

Carla Margarida Martins dos Santos

**Implementação de uma *Blue-Green Infrastructure*
no Jardim das Comunidades em Almancil - Loulé**



UAAlg

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instituto Superior de Engenharia

2021

Carla Margarida Martins dos Santos

**Implementação de uma *Blue-Green Infrastructure*
no Jardim das Comunidades em Almancil - Loulé**

Mestrado em Ciclo Urbano da Água
Trabalho efetuado sob a orientação de:
Prof. Doutora Manuela Moreira da Silva –ISE/ UAlg



UAlg

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instituto Superior de Engenharia

2021

Implementação de uma *Blue-Green Infrastructure* no Jardim das Comunidades em Almancil - Loulé

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluídas.

A candidata:

Assinatura: _____

Carla Margarida Martins dos Santos

“Copyright” em nome de Carla Margarida Martins dos Santos.

“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

Pretendo agradecer à equipa da Câmara Municipal de Loulé, pela oportunidade de realização deste estudo, e em particular à Unidade Operacional de Adaptação às Alterações Climáticas da Direção Municipal de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e à Divisão de Espaços Verdes, Transportes e Oficinas, nas pessoas da Dr. Lídia Terra, Eng. Horácio Carvalho, Eng. David Silva e Eng. Mário Ferreira por toda a disponibilidade demonstrada, ajuda na recolha de toda a informação e apoio permanente.

Agradeço à minha orientadora Prof. ^a Doutora Manuela Moreira da Silva pela sua disponibilidade, ensinamentos e amizade.

À minha mãe por estar comigo em todos os momentos e pelo colo nos momentos de desânimo.

Aos meus amigos mais próximos: Kim, Leandro e Jorge Simão.

Ao meu namorado e pai do meu filho.

Ao meu filho Marcelo.

Resumo

Este estudo pretendeu dar continuidade ao trabalho de otimização da performance ambiental do Jardim das Comunidades, de forma a melhorar a sua resiliência às alterações climáticas e a otimizar-se os serviços ecossistémicos que assegura à comunidade de Almancil. Assim desenvolveu-se um projeto para uma *Blue-Green Infrastructure* (BGI) integrando o lago existente, para se melhorar a resposta a eventos de precipitação extrema e se diminuir o uso de água tratada para consumo humano na rega. Na primeira parte deste estudo foram implementadas medidas para se corrigir a hidrodinâmica do lago que em conjunto com a utilização de plantas macrófitas, asseguram a não existência de zonas anóxicas e previnem fenómenos de eutrofização. Em seguida foi projetada uma BGI para recolha e utilização de água da chuva, que para além do lago, integra de baixo do solo um reservatório de água e um tanque de infiltração para recarga do aquífero Campina Faro. Esta BGI contribuirá para o armazenamento de mais 540 m³ de água da chuva e que a partir do 2º ano de funcionamento deverá ser suficiente para a rega dos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, permitindo assim, uma poupança anual média de 975 m³. Este volume corresponde à água que aproximadamente metade da população de Almancil gasta por dia, representa um consumo energético de 858 kWh e emissão de pelo menos 274 kg de CO₂.

Este tipo de abordagem ecohidrológica é considerada uma prioridade no Pacto Ecológico Europeu onde se consideram fundamentais estudos deste tipo, aplicados aos espaços verdes urbanos, para que se criem ferramentas de gestão inteligente e preventiva, baseada na aquisição e análise de dados de forma científica, permitindo manter Natureza nas cidades e melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Palavras-Chave: Uso Eficiente da Água; Água da Chuva; Espaços Verdes Urbanos; *Blue-Green Infrastructures*

Abstract

This study aimed to contribute to the improvement of the Jardim das Comunidades environmental performance, increasing its resilience to climate change and promoting the ecosystem services to the community of Almancil. It was developed a project for a Blue-Green Infrastructure (BGI), including the existing lake, to improve the response to extreme precipitation events and to reduce the use of treated water for human consumption in irrigation. In the first part of this study, several measures were implemented to correct the lake hydrodynamics and were used macrophyte plants, to ensure the non-existence of anoxic zones and to avoid eutrophication phenomena. After that, a BGI was designed to collect and use rainwater for irrigation, using the lake, an underground reservoir, and an infiltration tank to recharge the Campina Faro aquifer. This BGI will contribute to the storage of over 540 m³ of rainwater, and from the 2nd year of operation it should be enough to supply water for irrigation in the months of January, February, March and December, saving an annual average of 975 m³. This water volume corresponds to approximately half of the Almancil population water needs per day, and represents an energy consumption of about 858 kWh and emission of at least 274 kg of CO₂.

This kind of ecohydrological approach is considered a priority in the Green Deal where these studies are recommended to urban green spaces. For a sustainable resources management, we need more smart and preventive tools, based on data acquisition and on its scientific analysis, in order to the maintenance of Nature in cities and improving people's quality of life.

Key words: Efficient Water Use; Rain water; Urban Green Spaces; Blue-Green Infrastructure

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
I INTRODUÇÃO	1
I.1 Enquadramento	1
I.2 Evolução Demográfica e Migração para as Cidades	2
I.3 Alterações Climáticas.....	4
I.4 O Ciclo Urbano da Água e a Sustentabilidade das Cidades.....	10
I.5 Water Sensitive Cities.....	12
I.5.1 Desenvolvimento de Baixo Impacte e Boas Práticas na Gestão de Água.....	14
I.5.2 Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável.....	15
I.5.3 Water Sensitive Urban Design.....	16
I.5.4 Soluções Baseadas na Natureza (SBN).....	18
I.6 As Blue-Green Infraestruturas.....	19
I.7 Caso de estudo.....	22
I.8 Objetivos	23
II METODOLOGIA.....	24
II.1 Hidrodinâmica do Lago.....	24
II.2 Consumos de Água na Rega.....	29
II.3 Pluviosidade.....	29
II.4 Topografia.....	30
III DESENVOLVIMENTO DA <i>BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE</i> (BGI).....	31
III.1 Dimensionamento dos Reservatórios da BGI.....	31
III.2 Desempenho da BGI.....	34
III.3 Materiais e Localização dos Reservatórios.....	37

I.V CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS.....	39
V REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
Anexo I.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição da percentagem de população urbana e tamanho das cidades previstos para 2030 (UN, 2018).....	3
Figura 2. Previsão do aumento de dias extremamente quentes por década e da intensidade dessas temperaturas extremas (adapt. IPCC, 2021).....	5
Figura 3. Emissões de gases com efeito de estufa per capita no espaço comunitário (PORDATA, 2020).....	6
Figura 4. Alterações previstas para a precipitação média anual e a precipitação média durante o verão na região do Mediterrâneo (adapt. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-changes-in-annual-and-3).....	7
Figura 5. Evolução do nível médio das águas do mar desde 1880 (adapt. https://cienciaclima.com.br).	8
Figura 6. Representação esquemática de uma bacia hidrográfica natural e de uma bacia hidrográfica urbana (Susdrain, 2012).....	11
Figura 7. Esquema de uma Water Sensitive City (CRCWSC, 2014).....	13
Figura 8. Os quatro princípios dos Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (Woods-Ballard et al., 2015).....	16
Figura 9. Balanço hídrico urbano na abordagem tradicional e no WSUD (Hoban et al., 2006)	17
Figure 10. Estados de evolução na gestão urbana de água (Brown et al., 2008).....	17
Figura 11. Benefícios das Blue-Green Infrastructure (RLCL, 2016).....	20
Figura 12. Jardins de Chuva, Nova Iorque.....	21
Figura 13. Planta do lago com os pontos de entrada de água.....	24
Figura 14. Traçado isométrico do circuito da água no lago no início deste estudo.....	25
Figura 15. Foto da rotura localizada no ramal 3 (R3).....	26
Figura 16. Foto da acumulação proveniente da rotura junto ao descarregador.....	26
Figura 17. Circuito da água no lago após as intervenções de melhoria.....	27

Figura 18. Traçado isométrico do circuito da água no lago após as correções efetuadas.....	28
Figura 19. Foto das entradas de água (I5 e I6) junto ao fundo do lago.....	28
Figura 20. Evolução anual da precipitação entre 1994 e 2020.....	29
Figura 21. Volumes de água aproveitável com diferentes coeficientes de escoamento (C).....	32
Figura 22. Delimitação da área de captação (-----).....	33
Figura 23. Evolução ao longo do 1º ano de funcionamento da BGI.....	36
Figura 24. Evolução ao longo do 2º ano de funcionamento da BGI.....	36
Figura 25. Planta da BGI com a localização dos reservatórios de armazenamento (C) e de infiltração (D).....	38
Figura A1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	Anexo I
Figura A2 BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE PROPOSTA.....	Anexo I
Figura A3 TRAÇADO ISOMÉTRICO DA BLUE-GREEN INFRASTRUTURE PROPOSTA	Anexo I

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Precipitação média mensal (mm) entre 1994-2020.....	29
Tabela 2. Balanço do armazenamento de água da BGI no 1º ano de funcionamento.....	35
Tabela 3. Balanço do armazenamento de água da BGI no 2º ano de funcionamento.....	35

I INTRODUÇÃO

I.1 Enquadramento

Numa era em que os avanços tecnológicos permitem grandes obras nos diversos domínios da engenharia, cada vez mais respostas se procuram para se enfrentar os efeitos das alterações globais, climáticas e antrópicas. A Comissão Europeia definiu o Pacto Ecológico Europeu que elenca um conjunto de medidas com o objetivo da neutralidade carbónica na Europa até 2050. Essas medidas apontam para uma gestão mais sustentável dos recursos naturais e para a aposta numa economia cada vez mais circular, suportada por energias limpas e em lógicas de proximidade.

Assume-se atualmente que a Natureza e a tecnologia devem estar associadas para o desenho de soluções inovadoras, que respondam às necessidades reais das populações.

Neste enquadramento, no domínio da gestão sustentável da água, particularmente em zonas urbanas, a segurança da população e o seu bem-estar associam-se cada vez mais a soluções que integram elementos naturais, nomeadamente espaços verdes urbanos.

As novas abordagens em termos de planeamento urbano – *Water Sensitive Urban Design*, apontam para a integração de espaços Naturalizados na cidade, em vez de se eliminar a Natureza para se construírem edifícios ou infraestruturas. Isto é, pôr-se ao serviço das populações urbanas soluções baseadas na natureza, que funcionam há milhares de anos.

Os processos ecológicos numa paisagem, influenciam a qualidade da água e a maneira como ela se move através do sistema urbano, bem como a formação do solo, a erosão, e o transporte e deposição de sedimentos. Todos estes aspetos exercem grande influência na hidrologia urbana. O conhecimento aprofundado do funcionamento dos ecossistemas naturais, permite-nos explorar os seus serviços, sem se ultrapassar a sua capacidade de carga, tirando partido deles para a qualidade de vida das pessoas. As sociedades desenvolvem-se sobre os ecossistemas, e deles retiram a água, a energia e o alimento, e assim vão desenvolvendo as suas economias. Integrando elementos naturais nas cidades, nomeadamente através das *Blue-Green Infrastructures* conseguiremos, drenar e reter água nos locais apropriados, remover o carbono das emissões gasosas, produzir oxigénio para as pessoas respirarem, sombrear áreas para evitar ondas de calor, criar zonas de lazer e de educação ambiental (criando habitats e aumentando a biodiversidades), diminuir o ruído, e ainda remediar poluentes urbanos, oriundos por exemplo,

da lavagem das superfícies impermeabilizadas da cidade, durante os primeiros minutos em episódios de precipitação.

Loulé tem cerca de 71 000 habitantes e é um dos principais centros urbano e económico do Algarve e em 2019, cada residente consumiu em média 189 L/dia de água tratada para consumo humano (ERSAR, 2019). O clima é temperado com características mediterrânicas, influenciado pela proximidade do mar e pela existência de elevações montanhosas, à medida que se avança para norte. As principais alterações climáticas projetadas para o município de Loulé até ao final do século (IPCC, 2013), incluem: subida da temperatura média anual, entre 1° C e 4° C; ondas de calor cada vez mais frequentes e intensas; aumento do nível médio do mar entre 0.17 m e 0.38 m para 2050, e entre 0.26 m e 0.82 m até ao final do século XXI; Aumento da frequência de fenómenos extremos, em particular de precipitação intensa ou muito intensa (Oliveira *et al.*, 2005).

Consciente dos desafios a enfrentar em termos de alterações climáticas, o Município de Loulé está a desenvolver uma estratégia que fomente uma sociedade e economia resiliente, competitiva e de baixo carbono, tal como se defende na Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2020. Este estudo desenvolvido no âmbito do Mestrado em Ciclo Urbano da Água desenvolveu-se no Jardim das Comunidades em Almancil com o objetivo de projetar uma *Blue-Green Infrastructure* que permita melhorar a sua performance ambiental, e especificamente reduzir o uso de água tratada para consumo humano para o lago e na rega dos espaços verdes.

I.2 Evolução Demográfica e Migração para as Cidades

A partir do século XX o crescimento populacional e o desenvolvimento do nível de vida das populações têm levado a um aumento insustentável da pressão sobre os recursos naturais. O maior desafio que se coloca às sociedades atuais é assegurar a sustentabilidade futura da humanidade (Brown *et al.*, 2014). Pela primeira vez na história da humanidade, mais de metade da população mundial passou a viver dentro das cidades (Buhaug & Urdal, 2013) sobretudo junto às zonas costeiras e espera-se que a situação se venha a acentuar (Figura 1). As cidades constituem locais onde se concentram pessoas, infraestruturas e serviços, por isso são particularmente vulneráveis.

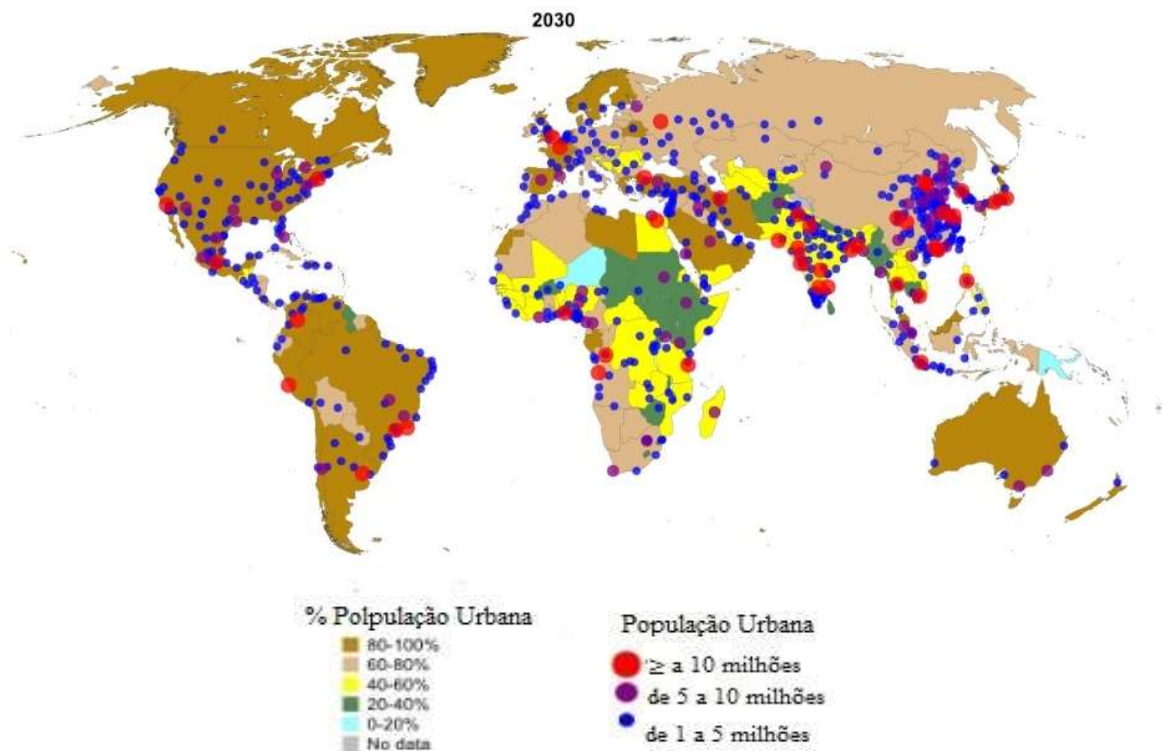


Figura 1. Distribuição da percentagem de população urbana e tamanho das cidades previstos para 2030 (UN, 2018).

