

APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO PARA A GESTÃO DE SITUAÇÕES DE ESCASSEZ DE ÁGUA

JOÃO MIGUEL BEÇA MAGALHÃES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA CIVIL

APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO PARA A GESTÃO DE SITUAÇÕES DE ESCASSEZ DE ÁGUA

JOÃO MIGUEL BEÇA MAGALHÃES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E
AMBIENTE**

Orientador: Professor João Pedro Gomes Moreira Pêgo

Coorientador: Professor Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

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

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

À memória da minha Tia

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que me acompanharam durante estes cinco anos, familiares, amigos e colegas de trabalho, professores, que através da sua amizade, compreensão e disponibilidade permitiram a realização deste trabalho e permitiram a conclusão deste percurso, deixo aqui o meu reconhecimento. Agradeço de uma forma especial:

- Ao professor João Pedro Pêgo, pela disponibilidade, interesse, conhecimento e dedicação demonstrado ao longo do desenvolvimento deste trabalho;
- Ao professor Rodrigo Maia, pela ajuda na obtenção de dados;
- Às Águas do Algarve pelo fornecimento de dados essenciais para a realização;
- Aos amigos João, Rui, Francisca, Inês e Catarina que me acompanharam ao longo deste percurso e por tudo o que foram estes anos;
- Ao Tiago, Bruno, Sérgio, Davide e Nuno pelos bons momentos de convívio e pelo apoio incondicional mesmo nas alturas mais complicadas.

Resumo

Neste trabalho procura-se, através da ajuda de um software de sistema de suporte à decisão, estudar a possibilidade da reutilização de águas residuais na região do Algarve de forma a mitigar a falta de recursos hídricos que se começa a sentir na zona.

Realiza-se uma análise da reutilização de águas residuais, estudando os vários tipos de aplicação, os diferentes tipos de tratamentos e os diferentes impactos ambientais e na saúde pública que a utilização destas águas poderá provocar.

É feita uma análise da zona onde se estuda e das suas infraestruturas, maioritariamente os consumos da população, mas também as águas residuais produzidas e os recursos hídricos disponíveis. Para determinar possíveis impactos negativos no futuro é feito um estudo de cenários climáticos futuros de forma a prevenir alterações na região.

Para a utilização do software procede-se a um tratamento de dados obtidos, usando vários métodos, necessários para a determinação das necessidades hídricas.

Tenta-se tirar conclusões dos resultados obtidos de forma a explorar as melhores alternativas de reutilização que poderão ser usadas.

PALAVRAS-CHAVE: reutilização de águas residuais, Algarve, sistema de suporte à decisão, recursos hídricos, consumos.

Abstract

In this work it was studied, with the help of a decision support system software, the possibility of reusing wastewater in the Algarve region in order to mitigate the lack of water resources that is beginning to be felt in the area.

An analysis of the reuse of wastewater is carried out, studying the different types of application, the different types of treatments and the different environmental and public health impacts that the use of these waters may cause.

An analysis is made of the area studied and of its infrastructures, mainly the consumption of the population, but also the waste water produced and the available water resources. To determine possible negative impacts in the future, a study of future climate scenarios is done in order to estimate changes in the region.

For the use of the software a data treatment is done, using several methods, necessary for the determination of the water needs.

In the end, conclusions were drawn from the results obtained in order to explore the best reuse alternatives that can be used.

KEY WORDS: wastewater reuse, Algarve, decision support system, water resources, consumption.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
Resumo.....	iii
Abstract	v
1.INTRODUÇÃO -----	1
1.1. Motivação	1
1.2 Objetivos e organização do trabalho	2
2.REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS -----	3
2.1. Planeamento.....	3
2.1.1. Definição dos utilizadores	4
2.1.2. Sistemas de distribuição	4
2.1.3. Considerações ambientais	4
2.1.4. Influência do público geral	5
2.2. Tipos de reuso.....	6
2.2.1. Rega Agrícola.....	6
2.2.1.1. Salinidade e Cloro residual	7
2.2.1.2. Nutrientes	7
2.2.1.3. Águas residuais tratadas e a saúde pública	7
2.2.1.4. Metodologia de controlo dos impactos negativos na utilização de águas residuais tratadas para rega agrícola	8
2.2.1.5. Considerações operacionais no reuso para fins agrícolas	8
2.2.2. Rega paisagística	8
2.2.2.1. Critérios de qualidade de água	9
2.2.2.2. Campos de Golfe.....	9
2.2.3. Uso Industrial	10
2.2.3.1. Critérios de qualidade da água	11
2.2.4. Recarga de aquíferos.....	12
2.2.5. Uso Potável	12
2.2.5.1. Uso Potável Indireto Planeado	13
2.2.5.2. Uso Potável Direto	13
2.3. Tratamentos de águas residuais.....	14
2.3.1.Filtração	14
2.3.1.1. Filtração em leito granular.....	14
2.3.1.2. Filtração superficial.....	15
2.3.1.3. Filtração por membranas.....	15
2.3.1.4. Osmose Inversa.....	15
2.3.2. Desinfecção.....	16
2.3.2.1. Cloragem.....	16
2.3.2.2. Radiação Ultravioleta.....	17
2.3.2.3. Ozonização.....	17

2.3.3. Oxidação Avançada	18
2.4. Exemplos de reutilização de água no mundo	18
2.4.1. Austrália	18
2.4.2. Europa	18
2.4.3. Namíbia	19
2.4.4. Singapura.....	19
2.4.5. Japão	19
2.4.6. Estados Unidos da América	20
2.5. Documentação.....	20
3.ANÁLISE DA REGIÃO -----	23
3.1. Enquadramento	23
3.1.1 População e variação.....	24
3.1.2. Clima e Precipitação	24
3.1.3. Consumos de água	25
3.1.3.1. Abastecimento Público	25
3.1.3.2. Outros Sectores.....	25
3.1.4. Águas Residuais	26
3.2. Disponibilidades de água	29
3.2.1. Albufeiras	29
3.2.2. Águas Subterrâneas.....	30
3.3. Diagnóstico das massas de água	31
3.3.1. Massas de água superficial.....	31
3.3.2. Massas de água subterrânea.....	32
3.4. Alterações climáticas	33
3.4.1. Disponibilidade de água	34
3.4.2. Secas.....	34
3.4.3. Cenários Climáticos	34
4.SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO -----	39
4.1. MODSIM-DSS.....	39
4.2. LabSid AcquaNet 2013	39
4.2.1. Algoritmo.....	40
4.2.2. Tipos de simulação	40
4.2.3. Opções de Cálculo	41
4.2.4. Construção e Introdução de dados na rede	41
4.2.4.1. Definições Gerais	41
4.2.4.2. Reservatórios	42
4.2.4.2. Necessidades.....	42
4.2.5. Resultados	42
5.TRATAMENTO DE DADOS E RESULTADOS-----	45

5.1. Determinação de precipitações.....	45
5.2. Determinação de Caudais	49
5.3. Índice de escassez	56
5.4. Resultados	57
5.4.1. Período (2000-2009)	57
5.4.2. Cenário RCP 8.5 (2071-2100)	61
5.5. Tratamentos disponíveis nas ETARs	62
5.6. Hipótese reutilização de águas residuais.....	65
5.6.1. Recarga da massa de água subterrânea Querença-Silves.....	65
5.6.2. Rega de campos de golfe	67
5.6.3. Rega de campos agrícolas	69
 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	 71
6.1. Conclusões	71
6.2. Desenvolvimentos Futuros.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Campo agrícola em Lagos	6
Fig. 2.2 - Campo de golfe no Algarve.....	10
Fig. 2.3 - Zona industrial Lagoa.....	11
Fig. 2.4 - Garrafas de NEWater do investimento em Singapura.....	14
Fig. 2.5 - Esquema do processo de osmose inversa.....	16
Fig. 2.6 - Esquema espectro ultravioleta	17
Fig. 2.7 - Panorama da cidade de Windhoek.....	19
Fig. 3.8 - Mapa do Algarve	23
Fig. 3.9 - ETAR da Boavista	26
Fig. 3.10 - ETAR de Vila Real de Santo António.....	27
Fig. 3.11 - Gráfico volume de águas residuais tratadas no Algarve (Águas do Algarve, 2017)	28
Fig. 3.12 - Valores precipitação cenário RCP4.5 2011-2040 (IPMA, 2017).....	36
Fig. 3.13 - Valores precipitação cenário RCP4.5 2041- 2070 (IPMA, 2017)	36
Fig. 3.14 - Valores precipitação cenário RCP4.5 2071- 2100 (IPMA, 2017)	37
Fig. 3.15 - Valores precipitação cenário RCP8.5 2011-2040 (IPMA, 2017).....	37
Fig. 3.16 - Valores precipitação cenário RCP8.5 2041-2070 (IPMA, 2017).....	38
Fig. 3.17 - Valores precipitação cenário RCP8.5 2071- 2100 (IPMA, 2017)	38
Fig. 4.18 - Definições Gerais (AquaNet)	41
Fig. 4.19 - Dados de Reservatórios (AquaNet).....	42
Fig. 4.20 - Dados de Demandas (AquaNet).....	42
Fig. 5.21 - Layout da bacia de hidrográfica de Odelouca dividida pelo método de Thiessen	47
Fig. 5.22 - Gráfico do método das duplas acumulações para o caso de Odelouca	49
Fig. 5.23 - Interface do programa LabSid-Aquanet.....	57
Fig. 5.24 - Imagem aérea Rio Hondo (EPA, 2016)	66
Fig. 5.25 - Distribuição dos principais campos de golfe no Algarve	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - População do Algarve segundo os censos (INE, 2011)	24
Tabela 3.2 - Tabela com os valores de consumo por parte de outros sectores na região do Algarve	26
Tabela 3.3 - Volumes de águas residuais faturadas em 2015 no Algarve (Águas do Algarve, 2017).....	28
Tabela 3.4 - Disponibilidade hídrica subterrânea na região do Algarve (APA, 2016)	31
Tabela 3.5 - Classificação das águas superficiais (APA, 2016)	32
Tabela 3.6 - Classificação das águas subterrâneas (APA, 2016)	33
Tabela 3.7 – Valor da precipitação média acumulada para os diferentes cenários (IPMA, 2017).....	35
Tabela 5.8 - Tabela com os valores de precipitações na bacia de Odelouca	48
Tabela 5.9 - Valores da percentagem de caudal ecológico a considerar.....	51
Tabela 5.10 - Valores obtidos de caudais para Odelouca m ³ /s	52
Tabela 5.11 - Valores obtidos de caudais para Bravura m ³ /s	53
Tabela 5.12 - Valores obtidos de caudais para Odeleite m ³ /s	54
Tabela 5.13 - Valores obtidos de caudais para Beliche m ³ /s	55
Tabela 5.14 - Valores necessários para o cálculo das necessidades hídricas para as Ribeiras do Algarve (APA, 2016)	56
Tabela 5.15 - Valores necessários para o cálculo das necessidades hídricas para a zona da bacia hidrográfica do Guadiana (APA, 2016)	56
Tabela 5.16 - Índice de escassez com recarga de aquífero.....	67
Tabela 5.17 - Origem da água usada para rega de campos de golfe (Turismo de Portugal, 2015).....	67
Tabela 5.18 - Índice de escassez com reutilização em campos de golfe	69

1

INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

A escassez de água para consumo humano é um problema que tem vindo a ganhar grandes proporções em todo o Mundo. A sobre-exploração dos recursos hídricos e as recorrentes secas verificadas nos últimos anos estão na origem da escassez hídrica. Esta situação resulta em graves consequências não só ambientais, como também sociais e económicas. Têm, por isso, vindo a ser estudadas, um pouco por todo o Mundo, origens de água alternativas, tais como a reutilização de águas residuais ou a dessalinização, que contribuirão para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

Atualmente a reutilização de águas residuais tem vindo a verificar aumento de interesse por parte das entidades gestoras de águas e não só. O desenvolvimento tecnológico verificado nos últimos anos na área do tratamento de água, tem permitido obter uma qualidade de água após tratamento por vezes melhor que a retirada de recursos naturais, o que tem levado em muitos países, à reutilização destas águas tratadas como uma nova fonte de abastecimento para diversos sectores, como a indústria, a agricultura, o turismo e até mesmo o abastecimento de água potável de forma direta ou indireta.

São diversos os exemplos de sucesso (Califórnia, Austrália, Namíbia, entre outros) por todo o mundo de reutilização de águas residuais. No entanto, o uso destas tecnologias continua subutilizado e por vezes ignorado no processo de decisão, apesar de serem vários os estudos que comprovam os benefícios desta reutilização, maioritariamente a redução de impactos ambientais. As populações continuam mal informadas e constituem, por vezes, um obstáculo a um melhor aproveitamento destas tecnologias, sendo necessário que se mude de atitude para que se obtenha um aproveitamento sustentável de recursos hídricos (EPA, 2017).

Portugal está classificado como estando em “stress” hídrico médio, indicando que os recursos hídricos não se encontram disponíveis na proporção que seria desejável. Este facto é consequência do clima mediterrânico: a precipitação ocorre principalmente em metade do ano e existe uma grande discrepância entre o Norte e o Sul do país em termos de precipitação e evapotranspiração. Estes fatores conjugados resultam em cerca de 50% do país (áreas localizadas a sul e nordeste) com um défice de água, principalmente para as atividades agrícolas. Este défice tem sido agravado nos últimos anos com as secas verificadas (APA, 2016).

É, portanto, importante considerar a reutilização de águas residuais de forma a obter uma gestão dos recursos hídricos mais sustentável, principalmente em zonas onde existe uma grande escassez de

recursos hídricos. Para que aplicação desta reutilização seja feita da forma mais eficiente, é necessário que se realizem estudos aprofundados relativamente às diferentes necessidades de abastecimento de água dos diferentes sectores de atividades humanas.

1.2 Objetivos e organização do trabalho

Neste trabalho é feita uma análise relativa à zona do Algarve de forma a refletir sobre aos recursos hídricos disponíveis e aos consumos dos diferentes sectores. Esta análise serve como introdução para definir potenciais áreas que apresentem necessidades ao nível do abastecimento de água. Para prever alterações climáticas futuras é feita uma análise de diferentes cenários e a sua influência nos recursos hídricos da região.

De forma a obter dados concretos para realizar uma decisão fundamentada, utilizou-se um sistema de suporte de decisão depois de uma recolha de dados relativos à região de forma a estudar uma potencial diminuição dos efeitos da escassez de água, analisando várias alternativas de reutilização de águas residuais de forma a combater esta escassez e que tipo de infraestruturas são necessárias para que esta reutilização possa ocorrer.

A dissertação está dividida em seis capítulos sendo que no primeiro capítulo corresponde a esta introdução.

O segundo capítulo é dedicado reutilização de águas residuais, onde são referidos processos de tratamento, tipos de reuso, entre outros.

O terceiro capítulo corresponde à descrição da região do Algarve, analisando os seus recursos hídricos, os seus consumos e as águas residuais produzidas, mas também cenários climáticos futuros.

No quarto capítulo são apresentados dois “softwares” distintos, sendo que para o utilizado foi feita uma descrição mais completa.

O quinto capítulo é dedicado ao tratamento de dados, à apresentação de resultados e respetiva análise

No sexto capítulo fazem-se conclusões relativamente ao trabalho e considerações futuras.

2

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

A reutilização de águas residuais tem como principais diretrizes a resposta à urbanização e, conseqüentemente, um aumento do consumo de água, um uso de água de forma eficiente a proteção do ambiente e da saúde pública.

Um dos principais problemas da disponibilidade de recursos hídricos atualmente é o facto de estes não serem constantes durante o ano, muitas vezes em contra-ciclo com as necessidades de água para as atividades humanas. Enquanto alguns fatores como o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial promovem um aumento constante ao longo dos anos, outros como o aumento do turismo e o desenvolvimento da agricultura levam a necessidades mais sazonais, principalmente nas alturas de menor precipitação.

