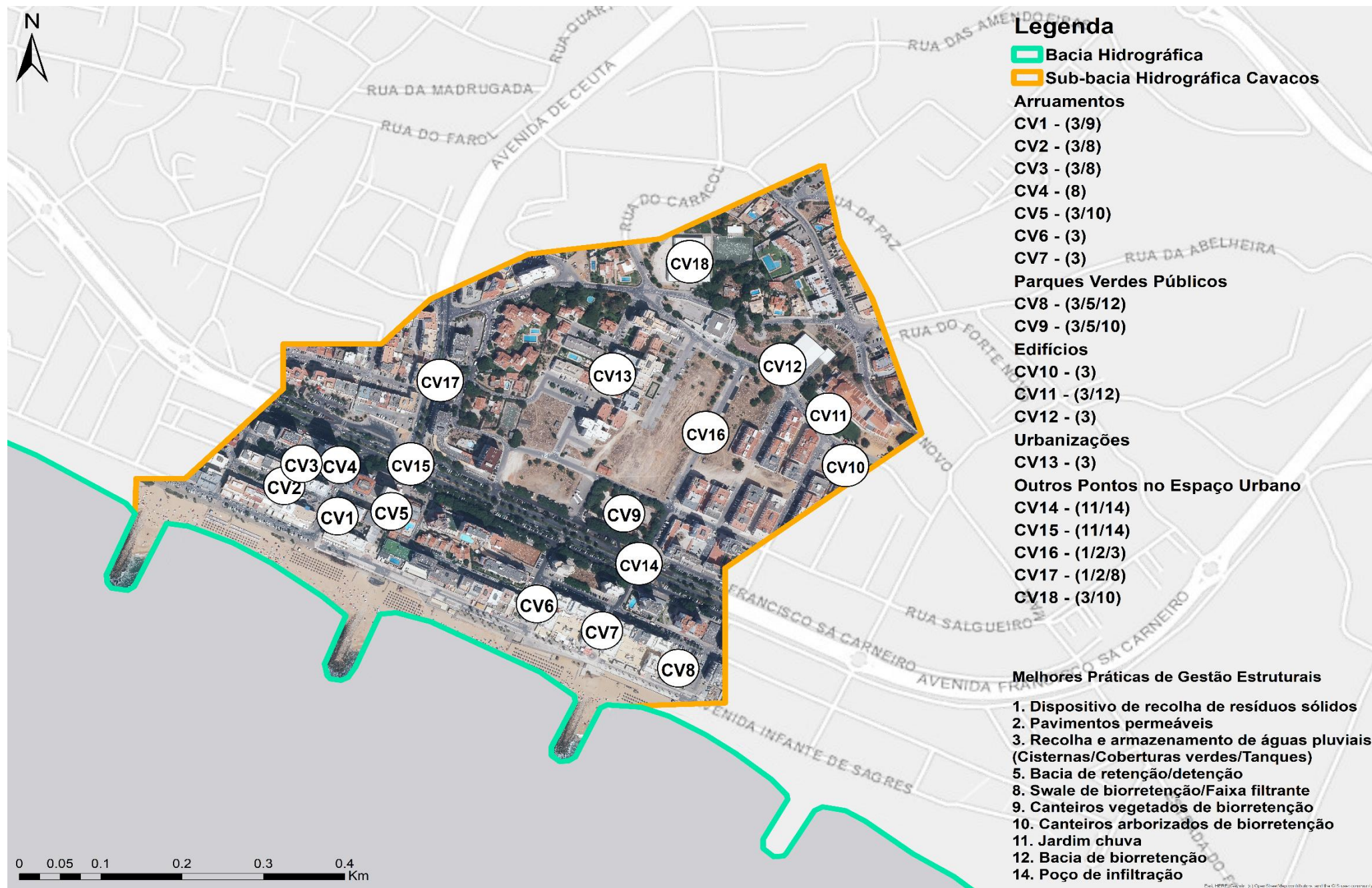
## IV - Permeabilidade Potencial



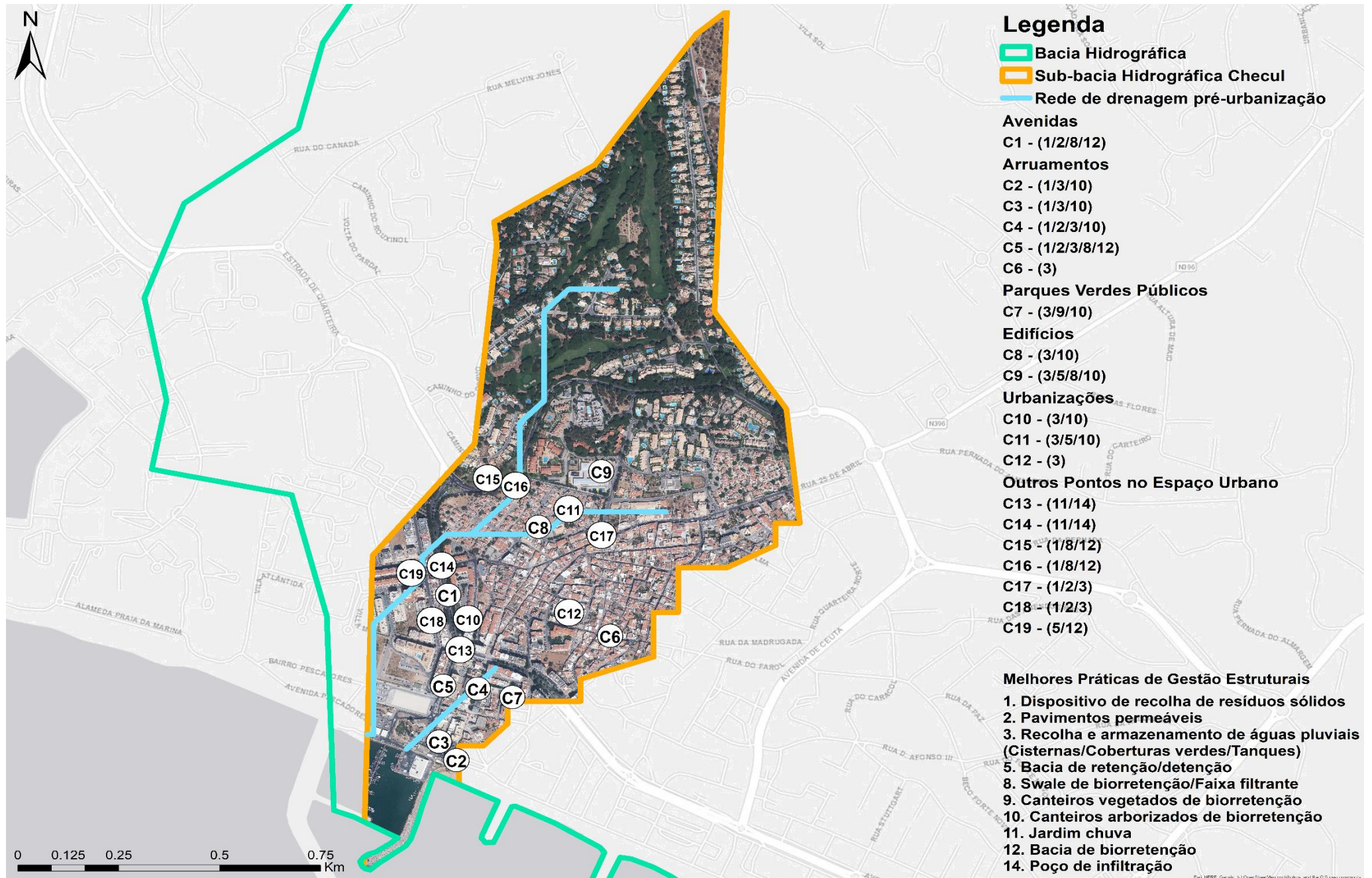
## V - Sub-Bacia Hidrográfica de Almargem - localização das intervenções



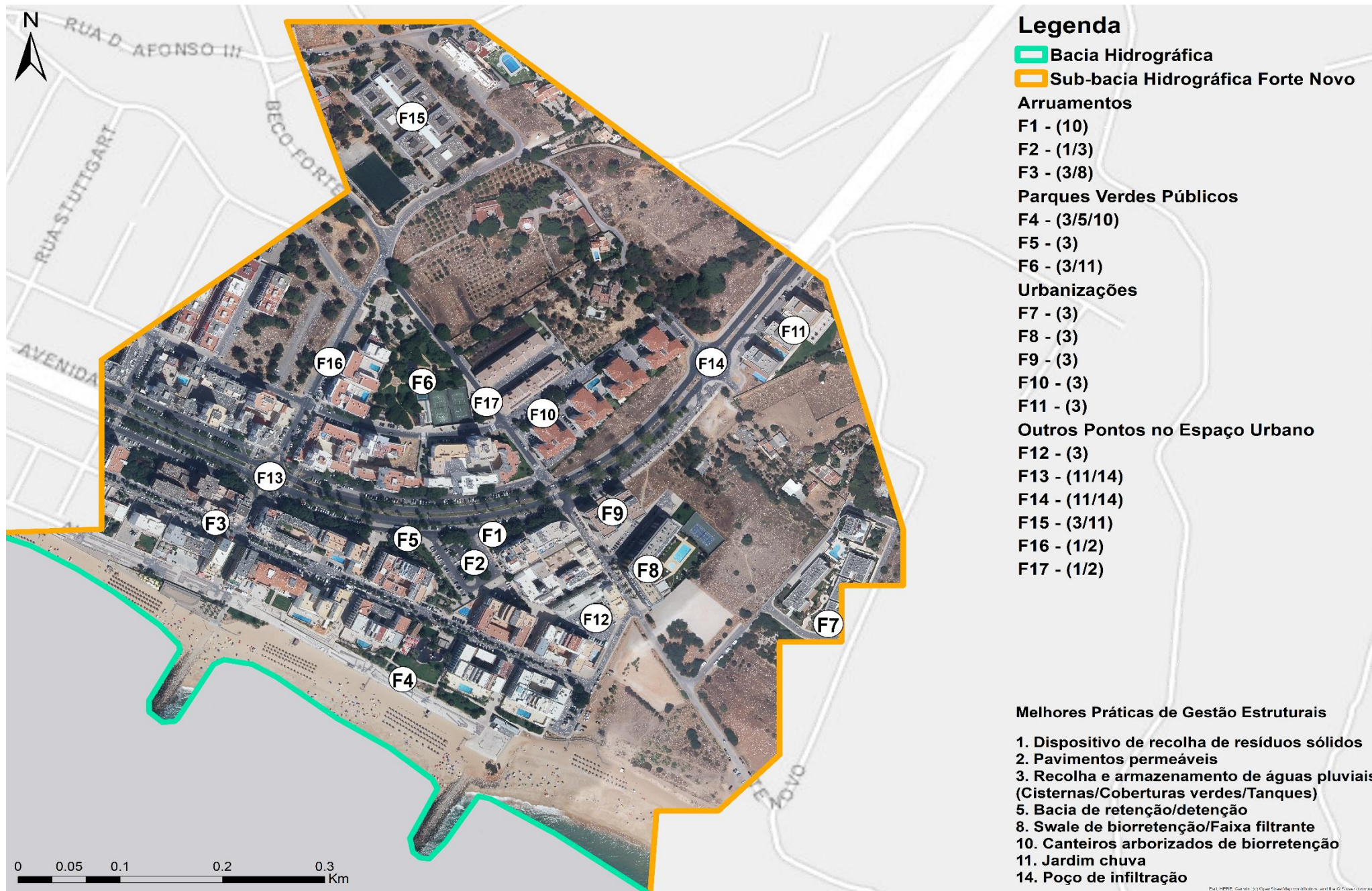
## VI - Sub-Bacia Hidrográfica dos Cavacos - localização das intervenções