À escala global, mais de 2 mil milhões de pessoas não têm acesso a água potável e mais de 4 mil milhões não dispõem de infraestruturas de saneamento (Houngbo, 2018). Cerca de 900 milhões de pessoas passam fome (Bazilian *et al.*, 2011) e 1.4 mil milhões de pessoas não dispõem de eletricidade, dependendo da queima de lenha ou carvão para se aquecerem e para cozinhar (WWF, 2011). Num mundo de desigualdades, este cenário característico dos países em desenvolvimento, é diferente do existente noutros estados mais desenvolvidos. Aqui os problemas são outros, e mais relacionados com a necessidade de se otimizar as tecnologias já desenvolvidas e aplicadas à escala real. É imperativo o uso eficiente da água e da energia, bem como a redução da produção de resíduos (sólidos e líquidos), nomeadamente de plásticos, e a redução das emissões de poluentes. As eficiências hídrica e energética, e a descarbonização são atualmente grandes desafios para as sociedades mais desenvolvidas.

A escassez de água tem afetado inúmeros habitats naturais e reduzido a biodiversidade, bem como afetado negativamente certas atividades antrópicas, nomeadamente relacionadas com a produção de alimentos (ex. a produção de arroz), para as quais se têm que desenvolver soluções, recorrendo a novas abordagens (Gosling *et al.*, 2011).

I.3 Alterações Climáticas

A resiliência às alterações climáticas é um problema complexo e que carece de enormes investimentos científicos e tecnológicos, envolvendo grandes esforços humanos e financeiros. Começam a associar-se indubitavelmente a impactos negativos, cada vez mais acentuados e diversos, quer nos ecossistemas naturais quer em zonas urbanas, afetando diversas atividades humanas.

As emissões de gases com efeito de estufa produzidas nas últimas décadas, sobretudo devidas à queima de combustíveis fósseis e à alteração dos usos do solo (principalmente à urbanização), geraram um inequívoco aquecimento global do nosso planeta. Até ao final deste século prevê-se um aumento da temperatura média global de 2° C, sendo que também parece evidente que teremos que enfrentar ondas de calor cada vez mais frequentes e com maior duração segundo o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC).

Desde a década de 1950, têm sido observadas alterações no sistema climático sem precedentes nas anteriores décadas ou mesmo milénio. O 5º relatório IPCC, publicado em 2014, salienta que as evidências científicas relativas à influência da atividade humana sobre o sistema climático são mais fortes do que nunca e que o aquecimento global do sistema climático é inequívoco. Cenários recentes (IPCC, 2014) projetam um aumento entre 0.3° C a 0.7° C para o período 2016-2035 e de 0.3° C a 4.8° C para o período 2081-2100, relativamente a 1986-2005. Assim e comparativamente a 1850-1900, é provável que a temperatura média global à superfície supere os 1,5° C ou até mesmo os 2° C até finais do século XXI (2081-2100). Já no 6º relatório do IPCC, que foi publicado em agosto último, conclui-se que cada uma das quatro últimas décadas tem sido sucessivamente mais quente do que qualquer uma outra década anterior, desde 1850 (IPCC, 2021).

O último relatório do IPCC (2021) prevê que a frequência de picos extremos de calor aumente na maioria das áreas continentais, bem como a frequência e extensão das ondas de calor. Também a intensidade e a frequência de ocorrência de temperaturas extremas irão aumentar, como se representa na Figura 2. Tudo indica que se não houver uma inversão da tendência atual, a emissão continuada de Gases com Efeito de Estufa (GEE) levará a um aumento cada vez mais acentuado da temperatura média global e a outras alterações climáticas, que afetarão significativamente as gerações futuras.

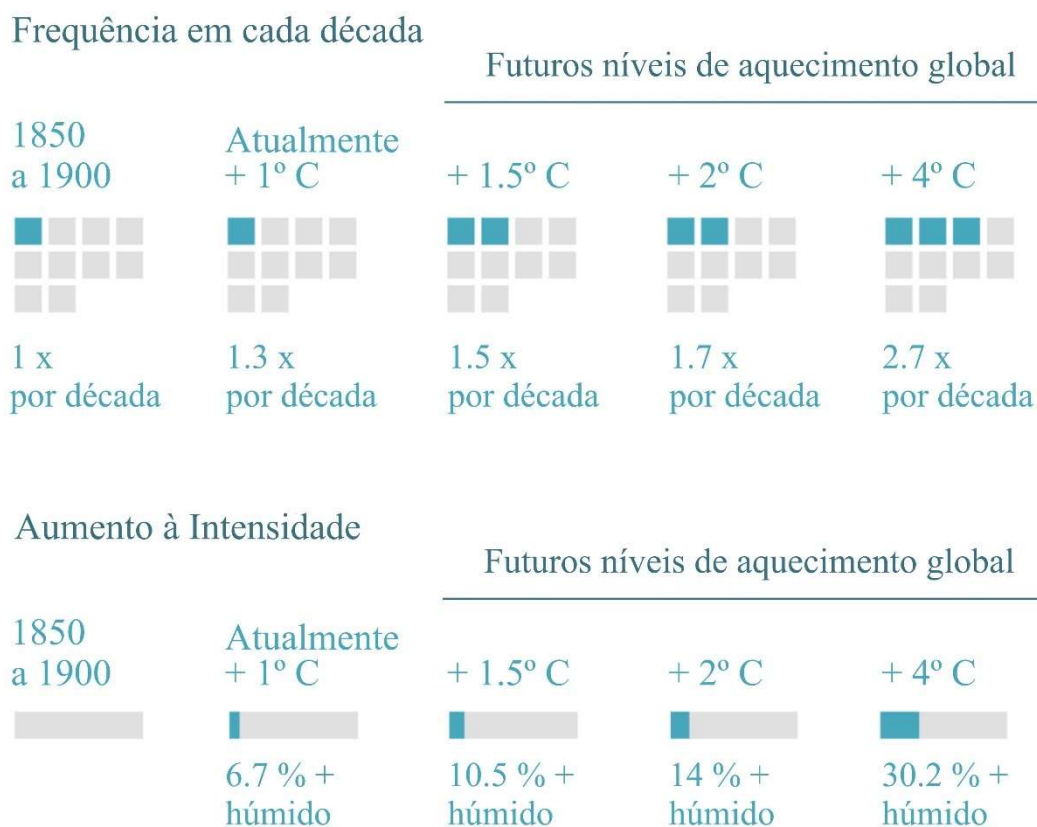
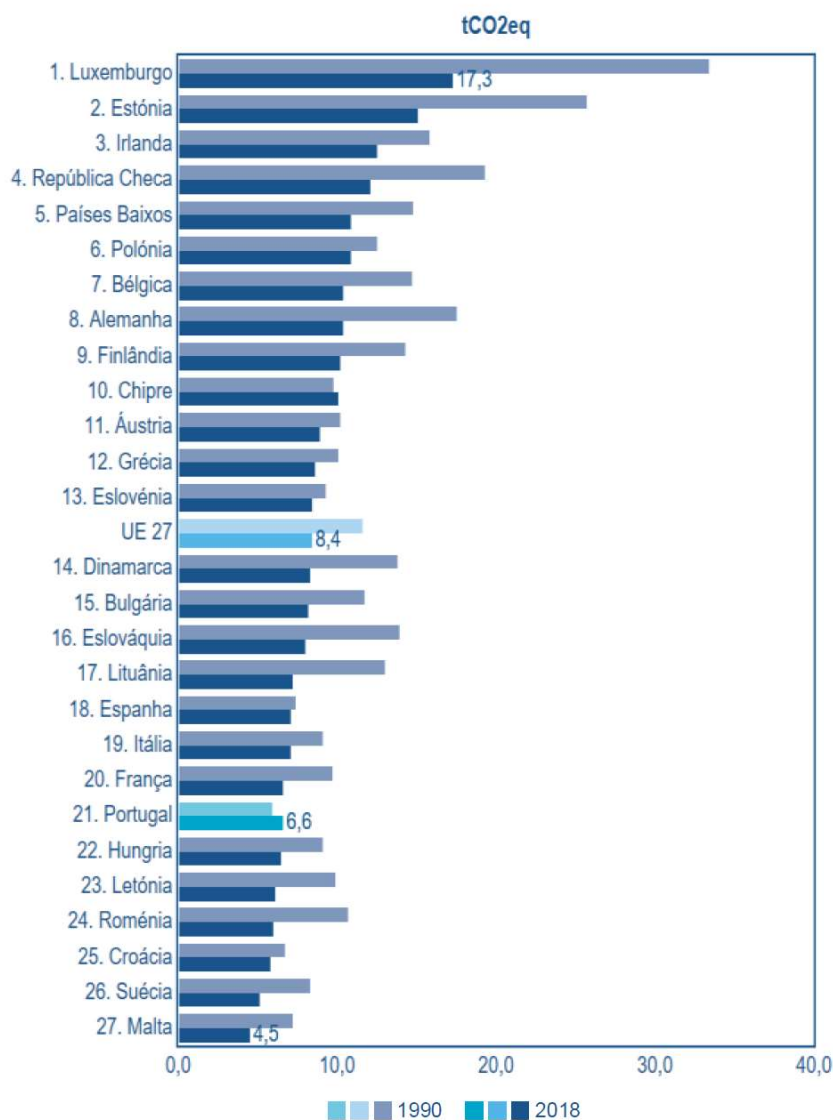


Figura 2. Previsão do aumento de dias extremamente quentes por década e da intensidade dessas temperaturas extremas (adapt. IPCC, 2021).

Atualmente, as cidades concentram cerca de 60 % da população mundial e emitem 75 % das emissões de carbono (Hardiman *et al.*, 2017). Os níveis atmosféricos dos gases com efeito de estufa (GEE) de origem antrópica registam os valores mais elevados da história, aparentemente sem precedentes nos últimos 800 mil anos. Estima-se que as concentrações de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera terrestre tenham aumentado em 40 % desde o período pré-industrial, devido principalmente à queima de combustíveis fósseis e a alterações no uso do solo. A utilização de tecnologias pouco eficientes, a indústria, a urbanização, a pecuária intensiva, a intensa circulação de veículos automóveis (movidos a combustíveis fósseis), entre outras atividades, têm contribuído fortemente para a emissão de gases com efeito de estufa (CH₄, CO, NO_x, C₆H₆, O₃, etc.) que põe em causa o clima, mas também a saúde pública (Figura 3).

6,6 tCO₂eq Portugal

8,4 tCO₂eq UE 27



tCO₂eq - tonelada equivalente de dióxido de carbono.

Figura 3. Emissões de gases com efeito de estufa *per capita* no espaço comunitário (PORDATA, 2020).

Globalmente a atmosfera e os oceanos estão a aquecer, as quantidades de neve e de gelo a diminuir e o nível médio das águas do mar a aumentar (IPCC, 2021). Os últimos anos os verões têm sido os mais quentes de sempre, com fenómenos de *stress* hídrico cada vez mais frequentes e prolongados, coincidindo muitas vezes com incêndios que consomem florestas e mesmo zonas urbanas (Resco de Dios *et al.*, 2006).

No que se refere às previsões sobre a forma como evoluirá a precipitação, a incerteza é substancialmente maior. As alterações na precipitação não serão uniformes. Por exemplo, em

muitas das regiões secas das latitudes médias e subtropicais, é provável que se observe uma diminuição da precipitação média anual, enquanto nas regiões húmidas das latitudes médias a precipitação provavelmente aumentará. À medida que a temperatura global à superfície tem aumentado, há evidências de que os eventos de precipitação extrema se estão a tornar mais frequentes e intensos, na maioria das superfícies continentais de latitudes médias e nas regiões tropicais húmidas (IPCC, 2021).

Relativamente à precipitação, na zona do Mediterrâneo, prevê-se diminuição da precipitação média global, mas fenómenos de pluviosidade extrema cada vez mais frequentes. Também serão alterados os padrões de precipitação média anual e de precipitação média durante o verão (Figura 4). Em simultâneo, também ao longo deste século o oceano irá continuar a aquecer e o

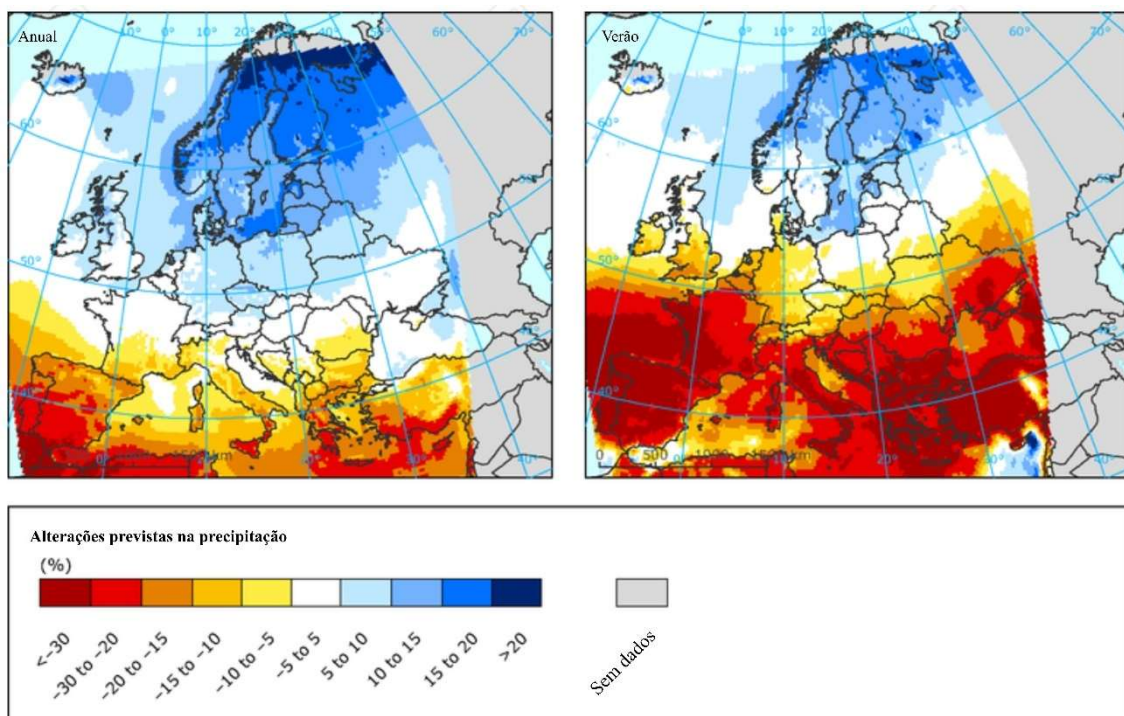


Figura 4. Alterações previstas para a precipitação média anual e a precipitação média durante o verão na região do Mediterrâneo (adapt. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-changes-in-annual-and-3>)

nível médio do mar a subir, devido à expansão térmica e à perda de massa dos glaciares e das calotes polares. Assim, as cidades Mediterrânicas costeiras, para além de enfrentarem o

aumento da temperatura e os picos de precipitação extrema, também terão que estar preparadas para possíveis cenários de avanço das águas do mar.

À semelhança do que tem vindo a observar-se (Figura 5), nas próximas décadas é previsível que os oceanos continuem a aquecer e o nível médio das águas do mar a subir. Acresce-se que a subida do nível do mar não será uniforme para todas as regiões, sendo que, em alguns cenários é muito provável que se verifique um aumento significativo de avanço do mar para terra. Estima-se uma subida do nível médio do mar entre 0.26 m a 0.98 m em 2081-2100, devido à expansão térmica e à perda de massa dos glaciares e das calotes polares.

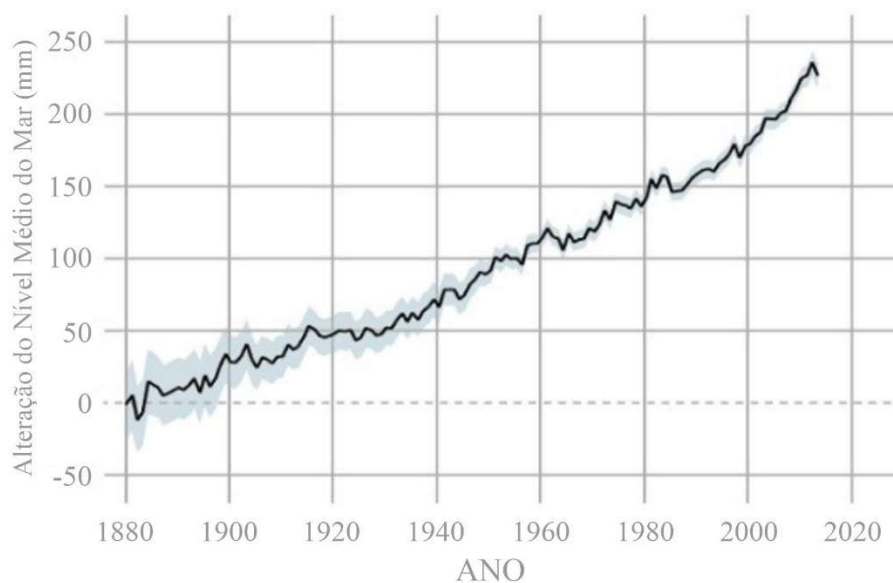


Figura 5. Evolução do nível médio das águas do mar desde 1880 (adapt. <https://cienciaclima.com.br>).