Têm sido desenvolvidos vários métodos de forma a combater as necessidades hídricas das atividades humanas, entre eles a construção de grandes barragens e a dessalinização de água do mar, com o aumento das preocupações no que diz respeito a assegurar a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos, a reutilização de águas residuais tem vindo a obter grandes desenvolvimentos e a mudar a forma de pensar da população em certos lugares do mundo.

As águas residuais tratadas resultam de águas que foram tratadas e usadas para o abastecimento da população ou para o abastecimento de atividades ligadas à indústria e à agricultura. Estas águas poderão então ser águas residuais urbanas domésticas ou uma mistura com águas residuais industriais ou pluviais. O reuso de águas residuais contribui para uma gestão de recursos hídricos mais sustentável da forma que permitem um aumento dos recursos hídricos necessários, ao mesmo tempo que diminui o impacto ambiental negativo da descarga nos meios recetores.

2.1. Planeamento

Independentemente do tamanho ou do tipo de reutilização de águas residuais devem ser tomados certos passos de planeamento (no caso do uso para indústrias estes passos podem variar). Como principais passos a tomar no que diz respeito ao planeamento destacam-se a determinação dos tipos usos aceitáveis pelas comunidades, a determinação de potenciais consumidores e as suas necessidades e a determinação da qualidade de água requerida para as atividades. Planeadores devem também determinar o volume de águas residuais disponíveis para reutilização e a alturas existem em maiores quantidades.

Para o planeamento do projeto são então recomendados os seguintes passos:

- Identificar quantidade de águas residuais disponíveis para possível reutilização;
- Determinar possíveis usos das águas tratadas;
- Identificar os potenciais utilizadores;
- Comparar a procura com as necessidades de água;
- Preparar o sistema de distribuição;
- Identificar a viabilidade económica do projeto;
- Verificar as exigências regulatórias do projeto.

2.1.1. Definição dos utilizadores

O ponto principal na determinação de potenciais utilizadores de águas residuais tratadas está na comparação do custo unitário da água que estes utilizadores consomem e o potencial custo unitário se for adotada a alternativa da reutilização de águas residuais. Outros fatores que podem influenciar na escolha do utilizador são o grau atual de satisfação, a evolução do custo da água e um eventual estímulo à reutilização e à diminuição de impactos ambientais negativos.

O custo unitário de águas residuais tratadas está dependente da qualidade do efluente das Estações de Tratamentos de Águas Residuais (ETARs), volume de água requerido e a distância ao utilizador do local de tratamento das águas.

Os consumidores mais confiáveis serão aqueles que poderão usar a água diariamente e durante o ano todo. Estes potenciais consumidores funcionarão como uma base de consumo que não estará dependente do clima, funcionando como um rendimento consistente.

2.1.2. Sistemas de distribuição

É importante realçar que os sistemas de distribuição de águas residuais tratadas requerem o mesmo nível de planeamento e considerações de projeto que uma rede de distribuição de água para consumo humano com os mesmos componentes e acessórios, mas sinalizados de forma diferente de forma a haver uma distinção entre os dois sistemas.

No que diz respeito na escolha do trajeto das condutas principais devem ser tomadas em conta os seguintes pontos:

- A localização dos utilizadores previamente determinados;
- Outros potenciais utilizadores nas várias alternativas;
- Outros projetos que poderão estar a decorrer em simultâneo que poderão reduzir custos;

A coordenação com outros projetos poderá levar a uma diminuição considerável nos custos de investimento iniciais, permitindo também uma possível avenida para adquirir novos utilizadores no futuro.

2.1.3. Considerações ambientais

Aumentar as retiradas de água e escoamento agrícola, pode alterar drasticamente os ciclos hidrológicos e a capacidade de reciclagem de nutrientes dos ecossistemas aquáticos. A reutilização da água pode ter impactos positivos e adversos nos ecossistemas circundantes e a jusante. A eliminação ou redução de uma descarga de água superficial por recuperação e reutilização geralmente reduz os impactos adversos da qualidade da água para a água recetora. No entanto, o desenvolvimento de sistemas de reutilização

de água pode ter impactos ambientais não intencionais relacionados ao uso da terra, fluxo de rios e qualidade da água subterrânea.

A reutilização da água pode induzir mudanças significativas no uso da terra, direta ou indiretamente. As mudanças diretas incluem alterações na vegetação ou características do ecossistema induzidas por alterações no equilíbrio hídrico numa área, como a restauração ou criação de zonas húmidas. As mudanças indiretas incluem alterações de uso da terra associadas com o desenvolvimento industrial, residencial ou outro possível desenvolvimento tornado possível pelo fornecimento adicional de águas reutilizadas.

Fluxos e níveis em lagos e reservatórios podem aumentar ou diminuir como consequência de projetos de reutilização de água. Em cada situação onde o reuso é considerado, existe o potencial de mudar os balanços de água e efetivamente alterar o regime hidrológico predominante numa área, com o potencial de danificar ou melhorar os ecossistemas influenciados pelo projeto. Zonas onde as descargas de águas residuais ocorreram durante um longo período de tempo, a flora e a fauna podem se adaptar e até se tornar dependentes dessa água.

Tomando em conta os fatores mencionados podemos concluir que apesar da reutilização de águas residuais ter maioritariamente impactos ambientais positivos, isto não é sempre garantido, é então necessário que haja uma avaliação dos impactos ambientais de cada projeto de forma a garantir que todos os regulamentos são garantidos.

2.1.4. Influência do público geral

Os projetos de reutilização de águas residuais tratadas constituem ainda práticas inovadoras em muitas regiões, principalmente em Portugal onde os recursos hídricos não são muito escassos, o que, só por si, justifica alguma relutância na sua aceitação pública. Além disso, trata-se de um tipo de projeto suscetível de gerar alguma controvérsia na sociedade, pela origem e características das águas residuais tratadas. A aceitação pública de projetos de reutilização da água assume assim, naturalmente, uma importância decisiva. A comunicação entre os promotores do projeto e os parceiros interessados é o instrumento que pode sustentar a sua aceitação pública.

A aceitação de um projeto de reutilização de águas residuais pelo público é um passo fundamental no sucesso da implementação do projeto, já que a reutilização de águas residuais coloca questões de temas diversos, que têm que ser cuidadosamente geridas, entre as quais se destacam os aspetos de saúde pública, mas também questões ambientais e económicas, a que ainda se somam questões de objeção psicológica, dada a origem da água reutilizada.

Entre os fatores com mais influência na aceitação pública dos projetos de reutilização, destacam-se os seguintes:

- A perceção que o público tem da escassez de recursos hídricos na sua região e do papel que a reutilização de águas residuais tratadas pode ter na gestão integrada dos recursos hídricos;
- A perceção de risco, correspondente ao conhecimento das características das águas residuais tratadas e das características de qualidade da água requeridas para determinadas utilizações;
- O desenvolvimento das técnicas analíticas de água permite, cada vez mais, detetar concentrações de substâncias até então indetetáveis, o que pode levantar preocupações acerca de eventuais riscos de saúde ou ambientais devido à utilização deste tipo de água;
- A confiança na legislação/regulamentação que enquadra a implementação de projetos de reutilização de água;

- A confiança que o público deposita na eficiência das entidades gestoras dos sistemas de águas residuais desempenha um papel importante na aceitação do público, tanto mais importante quanto menos conhecida for a prática de projetos de reutilização, dado o receio com que as pessoas normalmente reagem em face do desconhecido, numa natural atitude de prudente defesa.

Os temas principais que devem ser abordados de forma a diminuir a possibilidade da não aceitação por parte do público são:

- Necessidade do projeto de reutilização de águas residuais tratadas e seus objetivos;
- Segurança da reutilização das águas residuais tratadas face à utilização prevista;
- O papel da reutilização da água na conservação dos recursos hídricos;
- Benefícios ambientais da reutilização de águas residuais tratadas;
- Impactes socioeconómicos positivos decorrentes da reutilização;
- A água reutilizada é preferível a outras origens alternativas;
- A reutilização da água é praticada com sucesso em muitos locais e países.

Estes temas devem ser abordados de forma clara e sem ambiguidades de acordo com o público alvo.

2.2. Tipos de reuso

2.2.1. Rega Agrícola

A facilidade de obtenção de água é uma das necessidades mais importantes para que o sector agrícola funcione de forma correta (Fig. 2.1.). A utilização de águas residuais tratadas para esta aplicação é, sem dúvida, a que utiliza um maior volume de água deste tipo em todo o mundo, incluindo países em desenvolvimento. São vários os motivos que levam a que esta aplicação seja a mais utilizada:

- A fonte de água é confiável e em geral aumenta com o aumento da população;
- O custo do tratamento para esta aplicação não é tão alto como por exemplo para fins potáveis;
- Muitas vezes esta é fonte de água com mais qualidade para rega, funcionando como uma fonte mais barata de fertilizantes. No entanto, esta vantagem está dependente da quantidade indicada de nutrientes na água.

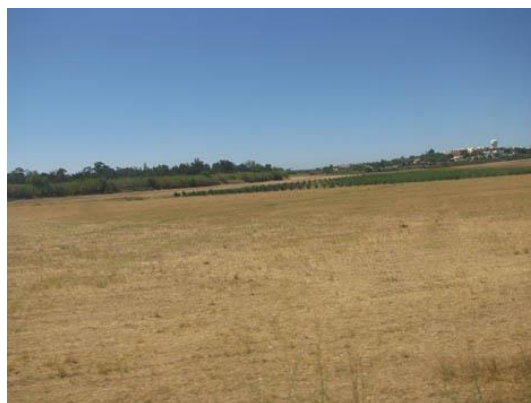


Fig. 2.1 - Campo agrícola em Lagos

O uso de águas residuais para rega agrícola tem vindo a ser utilizado há muito tempo. No entanto não foram utilizados os devidos tratamentos para garantir a saúde pública e os requisitos agrónomos necessários. A qualidade da água para rega é então um fator muito importante, mas não único, no que diz respeito a reutilização de águas residuais, pois a água não tratada traz consigo elementos prejudiciais

para o desenvolvimento das plantas (como por exemplo o excesso de sais dissolvidos) e outros elementos que poderão potenciar o seu crescimento (Monte & Albuquerque, 2010).

2.2.1.1. Salinidade e Cloro residual

A salinidade é um dos principais parâmetros na determinação da aptidão da água tratada para rega agrícola, podendo ser determinado por diversos parâmetros sendo o principal a condutividade elétrica, sendo este um método bastante expedito.

Apesar de todas as águas de rega possuírem uma quantidade de sais dissolvidos, no geral, as águas residuais possuem uma quantidade maior podendo levar a uma acumulação no solo em quantidades elevadas, o que pode levar a que a planta deixe de ser capaz de extrair a água necessária para o seu desenvolvimento, visto que o principal método de absorção de água se processa de forma osmótica.

Para além do mecanismo osmótico a presença de certos iões, como o boro, em quantidades excessivas pode levar a um nível de toxicidade que poderá levar a problemas no desenvolvimento das plantas, apesar de estes iões serem necessários para que este desenvolvimento se processe de uma boa maneira, no entanto em teores muito baixos.

A salinidade do solo proveniente da água de rega pode também afetar a percolação de água necessária para a absorção diminuindo a taxa de absorção. Medidas para combater o efeito da salinidade:

- Tipo de rega;
- Drenagem;
- Seleção de culturas.

Apesar do cloro residual não ser tão comum, a presença deste em quantidades elevadas pode levar a estragos severos na maioria das plantas, podendo levar a que a folhagem apresente um aspeto queimado (EPA, 2012).

2.2.1.2. Nutrientes

Treze tipos de nutrientes minerais são necessários para o desenvolvimento das plantas, sendo normalmente utilizados fertilizantes para obter estes nutrientes. Estes nutrientes estão divididos em duas categorias: macronutrientes e micronutrientes.

No grupo dos macronutrientes encontramos como principais elementos o azoto, o fósforo e o potássio. Estes são necessários em grandes quantidades para um bom desenvolvimento das plantas (Quelhas dos Santos & Cardoso Pinto, 1985).

No que diz respeito aos micronutrientes, estes são elementos que são necessários, mas em quantidades mais reduzidas, entre eles estão ferro, manganês, zinco, cobre, alumínio, cobalto, molibdénio e boro.

2.2.1.3. Águas residuais tratadas e a saúde pública

Em águas residuais tratadas destinadas para rega agrícola existe a possibilidade da presença de microrganismos patogénicos, no entanto só existe um perigo para a saúde pública se este organismo existir em uma quantidade suficiente para que a infeção causada no hospedeiro provoque uma doença.

A transmissão pode dar-se de várias formas:

- Contacto direto com a água tratada;

- Ingestão direta ou indireta de produtos resultantes;
- Inalação através de aerossóis resultantes da rega da água tratada;
- Ingestão da água devido à infiltração ou escoamento desta para corpos de água (Monte & Albuquerque, 2010).

As formas de exposição aos organismos patogénicos estão normalmente relacionadas com a seleção das culturas regadas e do tipo de rega utilizada, os agricultores ou outros potenciais hospedeiros em contacto direto com a água tratada constituem o grupo com maior risco terminando por fim nos consumidores dos produtos resultantes.

Dependo de vários fatores, cada tipo de organismo tem uma capacidade de sobrevivência, sendo esta capacidade medida através da persistência destes. O tipo de solo, o ambiente onde é efetuada a rega ou mesmo o tipo de plantas tem influência na persistência destes organismos. Podemos então concluir que é necessário garantir um controlo adequado no tratamento de forma a assegurar a saúde pública quando as águas residuais tratadas são utilizadas na rega agrícola.

2.2.1.4. Metodologia de controlo dos impactos negativos na utilização de águas residuais tratadas para rega agrícola

O método mais importante no que diz respeito ao controlo dos impactos negativos da utilização de águas residuais tratadas é sem dúvida o método de rega, sendo que a rega por aspersão é o método que constitui o maior risco devido principalmente, mas não só, à dispersão de aerossóis, levando a um agravamento do potencial de toxicidade das plantas.

No entanto há que considerar outros métodos que podem ajudar no controlo, como uma boa drenagem do solo reduzindo o tempo de contacto da água com as plantas ou então uma seleção de plantas cuja parte consumível não contacta com a água e rega.

2.2.1.5. Considerações operacionais no reuso para fins agrícolas

Para que haja um processo eficiente na reutilização de águas residuais para rega agrícola é necessário que haja uma cooperação boa entre as ETARs e os produtores agrícolas, uma vez que estes dois tipos de intervenientes não possuem muito em comum. Por exemplo, na produção agrícola, normalmente, não é necessário um fornecimento constante de água, variando com a quantidade de precipitação registada.

De forma a combater problemas é por isso ter em conta certas considerações:

- Deve haver uma compatibilidade com o tipo de operações agrícolas e a água tratada fornecida, como por exemplo certos tipos de rega requerem um tratamento diferente;
- Existem diferenças no que diz respeito as exigências nos sistemas utilizados por estas instituições;
- Do lado dos agricultores deve haver também uma adaptação no que toca à utilização de água tratada;
- A comunicação entre as duas partes é essencial para que se verifique uma satisfação para ambos.

2.2.2. Rega paisagística

Entende-se por rega paisagística a rega de espaços verdes ornamentais ou dedicados ao lazer, nomeadamente relvados de campos desportivos incluindo campos de golfe, parques e jardins.

Atualmente este é o segundo tipo de utilização de águas residuais tratadas mais utilizado a nível mundial, verificando-se também o uso relativo em Portugal principalmente na zona Algarvia para rega de campos de golfe que existem em grande quantidade, uma vez que é uma zona procurada por turistas.