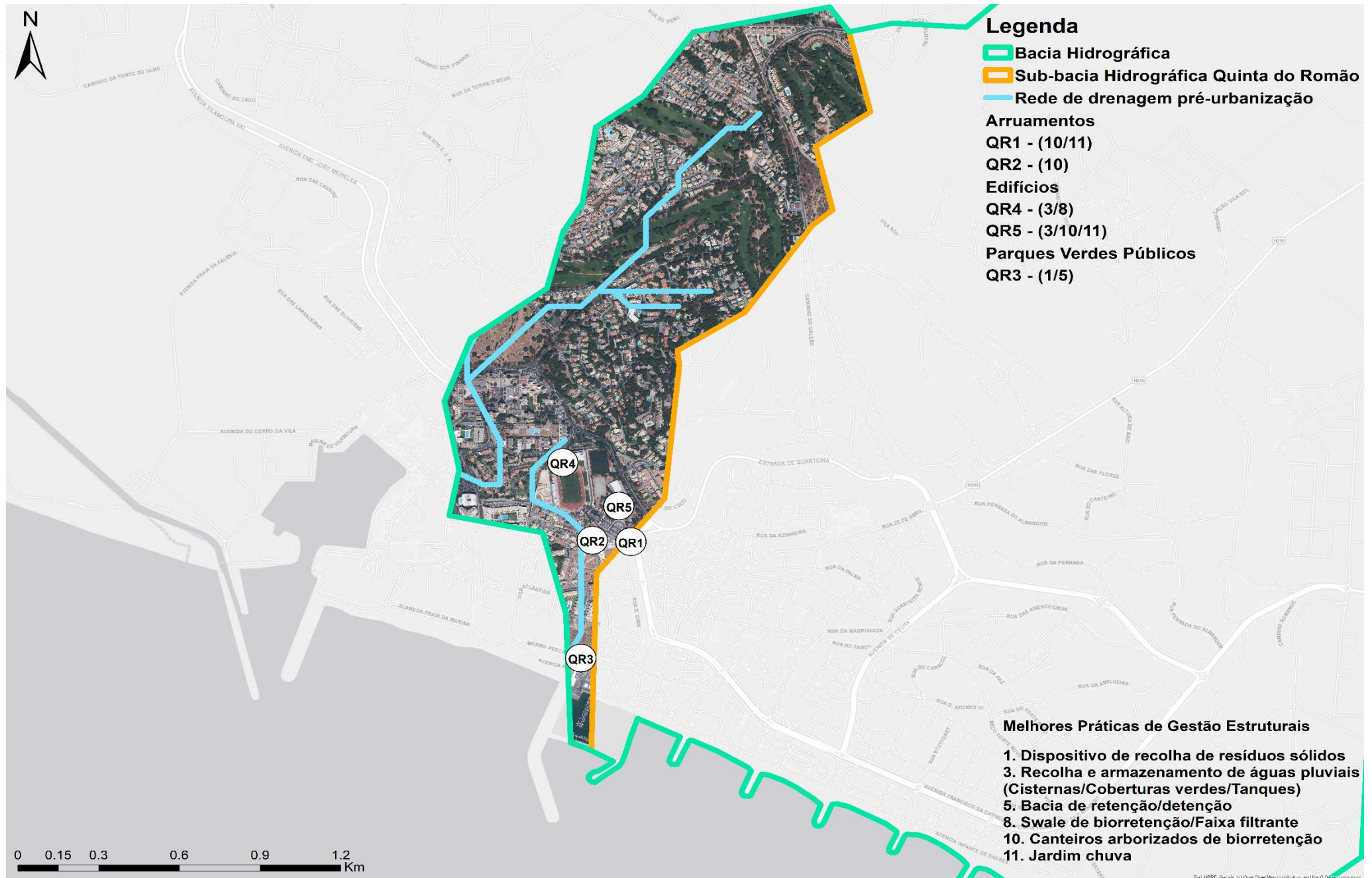
## VII - Sub-Bacia Hidrográfica da Checul - localização das intervenções



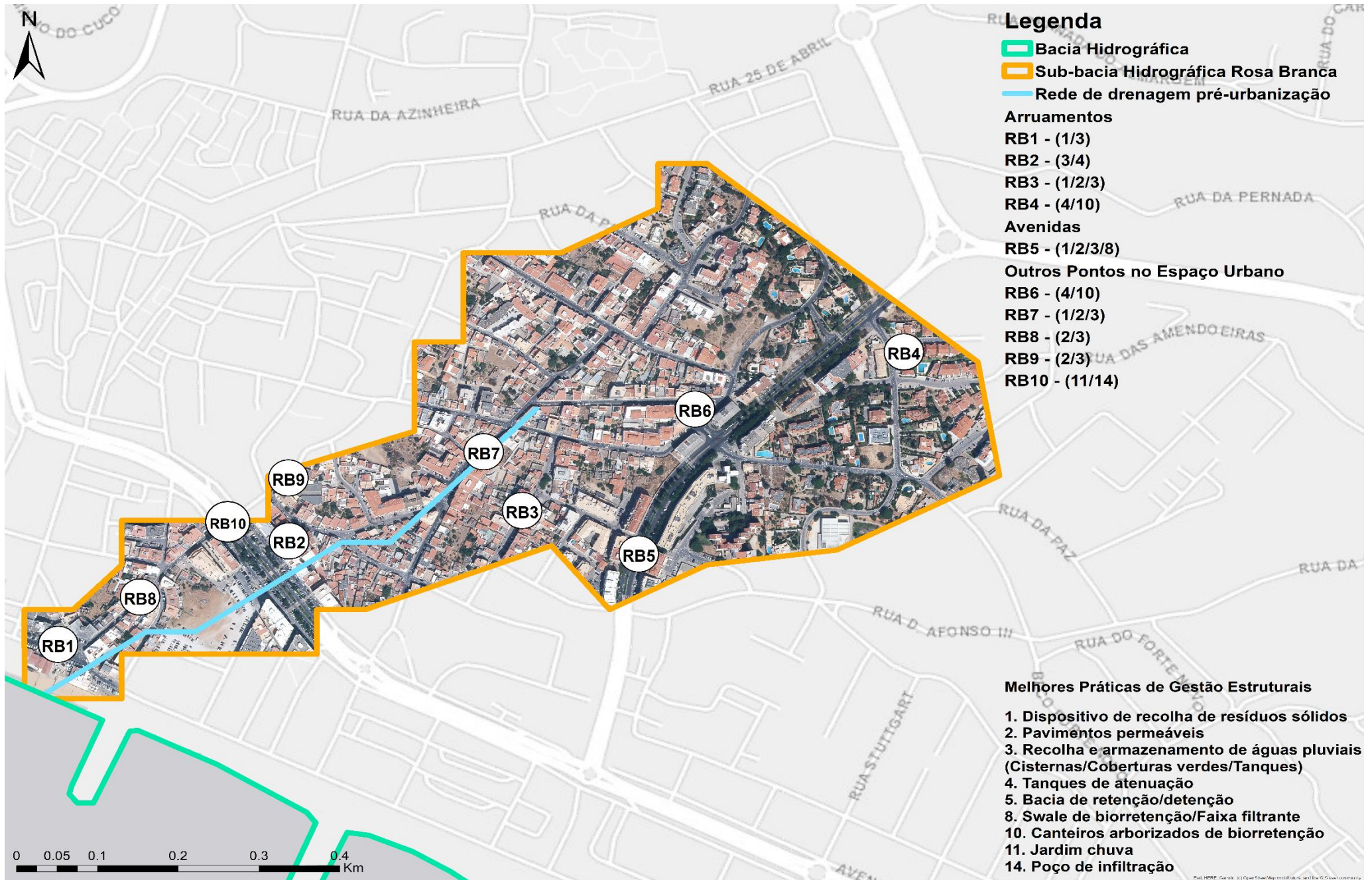
## VIII - Sub-Bacia Hidrográfica do Forte Novo - localização das intervenções



## IX - Sub-Bacia Hidrográfica da Quinta do Romão - localização das intervenções



## X - Sub-Bacia Hidrográfica da Rosa Branca- localização das intervenções



## XI - Sub-Bacia Hidrográfica da Tenazinha - localização das intervenções