A região do Mediterrâneo encontra-se numa zona de transição entre o clima árido do Norte de África e o clima temperado e chuvoso da Europa Central e é afetada por interações entre latitudes médias e processos tropicais. Dadas as suas particulares características, pequenas alterações podem levar a mudanças substanciais no clima mediterrânico. Isto faz do Mediterrâneo uma região particularmente vulnerável a alterações climáticas induzidas, pelo aumento dos GEE e eventualmente, por outros fenómenos (Lionello *et al.*, 2006). De facto, a região do Mediterrâneo, experimentou grandes alterações climáticas no passado (Luterbacher

et al., 2006) e é considerada como um dos mais importantes *Hot-Spots* nas projeções futuras de alterações climáticas para o nosso planeta (Giorgi, 2006).

Períodos prolongados de seca podem afetar a região do Mediterrâneo durante a temporada de inverno, quando ocorre a maior parte da precipitação anual e, conseqüentemente, ter fortes impactes, na agricultura, nos níveis das águas subterrâneas e nos recursos hídricos superficiais.

Os últimos dados (UNEP, 2020) indicam que a região do Mediterrâneo, onde vivem 510 milhões de pessoas, está a aquecer a uma velocidade 20 % mais elevada do que a média global do planeta, o que irá exercer uma pressão adicional sobre os ecossistemas já desgastados e sobre economias e sociedades já muito vulneráveis. Em particular as zonas costeiras, enfrentam riscos elevados de catástrofes naturais, incluindo inundações, fenómenos de erosão, e intrusão salina em deltas de rios e em aquíferos fundamentais para a disponibilidade de água para a produção de alimentos agrícolas. É previsível que em 2050 a procura de água seja o dobro ou mesmo o triplo da atual, que a temperatura atmosférica média aumente 2° C e que a precipitação média sofra uma redução de 10 % a 15 %. Se ocorrer um aumento da temperatura atmosférica média entre 2° C e 4° C a precipitação média pode sofrer uma redução até 30 % no sul da Europa. Prevê-se também que a temperatura média da água do mar suba entre 1.8° C e 3.5° C até 2100, com *hotspots* na Espanha e no Mediterrâneo Oriental.

Na sequência destas projeções surgem sérias preocupações, relacionadas com: disponibilidade de água e gestão sustentável dos recursos hídricos; impactes na agricultura; aumento da aridez e risco de desertificação, especialmente na região sul do Mediterrâneo; a problemática dos picos de calor no verão e as ondas de calor nas zonas urbanas; o aumento da poluição relacionada com a diminuição dos caudais pelas temperaturas mais altas e precipitação mais reduzida; dificuldades económicas relacionadas com o setor do turismo; necessidade de se recuar a ocupação das áreas costeiras (pela avanço das águas do mar); e adaptação dos ecossistemas (terrestres e aquáticos) naturais e humanizados a novas condições ambientais.

A resiliência das cidades no Mediterrâneo às alterações climáticas vai depender da sua capacidade de adaptação a estes fenómenos, através do desenho de soluções que permitam manter, neste contexto de incerteza, a qualidade de vida das populações.

Neste cenário típico de baixas pluviosidades, têm-se verificado eventos extremos de muita precipitação, seguidos de longos períodos sem chuva. A água tornou-se um recurso de gestão muito complexa dentro das zonas urbanas. A gestão das infraestruturas urbanas da água é difícil

e dispendiosa (Reckien *et al.*, 2017). No Mediterrâneo as cidades sofrem de escassez de água durante grande parte do ano, mas as cheias urbanas têm sido cada vez frequentes em numerosas cidades costeiras (Veloso *et al.*, 2015). Os prejuízos humanos e materiais têm sido acentuados, há necessidade de se encontrarem soluções mais eficazes e que permitam a prevenção das cheias urbanas e ferramentas de atuação para se reservar a água nos momentos em que ela é excessiva e danosa para a cidade.

Para além disso, nas cidades junto ao litoral onde vivem 360 milhões de pessoas (Reckien *et al.*, 2017), a vulnerabilidade das cidades aumenta devido aos fenómenos frequentes de avanço da água do mar.

I.4 O Ciclo Urbano da Água e a Sustentabilidade das Cidades

Dentro de uma cidade, a gestão sustentável do ciclo urbano da água deve passar pela escolha responsável das origens de água, pelo seu uso eficiente e se possível pela reutilização das águas residuais tratadas para fins adequados, atendendo às quantidades necessárias e aos requisitos em termos de qualidade. Desta forma poderemos diminuir a pressão sobre os recursos hídricos naturais, protegendo os ecossistemas e assegurando a saúde pública (Xi & Poh, 2013).

As alterações climáticas são um dos principais desafios que as cidades e municípios terão de enfrentar durante o século XXI.

As cidades apresentam elevadas áreas impermeáveis comparativamente às que apresentam permeabilidade (como por ex. áreas verdes), esta é a principal característica onde têm origem as diferenças entre o ciclo urbano da água e o ciclo natural da água (Figura 6). A elevada proporção de áreas impermeáveis resulta numa menor infiltração de água no solo e evapotranspiração, o que contribui para um aumento do escoamento superficial. As áreas verdes urbanas são espaços permeáveis com vegetação arbórea e outros elementos vegetais (vegetação herbácea e arbustos) que permitem intercetar a água da chuva, reduzindo e retardando a sua chegada ao solo, mas permitindo a sua infiltração e reduzindo o escoamento superficial. O grande escoamento superficial em áreas urbanas, como resultado da urbanização, gera a formação de águas pluviais, que podem originar inundações, fenómenos de poluição e de erosão (Susdrain, 2012; Woods-Ballard *et al.*, 2015).

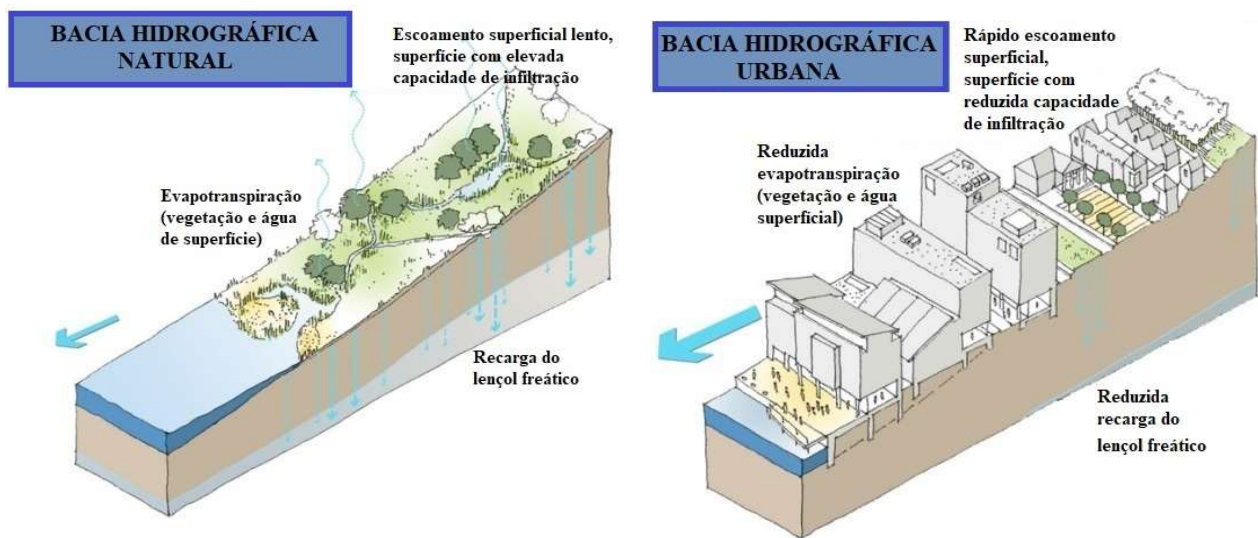


Figura 6. Representação esquemática de uma bacia hidrográfica natural e de uma bacia hidrográfica urbana (adapt. Susdrain, 2012).

Na abordagem tradicional (que não contempla a reutilização de água) e mais frequente na Europa, o Ciclo Urbano da Água incluía três sistemas: o de tratamento (em Estações de Tratamento de Água – ETA) e distribuição de água para consumo humano; o de drenagem das águas residuais; e o de drenagem das águas pluviais.

As águas residuais são as águas que após terem sido utilizadas pela população (nos seus diversos usos), em processos industriais, ou em serviços, devem ser recolhidas e tratadas de forma adequada em Estações de Tratamento de Água Residuais (ETAR). E as águas pluviais são as que resultam do escoamento urbano produzido pela precipitação (Burian & Edwards, 2002).

De acordo com alguns estudos como os de Chocat *et al.* (2007), no cenário futuro do aumento da escassez de água, como consequência do crescimento populacional, este recurso deve ser considerado não só como um direito humano fundamental, mas também o alicerce da segurança económica, sanitária e alimentar. O crescimento demográfico e os padrões de consumo associados ao desenvolvimento económico são os grandes *drivers* para o aumento da procura

de água, de energia e de alimento. As Nações Unidas (2014) preveem que, em 2030, a sociedade vá necessitar de mais 35 % de alimentos, de mais 40 % de água e de mais 50 % de energia.

Este aumento na procura de água representa uma necessidade de se otimizar a gestão das infraestruturas e serviços associados ao Ciclo Urbano da Água. É fundamental uma abordagem integrada dos efeitos das alterações climáticas, dos recursos hídricos disponíveis em cada realidade geográfica e da sócioeconomia local. No atual mundo industrializado, um dos aspetos chave para se otimizar as soluções de drenagem urbana, será adoptar abordagens que resultem da fusão entre a tecnologia tradicional já existente e as novas soluções tecnológicas, tendo em conta as características da comunidade local e focadas nas necessidades das pessoas (Chocat *et al.*, 2007).

No enquadramento atual já caracterizado, as estratégias a implementar para a sustentabilidade do CUA devem contemplar diversas possibilidades de origens de água, que incluam redes de drenagem superficiais, tratamento e reutilização de águas pluviais urbanas, numa lógica de proximidade, e sobretudo para usos que não exijam água potável. São exemplos, a rega de espaços verdes, lavagens de espaços públicos e de viaturas, bocas de incêndio, etc. Isto é, bem enquadradas as águas pluviais, podem ser uma origem alternativa de água, de forma a diminuirmos a pressão sobre os recursos hídricos naturais. As populações urbanas devem ser informadas e envolvidas nestas estratégias, criando-se uma maior responsabilização de todos os indivíduos e das comunidades locais. Assim, os cidadãos comuns passarão a valorizar os serviços e as infraestruturas da água, fundamentais para a sua saúde e qualidade de vida e para a preservação dos recursos naturais, e dos serviços ecossistémicos que estes asseguram.

1.5 Water Sensitive Cities

As denominadas *Water Sensitive Cities* representam um funcionamento urbano que proporciona uma gestão proativa e sustentável dos recursos hídricos, centrada nas pessoas e no respeito pela Natureza. Nestas cidades, a gestão do ciclo urbano da água (CUA) é feita de forma a responder às necessidades humanas e às necessidades ecológicas, sendo que a cidade é desenhada de uma forma ajustada ao seu contexto geográfico e climático. Com esta filosofia conseguimos chegar a um modelo de CUA mais resiliente, através da gestão integrada das origens da água para diversos usos, da utilização de processos de controlo/tratamento de águas pluviais e da infiltração da água para recarga de aquíferos.

A água é valorizada como um recurso escasso e fundamental à vida, e é aproveitada para criação de espaços verdes úteis e confortáveis para as pessoas, e manutenção de habitats naturais para a vida selvagem, potenciando-se assim os serviços ecossistêmicos dentro das cidades (Figura 7).

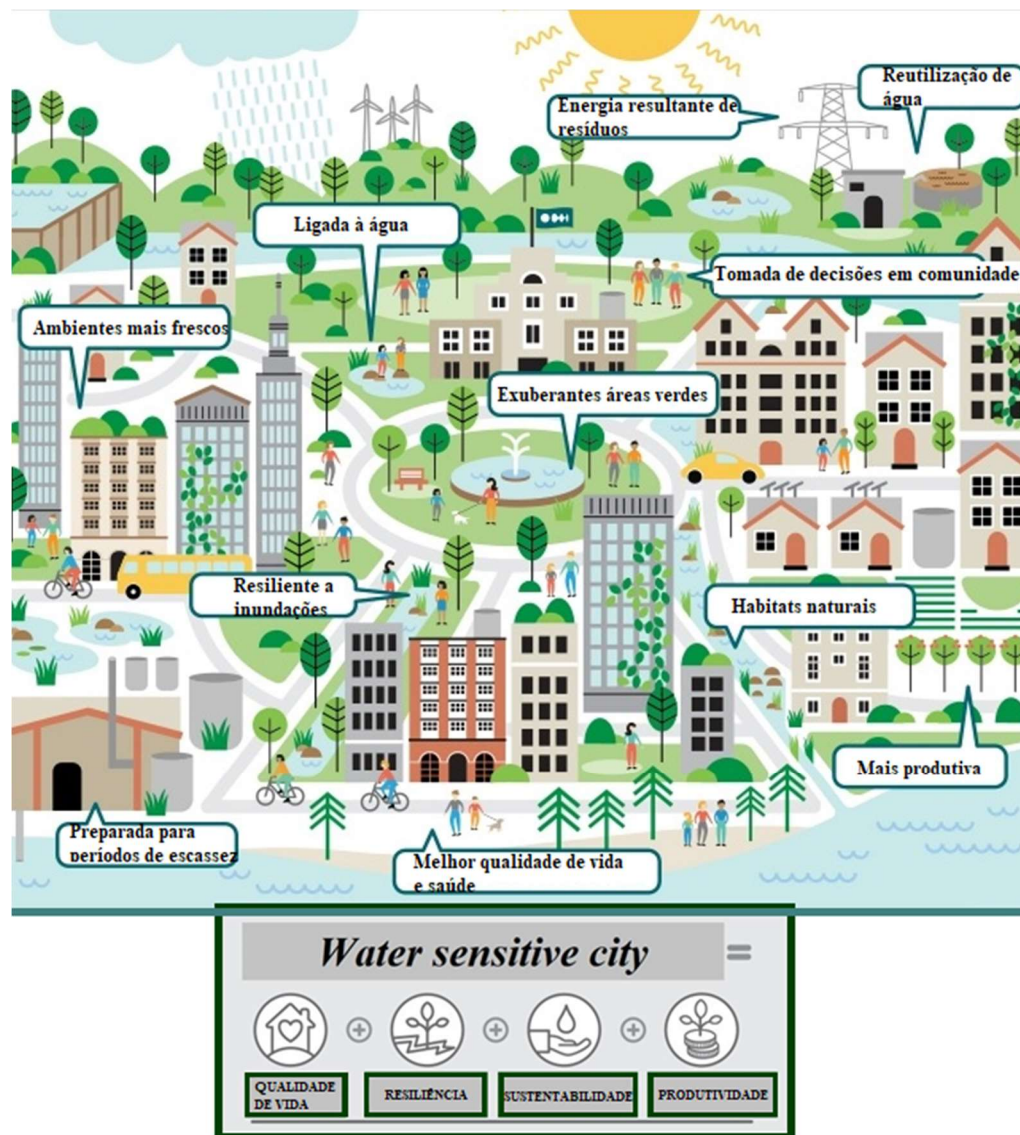


Figura 7. Esquema de uma *Water Sensitive City* (adapt. CRCWSC, 2014).

A Water Sensitive City promove formas e dinâmicas urbanas resilientes, que mais facilmente se adaptam a realidades com incertezas constantes. Neste enquadramento a gestão sustentável do CUA, deve definir um conjunto de estratégias que promovam a evolução gradual das cidades atuais para que cheguem a water sensitive cities.