Tal como na utilização de águas tratadas para rega agrícola, a água utilizada para rega paisagística deve obedecer a um conjunto de exigências no que diz respeito a características químicas, de forma a promover a crescimento adequado das plantas, sendo dado maior ênfase aos potenciais problemas de saúde pública devido à maior probabilidade de contacto direto com os utilizadores destes espaços.

2.2.2.1. Critérios de qualidade de água

Como verificado anteriormente na utilização de águas residuais tratadas para fins agrícolas, a salinidade tem muita influência no que diz respeito ao crescimento das plantas. Este problema pode estender-se também para a rega paisagística. Deve-se, portanto, proceder-se a um controlo grande deste parâmetro ou à utilização de elementos ornamentais com uma resistência considerável à salinidade.

Comparativamente ao referido no caso anterior (rega agrícola), a utilização de águas residuais tratadas em rega paisagísticas deve obedecer a um processo de controlo de problemas de saúde pública mais minucioso, uma vez que o potencial contacto é muito maior, sendo o grupo de risco maior também. Por esta razão o tratamento para este uso é mais completo procedendo-se a um processo de desinfeção, reduzindo o risco de infeção tanto por ingestão, como por contacto direto.

A rega em zonas com grande movimentação deve, no entanto, ser feito de forma controlada, nomeadamente no próprio processo de rega sendo necessário o uso de um método adequado e em alturas que reduzam o risco de contacto. Em último caso devem ser estabelecidas restrições em zonas que sejam regadas por águas tratadas.

2.2.2.2. Campos de Golfe

Na zona do Algarve, em Portugal, a grande afluência de turistas levou a um grande crescimento no que diz respeito à construção de campos de golfe (Fig. 2.2.). Muitas vezes a construção de um maior número está restrita à quantidade de afluente existente. Podemos então concluir que esta área tem um potencial para usar águas residuais tratadas.

Para que o uso seja feito de uma forma eficiente é necessário que se recorra a algumas medidas essenciais. Em sua grande maioria, a relva possui uma resistência à salinidade mediana, no entanto não deixa de ser necessário tomar certos cuidados em zonas mais sensíveis. Ao contrário do que acontece nos outros tipos de rega, a água não deve ser bastante rica em nutrientes de forma a evitar o crescimento de espécies indesejadas. Por último, deverá existir algum tipo de drenagem de forma a evitar a acumulação de resíduos (Martins et al, 2005).



Fig. 2.2 - Campo de golfe no Algarve

2.2.3. Uso Industrial

Este tipo de reuso de águas residuais tratadas é atualmente o terceiro mais usado, sendo que fábricas têxteis, fábricas de papel e outro tipo de instalações que usam água para o arrefecimento de equipamentos representam as áreas principais que recorrem a este tipo de reuso (EPA, 2004), mas existem variados tipos (Fig. 2.3.). Devido à grande variação de utilizações nesta área é muito difícil definir padrões de qualidade de uma forma genérica, uma vez que certos tipos de utilização requerem água com um tratamento elevado, enquanto outros possuem exigências menores. Pode-se, no entanto, considerar importantes as características da água que poderão levar à corrosão ou à formação de filmes biológicos.

Esta área tem verificado um aumento considerável, muito por causa do estabelecimento de normas de descargas que levam a custos elevados por parte da indústria em tratamentos de águas residuais, o que as leva a tomar em consideração a reutilização desta mesma água, não só devido a motivos financeiros, mas também por motivos ambientais. Resumindo, a reutilização de águas residuais provoca uma diminuição da dependência por parte das empresas sobre os tipos de abastecimentos tradicionais, o que por sua vez pode levar a um desenvolvimento socioeconómico de uma zona onde a disponibilidade de água para a indústria seja escassa.



Fig. 2.3 - Zona industrial Lagoa

As indústrias que poderão beneficiar mais da reutilização de água serão aquelas que não necessitem de altos níveis de tratamento, como por exemplo aquelas que possuem sistemas de arrefecimento, sendo estes também um dos maiores consumidores de água. No entanto, existem outros tipos de utilizações onde o nível de exigência da qualidade seja maior, sendo então necessário que haja um maior controlo.

Concluindo, a decisão de reutilizar águas residuais deve ser tomada pelas indústrias comparando os custos da instalação de equipamentos e os custos de tratamento com os custos atuais de sistemas de abastecimentos mais comuns, levando em consideração que esta reutilização para além de vantagens económicas trará consigo vantagens a nível ambiental.

2.2.3.1. Critérios de qualidade da água

Como já referido anteriormente, o controlo da qualidade da água depende do tipo de indústria a que esta se destina, podendo apresentar critérios muito específicos. Apesar disto, pode-se apresentar com problemas mais genéricos, como a corrosão, a incrustação ou a formação de biofilmes. A corrosão pode ocorrer de duas formas distintas: a presença de cloretos, sulfatos e sulfuretos pode levar ao aumento da ocorrência destes fenómenos e consequentemente tuberculização das condutas. Em fenómenos de incrustação verifica-se a acumulação de substâncias depositadas em zonas de contacto com a água, provocando uma diminuição da capacidade de transporte das condutas. Entre os elementos causadores deste problema destaca-se o ferro, o cálcio e o magnésio. No que diz respeito à formação de biofilmes, esta deve-se principalmente à existência de compostos orgânicos e amoníaco na água.

De forma a combater a corrosão, estão entre as soluções mais comuns a utilização de materiais de proteção e a utilização de inibidores de corrosão. No que diz respeito à incrustação, a forma mais utilizada de combate a estes fenómenos é o controlo a montante dos compostos problemáticos através de variados métodos. No combate à formação de biofilmes podem ser utilizados biocidas ou então pode-se proceder à cloragem da água.

2.2.4. Recarga de aquíferos

O uso de águas residuais reutilizadas para a recarga de aquíferos tem como principais objetivos a prevenção da diminuição do nível freático de massas de água subterrânea em zonas de escassez, a proteção de aquíferos em zonas costeiras contra a intrusão salina e o armazenamento de água no solo para uma utilização futura. Este é um tipo de uso tipicamente usado como uma forma indireta de reutilização para produção de água potável.

Este tipo de reutilização de águas residuais possui um número muito distinto de potenciais utilizadores, podendo ser usada, depois de captada, em diversos sectores como a agricultura a indústria e o abastecimento público. Devido a este fator é necessário que haja um rigoroso controle principalmente ao nível da qualidade da água. Os poluentes mais importantes são: os microrganismos patogénicos, certos compostos orgânicos, como produtos farmacêuticos e de higiene pessoal e compostos persistentes, os metais pesados e os sais (Marecos do Monte, 2005).

Durante o seu percurso de infiltração através do solo as características qualitativas da água sofrem um tratamento natural proporcionado por mecanismos de filtração, adsorção e biodegradação, resultando na redução de partículas em suspensão, de teores residuais de compostos orgânicos e de microrganismos, nomeadamente vírus. A afinação da qualidade das águas infiltradas está muito dependente do tempo de armazenamento, bem como o método de escoamento no solo.

Existem três distintos processos de recarga de aquíferos com águas residuais tratadas:

- Recarga direta no aquífero;
- Recarga indireta utilizando um sistema de infiltração no solo, como por exemplo bacias de infiltração;
- Recarga indireta por furos de injeção no solo.

O método direto é um método rápido, que possibilita, consequentemente, uma regularização do nível freático mais rápida, sendo mais usado em terreno inclinado que inviabilizam economicamente uma infiltração no solo. Neste método a água é introduzida diretamente abaixo do nível freático, em aquíferos confinados ou livres, o que permite a utilização dos furos para a sua extração mais tarde. Como desvantagem este é um método que apresenta um custo associado superior devido ao elevado consumo energético bem como o custo elevado do tratamento da água, uma vez que o risco de contaminação da água subterrânea é elevado

Na recarga indireta por infiltração, o efluente é introduzido no solo depois da passagem por uma camada de filtração constituída por material poroso, funcionando, este processo, como um tratamento natural. As estruturas mais utilizadas são as bacias de infiltração, naturais ou construídas e a camada filtrante pode ser construída por diferentes materiais, pode ser natural ou produzida industrialmente. Como desvantagem é de realçar o facto deste método necessitar de uma manutenção e controlo constante.

A recarga indireta por furos de injeção no solo requer existência de uma zona não saturada acima do nível freático.

2.2.5. Uso Potável

O uso de águas residuais tratadas tem sido objeto de discussão uma vez que, ao contrário do que acontece do uso para outros tipos, levanta várias questões a nível social que não são facilmente ultrapassadas sem uma boa formação da população sobre vários aspetos. Devido a estes problemas, o uso deste tipo de água para fins potáveis existe apenas em alguns casos particulares e em pouca quantidade, no entanto

este uso ocorre por vezes de forma não planeada através da extração de água de corpos de água onde se verifica uma descarga de afluentes tratados a jusante.

A descarga de águas residuais tratadas em afluentes é considerada uma prática aceitável, tendo em conta os processos naturais de limpeza de água que ocorrem são considerados eficientes e suficiente, no entanto estudos revelam que o uso de processos artificiais pode levar a nível igual, ou mesmo melhor, de contenção de contaminantes. A evolução destes processos leva então por vezes a uma qualidade de água maior que os níveis de exigências para que a água seja potável, o que levanta questões sobre o potencial destes afluentes.

2.2.5.1. Uso Potável Indireto Planeado

O uso de águas residuais tratadas para fins potáveis de forma indireta planeada consiste na descarga deste tipo de água em certos corpos de água, de forma consciente, de modo a aumentar o potencial de extração neles, aumentando consecutivamente a quantidade de água que poderá ser usada.

Os principais motivos que levam para o uso deste tipo são:

- A falta de outro tipo de alternativas ou a limitada disponibilidade;
- O custo elevado para o desenvolvimento de outras alternativas de água potável;
- A aceitação por parte da população;
- A confiança e controlo sobre processos avançados de tratamento de águas residuais.

Na maior parte dos casos o nível de tratamento de águas residuais de forma a obter água potável de qualidade é bastante considerável e a decisão de o realizar deve ser tomada de forma a proteger as fontes de água e aumentar a potencial destas fontes. A existências destes vários motivos não é suficiente para que se processe à realização de um projeto deste tipo. Há outras considerações a ter em causa, como a determinação e a obtenção de direitos de obtenção de água das várias entidades que poderão usufruir do aumento do potencial hídrico do projeto. Não é demais realçar que a aceitação por parte da população possui uma importância essencial neste processo e de forma a obter isto é necessário que haja a formação desta mesma população (EPA, 2012).

2.2.5.2. Uso Potável Direto

Como já referido anteriormente o reuso de águas residuais de forma não planeada já acontece frequentemente (Fig. 2.4.). No entanto, o uso direto ainda não possui uma boa regulamentação ou aceitação por parte da população geral. Contudo, com o desenvolvimento tecnológico de técnicas de tratamento esta poderá ser uma alternativa importante a considerar no futuro, de forma a combater a escassez de água em algumas zonas, existindo já exemplos onde isto acontece no mundo (EPA, 2012).

Tal como o próprio nome indica o uso de águas residuais para uso potável de forma direta implica que, depois de um extensivo tratamento e monitorização garantido constantemente um alto nível de qualidade de água, esta seja inserida diretamente na rede de distribuição municipal da zona alvo, podendo ser misturada com a água de origem ou ser usada diretamente.

Em certas zonas do mundo esta alternativa poderá ser a mais confiável e melhor opção a nível económica, superando a possibilidade de transferências a longas distâncias (alto custo energético e de manutenção) ou mesmo da dessalinização (alto custo energético e problemas ambientais).

Depois de ultrapassados os problemas técnicos do tratamento, mais uma vez, é necessária que haja uma boa formação da população retirando qualquer dúvida que poderão existir acerca desta prática.



Fig. 2.4 - Garrafas de NEWater do investimento em Singapura

2.3. Tratamentos de águas residuais

Atualmente toda a água residual é tratada antes de poder ser recolocada em circulação, sendo que os tratamentos para esta se encontram bem definidos. No que diz respeito à reutilização destas águas, dependendo da área que estas se destinam são necessários diferentes tipos de tratamento (filtração e desinfecção), uma vez que diferentes constituintes podem ser prejudiciais ou benéficos para referentes destinos.

Antes dos tratamentos é necessário que haja um controlo das águas residuais e as suas origens de forma a controlar os tipos de constituintes que serão necessários ser tratados tornando o processo muito mais eficiente e eliminando possíveis riscos.

2.3.1 Filtração

De forma a poder reutilizar águas residuais é necessário que o teor da água de sólidos em suspensão seja o menor possível, não só pelas exigências da aplicação que a água terá, como também para obter um processo de desinfecção mais eficaz. Para obter os valores exigidos é necessário que se realize diferentes processos de filtração, consoante o teor e o tamanho das partículas, como a filtração em leito granular, a filtração superficial e a filtração em membranas.

2.3.1.1. Filtração em leito granular

Este é um tipo de filtração muito usado no tratamento de água para abastecimento de água pública e por isso bastante conhecida. Existem diversos tipos de leito granular que são caracterizados de acordo com o sentido do escoamento da água, o regime da operação, a altura do leito filtrante e constituição do leito filtrante.

De acordo com as necessidades podem ser usados dois tipos de filtros: filtros em pressão (para caudais menores) ou filtros gravíticos (para caudais maiores).

2.3.1.2. Filtração superficial

Na filtração superficial a água é passada por uma tela apoiada sobre um suporte rígido e poroso de forma a remover as partículas em suspensão com dimensões superiores à abertura da malha da tela, apresentando melhores resultados que na filtração em leito granular. Existem três tipos de filtros mais usadas no tratamento para reutilização de águas residuais, sendo todos eles patenteados:

- Filtros de tela;
- Filtros de disco;
- Filtros de tela-diamante.

2.3.1.3. Filtração por membranas

A filtração por membranas consiste no uso de membranas de forma a separar partículas que não passam nas membranas, como partículas em suspensão coloidal, microrganismos, moléculas orgânicas de elevado peso molecular e substâncias dissolvidas, da água afluyente, obtendo assim água filtrada (permeado).

Destacam-se quatro tipos de filtração por membrana:

- Microfiltração;
- Ultrafiltração;
- Osmose inversa.

Destes métodos os mais utilizados são a microfiltração e ultrafiltração, sendo que a osmose inversa tem vindo a ser mais aplicada na dessalinização de água salgada, no entanto apresenta algumas vantagens e poderá ser considerada como alternativa importante no tratamento de águas residuais para consumo humano. A microfiltração utiliza membranas com poros maiores que a ultrafiltração o que conseqüentemente leva a uma remoção de sólidos menores.

2.3.1.4. Osmose Inversa

Este tratamento tem sido mais utilizado na dessalinização de água do mar, uma vez que apresenta uma grande eficácia na diminuição da salinidade, podendo então funcionar como uma boa alternativa para a reutilização em casos que as águas residuais apresentem uma grande concentração de sais dissolvidos.

A osmose inversa utiliza membranas com poros de dimensão entre 0,0001 e 0,001 μm , sujeitas a pressão entre 10 a 100 bar. A remoção de sólidos dissolvidos é conseguida por processos de membrana em que a água é separada dos sólidos em solução por aplicação de uma pressão contrária à pressão osmótica. A osmose inversa funciona também como um processo de desinfeção (Fig.2.5).



Fig. 2.5 - Esquema do processo de osmose inversa

2.3.2. Desinfecção

De forma a conseguir a qualidade de água requerida para diferentes usos é necessário que se deva proceder a um ou mais tratamentos de desinfecção. A desinfecção é usada de forma a inativar certos micro-organismos como vírus, bactérias e protozoários associados com problemas de saúde pública. No que diz respeito à reutilização de águas residuais este é um processo essencial, uma vez que os tratamentos destas águas para outras utilizações por vezes não incluem esta inativação. O método mais usado é cloragem, a desinfecção ultravioleta é processo fiável e usado como alternativa comum à cloragem (EU, 2016).