Considera-se que existem três pilares no conceito das Water Sensitive Cities (Brown et al., 2008):

- Cidades a funcionar como bacias de retenção de água de várias origens (superficiais, subterrâneas, do mar, da chuva, pluviais e reutilizadas);
- Cidades produtoras de serviços ecossistémicos (a função ecológica urbana);
- Cidades como locais de comunidades water sensitive.

A gestão da água não pode ser dissociada do seu contexto socioeconómico, que é afetado por processos políticos, objetivos urbanísticos, investimentos privados e atitudes e comportamentos das pessoas. Desta forma, tanto medidas estruturais (e.g. ordenamento do território) como não estruturais (e.g. investimento na educação e sensibilização) são importantes para a gestão integrada da água.

Na gestão sustentável do CUA, devem incluir-se boas práticas de gestão de água (como por ex., o uso eficiente), sistemas sustentáveis de drenagem urbana, um planeamento urbano *water sensitive* e soluções baseadas na natureza.

Devem privilegiar-se estratégias de gestão que permitam a inclusão de processos naturais em meio urbano, visando aumentar a retenção, infiltração e evaporação das águas pluviais, e ao mesmo tempo garantir a qualidade da água para os diversos usos, contribuindo para qualidade de vida das pessoas e para a preservação da biodiversidade.

I.5.1 Desenvolvimento de Baixo Impacte e Boas Práticas na Gestão de Água

O Desenvolvimento de Baixo Impacte (LID) é uma estratégia de gestão sustentável de água que consiste em projetar soluções que visam manter ou reproduzir o regime hidrológico que existia antes do desenvolvimento urbano. A redução do escoamento superficial é feita através de pequenas áreas de retenção de água, da redução de superfícies impermeáveis e do alongamento das linhas de água (UACDC, 2010). As técnicas utilizadas têm duas funções principais: redução de volume de escoamento superficial urbano; e remoção de poluentes incorporando para esse feito a fitorremediação.

Procura proteger e preservar áreas ambientalmente sensíveis, como áreas ripícolas, zonas húmidas, encostas íngremes, árvores ambientalmente relevantes, planícies aluviais, bosques,

matas e solos altamente permeáveis (UACDC, 2010). As técnicas do LID incluem sistemas de bioretenção ou jardins de chuva, valas e canais de infiltração, telhados verdes, cisternas, tiras filtrantes com vegetação e pavimentos permeáveis.

Os projetos que utilizam técnicas de LID para capturar águas pluviais e reduzir volumes e caudais de escoamento superficial, também são considerados como exemplo de *Boas Práticas na Gestão de Água* (Fletcher *et al.*, 2015).

A terminologia *Boas Práticas na Gestão de Água* (BMP) foi criada na década de 80, para descrever as práticas que podem ser implementadas para salvaguardar a qualidade da água e promover a conservação do solo. Atualmente as BMP são usadas na gestão de águas pluviais como medidas de controle com o objetivo de mitigar alterações na quantidade e qualidade do escoamento superficial urbano (Fletcher *et al.*, 2015).

I.5.2 Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável

O objetivo da implementação de *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável* (SUDS) passa por se tentar aproximar o sistema de drenagem urbano ao escoamento natural dos solos. Segundo Woods-Ballard *et al.* (2015), os SUDS gerem a água resultante da chuva no momento e no local onde ela cai, à semelhança da natureza, otimizando as oportunidades e benefícios que podem ser obtidos do escoamento superficial. Tanto quanto possível, a concepção de SUDS deve basear-se nos seguintes princípios: usar a água superficial como um recurso escasso; gerir a água da chuva à superfície e perto do local onde cai; promover a infiltração e a evapotranspiração; retardar o escoamento superficial, armazenando a água de forma semelhante ao que acontece em ambiente natural; reduzir a contaminação das escorrências; e tratar as escorrências para se reduzir o risco da presença de contaminantes urbanos.

Os SUDS incorporam abordagens que integram quatro pilares (Figura 8): a quantidade de água; a qualidade da água; a biodiversidade; e o bem-estar/qualidade de vida das populações. O intuito é encontrarem-se soluções ao longo prazo no processo de gestão dos recursos hídricos, considerando sempre os fatores sociais e os ambientais.



Figura 8. Os quatro princípios dos *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável* (Woods-Ballard *et al.*, 2015).

A aplicação deste tipo de sistemas apresenta mais benefícios e é mais fácil de se implementar, quando é considerada nas fases iniciais do planeamento urbano e do desenvolvimento dos sistemas de drenagem.

I.5.3 *Water Sensitive Urban Design*

O *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) é um conceito desenvolvido na Austrália, que propõe uma abordagem ampla para integrar de forma sustentável a gestão da água em ambiente urbano (Figura 9). O WSUD utiliza princípios e práticas que existem em ambiente natural para promover a evapotranspiração, a infiltração da água da chuva e o escoamento das águas pluviais. Assume-se que os sistemas de superfície incorporados no ambiente urbano, permitem filtrar e limpar a água de forma similar natural (Hoban, 2009).

O WSUD também assume como compromisso a consciencialização social do valor dos recursos hídricos e do papel primordial da água enquanto suporte de vida, bem como a responsabilização dos indivíduos e das comunidades locais na gestão de seus recursos, reduzindo a dependência de recursos hídricos importados de outros estado (Hoban, 2009)

Considera-se que os princípios básicos do WSUD são (Hoban *et al.*, 2006): gerir de forma integrada os recursos hídricos, considerando as águas subterrâneas e superficiais, juntamente com os danos causados pelas inundações e pela erosão das linhas de água; manter e, sempre que possível, melhorar a qualidade da água e dos sedimentos, protegendo a vegetação ripícola e minimizando a descarga de poluentes nas águas superficiais e subterrâneas; incentivar a

permanência das águas naturais na cidade, minimizando o aporte de água potável, incentivando a utilização de águas pluviais e a reutilização de águas residuais, reduzindo ao mínimo os consumos de água na rega; potenciar atividades de contacto com a natureza e atividades recreativas associadas à água.

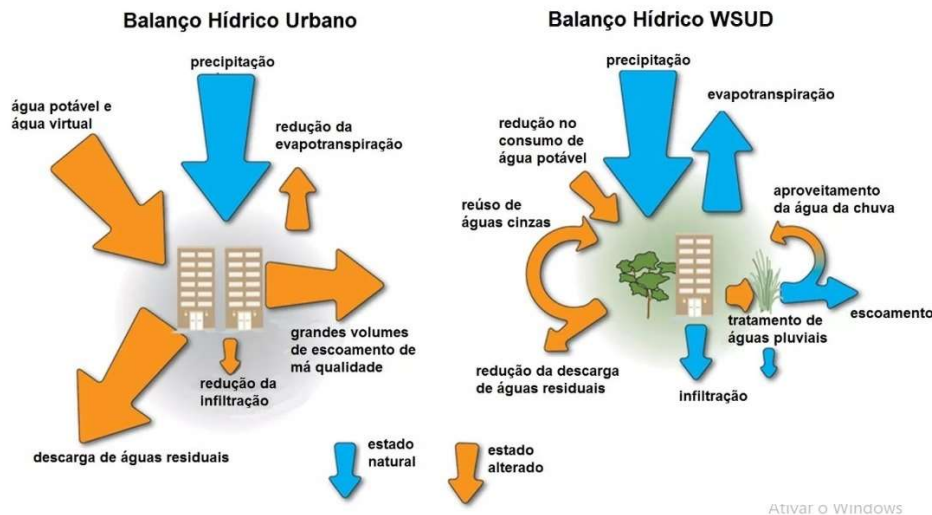


Figura 9. Balanço hídrico urbano na abordagem tradicional e no WSUD (adapt. Hoban *et al.*, 2006)

Para representar os diversos patamares de evolução da gestão da água nas cidades, Brown *et al.* (2008) propuseram uma estrutura com os estados de desenvolvimento da política da gestão sustentável de água urbana a longo prazo (Figura 10) que termina com a *cidade sensível à água*.



Figure 10. Estados de evolução na gestão urbana de água (adapt. Brown *et al.*, 2008).

Espera-se que esta estrutura forneça aos decisores políticos ferramentas para avaliarem a evolução do seu rumo para a gestão sustentável de água nas cidades, e assim fomentar estratégias que possam ser adaptadas e aplicadas com sucesso em diferentes cidades, cada uma com contextos temporais, biofísicos e institucionais únicos (Brown *et al.*, 2008).

As *Water Sensitive Cities* são a etapa final do processo, estas devem assegurar a reabilitação e a proteção ambiental, a segurança no abastecimento de água, a saúde pública e a sustentabilidade económica, através de projetos urbanos que reconheçam o verdadeiro valor da água, com adequados investimentos social e institucional, e incluindo soluções tecnológicas diversas e sustentáveis (Hoban, 2009)

I.5.4 *Soluções Baseadas na Natureza (SBN)*

O conceito de soluções baseadas na natureza surgiu no início do século XXI, e consiste na promoção da utilização de soluções inspiradas, apoiadas ou que reproduzem as da natureza, e que visam ajudar as sociedades a enfrentar uma variedade de desafios ambientais, sociais e económicos de forma sustentável. A maioria das SBN não tem um só objetivo, normalmente trazem múltiplos benefícios, e são particularmente interessantes no atual cenário de alterações climáticas. Foram amplamente divulgadas e apoiadas pela União Internacional para a Conservação da Natureza, e mais tarde pela CE, através de programas como o Horizonte 2020 para ações de investigação e inovação, bem como por outros fundos da UE, envolvendo milhares de milhões de euros para financiamentos de projetos designados de *infraestruturas verdes* (Bourguignon, 2017).

As quatro principais metas definidas nas SBN são a urbanização sustentável, a reabilitação de ecossistemas degradados, o desenvolvimento adaptação e mitigação às alterações climáticas, e a melhoria da gestão de riscos e da resiliência urbana.

Para isso têm-se considerado como ações prioritárias: a reabilitação urbana; a melhoria do bem-estar em zonas urbanas; a melhoria da resiliência das zonas costeiras; a gestão de bacias hidrográficas e restauro de ecossistemas fluviais; o fomento do uso sustentável dos recursos naturais e da energia; valorização dos ecossistemas e seus serviços; e aumento da capacidade de sequestro e armazenamento de carbono.

Estas ações prioritárias são todas relevantes para a gestão sustentável da água em geral, e muito especialmente nas zonas urbanas. Com este tipo de ações consegue-se reduzir os riscos de

inundações e a escassez de água, bem como melhorar a sua qualidade da água dentro do espaço urbano. Também se procura reabilitar ecossistemas naturais e antigos locais industriais abandonados, a fim de se melhorar habitats e biodiversidade, que promovem a melhoria da qualidade da água e o sequestro de carbono (CE e DGPI, 2015).

I.6 As *Blue-Green Infraestruturas*

Neste enquadramento entende-se a abordagem tradicional das infraestruturas urbanas, como *Gray Infraestruturas*, que consistem em se recolher e encaminhar a água, para posterior descarga, através de condutas e tubagens. Esta abordagem tradicional tem demonstrado muitas fragilidades na gestão da água aquando de eventos climáticos extremos, principalmente na realidade atual de alta densidade urbana e massificada impermeabilização dos solos. Para além disso, a abordagem tradicional não tem contribuído para gerar benefícios socioeconómicos, nem tem dado grandes contributos para o bem-estar das populações urbanas, ou para a sustentabilidade dos espaços naturalizados nas cidades.

As *Blue-Green Infraestruturas* (BGI) apresentam-se assim como soluções que pretendem acrescentar valor às áreas urbanas e contribuir para a resiliência às alterações climáticas.

O termo *Blue-Green Infrastructure* deve-se às funções que este tipo de soluções desempenha e aos seus constituintes.

São Blue Infrastructure (infraestrutura azul) porque incluem água e têm funções hidrológicas e são *Green infrastructure* (infraestrutura verde) porque integram plantas e asseguram serviços relacionadas com os espaços verdes da cidade.

A capacidade das BGI para gerar benefícios socioeconómicos é maior do que a soma dos benefícios das suas componentes individualmente, criando-se infraestruturas que conjugam água com vegetação, fortalecem-se os ecossistemas urbanos utilizando-se processos naturais para assegurar benefícios muito diversos às pessoas.

As BGI fornecem um conjunto muito amplo de serviços relacionados com a água (Figura 11), nomeadamente permitem melhorar a sua qualidade da água removendo nutrientes e poluentes urbanos, diminuem a velocidade da passagem da água e promovem a deposição de sedimentos, permitem a infiltração para recarga de aquíferos, e retêm a água na biomassa vegetal.

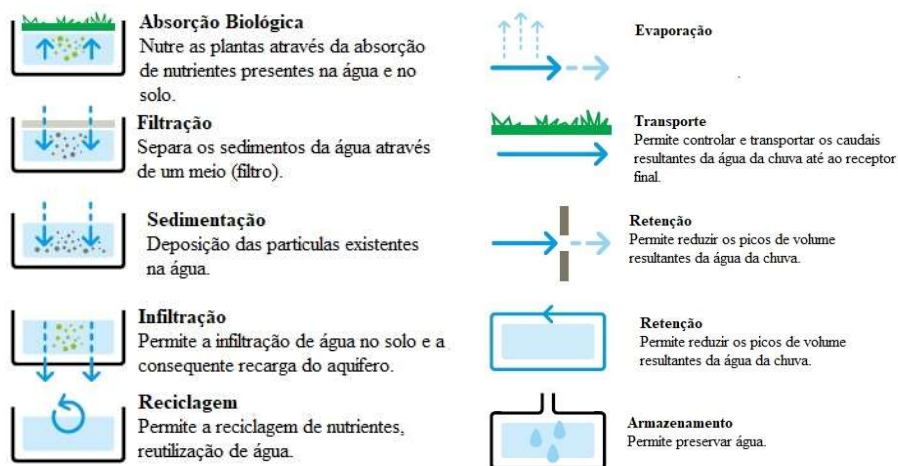


Figura 11. Benefícios das *Blue-Green Infrastructure* (adapt. RLCL, 2016).

Pelas suas características, as BGI têm um grande potencial para melhorar a resiliência às alterações climáticas, reduzindo a amplitude térmica diária, promovendo a criação de zonas de sombreamento, e permitindo movimentos de elementos vegetais naturais importantes para a ventilação natural do ar. Também reduzem os impactos bioclimáticos na cobertura do solo e aumentam a biodiversidade urbana na medida em que criam habitats naturais e corredores ecológicos.

As BGI criam espaços para fins recreativos, exercício físico e atividades sociais, portanto, ajudam a melhorar o desempenho físico e a saúde mental da população urbana. Estas comodidades contribuem para a redução das despesas com a saúde pública. Melhorando a atratividade social e a qualidade estética dos terrenos e edifícios circundantes, as BGI aumentam os valores patrimoniais do imobiliário urbano onde se inserem.

A criação de BGI aumentam a atratividade e melhoram a habitabilidade das cidades, sendo utilizadas como sinal de boa reputação dos seus governantes, evidenciando a atenção que estes supostamente dão à qualidade de vida e ao bem-estar da sua população.

Finalmente, as BGI aproximam as pessoas da natureza, contribuindo para criar momentos de felicidade, numa lógica de apoderamento do espaço, tornando-as guardiãs dos habitats e da biodiversidade na sua cidade.

Apesar desta variedade de benefícios, as BGI ainda são pouco frequentes na maioria das cidades atuais, onde ainda predomina a abordagem das *Gray Infrastructures*.

Pelas razões anteriormente referidas, as BGI podem constituir ferramentas importantes na gestão das águas pluviais urbanas. Como já se referiu, a partir de processos naturais que integram processos biofísicos de detenção, armazenamento, infiltração e absorção biológica de poluentes, consegue-se gerir a quantidade e a qualidade das águas pluviais.

Existem vários tipos de soluções já implementadas em algumas cidades, de formas diversas como biovalas, bacias de retenção, zonas húmidas funcionais, telhados verdes, etc. Um dos exemplos mais conhecidos, são os Jardins de chuva em Nova Iorque (Figura 12).



Figura 12. Jardins de Chuva, Nova Iorque.

(<https://fondationespacepurlavie.ca/en/solutions/capturing-water-cooling-the-air-rain-gardens/>)

Características e Componentes das BGI

Existe uma ampla variedade de BGI, que foram surgindo para dar resposta à necessidade de se planear áreas mais residentes às alterações climáticas cada vez mais frequentes e com maior intensidade.

As BGI caracterizam-se de acordo com a sua capacidade para reduzir o escoamento superficial em eventos extremos de pluviosidade, ou seja, pela a capacidade que os seus componentes têm para atrasar o escoamento e para reter a água da chuva (Chofrani *et al.*, 2017; Pötz & Bleuze, 2012).

Os componentes retenção podem armazenar água durante e após o evento extremo de pluviosidade e gradualmente escoar parte do volume armazenado para a rede de pluviais. Em alternativa, componentes de retenção da água podem armazená-la e permitir a sua infiltração gradual no solo, sem que exista necessidade de a encaminhar para a rede de pluviais. Numa BGI, os componentes para retenção da água são, normalmente bacias naturais que dispõem de

baixa capacidade de infiltração e que na maior parte do tempo se mantém com água (Chofrani et al., 2017; Pötz & Bleuze, 2012).

Em relação à sua posição que ocupam, as BGI podem ser implementadas acima do solo, ao nível do solo, ou enterradas. As BGI acima do solo funcionam como coberturas verdes, fachadas verdes e *blue roofs*, que interceptam, captam e em algumas situações armazenam a água da chuva, de forma a reduzir as escorrências para a rede de pluviais. Ao nível do solo, os alguns espaços verdes urbanos, são o exemplo mais frequente de BGI, com numerosas vantagens para a qualidade de vida das populações locais. As BGI com componentes enterrados são na maior parte das vezes equipamentos ou infraestruturas construídas de raiz ou que já se encontravam construídas sob áreas do espaço público urbano, por ex. depósitos para armazenamento de águas pluviais, que posteriormente serão utilizadas para usos urbanos não potáveis. Também se utilizam BGI que incorporam componentes como pavimentos permeáveis conectados com depósitos de armazenamento de águas pluviais para locais públicos ou privados (Chofrani et al., 2017; Pötz & Bleuze, 2012).

Outro aspeto a considerar é a escala de aplicação das BGI. Numa escala mais regional/urbana utilizam-se em soluções como parques ou espaços verdes públicos, áreas protegidas, zonas de sapal, e bacias de retenção. Podem também criar-se soluções de BGI para usos privados como coberturas verdes de edifícios, jardins privados e sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em habitações ou outros edifícios privados.

I.7 Caso de estudo

Este trabalho realizou-se no Jardim das Comunidades localizado na freguesia de Almancil, na orla costeira no concelho de Loulé, onde habitam atualmente 11 285 pessoas (INE, 2021). Na envolvente deste espaço verde existe uma Escola Básica 2, 3, um Centro de Dia e vários blocos de apartamentos residenciais e de estabelecimentos comerciais. Para além da vegetação (árvores, arbustos e relvado) inclui um lago central e algumas zonas lúdicas/desportivas, frequentadas sobretudo por crianças e idosos.

O Jardim das Comunidades foi construído em 2003, é atualmente um dos maiores espaços verdes urbanos do Algarve apresentando uma área total de arruamentos e zonas plantadas de 12 180 m², e um lago de 1 200 m². Desde o início houve a preocupação com o seu bom funcionamento, tendo-se optado pela utilização de espécies vegetais autóctones, nomeadamente:

Espécies arbustivas - medronheiro (*Arbutus unedo*), murta (*Myrtus communis*), romanzeira (*Punica granatum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e folhado (*Viburnum tinus*);

Espécies arbóreas - abrunheiro (*Prunus cerasifera*), freixo (*Fraxinus angustifolia*), pinheiro manso (*Pinus pinea*), alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*), oliveira (*Olea europea*);

A área relvada existente no Jardim das Comunidades ocupa 4300 m² e corresponde à cultivar *Cynodon dactylon* que se considera bem adaptada às condições edafoclimáticas locais.

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos esforços por parte do Município de Loulé, para se otimizar a gestão da água no Jardim das Comunidades, garantindo o bom funcionamento do lago e dos espaços vegetados, mas reduzindo-se os consumos de água na rega, e minimizando-se o uso de água tratada para consumo humano na rega, e/ou noutros usos não potáveis. Em simultâneo é da maior importância melhorar a sua resiliência do jardim das Comunidades a fenómenos de precipitação extrema, através do aumento da sua capacidade para reter água nesses momentos, que possa posteriormente ser utilizada na rega ou noutros usos não potáveis.

I.8 Objetivos

É **Objetivo Geral** deste estudo é contribuir para melhorar a resiliência do jardim das Comunidades a eventos de precipitação acentuada e diminuir o uso de água potável na rega dos espaços vegetados, através da implementação de uma *Blue-Green infrastructure* (BGI).

Objetivos Específicos:

1. Otimização das condições hidrodinâmicas no lago do Jardim das Comunidades, através do ajuste dos caudais nos diversos pontos de entrada;
2. Elaboração do projeto para implementação de uma BGI que integre um sistema de recolha a partir do lago e armazenamento subterrâneo de água da chuva, para posterior utilização na rega e recarga do aquífero Campina Faro;
3. Estimativa da redução dos consumos de água tratada par consumo humano para rega e das respetivas vantagens ambientais.

II METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido em colaboração estreita com a Unidade Operacional de Adaptação às Alterações Climáticas da Direção Municipal de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara Municipal de Loulé.

A recolha bibliográfica necessária foi feita recorrendo-se a motores de pesquisa automática, nomeadamente através da *b-on* e do *Sciencedirect*. Os dados necessários foram fornecidos pela Câmara Municipal de Loulé, recolhidos em sites oficiais como por exemplo, o da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) e o do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), e de uma tese do Mestrado em Ciclo Urbano da Água previamente apresentada (Pimenta, 2021).

II.1 Hidrodinâmica do Lago

Em colaboração com os técnicos da autarquia, aproveitou-se o período em que o lago foi vazado para se retirar as espécies exóticas (tartarugas e peixes) e procedeu-se à verificação do sistema de entradas de água e respetivas origens (Figura 13).

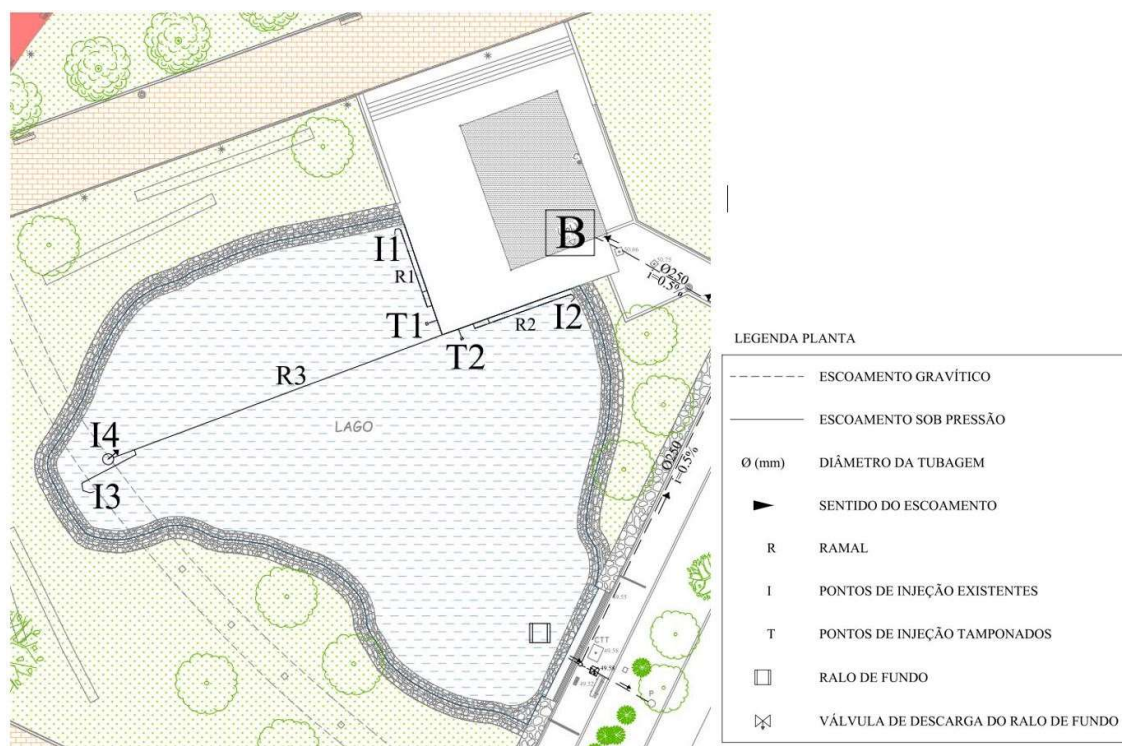


Figura 13. Planta do lago com os pontos de entrada de água.

Verificou-se que apenas duas funcionavam (I1 e I2), duas se encontravam tamponadas (T1 e T2) e outras duas não funcionavam (I3 e I4). O circuito da água no lago é apresentado na Figura 14, sendo que a origem atual da água é a rede de abastecimento público.

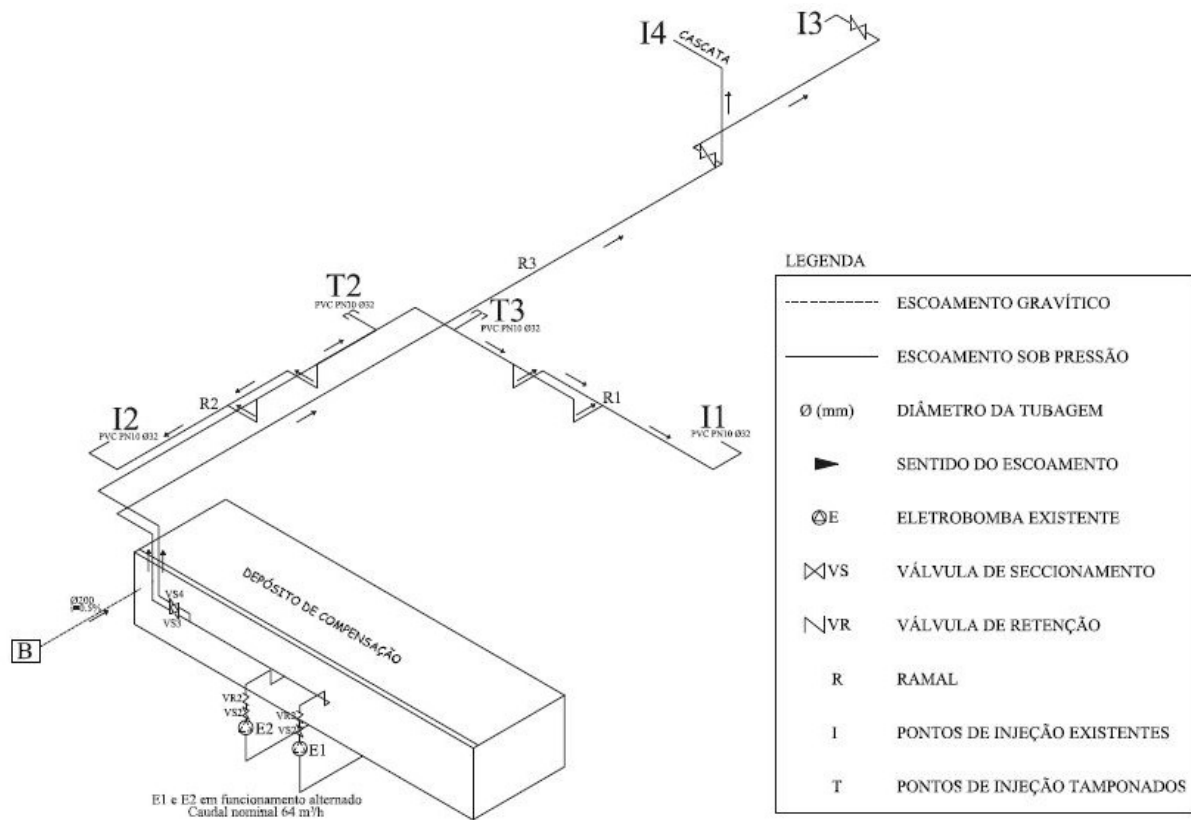


Figura 14. Traçado isométrico do circuito da água no lago no início deste estudo.

A água sai do lago através do descarregador por gravidade e entra no depósito de compensação (B), é bombada para o lago e sai nos pontos I1 e I2, sendo que os pontos I3 e I4 não funcionavam, devido a uma rotura posteriormente identificada no ramal R3 com o lago vazio (Figura 15), que foi imediatamente corrigida.



Figura 15. Foto da rotura localizada no ramal 3 (R3).

Uns dias após o vazamento do lago detetou-se uma presença anómala de água acumulada junto ao descarregador, evidenciando uma outra rotura (Figura 16) por baixo do descarregador, que foi intervencionada e corrigida.



Figura 16. Foto da acumulação proveniente da rotura junto ao descarregador.

Está também identificado há algum tempo, um problema de falta de pressão no sistema de rega, o que faz com que alguns setores não consigam assegurar o funcionamento dos aspersores para rega da relva.

Portanto, após correção das roturas, para se garantir a não existência de zonas estagnadas, e a circulação permanente da água no lago, desenvolveram-se todos os esforços necessários para que haja um caudal de circulação de água no lago de $50 \text{ m}^3/\text{h}$, através das diversas entradas de água (I1 a I6 na Figura 17), incluindo as que foram destamponadas (que passaram a ser designadas por I5 e I6), tal como se apresenta no traçado isométrico que se segue (Figura 18).

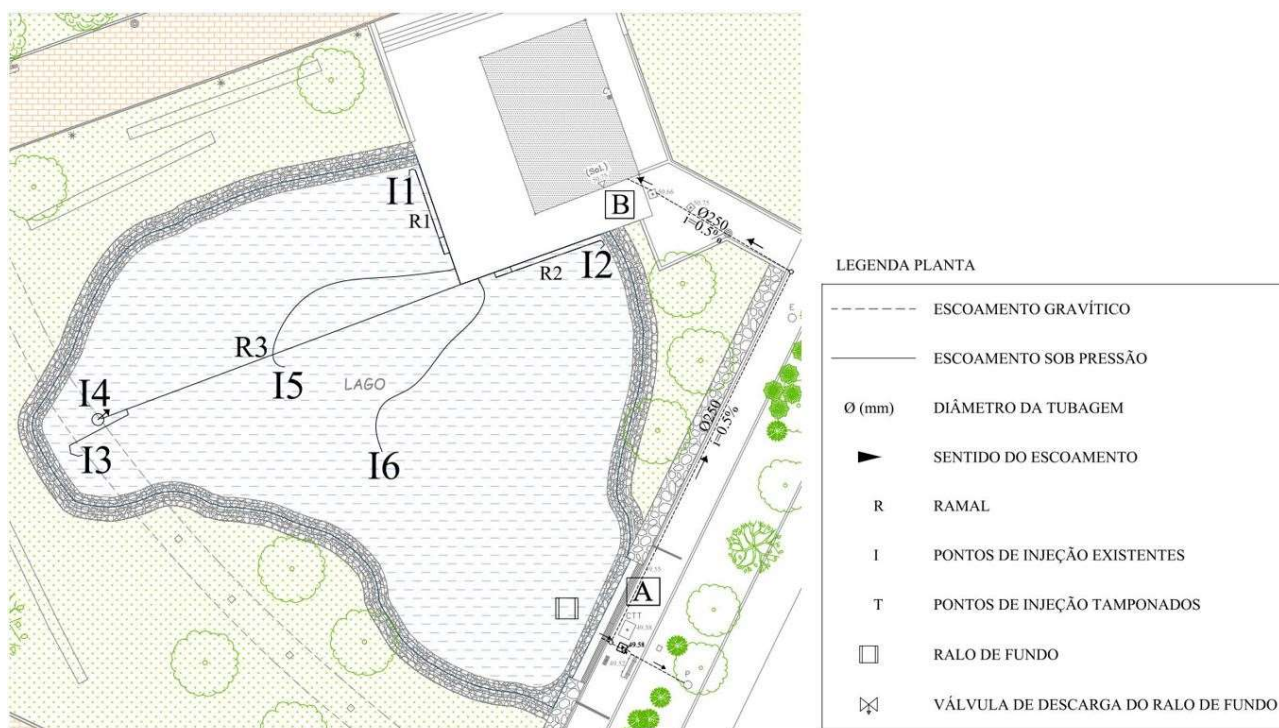


Figura 17. Circuito da água no lago após as intervenções de melhoria.