Na escolha do tratamento é necessário que haja um processo de determinação do método mais indicado a ser utilizado, é necessário avaliar certos fatores como a eficácia do processo, o risco do agente utilizado, a operacionalidade e a facilidade de compra, transporte e armazenamento. Deve-se também considerar o tipo de utilização que a água tratada irá ter.

2.3.2.1. Cloragem

A cloragem é um processo de desinfecção que implica a adição de cloro ou compostos clorados. Independentemente da substância adicionada, a eficiência da cloragem depende da temperatura da água, do pH, tempo de contacto, presença de substâncias interferentes e concentração do agente usado e dos organismos patogénicos a serem inativados.

Um dos principais requerimentos no uso de cloro no processo de desinfecção é a determinação da concentração deste agente depois de um certo período de exposição que permite determinar a eficácia que o processo terá. Outros tipos de requerimentos é a determinação da existência de certas substâncias como o amoníaco e constituintes orgânicos que podem diminuir a eficácia do agente de desinfecção.

Entre as principais vantagens deste processo estão a vasta gama de patogénicos capazes de serem inativados, a permanência de um teor de cloro residual, o baixo custo e a flexibilidade da dosagem. No que diz respeito às desvantagens destacam-se a potencial formação de subprodutos perigosos, riscos associados ao uso do cloro, baixa eficiência de inativação de alguns patogénicos e a conferência de um cheiro e sabor à água.

2.3.2.2. Radiação Ultravioleta

O uso de radiação ultravioleta no tratamento de água consiste no uso desta radiação de forma a danificar o material genético e assim eliminar e inativar micro-organismos, impedindo que ocorra a sua reprodução. Esta radiação eletromagnética é representada no espectro por um comprimento de onda entre 100 e 400nm (Fig.2.6).

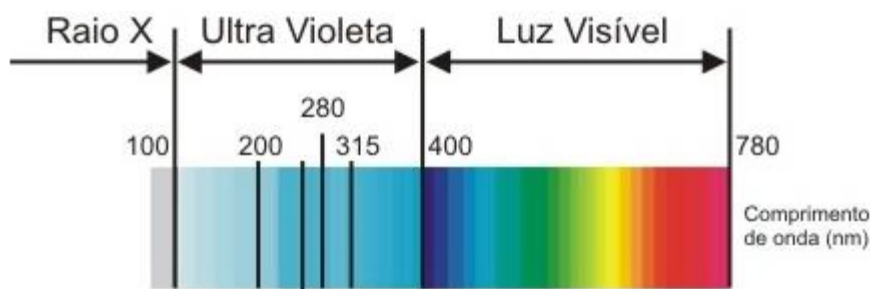


Fig. 2.6 - Esquema espectro ultravioleta

O aparecimento da cloragem, de certa forma, impediu que houvesse um maior investimento neste tipo de tratamento, uma vez que na altura era um processo mais simples e económico. No entanto, devido à descoberta de alguns problemas de saúde pública que a cloragem poderá trazer, este tratamento tem adquirido uma maior popularidade, principalmente no campo da reutilização de águas de residuais, uma vez que este é também um tratamento com menores impactos ambientais (EPA, 2012).

Resumindo, o tratamento através de radiação ultravioleta tem como vantagens o facto de não produzir compostos organoclorados, não alterar a composição química da água, ser um processo bastante eficiente na remoção na maioria de micro-organismos e o baixo tempo de contacto com a água. Por outro lado, no que diz respeito a desvantagens é de realçar o facto de ser um processo de elevados custos económicos e estar muito dependente da qualidade da água e a possibilidade da fotorreactivação (processo em que certos micro-organismos conseguem reativar o seu material genético aquando a exposição a uma radiação de um certo comprimento de onda).

Como referido anteriormente, a eficácia deste tipo tratamento está muito dependente da qualidade da água. Isto deve-se à potencial existência de certas partículas que poderão funcionar como um escudo à radiação utilizada no tratamento. Entre as características mais importantes a considerar de forma a que isto não aconteça estão a concentração e a distribuição do tamanho destas partículas. A capacidade da água em ser atravessada por um feixe de luz é definida pela sua transmitância, que está diretamente relacionada com a sua absorbância.

2.3.2.3. Ozonização

A presença de compostos farmacologicamente ativos e disruptores endócrinos na água recuperada levou a um aumento do interesse no processo de tratamento de água através da adição de ozono. Este tratamento é, em parte, semelhante à cloragem, uma vez que é um tratamento onde, através de reações químicas, são destruídas as membranas celulares, o citoplasma e o material genético dos micro-organismos indesejados. No entanto, para além da desinfecção, a injeção de ozono na água leva também à oxidação de teores residuais de poluentes presentes na água, como compostos não biodegradáveis, pesticidas, compostos disruptores endócrinos, corantes e produtos farmacêuticos.

Outra principal diferença entre a ozonização e a cloração é o facto de o ozono não dar origem a compostos halogenados. No entanto se existir brometo na água poderá ocorrer a formação de compostos bromados potencialmente perigosos para a saúde pública. Estudos revelam, no entanto, que a adição de peróxido de hidrogénio poderá levar a um atraso na formação destes compostos (Ishida, 2008).

Concluindo, o uso da ozonização trás consigo várias vantagens e desvantagens. Entre as vantagens é de realçar a grande eficácia na remoção de micro-organismos, a remoção de cor e odores da água e a oxidação de poluentes persistentes. As desvantagens mais importantes são o custo de investimento elevado, a formação de bromatos e a complexidade no geral do tratamento.

2.3.3. Oxidação Avançada

Nas últimas décadas muitos trabalhos de investigação têm sido dedicados ao desenvolvimento de uma classe particular de tecnologias que se designam por processos de oxidação avançados. Estes processos são uma metodologia emergente e promissora para a degradação de poluentes orgânicos fortemente persistentes, refratários a outros tratamentos, como por exemplo compostos não biodegradáveis, pesticidas, compostos disruptores endócrinos e produtos farmacêuticos.

É constituída por processos tratamento de água conduzidos à temperatura ambiente e à pressão próxima da normal e envolvem a geração de espécies radicalares muito reativas com elevada capacidade oxidante, principalmente radicais hidroxilo ($\text{HO}^{\bullet}$). Este radical é um oxidante extremamente potente com um tempo de reação mais rápido que o ozono, o que leva a uma diminuição dos custos de tratamento e das dimensões dos sistemas. No entanto, há que ter em consideração a quantidade de poluentes na água, pois uma concentração elevada leva a um aumento nos custos de tratamento.

Devido à grande eficiência dos processos de oxidação avançados este tratamento é considerado o mais indicado para a reutilização de águas residuais para consumo humano.

2.4. Exemplos de reutilização de água no mundo

2.4.1. Austrália

A Austrália tem passado por um período grande de tempo de seca, o que levou o governo a considerar diferentes alternativas de recursos hídricos aos mais comuns, tendo estabelecido metas para a reutilização de águas residuais, devido a questões ambientais, económicas e sociais.

Devido a estes problemas existem vários exemplos de projetos reutilização neste país:

- Mawson Lakes: criação de um sistema de recuperação de água (pluviais e residuais), que diminui a procura de água para consumo humano em 50% (rega de zonas exteriores, domésticas e municipais);
- Virginia Project: rega de culturas hortícolas, incluindo as que podem ser consumidas em cru, com águas residuais tratadas.

2.4.2. Europa

A grande maioria da região europeia usufrui de recursos hídricos em grande abundância comparando com outras regiões do mundo, sendo este recurso considerado por muito tempo um recurso inesgotável. No entanto, o constante aumento do stress hídrico tem vindo a mudar este tipo de mentalidade e tem-se verificado um aumento do investimento na reutilização de águas residuais.

Na Bélgica, perto da vila de Wulpen águas residuais tratadas são colocadas num aquífero antes de serem usadas mais tarde para consumo humano.

Em resposta a um déficit de recursos hídricos foi criado no Reino Unido o Langford Recycling Scheme que consiste na reutilização de águas residuais de forma indireta para consumo humano em a que a água tratada é inserida no Rio Chelmer e mais tarde usada para fins potáveis.

Israel por se localizar numa zona árida em que os recursos hídricos são escassos tem sido um dos grandes utilizadores de águas residuais tratadas. Isto deve-se ao facto de este país ser bastante desenvolvido a nível económico sendo que atualmente 80% a 90% das águas residuais são tratadas e reutilizadas.

2.4.3. Namíbia

Windhoek (Fig. 2.7), a capital da Namíbia, é uma área de fraca pluviosidade, alta evaporação e níveis baixos de infiltração. Depois de exploradas todas as alternativas e recursos hídricos da zona, depende atualmente da reutilização de águas residuais para consumo humano de forma direta, tendo sido este o primeiro caso experimental no mundo deste tipo. Devido à estação de tratamento ter sido construída em 1969 sofreu ao longo dos anos vários desenvolvimentos no tipo de tratamentos usados. Estudos realizados revelaram que não se verificou um aumento na incidência de doenças relacionadas com a recuperação e reutilização de água.



Fig. 2.7 - Panorama da cidade de Windhoek

2.4.4. Singapura

Singapura sendo uma ilha pequena tem muito poucas possibilidades de uso de recursos hídricos naturais, importando a maioria da água que usa da Malásia, o que deixa o país numa posição insegura a longo tempo. Devido a estes problemas o país tem vindo a desenvolver alternativas, sendo uma delas o projeto NEWater onde águas residuais são usadas tanto para consumo humano ou para indústrias que necessitem de uma boa qualidade de água para os seus trabalhos. Os tratamentos usados para purificar a água são a osmose inversa e a radiação ultravioleta. De forma a que a população se sinta confortável no uso desta água, existem várias visitas às estações de tratamento o que permite que sejam tiradas todas as dúvidas existentes.

2.4.5. Japão

Com uma topografia íngreme e rios muito curtos leva a que haja uma fraca quantidade de recursos hídricos, sendo que a grande densidade populacional também é um dos grandes fatores que levou a que este país tenha investido bastante na reutilização de água residuais. Os usos principais deste tipo de água são:

- Fins ambientais;
- Agricultura;
- Indústria;
- Autoclismos.

Atualmente é usado um sistema de duplo de recuperação e tratamento, tornando este processo mais eficiente.

2.4.6. Estados Unidos da América

Os Estados Unidos da América têm uma vasta experiência no que diz respeito à reutilização de águas residuais, mais precisamente os estados do Sul (Califórnia, Texas, Flórida e Arizona), uma vez que estes estados são frequentemente afetados por secas. O estado de Califórnia tem sido ao longo dos anos um dos maiores pioneiros no que toca à reutilização de água sendo que o projeto de maiores dimensões se localiza no Orange County onde águas residuais tratadas são inseridas num aquífero e mais tarde usadas para consumo humano. Outro exemplo deste tipo localiza-se em Big Spring no Texas onde a água tratada é mistura diretamente na superfície e usada para fins potáveis.

2.5. Documentação

Os principais suportes legislativos da política nacional da água são: o Plano Nacional da Água (PNA), publicado pelo Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de Abril, a Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, denominada Lei da Água, que transpõe a Diretiva Quadro da Água (DQA), o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos, e a Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro, denominada Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos.

A reutilização de águas residuais, não sendo imposta como obrigatória, é expressamente afirmada como uma prática a incentivar e a seguir, sempre que possível e adequado.

2.5.1. Recomendação IRAR N.º 02/2007 – Utilização de águas residuais tratadas

O Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) tem a função de regulamentar, orientar e fiscalizar a conceção, execução, gestão e exploração dos sistemas multimunicipais e municipais de águas e resíduos, bem como da atividade das respetivas entidades gestoras, assim como regular os respetivos sectores e o equilíbrio entre a sustentabilidade económica dos sistemas e a qualidade dos serviços prestados, de modo a salvaguardar os interesses e direitos dos cidadãos no fornecimento de bens e serviços essenciais (Artigo 5º do Estatuto do IRAR).

O IRAR formulou uma recomendação relativa à produção e distribuição de águas residuais tratadas, dirigida às entidades gestoras dos sistemas multimunicipais e municipais de saneamento de águas residuais urbanas.

De acordo com as recomendações do IRAR na base de um projeto de utilização de águas residuais tratadas deve fazer parte um estudo técnico, económico, ambiental e social. Neste estudo deve ser

considerada a procura potencial de modo a que o projeto seja económica e financeiramente sustentável. Deverá assegurar-se atempadamente a sensibilização e a informação do público-alvo. Consoante as utilizações pretendidas são necessárias as seguintes licenças/autorizações:

- Licença de descarga da ETAR;
- Licença pela Administração da Região Hídrica (ARH) para rega de culturas agrícolas e florestais;
- Autorização da ARH para rega de jardins públicos mediante parecer do Delegado Regional de Saúde.

Outras recomendações relativas à produção de águas residuais para reutilização, distribuição de águas residuais para reutilização, controlo de qualidade, utilizadores de água residual tratada e tarifário são referidas no documento.

2.5.2. Outros Documentos

No que diz respeito ao uso de águas residuais para rega o Decreto-Lei n.º 236/98 (artigo 58.º) define regras próprias para a utilização de águas residuais tratadas neste sector:

- A utilização das águas residuais na rega das culturas agrícolas e florestais está condicionada ao licenciamento pela Administração de Região Hidrográfica (ARH) e depende do parecer favorável da Direcção Regional de Agricultura (DRAg) e do Delegado Regional de Saúde (DRS).
- A utilização de águas residuais na rega de jardins públicos (rega paisagística) depende de autorização da ARH, mediante parecer favorável da autoridade de saúde competente.

A recarga de aquíferos, na medida em que constitui uma utilização do domínio hídrico, encontra-se sujeita a um regime de licenciamento, conforme estabelecido na Lei da Água (artigo 60.º e 62.º) e no Decreto-Lei n.º 226-A/2007 (artigo 58.º e seguintes), o qual será aplicável independentemente de se utilizarem águas residuais tratadas ou outras.

3

ANÁLISE DA REGIÃO

3.1. Enquadramento

A região do Algarve (Fig. 3.8) localiza-se no extremo sudoeste da Península Ibérica, no sul de Portugal, confinada a sul e oeste pelo oceano Atlântico, a este pelo rio Guadiana que delimita a fronteira com Espanha e a norte pela região do Alentejo.

A região cobre 6% da área total de Portugal e tem cerca de 5412 km^2 de área, sendo facilmente distinguível do resto do país devido às suas características morfológicas e geológicas e também devido à sua posição periférica. O ponto mais alto localiza-se na serra do Monchique, com uma altura máxima de 902m (Turismo de Portugal, 2016).

O Algarve está dividido em 2 regiões distintas ambas com 8 municípios cada. A zona a ocidente, designada de Barlavento, é constituída pelos municípios de Vila do Bispo, Aljezur, Monchique, Lagos, Portimão, Lagoa, Silves e Albufeira. A região a oriente, designada por Sotavento, é constituída pelos municípios de Loulé, Faro, São Brás de Alportel, Olhão, Tavira, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António.

Os principais cursos de água da região nascem nas serras de Monchique e Espinhaço de Cão, a Ocidente, e na do Caldeirão no setor Nordeste, sendo o mais importante o rio Arade. A maioria dos cursos de água possui um regime torrencial com caudais nulos ou muito reduzidos durante uma parte do ano, estes cursos de águas tem a particularidade de manter a individualidade até atingirem o mar e as bacias hidrográficas correspondentes são, em geral, de área reduzida.



Fig. 3.8 - Mapa do Algarve

3.1.1 População e variação

De acordo com os Censos 2011, a população residente na região do Algarve é de 451.006 o que representa cerca de 4,3% da população do país. Na última década de 2001 a 2011 a população da região do Algarve aumentou 14,1%, em 2001 era de 395.218, realçando o facto de este ter sido a região o maior crescimento em todo o país. A distribuição por sexo é apresentada na Tabela 3.1 (INE, 2011).