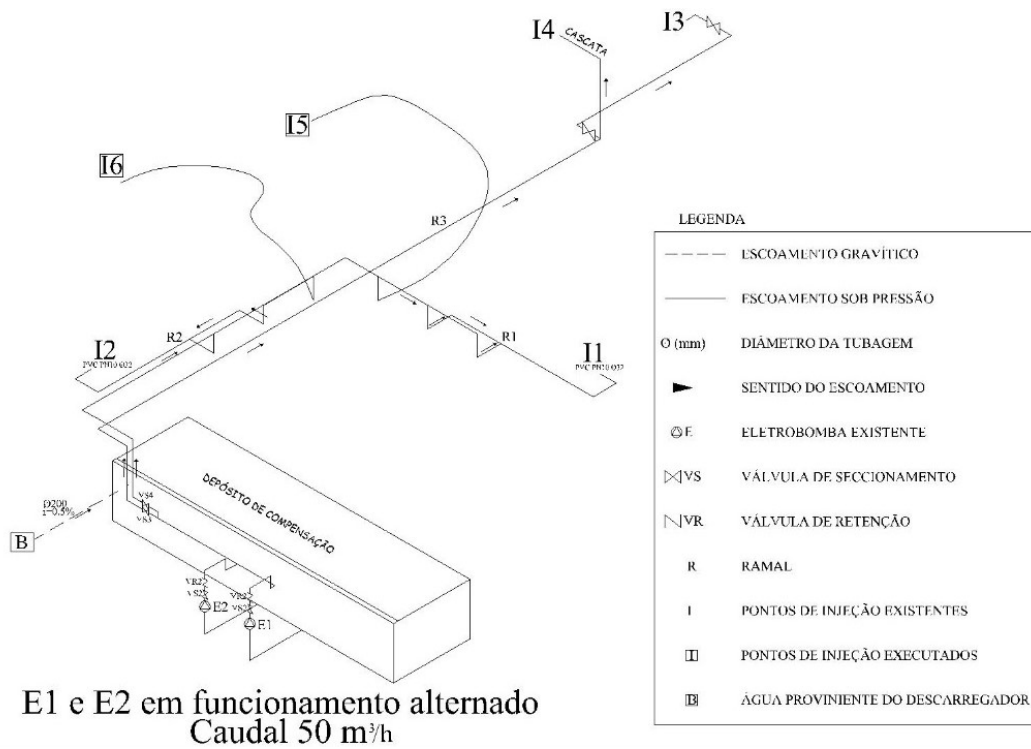


Figura 18. Traçado isométrico do circuito da água no lago após as correções efetuadas.

Para se evitar a estratificação da água as entradas I5 e I6 foram feitas junto ao fundo, evitando zonas anóxicas (Figura 19).

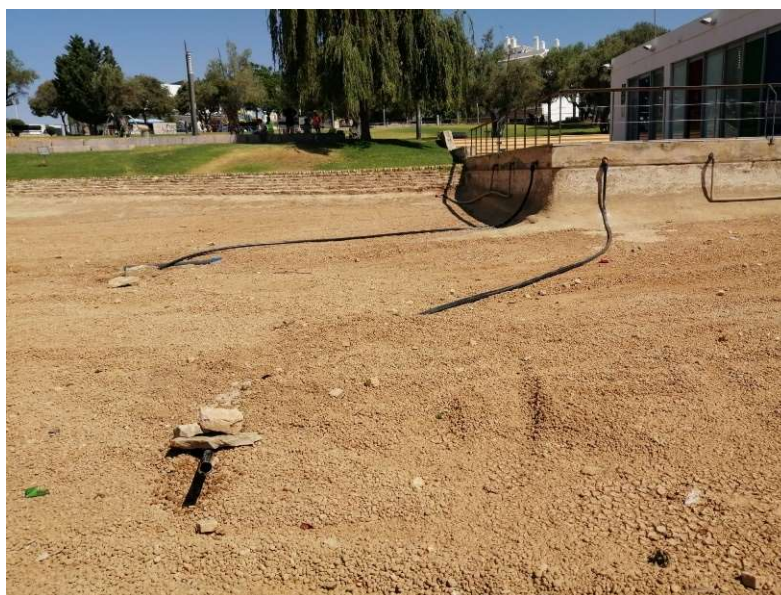


Figura 19. Foto das entradas de água (I5 e I6) junto ao fundo do lago.

II.2 Consumos de Água na Rega

Os consumos de água para a rega das plantas terrestres deste espaço, não são monitorizados diretamente porque não existe instalado no local um contador de água para esse efeito. Assim sendo, recorreu-se à estimativa aproximada de consumos de água com base na informação fornecida pela Divisão de Espaços Verdes, Transportes e Oficinas da Câmara Municipal de Loulé, conforme o histórico de consumos médios mensais que existe para este espaço: Primavera = 609.3 m³; Verão = 974.9 m³; Outono = 365.6 m³; e Inverno = 121.9 m³.

II.3 Pluviosidade

Os dados utilizados neste estudo foram retirados da estação meteorológica de Loulé disponíveis no *site* SNIRH, consideraram-se as médias das pluviosidades mensais para a série histórica de precipitação de vinte anos (integrando todos os dados disponíveis entre 1994 e 2020), apresentam-se na Tabela 1 e na Figura 20.

Tabela 1- Precipitação média mensal (mm) entre 1994-2020.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	86	51	58	50	41	7	2	3	36	71	86	150
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
Máximo	395	99	225	180	147	46	19	33	149	134	192	402

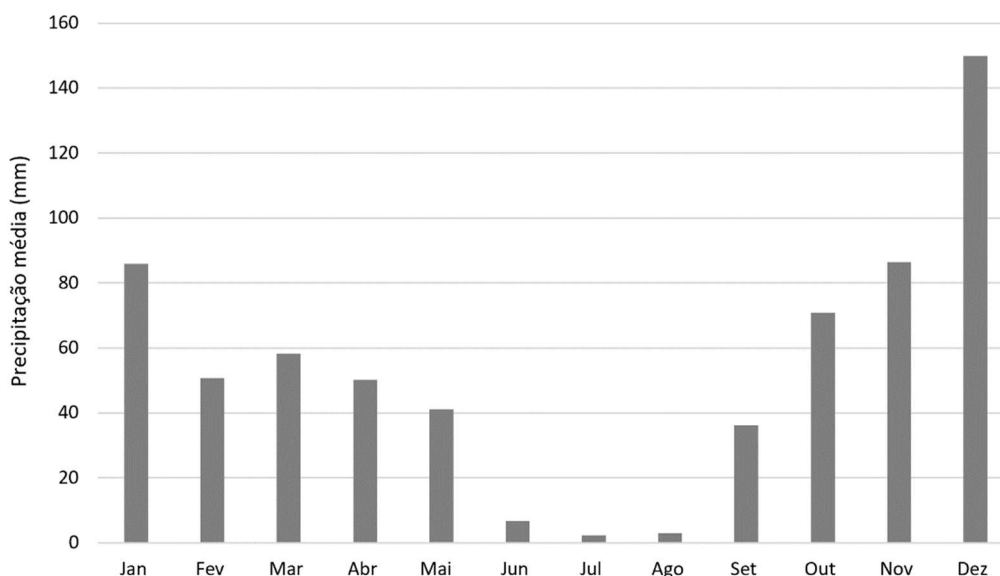


Figura 20. Evolução anual da precipitação entre 1994 e 2020.

Para além desta análise foi verificado o pico máximo diário de precipitação ocorrido, e correspondeu ao dia 30 de novembro de 1949 sendo de 132 mm.

II.4 Topografia

Procedeu-se à atualização do levantamento topográfico do Jardim das Comunidades, e esta informação foi considerada para se compreender o escoamento superficial da água da chuva.

Este trabalho foi efetuado durante o ano de 2020, pelos técnicos da autarquia e fornecido para ser integrado neste estudo, encontra-se como Figura A1 no Anexo I.

III DESENVOLVIMENTO DA *BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE* (BGI)

De forma reduzir-se o uso de água tratada para consumo humano na rega deste espaço verde, desenvolveu-se um projeto para uma *BGI*, que integra recolha de águas pluviais, armazenamento no lago existente e num reservatório subterrâneo, e um outro reservatório subterrâneo para infiltração e recarga do Aquífero Campina Faro. Por outro lado, a implementação desta *BGI* vai permitir melhorar a resiliência a episódios de precipitação extrema.

Atualmente, com a hidrodinâmica do lago corrigida e com o auxílio de plantas macrófitas, será possível manter apenas 70 cm de coluna de água com boa qualidade ecológica, permitindo em eventos de precipitação elevada reter 360 m³ água (1200m x 0,30 m). Parte dessa água, poderá ser armazenada no novo reservatório e posteriormente ser utilizada para rega. Haverá o segundo reservatório que estando ligado ao primeiro, em momentos de muita precipitação poderá receber água e que caso seja necessário, depois de cheio a encaminhará para infiltração e recarga do aquífero.

Para além de se diminuir o uso de água tratada para consumo humano na rega do Jardim das Comunidades, também se diminuirá o volume de escorrências encaminhadas para o sistema de águas pluviais, minimizando os riscos de inundação urbana.

III.1 Dimensionamento dos Reservatórios da *BGI*

A partir da topografia definiu-se a área de captação e em seguida o volume de água aproveitável considerando que o coberto do solo é equivalente a uma cobertura verde intensiva de acordo com a Especificação Técnica ETA 0701.

Procedeu-se aos cálculos para dimensionamento do reservatório de acordo com o método Rippl (Giacchini, 2016).

Considerando que,

Volume de água no reservatório ao longo do tempo t $S(t)$, neste caso mensalmente

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

Em que,

$D(t)$ = consumo mensal

e

$Q(t)$ = volume de água da chuva aproveitável mensalmente

sendo $Q(t) = C \times P \times A$

onde

C = coeficiente de escoamento superficial

P = Precipitação média mensal

A = Área de captação

$V = \sum S(t)$ somente para valores $S(t) > 0$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Coeficiente de Escoamento

Os coeficientes de escoamento recomendados são menores ou iguais a 0.3 (Especificação Técnica ETA 0701). Assim neste estudo foram calculados volumes de água a aproveitável $Q(t)$ com os coeficientes de escoamento 0.1, 0.2 e 0.3. que se apresentam na Figura 21.

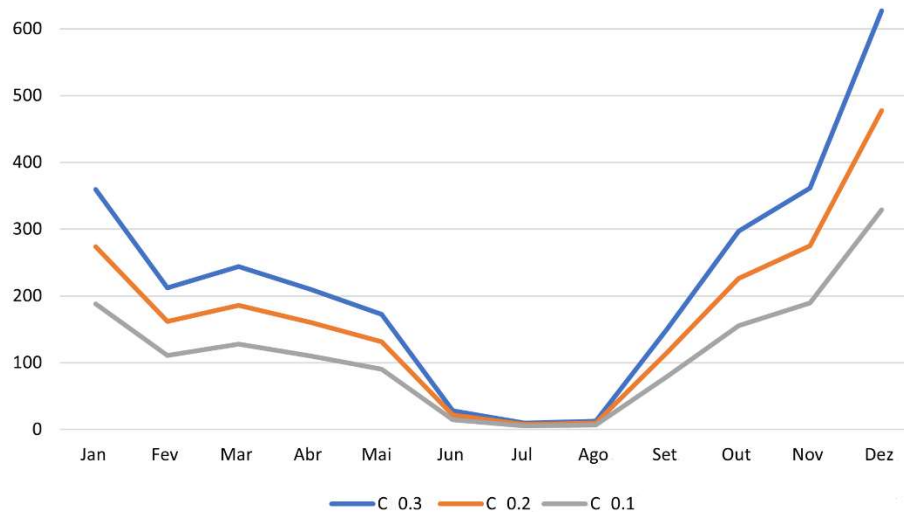


Figura 21. Volumes de água aproveitável com diferentes coeficientes de escoamento (C).

Como no Jardim das Comunidades existem grandes áreas com cobertura vegetal, outras impermeabilizadas, e declives acentuados, considerou-se adequado continuar os cálculos considerando o coeficiente de escoamento (C) igual a 0.2.

Área de Captação

De acordo com a topografia delimitou-se a área de captação envolvente, considerando-se toda a área que escorre para o lago (Figura 22).



Figura 22. Delimitação da área de captação (-----).

Para além dos cálculos com a precipitação média, verificou-se que para o pico máximo diário de precipitação ocorrido desde que há registos, no dia 30 de novembro de 1949, correspondente a 132 mm, haveria um volume de água aproveitável de aproximadamente 421 m³ calculado da seguinte forma:

$$Q(t) = C \times P \times A$$

$$P = 132 \text{ mm}$$

e

considerando em A, o A1 e o A2

A1 = água da chuva que cai diretamente no lago (com 1 200 m²)

Portanto, neste caso $C = 1$

A2 = água que escorre até ao lago (9 945 m²)

Portanto, neste caso $C = 0.2$

Assim,
$$Q(t) = 1 \times 132 \times 1200 + 0.2 \times 132 \times 9\,945 = 421 \text{ m}^3$$

Nesta nova lógica de funcionamento de BGI seriam retidos no lago 360 m³ e os restantes 61 m³ seriam armazenados, no momento, no novo reservatório. Posteriormente ao evento extremo, pode ser transferida água gradualmente do lago para o novo reservatório, para reduzir as perdas por evaporação e a aumentar a utilização da água da chuva na rega do espaço.

III.2 Desempenho da BGI

Se atendermos à precipitação média mensal no período considerado, o volume de água da chuva aproveitável e as necessidades médias mensais de água para rega, permitem calcular o volume armazenado na nova BGI, tal como se representa nas Tabelas 2 e 3 e nas Figuras 23 e 24. Verifica-se que o volume máximo médio mensal de água da chuva armazenada teoricamente, ocorrerá no 2º ano de funcionamento no fim do inverno (fevereiro).

Tabela 2. Balanço do armazenamento de água da BGI no 1º ano de funcionamento.

m³	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume aproveitável Q (t)	274	163	185	159	131	22	6	10	115	226	274	478
Necessidades de Rega	122	122	609	609	609	975	975	975	366	366	366	122
Armazenado	152	193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	356

Tabela 3. Balanço do armazenamento de água da BGI no 2º ano de funcionamento.

m³	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume aproveitável Q (t)	274	163	185	159	131	22	6	10	115	226	274	478
Necessidades de Rega	122	122	609	609	609	975	975	975	366	366	366	122
Armazenado	508	549	125	0	0	0	0	0	0	0	0	356

*Nota: a **negrito** assinalou-se o volume máximo de água da chuva armazenado.*

Sendo assim, optou-se por dimensionar o reservatório para 180 m³ que juntamente com os 360 m³ correspondentes à água armazenada no espaço disponível no lago (0,30 m de altura e 1 200 m² de área) darão à BGI uma capacidade total de 540 m³.

De notar que o 2º reservatório foi dimensionado para 18 m³, servindo (apenas) para infiltração e recarga do aquífero Campina faro, para situações em que haja eventos extremos de precipitação, sobretudo durante o inverno em que já existe água armazenada.

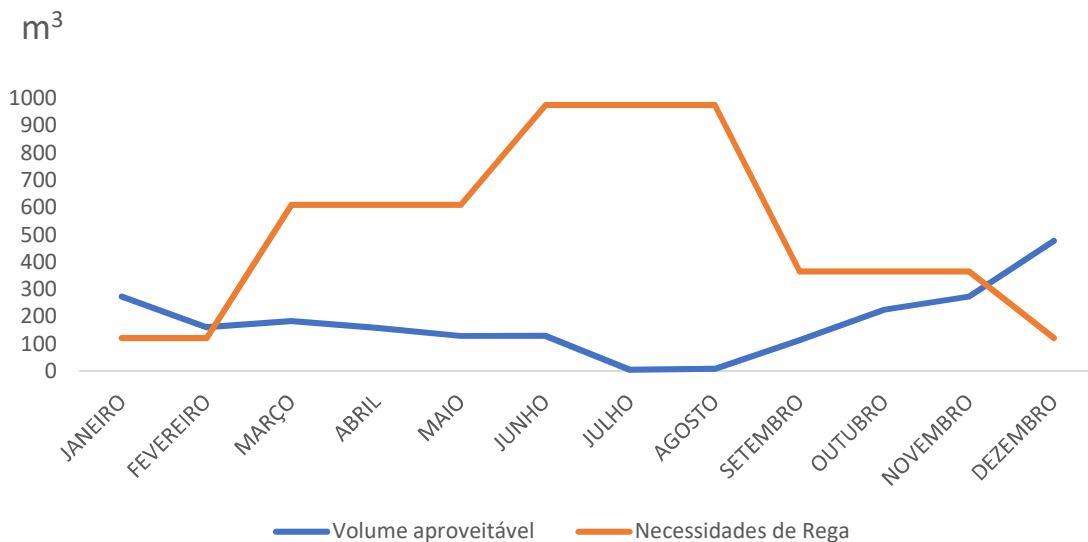


Figura 23. Evolução ao longo do 1º ano de funcionamento da BGI.

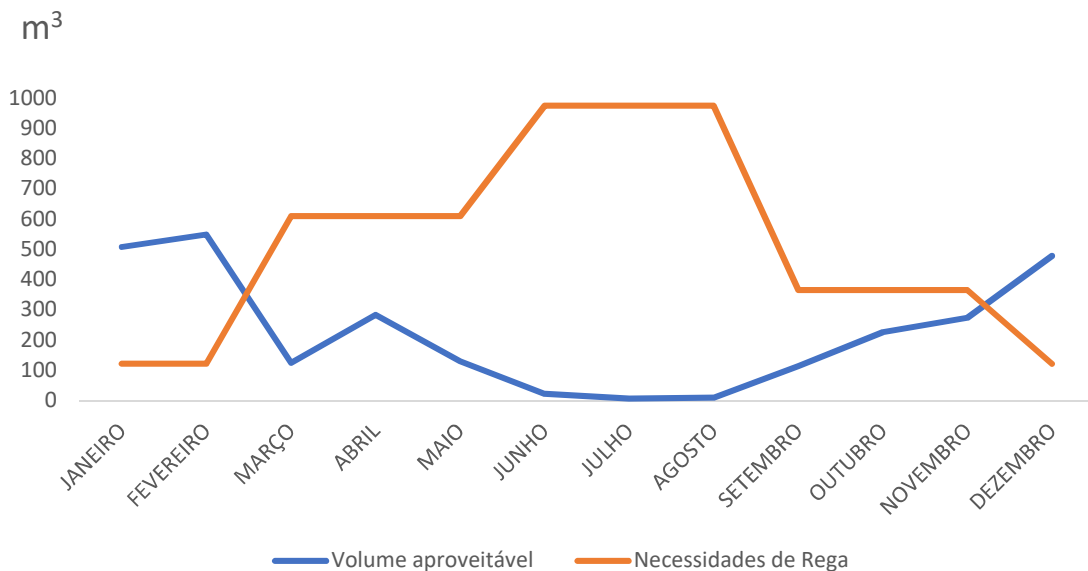


Figura 24. Evolução ao longo do 2º ano de funcionamento da BGI.

Desta forma será possível diminuir significativamente o consumo de água tratada para consumo humano na rega. Como se pode observar, a partir do 1º ano de instalação da BGI deixamos de ir buscar água à rede de abastecimento público nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, correspondendo a uma poupança anual de água de 366 m³ de água tratada para consumo humano. A partir do 2º ano a estes meses sem necessidade de ir buscar água à rede, acresce-se também o mês de março, portanto teremos uma poupança anual de 975 m³ de água tratada para consumo humano.

III.3 Materiais e Localização dos Reservatórios

O sistema de bombagem não foi incluído no âmbito deste estudo e está a ser otimizado pelo *staff* técnico da autarquia.

Os reservatórios serão adquiridos em módulos de armazenamento e de inspeção (GRAF EcoBloc *stormwater*), que incluem vários tipos de componentes, em material plástico 100 % reciclável, com um tempo de vida útil de 50 anos.

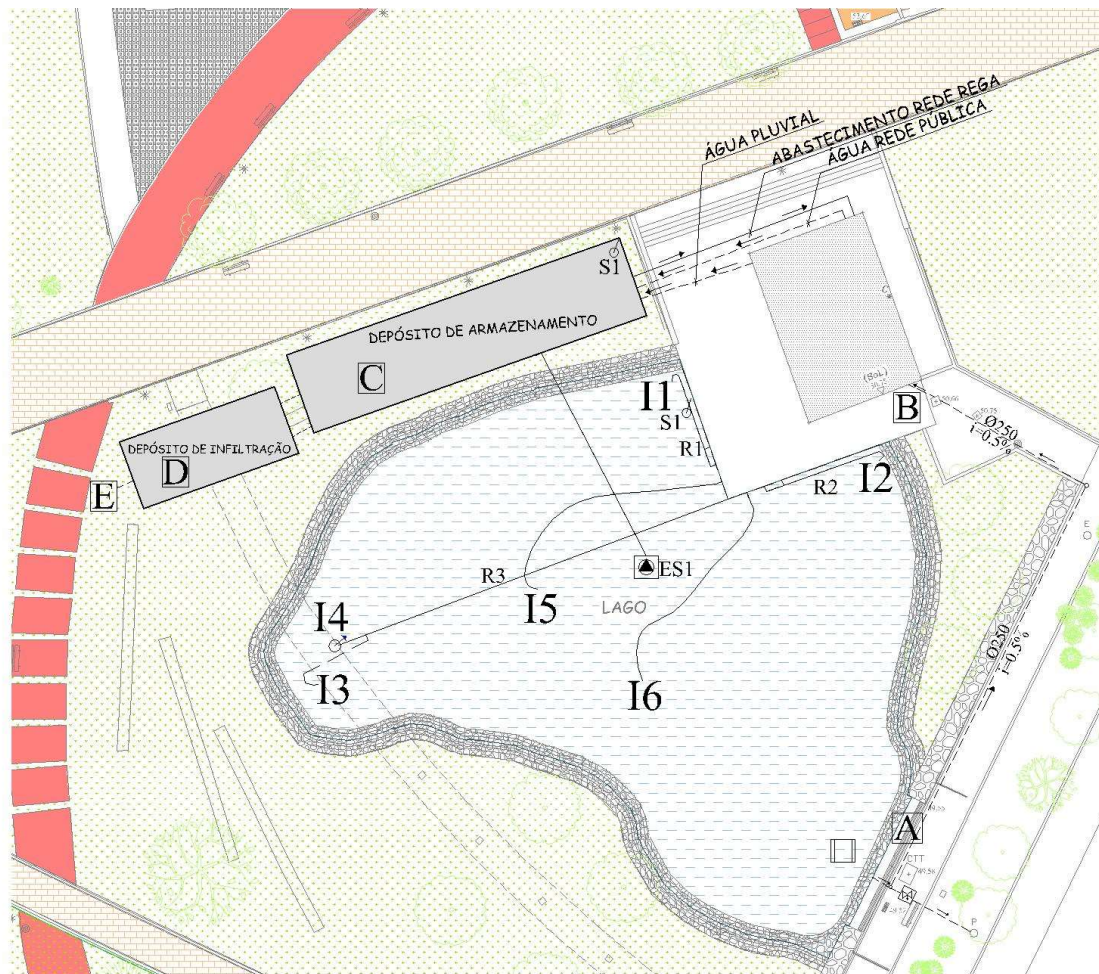
Os módulos selecionados foram EcoBloc light cujas dimensões são 0.8 x 0.8 x 0.35 (base x altura x profundidade).

Têm um transporte facilitado pelo formato que apresentam, poupando espaço através do encaixe. O depósito de armazenamento será revestido por uma membrana impermeabilizante por fora de uma camada geotêxtil, que garante a sua estanquicidade. O depósito de infiltração apenas será revestido pela camada de geotêxtil.

Os reservatórios serão enterrados, instalados no local de acordo com o espaço previamente preparado, posicionados tal como se apresenta na Figura 25.

No Anexo I apresentam-se todos os detalhes do projeto da BGI proposta na Figura A2, e na Figura A3 o respetivo traçado isométrico.

De realçar que para este sistema funcionar, será necessário subir a posição do descarregador de forma a que passe a descarregar a 80 cm a partir da sua quota de soleira, bem como instalar válvulas de controle de caudal para manter o equilíbrio com a água que entra no lago.



LEGENDA PLANTA

-----	ESCOAMENTO GRAVÍTICO	📍	SONDA DE NÍVEL DE ÁGUA
—————	ESCOAMENTO SOB PRESSÃO	⚠️	DESCARREGADOR
Ø (mm)	DIÂMETRO DA TUBAGEM	⊠	ÁGUA PROVINIENTE DO DESCARREGADOR
▶	SENTIDO DO ESCOAMENTO	⊞	DEPÓSITO DE ARMAZENAMENTO
R	RAMAL	⊞	DEPÓSITO DE INFILTRAÇÃO
I	PONTOS DE INJEÇÃO DE ÁGUA NO LAGO	⊞	REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS
⬆️ ES	ELETROBOMBA SUBMERSÍVEL A INSTALAR	⚡	VÁLVULA DE DESCARGA DO RALO DE FUNDO
□	RALO DE FUNDO		

Figura 25. Planta da BGI com a localização dos reservatórios de armazenamento (C) e de infiltração (D).

I.V CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

A resiliência às alterações climáticas nas zonas urbanas exige a implementação de medidas robustas que permitam uma gestão eficiente dos recursos disponíveis, nomeadamente da água, de forma a podermos suprir as necessidades das populações e a sua qualidade de vida, sem ameaçar os ecossistemas naturais. A inclusão de espaços naturalizados nas cidades, assegura às pessoas serviços ecossistémicos muito importantes, mas por outro lado, representam frequentemente grandes consumos de água para rega, quase sempre oriunda da rede de abastecimento público.

A BGI proposta neste estudo permite aumentar a robustez da gestão da água no Jardim das Comunidades de Almancil, por captar e armazenar água da chuva em momentos de precipitação reduzindo o risco de inundação urbana, por diminuir o uso de água tratada para consumo humano na rega, e por fim, por permitir armazenar água no novo reservatório em casos pontuais de necessidade de se esvaziar o lago.

Apesar do volume de água da chuva captada poder atingir os 30 % dos consumos de água para rega, neste estudo, optou-se por uma abordagem mais cautelosa, considerando-se que a partir do 2º ano da sua implementação esta BGI permite uma poupança anual média de 975 m³ de água tratada para consumo humano, o que corresponde ao consumo diário de cerca de metade da população de Almancil (ERSAR, 2019). Para esta água tratada para consumo humano chegar ao Jardim das Comunidades onde até ao momento é utilizada para rega, sai de um ecossistema aquático onde é fundamental para suportar a vida selvagem, a sua captação, tratamento e transporte vão consumir cerca de 858 kWh (ERSAR, 2016), e acarreta a emissão desnecessária de pelo menos 274 kg de CO₂ (ERSE, 2021).

No Plano de Eficiência Hídrica para o Algarve, definido pela Agência Portuguesa do Ambiente no último trimestre de 2020, dentro do Ciclo Urbano da Água, é dada grande relevância aos consumos nos espaços exteriores, assumindo-se que, para além de se incluírem origens

alternativas (água da chuva, água para reutilização e dessalinização) é necessário reduzirem-se perdas e desperdícios de água tratada para consumo humano.

Assim, a gestão eficiente da água nos espaços verdes urbanos é uma prioridade atual, e deve ser suportada por uma recolha e monitorização de dados que permitam uma gestão inteligente e cada vez mais preventiva.

Uma das oportunidades de melhoria no Jardim das Comunidades, é a instalação de um contador e de telemetria que permitam monitorizar os consumos e detetar em tempo real situações anómalas, como roturas, que neste contexto representam normalmente, perdas de água muito elevadas.

V REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., ... Yumkella, K. K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 39(12), 7896–7906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>
- Bourguignon, D. (2017). Nature-based solutions Concept, opportunities and challenges. European Parliamentary Research Service. Obtido em: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/608796/EPRS_BRI\(2017\)608796_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/608796/EPRS_BRI(2017)608796_EN.pdf)
- Brown, J. H., Burger, J. R., Burnside, W. R., Chang, M., Davidson, A. D., Fristoe, T. S., ... Okie, J. G. (2014). Macroecology meets macroeconomics: Resource scarcity and global sustainability. *Ecological Engineering*, 65, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.071>
- Brown, R., Keath, N., & Wong, T. (2008). Transitioning to water sensitive cities: historical, current and future transition states. (Vol. 10). Apresentado na In 11th international conference on urban drainage.
- Buhaug, H., & Urdal, H. (2013). An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities. *Global Environmental Change*, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016>
- Burian, S. J., & Edwards, F. G. (2002). Historical perspectives of urban drainage. *Global Solutions for Urban Drainage*, 1–16.
- Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M. R., Rauch, W., Schilling, W., & Urbonas, B. (2007). Toward the sustainable management of urban storm-water. *Indoor and built environment*, 16(3), 273–285.
- Comissão Europeia e Direcção Geral da Investigação e Inovação. (2015). *Investigação e inovação: alargar as fronteiras do conhecimento e melhorar a qualidade de vida*. Luxembourg: Publications Office. Obtido em https://ec.europa.eu/info/departments/research-and-innovation_pt
- Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities (CRCWSC). (2014) Obtido em: <https://watersensitivecities.org.au/participant/>
- Crujisen, A. (2015), “Design opportunities for flash flood reduction by improving the quality of the living environment: A Hoboken City case study of environmental driven urban water

management PhD thesis, TU Delft, DelftUniversity of Technology

Entidade Reguladora dos Serviços da Água e dos Resíduos (ERSAR). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal 2019 (Vol. 1).

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). Obtido em: <https://www.erse.pt/simuladores/rotulagem/>

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, p. 12(7).

Giacchini M. (2016). O Método de Rippl para Dimensionamento de Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento da Água da Chuva. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC'2016. Obtido em:

<https://confea.org.br/sites/default/files/uploadsimce/contecc2016/civil/o%20m%C3%A9todo%20de%20ripppl%20para%20dimensionamento%20de%20reservat%C3%B3rios%20de%20sistemas%20de%20aproveitamento%20da%20%C3%A1gua%20de%20chuva>.

Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical research letters*, 33(8). <https://doi.org/10.1029/2006GL025734>

Giorgi, Filippo, & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2), 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>

Ghofrani Z., Sposito V., Faggian R. (2017). A Comprehensive Review of Blue-Green Infrastructure Concepts. *International Journal of Environment and Sustainability* 6(1):15-36. DOI: 10.24102/ijes.v6i1.728

Google Earth Pro. (2018).

Gosling, S. N., Arnell, N. W., & Lowe, J. A. (2011). The implications of climate policy for avoided impacts on water scarcity. *Procedia Environmental Sciences*, 6, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.05.012>

Hardiman B.S., Wang J.A., Hutyra L.R., Gately C.K., Getson J.M., Friedl M.A. (2017). Accounting for urban biogenic fluxes in regional carbon budgets. *Science of the Total Environment*, 592 366–372. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.028>