População Residente	2001			2011		
	Total	Homem	Mulher	Total	Homem	Mulher
Algarve	395.218	195.725	199.493	451.006	219.931	231.075

Tabela 3.1 - População do Algarve segundo os censos (INE, 2011)

Os municípios que verificaram um maior aumento foram os de Albufeira (+29,4%), Portimão (+24,1%) e Lagos (+22,2%), enquanto que apenas três verificaram uma descida: Vila do Bispo (-1,7%), Monchique (- 13,3%) e Alcoutim (- 22,6%) (INE, 2011).

Segundo o Instituto Nacional de Estatística o número de turistas no Algarve tem aumentando consistentemente, o que tem levado a um aumento de investimentos em infraestruturas na zona, conferindo à zona uma grande variação no que diz respeito à população consumidora de água o que leva a uma grande sazonalidade. É de realçar também que o consumo diário médio de água é consideravelmente maior que o da população residente. Para além do aumento do turismo, em geral, nos últimos anos, tem se verificado um aumento da taxa de ocupação de hotéis e outros tipos de hospedagem o que leva a um aumento da concentração da população em zonas com uma atracção turística maior (Turismo de Portugal, 2016).

3.1.2. Clima e Precipitação

A região do Algarve é caracterizada por verões longos e quentes e invernos amenos e curtos, com uma temperatura média de 18°C, sendo esta a mais alta de Portugal Continental e uma das maiores da Península Ibérica. Os meses de inverno (de novembro a fevereiro) são os meses mais frios do ano, com temperaturas médias entre os 9°C e os 16°C, enquanto que no verão (de julho a setembro) as temperaturas médias variam entre os 28°C e os 20°C (Turismo de Portugal, 2016).

Esta região apresenta reduzido número anual de dias com precipitação, principalmente concentrada entre os meses de outubro e fevereiro maioritariamente de carácter torrencial, sendo pouco frequente a queda de precipitação nos meses entre junho e setembro. O valor da precipitação média anual da zona é de 689 mm, sendo que os valores mais altos se verificam em Monchique (1650 mm) e os valores mais baixos registam-se em Sagres (449 mm), Praia da Rocha (456 mm) e Faro (492 mm). O mês mais chuvoso é o de dezembro, com cerca de 17% da precipitação anual, seguido dos meses de novembro e de janeiro, com cerca de 15%. Os meses menos chuvosos são os de julho e agosto, com menos de 1% da precipitação anual média (APA, 2016).

3.1.3. Consumos de água

Os consumos de água representam uma variável muito importante na gestão dos recursos hídricos, sendo que o crescente aumento das preocupações com a utilização sustentável da água leva a que seja necessária uma melhoria nos serviços de abastecimento bem como um consumo de água mais eficiente. A exploração de fontes alternativas de água pode contribuir também para uma utilização mais sustentável tendo em conta futuras alterações climáticas.

3.1.3.1. Abastecimento Público

Segundo valores fornecidos pelas Águas do Algarve, S.A. o abastecimento público de água nesta região caracteriza-se por uma forte sazonalidade, atingindo um fator de ponta que ronda os 1,60 durante os meses de Verão.

Comparando os valores de abastecimento nos anos de 2015 e 2016 verifica-se uma diminuição na água faturada nos meses de época baixa e um aumento em época alta. Isto deve-se, principalmente, a um aumento no número de turistas que visitaram a região. O fornecimento total de água faturada aos utilizadores em 2015 foi de $68.463.071 m^3$, sendo superior em 5,6% em relação ao ano de 2014.

Na região do Algarve existem quatro estações de tratamento de água (ETA) responsáveis pelo tratamento da água para o abastecimento dos dezasseis concelhos correspondentes:

- ETA de Alcantarilha - situa-se a cerca de 10 Km de Silves e a 12 Km da barragem do Funcho, junto à localidade de Alcantarilha – Gare. A trabalhar desde 1999, esta estação possui uma capacidade máxima de produção de $259.000 m^3$ /dia equivalente a uma população de 620.000;
- ETA de Beliche - situa-se junto à barragem de Beliche, no concelho de Castro Marim. A capacidade máxima de produção de $12.960 m^3$ /dia, abastecendo sazonalmente em alta;
- ETA de Fontaínhas - situa-se na freguesia da Mexilhoeira Grande, concelho de Portimão. A capacidade máxima de produção é de $25.920 m^3$ /dia, abastecendo sazonalmente em alta;
- ETA de Tavira - situa-se a cerca de 3 Km de Tavira. A trabalhar desde 1998, esta estação possui uma capacidade máxima de produção de $190.000 m^3$ /dia, repartida por duas fases de $95.000 m^3$ cada com uma população máxima servida atualmente da ordem dos 460.000 habitantes.

De acordo com os dados das Águas do Algarve a taxa de utilização das Estações de Tratamento de Água em 2015 atingiu no mês de agosto, um valor médio de 60% correspondente a $293.134 m^3$ /dia, superior em 25% ao ano de 2014.

3.1.3.2. Outros Sectores

Segundo dados obtidos do Plano de Gestão de Região Hidrográfica da região hidrográfica das ribeiras do Algarve os valores dos volumes médios de águas captadas nesta região por ano para os diferentes sectores de atividades são apresentados na Tabela 3.2. No que diz respeito ao consumo por parte destes sectores na região do Algarve pertencente à bacia hidrográfica do Guadiana são apenas conhecidos os consumos para a agricultura retirados dos aproveitamentos de Beliche e Odeleite. Por este motivo foi considerado que os restantes são insignificantes para a avaliação futura do índice de escassez da região (APA, 2016).

Sector		Volume (hm ³)		Total
		Superficial	Subterrâneo	
Industrial		-	1,01	1,01
Agrícola		47,01	101,80	148,81
Turismo	Golfe	5,40	9,90	15,30
Outros		0,08	9,08	9,16
Total		52,51	121,97	174,48

Tabela 3.2 -Tabela com os valores de consumo por parte de outros sectores na região do Algarve

O sector onde existe uma maior utilização é o sector de agricultura, com uma utilização de águas subterrâneas. Devido à fragilidade que estas massas de água possuem é necessário por isso que haja um controlo sobre as quantidades extraídas. Destaca-se também o sector do turismo onde o consumo de água para a rega de campos de golfe é bastante considerável, isto deve-se à elevada presença de campos de golfe na região, sendo este um dos sectores potencialmente mais indicados para receber águas residuais tratadas para rega.

3.1.4. Águas Residuais

Portugal nas últimas décadas tem feito um esforço de forma a melhorar, no seu território nacional, a rede de infraestruturas neste domínio permitindo uma melhor cobertura dos serviços de saneamento de águas residuais, com cinco objetivos principais (de acordo com “PENSAAR 2020”): a proteção do ambiente e melhoria da qualidade das massas de água, a melhoria da qualidade dos serviços prestados, a otimização e gestão eficiente dos recursos, a sustentabilidade económico-financeira e social as condições básicas e transversais, onde se destacam o aumento da informação disponível, a adaptação às alterações climáticas, a prevenção de desastres naturais e riscos, a inovação, entre outros.

A maioria dos sistemas de tratamento localiza-se no litoral onde se concentra grande parte da população residente e flutuante, com alguma dispersão em pequenos aglomerados populacionais sítios no interior. Lista de algumas estações de tratamento de águas residuais no Algarve (Águas do Algarve, 2015):

- ETAR da Boavista (Fig. 3.9) - Situa-se na freguesia do Carvoeiro no concelho de Lagoa. Inaugurada no ano de 2007, a capacidade máxima de tratamento é de 6.221 m³/dia, equivalente a uma população de 33.180 habitantes.



Fig. 3.9 - ETAR da Boavista

- ETAR de Albufeira Poente - Situa-se na freguesia da Guia do concelho de Albufeira. Inaugurada no ano de 2009, a capacidade máxima de tratamento é de $14.000 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 133.990 habitantes.
- ETAR de Almargem - Situa-se na freguesia de Cabanas de Tavira pertencente ao concelho de Tavira. Inaugurada no ano de 2009, a capacidade máxima de tratamento é de $12.161 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 48.152 habitantes.
- ETAR de Faro Noroeste - Situa-se na freguesia do Montenegro no concelho de Faro. Inaugurada no ano de 1989 e com uma remodelação em 2009, a capacidade máxima de tratamento é de $1.113 \text{ m}^3/\text{h}$, equivalente a uma população de 44.530 habitantes.
- ETAR de Lagos - Situa-se na freguesia de São Sebastião no concelho de Lagos. Inaugurada no ano de 1994 e com uma remodelação em 2000, a capacidade máxima de tratamento é de $41.812 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 138.000 habitantes.
- ETAR de Vale de Faro - Situa-se na freguesia de Quelfes no concelho de Olhão. Inaugurada no ano de 1980 e com uma remodelação em 2001, capacidade máxima de tratamento é de $24.310 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 130.000 habitantes.
- ETAR de Olhão Nascente - Situa-se na freguesia e concelho de Albufeira. Inaugurada no ano de 1997 e com uma remodelação em 2005, a capacidade máxima de tratamento é de $3.643 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 28.716 habitantes.
- ETAR de Vila Real de Santo António (Fig. 3.10) - Situa-se no sítio da Carrasqueira na freguesia e concelho de Vila Real de Santo António. Inaugurada no ano de 2009, a capacidade máxima de tratamento é de $41.930 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 116.472 habitantes.



Fig. 3.10 - ETAR de Vila Real de Santo António

- ETAR de Vilamoura - Situa-se na freguesia de Quarteira pertencente ao concelho de Loulé. Inaugurada no ano de 1994 e com uma remodelação em 2005, a capacidade máxima de tratamento é de $31.537 \text{ m}^3/\text{dia}$, equivalente a uma população de 164.295 habitantes.

De acordo com os dados obtidos através das Águas do Algarve, durante o ano de 2015, o volume de água residual tratada foi de $43.144.345 \text{ m}^3$ (Fig. 3.11 e Tabela 3.3).

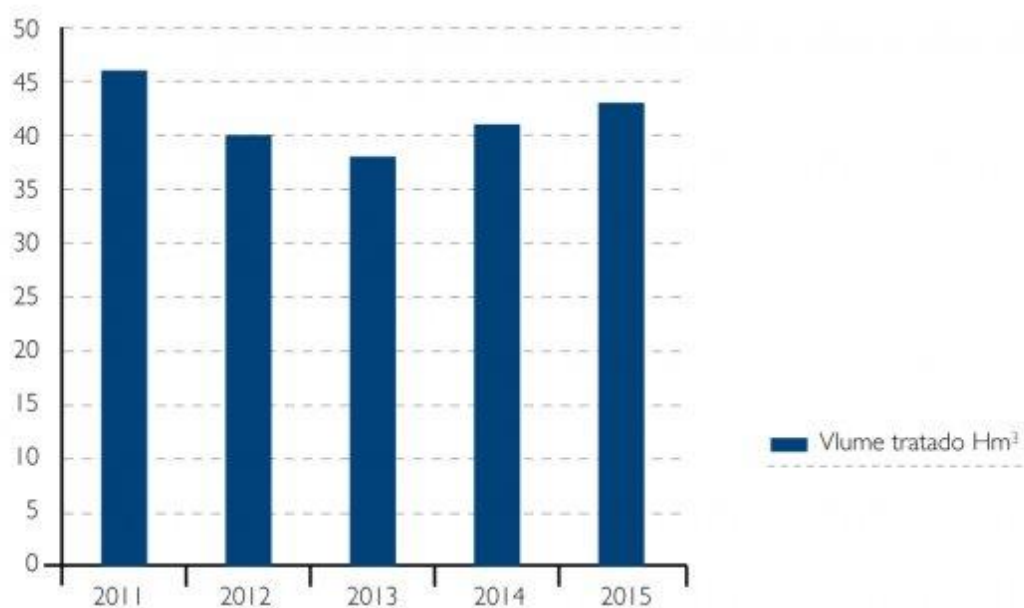


Fig. 3.11 - Gráfico volume de águas residuais tratadas no Algarve (Águas do Algarve, 2017)

Município	Volume de AR faturadas em 2015 (m3)
Albufeira	5700625
Alcoutim	117175
Aljezur	314941
Castro Marim	680892
Faro	4760821
Lagoa	1664887
Lagos	3906385
Loulé	6240574
Monchique	68252
Olhão	2280155
Portimão	5444772
São Brás de Alportel	304502
Silves	1948509
Tavira	1519666
Vila do Bispo	393936
Vila Real de Santo António	2628175
Total	37954277

Tabela 3.3 - Volumes de águas residuais faturadas em 2015 no Algarve (Águas do Algarve, 2017)

3.2. Disponibilidades de água

3.2.1. Albufeiras

Na região do Algarve existem distintas barragens cujas albufeiras são usadas para o abastecimento de vários sectores de atividades humanas na zona.

A barragem de Odiáxere, mais conhecida pelo nome de Bravura, situa-se no distrito de Faro, concelho de Lagos, na região denominada Monte da Bravura, alimentada pelo curso de água ribeira de Odiáxere, cujo comprimento é de 27 km. A bacia hidrográfica principal apresenta uma área de $75,41 \text{ km}^2$. A construção da barragem foi concluída em 1958, entrando em funcionamento no mesmo ano. É uma barragem de arco em abóbada com uma altura de 41 metros. A sua albufeira tem uma capacidade total de armazenamento de água de $34.825.000 \text{ m}^3$, uma capacidade útil de $32.325.000 \text{ m}^3$, possuindo uma superfície inundável ao NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 285 ha. As cotas de água na albufeira são: NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 84,1 m, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 85 m e NmE (Nível Mínimo de Exploração) de 61 m (APA, 2016).

A barragem de Arade situa-se no distrito de Faro, no concelho de Silves, na região denominada Casa Queimada, e é alimentada pelo curso de água do rio Arade, cujo comprimento é de 56 km. Pertence à bacia hidrográfica do Arade, possuindo esta última uma área de $224,98 \text{ km}^2$. A construção da barragem foi concluída em 1955, tendo entrado em funcionamento no ano de 1956. Arade é uma barragem de terra, com uma altura de 50 metros. A sua albufeira tem uma capacidade total de armazenamento de água de $28.390.000 \text{ m}^3$, uma capacidade útil de $26.981.000 \text{ m}^3$, um volume morto de $1.409.000 \text{ m}^3$, possuindo uma superfície inundável ao NPA de 182,0 ha. As cotas de água na albufeira são: NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 61 m, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 62,5 m e NmE (Nível Mínimo de Exploração) de 34,5 m (APA, 2016).

A barragem do Funcho situa-se no concelho de Silves (Portugal), sendo alimentada pelo Rio Arade e situa-se a montante da Barragem do Arade. Pertence à bacia hidrográfica do Arade, possuindo esta última uma área de $212,59 \text{ km}^2$. A sua albufeira tem uma capacidade total de armazenamento de água de $47.720.000 \text{ m}^3$, uma capacidade útil de $42.750.000 \text{ m}^3$, um volume morto de 4970.000 m^3 , possuindo uma superfície inundável ao NPA de 360 ha. As cotas de água na albufeira são: NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 96 m, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 96,8 m e NmE (Nível Mínimo de Exploração) de 65 m (APA, 2016).

A barragem da Beliche situa-se no concelho de Castro Marim, na Ribeira do Beliche, sendo Beliche um afluente do rio Guadiana. A construção da barragem foi feita entre 1981 e 1986. É uma barragem de terra, com núcleo de argila. A sua altura é de 54 m, possui um volume total de armazenamento de água de $48.000.000 \text{ m}^3$ e a superfície inundável ao NPA (Nível Pleno de Armazenamento) é de 292 ha. As cotas de água na albufeira são: NPA de 52 m, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 52,5 m e NmE (Nível Mínimo de Exploração) de 15 m (APA, 2016).

A barragem de Odeleite, construída entre maio de 1992 e setembro de 1998, situa-se perto de Tavira, no concelho de Castro Marim, separada de Espanha apenas pelo rio Guadiana. Odeleite é uma barragem de enrocamento, com uma cortina de impermeabilização em betão localizada no paramento de montante. A sua altura é de 65 m, possui um volume total de armazenamento de água de $130.000.000 \text{ m}^3$ e uma capacidade útil de $117.000.000 \text{ m}^3$, e apresenta uma superfície inundável ao NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 720 ha. As cotas de água na albufeira são: NPA de 52 m, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 52,9 m e NmE (Nível Mínimo de Exploração) de 22 m (APA, 2016).

A Barragem de Odelouca é a segunda maior barragem de aterro de Portugal, foram necessários cerca de 2 milhões de metros cúbicos de terras selecionadas para a construção do “corpo” da barragem. É uma

barragem de aterro zonado com núcleo argiloso, com 76 metros de altura máxima acima da fundação e 418 metros de desenvolvimento do coroamento. A albufeira, possui um volume total de armazenamento de água de 157.000.000 m^3 e uma capacidade útil de 134.000.000 m^3 e apresenta uma superfície inundável ao NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 750 ha. As cotas de água na albufeira são: NPA de 102 m, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 102.35 m e NmE (Nível Mínimo de Exploração) de 72 m (APA, 2016).

3.2.2. Águas Subterrâneas

A zona do Algarve possui um número variado de massas de águas subterrâneas, incluindo algumas que partilha com Espanha. Devido às dificuldades hídricas da região, o aproveitamento destas massas tem sido por vezes excessivo, principalmente por parte dos sectores da agricultura e do turismo. Devido a estas razões é necessário definir a quantidade de água que é possível extrair sem que haja impactes negativos nas massas.

Entende-se por disponibilidade hídrica o volume de água que as massas subterrâneas podem fornecer anualmente em condições naturais, ou seja, o valor do volume extraído não pode superar a capacidade de recarga do aquífero. A recarga destas massas está relacionada com os valores da precipitação e outros processos de drenagem, no entanto estas não são as únicas variáveis, uma vez que podem ocorrer transferências de água entre as várias massas. Os fenómenos não ligados à precipitação são de uma difícil capacidade de quantificar, por isso os valores representados apenas refletem a influência deste fator.

A principal massa de água aproveitada pelas Águas do Algarve é o aquífero de Querença-Silves, que segundo este estudo apresenta uma disponibilidade hídrica subterrânea anual de 110,86 hm^3 /ano e com uma disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área de 0,35 hm^3/km^2 ano. Esta água é tratada na estação de tratamento de águas de Alcantarilha.

Os seguintes dados (Tabela 3.4) foram obtidos através da análise dos planos de gestão de região hidrográfica da bacia hidrográfica das ribeiras do Algarve e da bacia do Guadiana:

Massa de água	Disponibilidade hídrica subterrânea anual (hm^3/ano)
Ribeiras do Algarve	
M1 Covões	4,49
M2 Almádena - Odeáxere	19,94
M3 Mexilhoeira Grande - Portimão	11,55
M4 Ferragudo - Albufeira	10
M5 Querença - Silves	110,86
M6 Albufeira - Ribeira de Quarteira	11,02
M7 Quarteira	16,86
M8 S. Brás de Alportel	7,69

M9 Almancil - Medronhal	8,29
M10 S. João da Venda - Quelfes	16,1
M11 Chão de Cevada - Quinta de João de Ourém	1,75
M18 Campina de Faro - Subsistema Vale de Lobo	4,6
M19 Campina de Faro - Subsistema Faro	6,2
M13 Peral - Moncarapacho	13,68
M14 Malhão	3,39
M15 Luz - Tavira	5,4
M16 S. Bartolomeu	1,72
Várzea de Aljezur	4,58
Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Barlavento	12,07
Orla Meridional Indiferenciado da Bacia do Arade	12,56
Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento	33,34
Maiço Antigo Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Algarve	6,98
Zona Sul Portuguesa das Bacias das Ribeiras do Barlavento	25,89
Zona Sul Portuguesa da Bacia do Arade	28,11
Zona Sul Portuguesa das Bacias das Ribeiras do Sotavento	11,08
Guadiana	
M17 Monte Gordo	1,39
Orla Meridional Indiferenciado da Bacia do Guadiana	1,84
Zona Sul Portuguesa – Transição Atlântico e Serra	0,68

Tabela 3.4 - Disponibilidade hídrica subterrânea na região do Algarve (APA, 2016)

3.3. Diagnóstico das massas de água

3.3.1. Massas de água superficial

De acordo com o plano de gestão da região hidrográfica das ribeiras do Algarve (RH8), cerca de 70% das massas de água superficial existentes apresentam um estado global Bom a Superior, enquanto que 26% apresentam um estado global Inferior a Bom, sendo que os restantes 4% incluem-se no grupo dos não classificados devido à falta de informação (Tabela 3.5).

Classificação	Rios	Rios (albufeiras)	Águas de Transição	Águas Costeiras	Total	
	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	%
Bom a Superior	44	4	3	7	58	70
Inferior a Bom	19	0	0	3	22	26
Desconhecido	2	0	0	0	3	4
Total	65	4	1	10	83	100

Tabela 3.5 - Classificação das águas superficiais (APA, 2016)

Em termos de distribuição, o número de massas existentes na RH8 por categoria, é de 78% rios, 5% albufeiras, 5% águas de transição e 12% águas costeiras. É também importante referir que a qualidade (classificação) entre os dois últimos planos aumentou de cerca de 58% para 70%, enquanto que na categoria dos rios verificou-se um aumento de 41% para 68%.

A avaliação do estado global das águas de superfície naturais, de acordo com o plano, inclui a avaliação do estado ecológico e do estado químico. A avaliação do estado global das massas de água artificiais ou fortemente modificadas é realizada através da avaliação do potencial ecológico e do estado químico. O estado ecológico é caracterizado pelo estado das estruturas e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos correspondentes as massas superficiais, tomando como forma de referência outras massas idênticas ou condições de referência. O estado químico está relacionado com substâncias químicas que comparativamente ao estado natural das massas não estariam presentes ou então estariam, mas numa quantidade reduzida.

3.3.2. Massas de água subterrânea

De acordo com o plano de gestão de região hidrográfica da região hidrográfica das ribeiras do Algarve (RH8), 84% das massas de água subterrânea existentes apresentam um estado global Bom e 16% um estado Medíocre (Tabela3.6).

O estado global das massas de água subterrânea resulta da combinação da avaliação do estado quantitativo e do estado químico. O bom estado quantitativo, de acordo com o artigo 4.º da DQA, é o estado de um meio hídrico subterrâneo em que o nível piezométrico é suficiente para que os recursos hídricos subterrâneos disponíveis não são ultrapassados pela taxa média anual de captação a longo prazo, não estando por isso sujeitas a alterações antropogénicas. A definição do estado químico de uma massa de água subterrânea tem por base os critérios e termos previstos no n.º 2.3 do anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março e no Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/118/CE, de 12 de dezembro.

Classificação	Massas de água subterrâneas	
	Nº	%
Bom	21	84
Medíocre	4	16
Total	25	100

Tabela 3.6 - Classificação das águas subterrâneas (APA, 2016)

3.4. Alterações climáticas

Portugal é um dos países da Europa que apresenta uma maior vulnerabilidade aos impactos das alterações climáticas e tem vindo a verificar um aumento no que diz respeito a fenómenos como secas, desertificação, degradação do solo, erosão costeira, ocorrência de cheias e inundações e incêndios florestais. Para além disto verificou-se um aumento de fenómenos climatéricos extremos como ondas de calor, picos de precipitação e temporais com ventos fortes associados, prevendo-se que continuem a aumentar em quantidade e intensidade. No que diz respeito aos recursos hídricos, um dos principais impactos previstos mais importante é a irregularidade intra e inter-anual da precipitação.

De acordo com os projetos SIAM, SIAM_II e CLIMAAT_II onde foi realizada uma avaliação do risco climático a nível nacional através da análise de vários cenários alterações climáticas para Portugal. Os resultados obtidos apontam para o seguinte cenário climático, para o período 2080-2100 (ENAC, 2016):

- Aumento significativo da temperatura média em todas as regiões de Portugal (tendência que já se verifica desde a década de 80 com variações entre +0,29°C por década (região Centro) e +0,57°C por década (Norte));
- Aumentos da temperatura máxima no Verão entre 3°C na zona costeira e 7°C no interior (em particular na região Norte e Centro);
- Grande incremento da frequência e intensidade de ondas de calor e aumento no número de dias quentes (máxima superior a 35°C) e de noites tropicais (mínimas superiores a 20°C);
- Reduções em índices relacionados com tempo frio (por exemplo, dias de geada ou dias com temperaturas mínimas inferiores a 0°C);
- Em todo o território nacional são previstos efeitos decorrentes da alteração do clima térmico, designadamente os relacionados com o incremento da frequência e intensidade das ondas de calor, com o aumento do risco de incêndio, com a alteração das capacidades de uso e ocupação do solo e com implicações sobre os recursos hídricos;
- No que se refere à precipitação, o nível de incerteza é substancialmente maior, mas quase todos os modelos analisados preveem redução da precipitação em Portugal Continental durante a primavera, verão e outono; um dos modelos de clima prevê reduções da quantidade de precipitação no continente que podem atingir valores correspondentes a 20% a 40% da precipitação anual, com as maiores perdas a ocorrerem nas regiões do Sul.
- O modelo regional, com maior desagregação regional, aponta para um aumento na precipitação durante o inverno, devido a aumentos no número de dias de precipitação forte (acima de 10 mm/dia).

De acordo com os estudos realizados pelo projeto PESETA II, os principais sectores afetados pelas alterações climáticas em Portugal são:

- Agricultura;

- Energia;
- Cheias e inundações (fluviais);
- Incêndios florestais;
- Saúde humana;
- Secas;
- Zonas costeiras.

De acordo com a Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (UNFCCC), alterações climáticas são definidas como "uma mudança de clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera mundial e que, em conjunto com a variabilidade climática natural, é observada ao longo de períodos comparáveis" havendo uma distinção entre as alterações climáticas verificadas devido a atividades humanas e alterações verificadas devido a causas naturais como erupções vulcânicas.

De forma a avaliar potenciais alterações climáticas, a prever alterações a longo prazo (uma vez que uma potencial avaliação de impactos ambientais a curto prazo seria dificilmente quantificável) nos recursos hídricos e a planear alternativas ao abastecimento de formas mais convencionais é necessário o recurso a modelos capazes de gerar diferentes cenários climáticos viáveis em função de várias variáveis, como por exemplo a emissão de gases de efeito estufa. Estes cenários são normalmente definidos pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

3.4.1. Disponibilidade de água

Projeta-se que as alterações climáticas conduzam a grandes variações na disponibilidade de água anual e sazonal, em toda a Europa na segunda metade do século, e que os escoamentos no verão diminuam na maioria da Europa, incluindo nas regiões onde os escoamentos anuais aumentem. Relativamente ao caudal anual dos rios, projeta-se que diminuam no Sul e Sudeste da Europa e aumentem no Norte da Europa, mas as variações absolutas permanecem incertas. A mesma diminuição projeta-se para as águas subterrâneas devido à diminuição da recarga, ao aumento do nível médio do mar e ao aumento da captação de águas subterrâneas.

No que respeita ao escoamento anual médio em Portugal Continental e tendo por base os resultados do projeto ENSEMBLES, a maior parte dos modelos prevê a sua diminuição no final do século XXI, podendo atingir uma redução de 30% quando comparado com 1951-1980.

3.4.2. Secas

Em relação às secas, tal como referido anteriormente, projeta-se um aumento destes acontecimentos em quantidade e intensidade, principalmente devido ao aumento da temperatura e à diminuição da precipitação maioritariamente no verão. De acordo com o estudo do Instituto de Meteorologia "Riscos de secas em Portugal Continental" (Pires, 2010), registou-se uma maior frequência de situações de seca nas últimas décadas.

3.4.3. Cenários Climáticos

Para aumentar a consciencialização e educação sobre as alterações climáticas e para aumentar a capacidade para avaliar a vulnerabilidade às alterações climáticas foi desenvolvido o Portal do Clima que foi um dos projetos resultantes das atividades do programa AdaPT. Este programa foi concebido

para apoiar financeiramente as atividades sobre a "Adaptação à Mudança Climática" em Portugal guiado pelos termos estabelecidos no memorando de entendimento entre Portugal, Noruega, Islândia e Liechtenstein, no âmbito do Mecanismo Financeiro do Espaço Económico Europeu (EEA-Grants).

Este projeto tem por objetivo a produção e publicação de um portal de internet relativo ao Clima em Portugal, constituindo uma plataforma de acesso fácil para o público em geral com funções de disseminação dos resultados obtidos no projeto, nomeadamente: séries históricas, alterações climáticas a nível regional e indicadores climáticos para setores específicos em Portugal.

Cenário climático é uma representação plausível e muitas vezes simplificada do clima futuro, com base num conjunto internamente consistente de relações climatológicas. É utilizado para investigar as potenciais consequências das alterações climáticas antropogénicas, muitas vezes servindo como entrada para modelos de impacto (IPCC, 2013).

Cenário RCP (Representative Concentration Pathways) referem-se a porção dos patamares de concentração que se prolongam até 2100, para os quais os modelos de avaliação integrada produzem cenários de emissões correspondentes (IPCC, 2013):

- RCP4.5 é um patamar de estabilização intermediário em que o forçamento radiativo está estabilizado a aproximadamente $4,5\text{Wm}^{-2}$ e $6,0\text{Wm}^{-2}$ após 2100 (o RCP correspondente assume emissões constantes após 2150) (IPCC, 2013);
- RCP8.5 é um patamar elevado para cada forçamento radiativo e superior a $8,5\text{Wm}^{-2}$ em 2100 e continua a aumentar durante algum tempo (o RCP correspondente assume emissões constantes após 2250) (IPCC, 2013).

Usando esta informação foi analisado as variações nos valores da precipitação média acumulada para uma média temporal anual para os diferentes cenários fornecidos (Tabela 3.7) e para os seguintes períodos de anos:

- Cenário RCP 8.5 (2011-2040) (Fig. 3.15);
- Cenário RCP 8.5 (2041-2070) (Fig. 3.16);
- Cenário RCP 8.5 (2071-2100) (Fig. 3.17);
- Cenário RCP 4.5 (2011-2040) (Fig. 3.12);
- Cenário RCP 4.5 (2041-2070) (Fig. 3.13);
- Cenário RCP 4.5 (2071-2100) (Fig. 3.14);

Algarve	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Mínimos (RCP 8.5) mm	409,96	319,97	289,84
Mínimos (RCP 4.5) mm	420,08	415,66	414,30
Média (RCP 8.5) mm	535,63	511,48	453,27
Média (RCP 4.5) mm	565,28	544,53	544,93
Máximos (RCP 8.5) mm	772,71	641,57	639,81
Máximos (RCP 4.5) mm	689,90	678,39	702,04

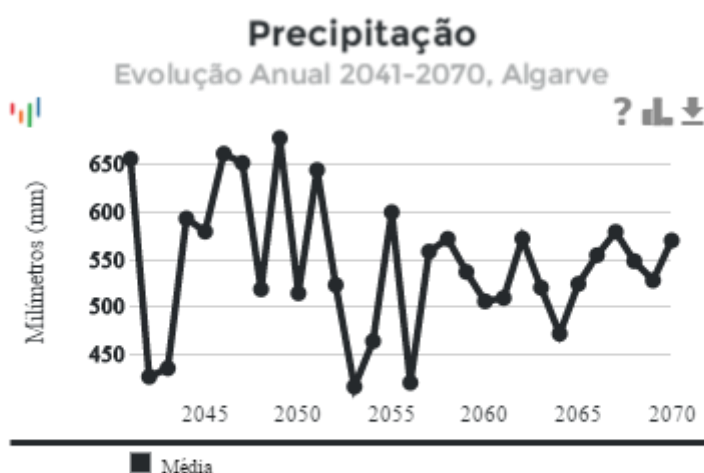
Tabela 3.7 – Valor da precipitação média acumulada para os diferentes cenários (IPMA, 2017)

Através da análise dos valores do quadro apresentado conclui-se que se verifica uma descida da precipitação média acumulada nos valores médios, mínimos e máximos, sendo que o cenário RCP 8.5 é onde se verifica os valores mais baixos, assim deverá considerar-se este cenário por ser o mais pessimista, logo o mais preventivo em termos de medidas de adaptação.