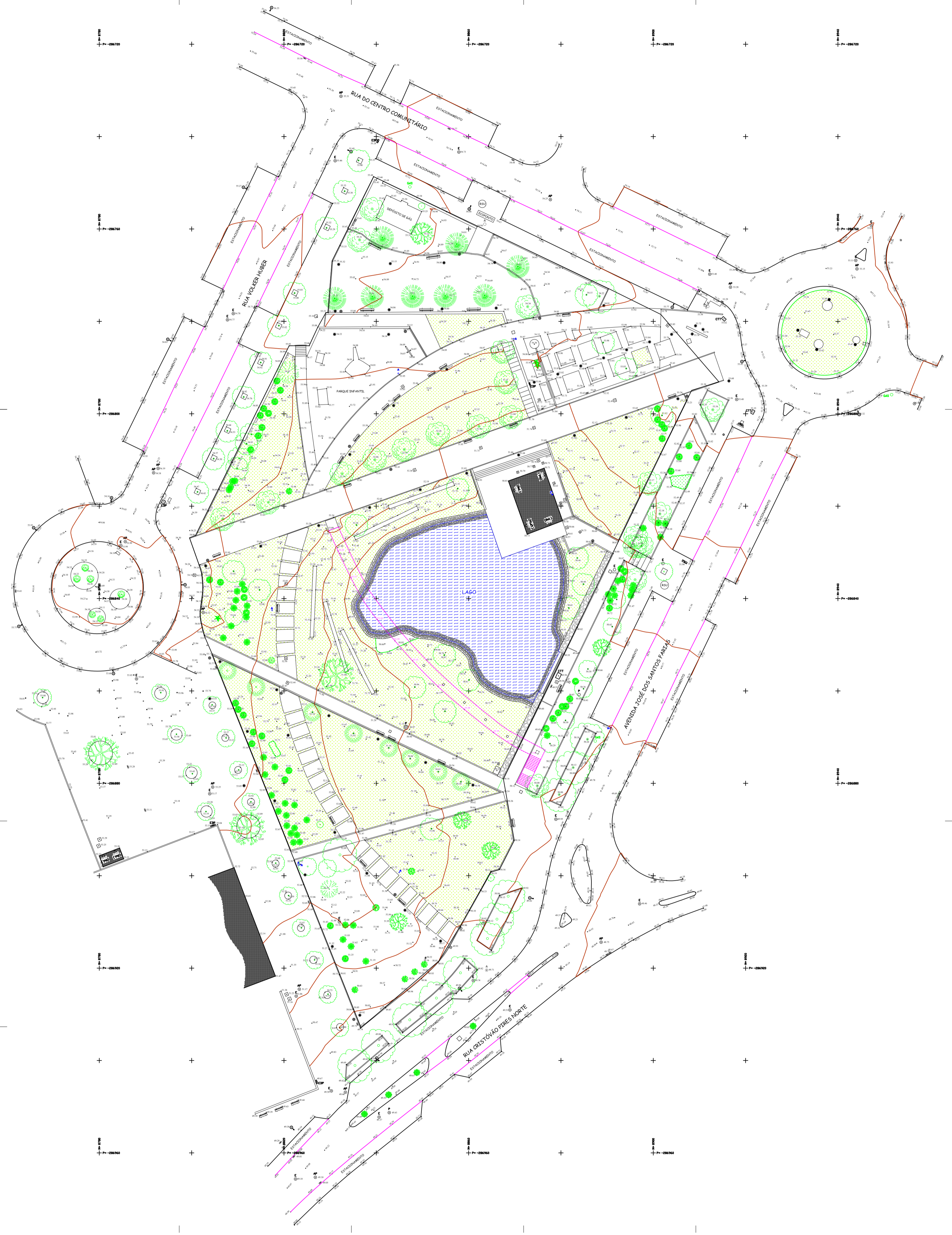
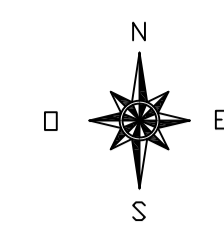
- Alan H. (2009). Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design. *South East Queensland Healthy Waterways Partnership*. p 113. ISBN0980627818, 9780980627817
- Hoban, Wong, & Breen. (2006). Water sensitive urban design for resilience to climate change. *Proceedings of the 1st Australian International Hydropolis Conference, Perth, Australia*.
- Houngbo, G. F. (2018). The role of UN-Water as a Inter-Agency coordination mechanism for water and sanitation. *UN Chronicle*, pp. 19–23.
- Instituto Nacional de Estatística (INE). (2021). Plataforma de Divulgação dos Censos 2021. Obtido em: https://www.ine.pt/scripts/db_censos_2021.html
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel of Climate Change. Obtido em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel of Climate Change.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Obtido em: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Alpert, P., Artale, V., & Li, L. (2006). The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues. . . *Dev. Earth Environ. Sci.* 4 (C), 1–26.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Casty, C., Wanner, H., Pauling, A., Küttel, M., & García-Herrera, R. (2006). Mediterranean climate variability over the last centuries: a review. *Developments in Earth and environmental Sciences*, 4, 27–148.
- Oliveira, P., Pereira, B., Ramos, C., Santos, C., Soares, A., & Vaz, T. (2005). Inundações urbanas: o caso das ruas de St^a Marta, S.José e Portas de St^o Antão. Em *Atas do X Colóquio Ibérico de Geografia* (p. 14). Évora.
- PORDATA (2020). Retrato de Portugal na Europa. Fundação Francisco Manuel dos Santos. 1^a Edição. ISBN: 978-989-9004-66-5.

- Pötz, H. and Bleuze, P. (2012), Urban blue-green grids for sustainable and dynamic cities, Technical report, Delft: Coop for life. Obtido em http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20121213163807_05_Pres_20120918_Hamburg.pdf
- Ramboll Liveable Cities Lab (RLCL). (2016). Making Cities Liveable Blue-Green Infrastructure And Its Impact On Society. Herbert Dreiseitl and Bettina Wanschura (LCL), Matthias Wörlen and Manfred Moldaschl (ZU) and James Wescoat (MIT). Obtido em: www.ramboll.com/LCL
- Reckien, D., Creutzig, F., Fernandez, B., Lwasa, S., Tovar-Restrepo, M., Mcevoy, D., & Satterthwaite, D. (2017). Climate change, equity and the Sustainable Development Goals: an urban perspective. *Environment and urbanization*, 29(1), 159–182.
- Resco de Dios, V., Fischer, C., & Colinas, C. (2006). Climate Change Effects on Mediterranean Forests and Preventive Measures. *New Forests*, 33(1), 29–40. <https://doi.org/10.1007/s11056-006-9011-x>
- Susdrain. (2012). Sustainable drainage. Obtido em: 21 de Janeiro de 2019, de <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>
- University Area Community Development Corporation (UACDC). (2010). *Low Impact Development: a design manual for urban areas* (p. 225). University of Arkansas Community Design Center.
- United Nations, 2014. UNESCO World Water Assessment Programme. World water development report 2014. Obtido em: <https://unesdoc.unesco.org/search/N-EXPLORE-7e044ab7-67a1-4226-b084-381b604a402d>
- United Nations (UN). (2018). World Urbanization Prospects - Population Division - United Nations. Obtido em: 21 de Janeiro de 2019, de <https://population.un.org/wup/Maps/>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Towards a cleaner Mediterranean: a decade of progress. Monitoring Horizon 2020 regional initiative. Obtido em: <https://www.unep.org/unepmap/resources/monitoring-horizon-2020-regional-initiative-joint-eea-unepmap-report>
- Veloso, N., Cruz, P., Carvalho, H., & Moreira da Silva, M. (2015). Monitoring urban storm water: facing climate changes in a Mediterranean coastal city (pp. 93–103). <https://doi.org/10.2495/SC150091>
- Woods-Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual (C753). CIRIA, London, UK.

World Wildlife Fund (WWF). (2011). Annual Report 2011. Obtido em:
http://assets.worldwildlife.org/financial_reports/1/reports/original/Annual_Report_2011.pdf?1342667695

Xi X., Poh K.L. (2013). Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore. *Procedia Computer Science*, 16 157 – 166.
doi:10.1016/j.procs.2013.01.017

Anexo I

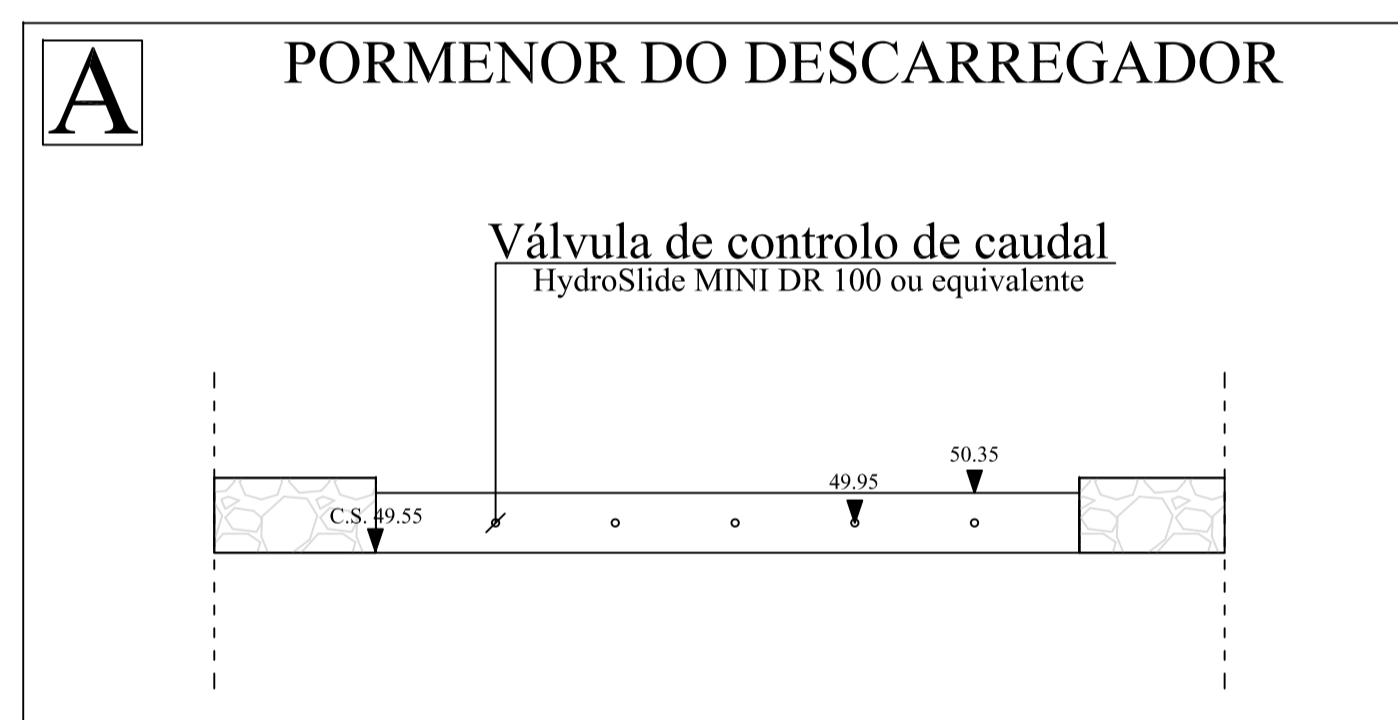
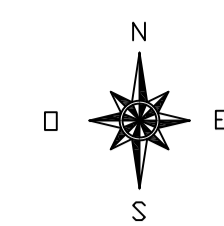


LEGENDA:

- Alfarrobeira
- Arbustos
- Árvores diversas
- Cipreste
- Figueira
- Luendreiro
- Oliveira
- Zona relvada consolidada
- Zona permeável pouco relvada
- Esgotos
- Águas Pluviais
- Sumidouro
- Águas
- Contador de Águas
- Gás
- Caixa de telecomunicações
- Caixa de Eletricidade
- Iluminação
- Iluminação Pública
- Tampa sem identificação
- CASAS / EDIFÍCIOS
- MUROS EM PEDRA

COORDENADAS:
Ligado à Rede Geodésica Nacional – Sistema PT-TM06/ETRS89
Cotas altimétricas no sistema de referência Cascais Helmert 1938

				AUTOR: Paulo Gago Assistente Técnico (Técnico Topógrafo)	
CONTÉM: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO				ESCALA: 1: 500	
LOCAL: JARDIM DAS COMUNIDADES				DATA: SETEMBRO 2020	
				FIGURA: A1	



LEGENDA PLANTA

-----	ESCOAMENTO GRAVÍTICO	φ	SONDA DE NÍVEL DE ÁGUA
————	ESCOAMENTO SOB PRESSÃO	⊠	DESCARREGADOR
∅ (mm)	DIÁMETRO DA TUBAGEM	⊞	ÁGUA PROVINIENTE DO DESCARREGADOR
▶	SENTIDO DO ESCOAMENTO	⊞	DEPÓSITO DE ARMAZENAMENTO
R	RAMAL	⊞	DEPÓSITO DE INFILTRAÇÃO
I	PONTOS DE INJEÇÃO DE ÁGUA NO LAGO	⊞	REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS
⊞ES	ELETROBOMBA SUBMERSÍVEL A INSTALAR	⊞	VÁLVULA DE DESCARGA DO RALO DE FUNDO
⊞	RALO DE FUNDO		

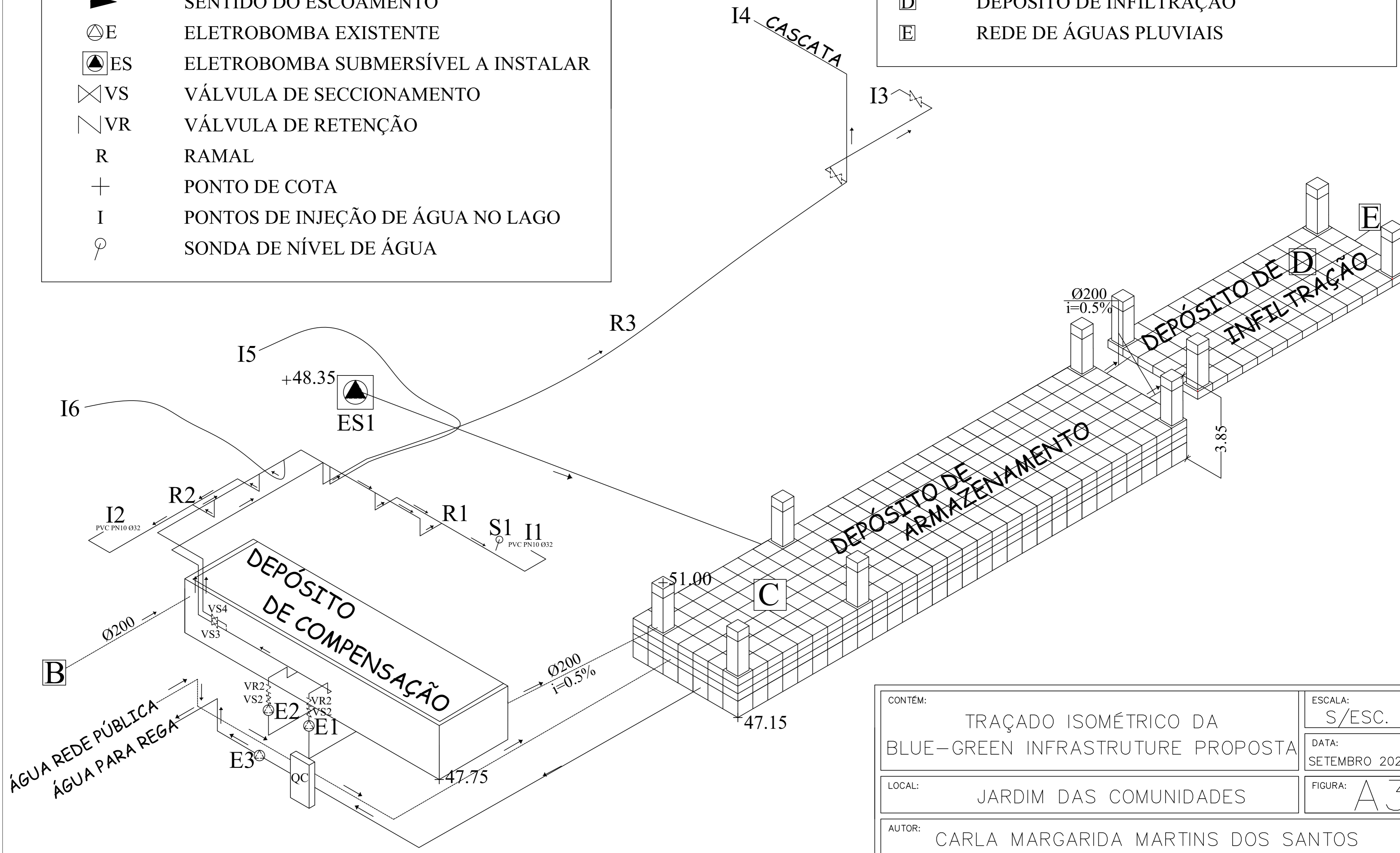
CONTÉM:	ESCALA:
BLUE-GREEN INFRASTRUTURE PROPOSTA	1: 500
LOCAL:	DATA:
JARDIM DAS COMUNIDADES	SETEMBRO 2021
AUTOR:	FIGURA:
CARLA MARGARIDA MARTINS DOS SANTOS	A2

LEGENDA

-----	ESCOAMENTO GRAVÍTICO
—————	ESCOAMENTO SOB PRESSÃO
∅ (mm)	DIÂMETRO DA TUBAGEM
▶	SENTIDO DO ESCOAMENTO
⊕E	ELETROBOMBA EXISTENTE
⊕ES	ELETROBOMBA SUBMERSÍVEL A INSTALAR
⊗VS	VÁLVULA DE SECCIONAMENTO
∩VR	VÁLVULA DE RETENÇÃO
R	RAMAL
+	PONTO DE COTA
I	PONTOS DE INJEÇÃO DE ÁGUA NO LAGO
⊕	SONDA DE NÍVEL DE ÁGUA

LEGENDA

QC	QUADRO DE COMANDO
B	ÁGUA PROVINIENTE DO DESCARREGADOR
C	DEPÓSITO DE ARMAZENAMENTO
D	DEPÓSITO DE INFILTRAÇÃO
E	REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS



CONTÉM:	TRAÇADO ISOMÉTRICO DA BLUE-GREEN INFRASTRUTURE PROPOSTA	ESCALA:	S/ESC.
LOCAL:	JARDIM DAS COMUNIDADES	DATA:	SETEMBRO 2021
AUTOR:	CARLA MARGARIDA MARTINS DOS SANTOS	FIGURA:	A3