Normais climatológicas: Cenário RCP4.5 - 2011-2040, Média temporal : Anual,
Estatística: Média 30 anos, Modelo Regional: Ensemble, Modelo Global: Ensemble

Fig. 3.12 - Valores precipitação cenário RCP4.5 2011-2040 (IPMA, 2017)



Normais climatológicas: Cenário RCP4.5 - 2041-2070, Média temporal : Anual,
Estatística: Média 30 anos, Modelo Regional: Ensemble, Modelo Global: Ensemble

Fig. 3.13 - Valores precipitação cenário RCP4.5 2041- 2070 (IPMA, 2017)



Normais climatológicas: Cenário RCP4.5 - 2071-2100, Média temporal : Anual,
Estatística: Média 30 anos, Modelo Regional: Ensemble, Modelo Global: Ensemble

Fig. 3.14 - Valores precipitação cenário RCP4.5 2071- 2100 (IPMA, 2017)



Normais climatológicas: Cenário RCP8.5 - 2011-2040, Média temporal : Anual,
Estatística: Média 30 anos, Modelo Regional: Ensemble, Modelo Global: Ensemble

Fig. 3.15 - Valores precipitação cenário RCP8.5 2011-2040 (IPMA, 2017)



Normais climatológicas: Cenário RCP8.5 - 2041-2070, Média temporal : Anual,
Estatística: Média 30 anos, Modelo Regional: Ensemble, Modelo Global: Ensemble

Fig. 3.16 - Valores precipitação cenário RCP8.5 2041-2070 (IPMA, 2017)



Normais climatológicas: Cenário RCP8.5 - 2071-2100, Média temporal : Anual,
Estatística: Média 30 anos, Modelo Regional: Ensemble, Modelo Global: Ensemble

Fig. 3.17 - Valores precipitação cenário RCP8.5 2071- 2100 (IPMA, 2017)

4

SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO

Um sistema de apoio à decisão (DSS - Decision support system) é um sistema de informação baseado em computador que suporta atividades de tomada de decisão empresariais ou organizacionais, normalmente resultando em classificação, ordenamento ou escolha entre alternativas.

Um DSS devidamente projetado é um sistema interativo baseado em software destinado a ajudar a tomadas de decisão e a compilar informações úteis a partir de uma combinação de dados brutos, documentos e conhecimento pessoal, ou modelos de negócios para identificar e resolver problemas e tomar decisões.

No caso em estudo realça-se dois sistemas distintos com propósitos equivalentes, tendo sido usado um deles na tomada de decisão final.

4.1. MODSIM-DSS

O MODSIM-DSS é um sistema de apoio à decisão de bacias hidrográficas generalizados e um modelo de fluxo de rede desenvolvido na Colorado State University, projetado especificamente para atender às crescentes exigências e pressões sobre a gestão de bacias hidrográficas.

O MODSIM-DSS é estruturado como um sistema de apoio à decisão, com uma interface gráfica que permite aos utilizadores criarem qualquer tipo de topologia de um sistema de uma bacia hidrográfica. Estruturas de dados incorporadas em cada objeto de modelo são controladas por um sistema de gerenciamento de base de dados, que também é consultado por uma simples clique. Arquivos de dados formatados são preparados interactivamente e um modelo de otimização de fluxo de rede altamente eficiente é executado automaticamente a partir da interface sem exigir qualquer intervenção direta do usuário. Os resultados da otimização da rede são apresentados em gráficos úteis [MODSIM-DSS, 2013].

Este sistema foi preterido ao LabSid AcquaNet 2013 devido ao facto de este ser um software similar, mas apresenta uma maior simplicidade de cálculos.

4.2. LabSid AcquaNet 2013

O LabSid AcquaNet 2013 é um modelo integrado para análise de sistemas complexos em recursos hídricos, com uma interface que utiliza tecnologia dos sistemas de informação geográfica. O programa é estruturado como um sistema de suporte a decisão que tem as características de estreitar a comunicação entre o usuário e o computador, facilitar o entendimento e a formulação do problema, a interpretação dos resultados de análise e de auxiliar o processo de tomada de decisão, tornando-o mais ordenado, objetivo e transparente. É constituído por um módulo base, responsável pelo traçado e pela integração entre os seguintes módulos:

- Alocação de água;
- Qualidade da água;
- Irrigação;
- Geração de curvas de aversão a risco.

O AcquaNet é um modelo de rede de fluxo para simulação de bacias hidrográficas. Com ele, o usuário pode montar redes com um grande número de reservatórios, necessidades e trechos de canais (da ordem de alguns milhares), representando o problema em estudo de forma bastante detalhada. Na aparência, o AcquaNet é bastante semelhante ao modelo ModSimP32 desenvolvido pelo LabSid da Escola Politécnica da USP. Entretanto, os dois modelos são completamente diferentes quando se considera o funcionamento e o armazenamento/leitura de dados e resultados. O ModSimP32 funciona com arquivos próprios e é completamente responsável pela criação e atualização destes arquivos. Já o AcquaNet armazena todos os dados e resultados em bancos de dados no formato do Microsoft Access e aproveita a estrutura e a funcionalidade possibilitada pela utilização de arquivos neste formato.

O programa tem sido amplamente utilizado devido à facilidade de adaptação a uma grande variedade de problemas propiciando a representação da rede de fluxo de forma fácil e precisa, facilitando a visualização e a interação com o usuário. O LabSid AcquaNet 2013 também dispõe de ferramentas de análises capazes de tratar a maioria dos problemas relacionados à alocação de água em bacias auxiliando a gestão e a tomada de decisão (LabSid, 2013).

4.2.1. Algoritmo

O AquaNet utiliza o algoritmo Out of Kilter. O algoritmo Out of Kilter é um algoritmo que calcula a solução para o problema de fluxo de custo mínimo em uma rede de fluxo. Foi publicado em 1961 por D. R. Fulkerson. O algoritmo Out of Kilter é um exemplo de um algoritmo *primal-dual*. Ele funciona tanto no problema *primal* (bordas da rede) quanto no problema *dual* (nós) em fases sucessivas para encontrar uma solução viável e, em seguida, para otimizar o problema.

4.2.2. Tipos de simulação

Assim como o modelo ModSimP32, o AcquaNet pode efetuar os cálculos de maneira sequencial no tempo (Simulação Contínua) ou estatisticamente (Planeamento Tático).

Na Simulação Contínua, o valor mais importante é o número total de anos de simulação. O modelo irá efetuar os cálculos continuamente, para todos os anos existentes. Ao final do cálculo, os resultados serão fornecidos mensalmente para todos os anos. A simulação é dita contínua porque o modelo executa os cálculos da seguinte maneira:

- no primeiro ano, o modelo parte com os volumes iniciais dos reservatórios fornecidos pelo usuário e efetua os cálculos até o final deste ano;
- no segundo ano parte-se com volumes iniciais iguais aos volumes finais do ano anterior;

- o procedimento é repetido até o ano final;
- os resultados da simulação são fornecidos de forma contínua, do primeiro ao último ano.

No Planejamento Tático o programa utiliza além do número total de anos de simulação, o número de anos do horizonte de simulação. O horizonte de simulação é o número de anos durante os quais se pretende estudar o comportamento do sistema em análise.

De forma a ter uma ideia do comportamento do sistema ao longo do tempo a Simulação Contínua é a opção recomendada. Neste caso foi utilizado este tipo de Simulação devido ao facto de o período de estudo estar bem definido e de forma a ter uma ideia correta do comportamento de sistema (LabSid, 2013).

4.2.3. Opções de Cálculo

As duas opções de cálculo existentes no AquaNet são Estados Hidrológicos e Calibração. As diferenças entre estas duas opções estão na entrada de dados e na maneira como o modelo irá efetuar os cálculos. Na opção Estados Hidrológicos, o modelo considera o estado hidrológico (quantidade de água armazenada nos reservatórios) para determinar qual o valor da procura, do volume meta e as prioridades que serão utilizadas no cálculo de cada um dos meses. Na opção Calibração, o modelo efetua os cálculos com os valores fornecidos sem considerar o estado atual do sistema.

Neste caso, utilizou-se a opção de cálculo Calibração devido à falta de dados necessários para utilizar uma opção diferente.

4.2.4. Construção e Introdução de dados na rede

4.2.4.1. Definições Gerais

No primeiro passo devem ser definidas as definições gerais, para isto, existe uma opção de definições gerais, na qual são escolhidos o tipo de simulação, as opções de cálculo e os valores relacionados com estas opções. Para além disto é nesta fase que são definidos o mês inicial e a duração do cálculo, entre outras opções (Fig. 4.18).

Fig. 4.18 - Definições Gerais (AquaNet)

Neste caso o mês inicial é Janeiro de 2000 e uma duração de 10 anos.

4.2.4.2. Reservatórios

Os reservatórios representam todos os pontos onde a água é reservada ou extraída (no caso de massas subterrâneas). É, portanto, necessário definir a capacidade de reserva das Albufeiras, neste caso devido ao facto de não ser possível obter uma definição mais precisa destas, admitiu-se que o declive é linear e constante, levando em conta apenas o volume máximo e admitindo o volume inicial 10% do volume total (Fig. 4.19).

Fig. 4.19 - Dados de Reservatórios (AquaNet)

É também, portanto definir, não só a vazão ao reservatório que é calculada mais à frente, como também a taxa de evaporação obtida através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos.

4.2.4.2. Necessidades

Demandas representam pontos onde existe um consumo de água, neste caso são os municípios onde os valores de consumo são definidos mensalmente durante o período de estudo (Fig. 4.20). Os valores usados foram obtidos através das Águas do Algarve.

De forma a ligar as demandas aos reservatórios recorre-se a Links e Nós de passagem.

	abr	mai	jun	jul	ago	set
2000	0.176	0.249	0.271	0.391	0.323	0.253
2001	0.224	0.221	0.310	0.331	0.399	0.248
2002	0.210	0.267	0.280	0.377	0.407	0.260
2003	0.218	0.246	0.304	0.363	0.414	0.302
2004	0.238	0.232	0.318	0.390	0.384	0.299
2005	0.213	0.226	0.274	0.230	0.233	0.155
2006	0.191	0.258	0.294	0.316	0.366	0.275
2007	0.196	0.235	0.273	0.343	0.423	0.247
2008	0.212	0.218	0.277	0.364	0.392	0.270
2009	0.226	0.223	0.279	0.377	0.377	0.284

Fig. 4.20 - Dados de Demandas (AquaNet)

4.2.5. Resultados

Para os resultados relativos aos reservatórios são disponibilizados os seguintes parâmetros:

- Volume final: apresenta, em formato de quadro ou gráfico, o volume armazenado nos reservatórios;
- Probabilidade do volume final: apresenta, em formato de quadro ou gráfico, a probabilidade de o volume armazenado nos reservatórios ser maior ou igual a um valor de volume;
- Valores obtidos (Volumes, Vazões e Evaporação): apresenta, em formato de quadro, todos os valores obtidos durante a realização dos cálculos.

Para os resultados relativos às demandas são disponibilizados os seguintes parâmetros:

- Déficits: apresenta, em formato de quadro ou gráfico, os déficits no atendimento das procuras de água em função da probabilidade de ocorrência;
- Vazões fornecidas (valores mensais): apresenta, em formato de quadro ou gráfico, as vazões fornecidas às demandas em função da garantia;
- Vazões fornecidas (valores médios anuais): apresenta, em formato de quadro e gráfico, as vazões médias anuais fornecidas às demandas;
- Valores obtidos (Vazões, Transferência de, Transferência para): apresenta, em formato de quadro, todos os valores obtidos durante a realização dos cálculos.

Para os resultados relativos aos links são disponibilizados os seguintes parâmetros:

- Vazões ótimas: apresenta, em formato de quadro ou gráfico, as vazões ótimas nos links em função da garantia;
- Valores obtidos: apresenta, em formato de quadro, todos os valores obtidos durante a realização dos cálculos.

5

TRATAMENTO DE DADOS E RESULTADOS

A região do Algarve tem sido alvo de vários estudos devido à complexidade que é a gestão sustentável dos recursos hídricos e, por isso, é necessário haver uma análise de todas as alternativas que poderão ajudar esta gestão.

Para obter uma ideia melhor das necessidades hídricas da zona recorreu-se então a um sistema de suporte à decisão capaz de realizar uma modelação do balanço hídrico. Recorreu-se então o software LabSid AcquaNet 2013 de forma a obter os resultados pretendidos e de forma intuitiva devido à facilidade de utilização deste.

Na análise são considerados os recursos hídricos utilizados para abastecimento público pelas Águas do Algarve (albufeira de Odelouca, albufeira de Bravura, albufeira de Beliche, albufeira de Odeleite e aquífero de Querença-Silves), apesar de no período de análise não serem estes os aproveitamentos utilizados, uma vez que a barragem de Odelouca estava ainda em construção. A razão por parte desta decisão está relacionada com a necessidade de obter uma análise atual da região, sendo que se este aproveitamento não fosse considerado resultaria num resultado com pouca influência numa potencial consideração de utilização de águas residuais tratadas. São ainda considerados as águas retiradas das albufeiras de Beliche, Odeleite e Bravura para consumo agrícola. As restantes necessidades de água para outros sectores são admitidas que podem ser cumpridas pelos aproveitamentos do Funcho e Arade, uma vez que estes aproveitamentos são de uma capacidade considerável e a maioria destas necessidades recorrem à extração de águas subterrâneas.

O período de análise escolhido foi de dez anos começando no ano 2000: Devido ao facto de os dados necessários para esta análise serem de difícil obtenção, foi escolhido este período porque apresentava os valores necessários mais completos. Para além disto é um período relativamente recente e de uma extensão aceitável para este tipo de análise.

5.1. Determinação de precipitações

Devido à falta de acesso a dados relativos ao escoamento verificado nas zonas de extração de água para abastecimento nas albufeiras, foi então necessário calcular os valores da precipitação para as bacias hidrográficas correspondentes de forma a estimar o valor dos caudais afluentes.

Para a obtenção das precipitações recorreu-se a um sistema de informação geográfica de forma a determinar as áreas de cada albufeira correspondentes a cada estação meteorológica usando o método

dos polígonos de Thiessen. Para a determinação dos polígonos de Thiessen recorreu-se a um sistema de informação geográfica e os valores da precipitação foram obtidos através da análise de várias estações meteorológicas presentes no sistema nacional de informação de recursos hídricos.

Um sistema de informação geográfica (SIG ou GIS - Geographic Information System) é um sistema de hardware, software, informação espacial, procedimentos computacionais ou recursos humanos que permitem e facilitam a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenómenos que nele ocorrem. Neste caso foi usado o software ArcGIS desenvolvido pela empresa americana ESRI (Environmental Systems Research Institute) e fornecido pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este é atualmente o software mais usado devido à sua interface intuitiva e simplicidade de processos, analisando e tratando mapas e informação a eles associada.

Polígonos de Thiessen são áreas de “domínio” de um posto pluviométrico. Considera-se que no interior dessas áreas a altura pluviométrica é a mesma do respetivo posto.

Os polígonos são traçados da seguinte forma:

1. Dois postos adjacentes são ligados por um segmento de reta;
2. Traça-se a mediatriz deste segmento de reta. Esta mediatriz divide para um lado e para outro, as regiões de “domínio”;
3. Este procedimento é realizado, inicialmente, para um posto qualquer, ligando-o aos adjacentes. Define-se, desta forma, o polígono daquele posto;
4. Repete-se o mesmo procedimento para todos os postos;
5. Desconsideram-se as áreas dos polígonos que estão fora da bacia;

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A} \quad (1)$$

- $\bar{P}$ é a precipitação média na bacia (mm);
- A_i é a área do respetivo polígono, dentro da bacia (km²);
- P_i é a precipitação no posto i (mm);
- A é a área total da bacia (km²).

A informação geográfica necessária foi obtida através do sistema de informação Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SNIAmb), tendo sido retiradas informações relativamente às bacias hidrográficas das barragens referidas, de forma a poder definir os diferentes polígonos (APA, 2016).

Por motivos de simplificação vai ser apresentado na Fig. 5.21 a metodologia usada para a determinação das precipitações na bacia hidrográfica de Odelouca, sendo que o procedimento efetuado para as outras bacias foi exatamente o mesmo.

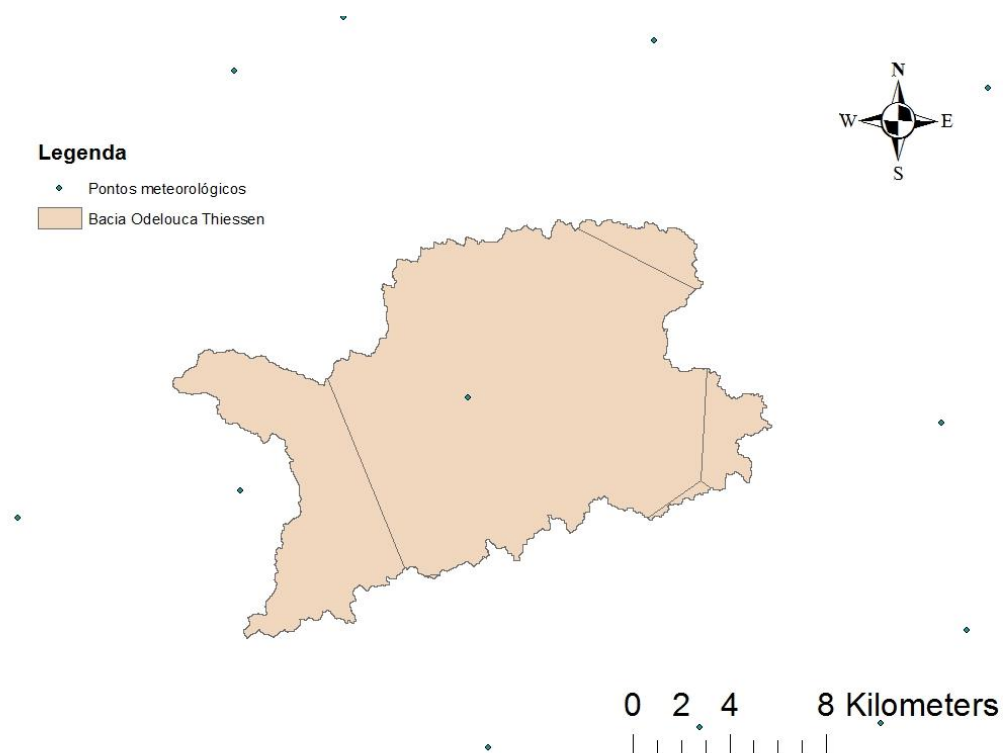


Fig. 5.21 - Layout da bacia de hidrográfica de Odelouca dividida pelo método de Thiessen

De acordo com as áreas determinadas, associou-se a elas uma estação meteorológicas e através do sistema de informação SNIRH determinou-se a precipitação média na bacia hidrográfica (Tabela 5.8). Para o caso de Odelouca os valores obtidos foram os seguintes:

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
99/00	-	-	-	143,6	20,6	8,6	14,0	57,7	64,4	16,9	0,0	0,9
00/01	25,4	81,6	343,3	147,5	75,2	117,3	0,3	31,3	1,4	0,0	0,0	50,7
01/02	4,5	6,2	139,3	69,3	13,2	145,5	61,1	10,2	3,2	0,3	0,6	119,8
02/03	87,6	115,9	84,8	83,3	103,4	51,0	81,1	12,9	1,8	1,1	1,3	13,1
03/04	186,6	111,8	62,8	22,7	57,8	35,0	14,0	55,4	0,0	0,2	11,9	13,6
04/05	122,3	18,2	37,5	2,6	10,0	47,4	5,9	36,0	0,2	5,6	0,5	4,1
05/06	176,8	140,9	61,6	64,8	73,4	124,5	59,7	1,4	38,0	1,4	44,6	35,2
06/07	208,2	177,1	39,5	22,7	49,0	28,7	35,2	22,8	17,2	1,0	0,9	70,1
07/08	52,5	60,4	107,3	65,8	82,1	27,1	5,3	1,4	0,0	0,0	0,6	22,8
08/09	6,8	5,0	20,3	79,6	45,3	0,0	1,3	5,5	12,9	1,2	0,4	16,0
09/10	32,9	23,8	74,3	0,5	6,5	3,2	2,8	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0
10/11	0,0	30,4	80,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 5.8 - Tabela com os valores de precipitações na bacia de Odelouca

Algumas das estações meteorológicas apresentaram erros em alguns meses necessários para a análise, pelo que a determinação da precipitação para estes meses foi feita através o método das duplas acumulações.

Para realizar este método considera-se duas estações hidrologicamente afins e vão-se acumulando sucessivamente os valores das precipitações analisados nas diferentes estações, usando a estação meteorológica com os valores completos como a estação modelo (Série x) e determinando os valores da estação incompleta (Série y) através de uma regressão linear (Fig. 22). Para o caso de Odelouca:

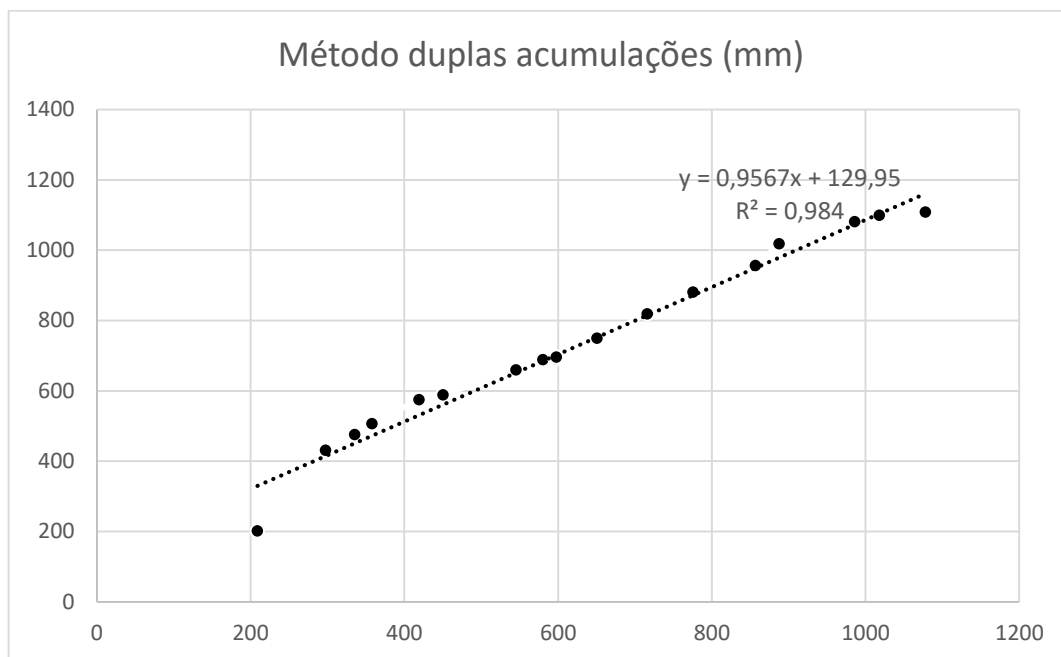


Fig. 5.22 - Gráfico do método das duplas acumulações para o caso de Odelouca

Os valores calculados nas diferentes bacias hidrográficas são bastante consistentes, devido ao facto de estas bacias não apresentarem uma grande distância entre elas. Verificou-se, no entanto, que entre o período de 2007 e o início do 2010 os valores da precipitação são bastante baixos. Pode-se concluir que este foi um período bastante seco e por isso sujeito a défices de água.

5.2. Determinação de Caudais

Depois de obtidos os valores da precipitação é então necessário obter os dados dos caudais para cada uma das albufeiras. No caso das barragens do Funcho e Arade esses dados já estavam disponíveis no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, no entanto estas não apresentarão influência nesta análise. Para as outras barragens calculou-se as precipitações nas bacias correspondentes de forma a conseguir-se calcular os caudais através do método racional.

O método racional foi desenvolvido em 1851 por Mulvaney, usado normalmente para o cálculo hidráulico de coletores de águas pluviais. A racionalidade do método consiste em supor que o caudal máximo no extremo jusante de uma bacia se verifica quando toda a bacia está a contribuir, o que acontece quando a duração da chuvada iguala o tempo de concentração. O método é definido pela seguinte equação:

$$Q = CIA \quad (2)$$

- Q é o caudal;
- C é o coeficiente de escoamento;
- I é a intensidade média de precipitação;
- A é a área da bacia.

Como não foi possível obter o valor do coeficiente de escoamento para as diferentes bacias, utilizou-se os valores dos caudais e precipitação de anos mais antigos de forma a corresponder para cada precipitação mensal o valor do caudal associado, através da seguinte expressão:

$$\frac{Q}{I} = CA \quad (3)$$

E uma vez que a área e o coeficiente é o mesmo para cada bacia

$$\frac{Q_A}{I_A} = \frac{Q_B}{I_B} \quad (4)$$

- Q_A representa o caudal no período em que existem dados;
- I_A representa a intensidade no período em que existem dados;
- Q_B representa o caudal no período em que se pretende calcular;
- I_B representa a intensidade no período em que se pretende calcular;

Utilizando então os valores da relação entre a precipitação e os caudais para os anos onde existiam dados suficientes, para cada um dos recursos hídricos. A média destes valores é então utilizada para a obtenção dos valores para o período de estudo.

Em determinados meses os valores de precipitação apresentam incoerências com os valores de caudais obtidos, havendo meses onde caudais grandes não correspondem a valores de precipitação altos. Isto pode ser explicado por erros de leitura nas estações pluviométricas, na medição dos caudais ou no processamento dos dados.

Na tentativa de eliminar estes valores realizou-se uma média das relações entre a precipitação e dos caudais tendo-se obtidos dados entre o 0 e os 200. Todos os valores com uma percentagem de ocorrência inferior aos 5% foram eliminados passando para um intervalo entre o 0 e os 150. Foi realizada esta eliminação uma vez que a quantidade de dados é muito limitada, logo erros grosseiros que se possam verificar têm uma influência grande nos resultados finais, levando a valores de caudais para o período de estudo apresentem-se inflacionados.

Realizando uma análise de cada um dos valores obtidos, conclui-se que utilizando a percentagem de ocorrência de 5% foi possível eliminar a grande maior dos dados onde se verificava uma grande incoerência entre as precipitações e os caudais verificados.

Para o caso de Odelouca, que será utilizado como exemplo, obteve-se uma média anual de caudais (retirando já os caudais ecológicos) de cerca de $1m^3/s$, que quando comparado ao apurado no Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica das ribeiras do Algarve são bastante aproximados. Este método foi realizado devido à inexistência de medições de afluências nas várias barragens necessárias.

O caudal ecológico necessário para cada barragem, de acordo com a metodologia proposta por Tennant (ou Montana), foi obtido garantindo condições de caudal bom em ano húmido, em ano médio e em ano seco, para os diferentes meses do ano, de acordo com as percentagens, relativamente ao caudal modular, de acordo com a Tabela 5.9:

Junho-Setembro (Quadrimestre seco)	Abril, Maio, Outubro, Novembro	Dezembro-Março (Quadrimestre húmido)
20%	30%	40%

Tabela 5.9 - Valores da percentagem de caudal ecológico a considerar

Para a determinação da taxa de evaporação nas albufeiras necessários, recorreu-se à análise de valores fornecidos pelo sistema nacional de informação de recursos hídricos. Os valores obtidos foram obtidos através de um evaporímetro de Piche. A evaporação diária estimada pelo evaporímetro de Piche é obtida fazendo a diferença entre duas leituras consecutivas, o que representa a evaporação de uma superfície porosa e húmida, à sombra e quase totalmente livre da influência do vento. Este é um método que já não é muito utilizado, no entanto esta foi a única forma de obter estes valores.

Relativamente aos caudais retirados do aquífero de Querença-Silves considerou-se que o valor atualmente do volume de água extraída representa a disponibilidade hídrica desta massa subterrânea. Este valor não coincide com o valor apresentado anteriormente uma vez que não é conhecido o valor total do volume de água retirado para consumo agrícola. De acordo com Plano de Gestão de Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve o valor de água subterrânea extraída para consumo público anual é de 7,99 hm³, devido à inexistência de dados mensais foi admitido que a extração é constante durante o ano e que esta representa o limite de forma a que não existam impactos negativos sobre o aquífero foi então considerado um valor de 0,253m³/s, para a disponibilidade mensal desta massa subterrânea. Desta forma é garantida a segurança e devido à fraca influência deste valor sobre as conclusões finais, esta aproximação não terá um grande efeito no resultado.

Usando este método foram obtidos os seguintes dados de caudais para as barragens necessárias:

Odelouca	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
99/00	0,000	0,000	0,000	2,072	0,477	0,179	0,190	0,470	0,499	0,027	0,000	0,000
00/01	0,070	2,318	8,751	3,590	1,742	2,448	0,004	0,254	0,011	0,000	0,000	0,001
01/02	0,012	0,175	3,552	1,687	0,306	3,037	0,828	0,083	0,025	0,001	0,000	0,002
02/03	0,240	3,291	2,162	2,026	2,397	1,063	1,098	0,105	0,014	0,002	0,000	0,000
03/04	0,511	3,174	1,602	0,552	1,339	0,730	0,189	0,451	0,000	0,000	0,000	0,000
04/05	0,335	0,516	0,955	0,063	0,232	0,989	0,080	0,293	0,002	0,009	0,000	0,000
05/06	0,484	4,001	1,570	1,576	1,702	2,598	0,808	0,011	0,294	0,002	0,000	0,000
06/07	0,570	5,030	1,006	0,553	1,136	0,598	0,476	0,186	0,133	0,002	0,000	0,001
07/08	0,144	1,715	2,735	1,602	1,902	0,565	0,072	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000
08/09	0,019	0,142	0,517	1,937	1,051	0,000	0,018	0,045	0,100	0,002	0,000	0,000
09/10	0,090	0,677	1,894	0,012	0,151	0,066	0,037	0,009	0,003	0,000	0,000	0,000
10/11	0,000	0,865	2,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela 5.10 - Valores obtidos de caudais para Odelouca m^3/s

Bravura	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
99/00	0,00	0,00	0,95	0,15	0,74	0,29	0,23	0,21	0,01	0,00	0,00	0,00
00/01	0,02	0,25	2,15	0,79	0,89	1,45	0,04	0,76	0,02	0,00	0,00	0,03
01/02	0,03	0,09	1,08	0,26	0,11	0,91	0,95	0,17	0,01	0,00	0,00	0,07
02/03	0,02	0,23	0,84	0,48	0,94	0,53	1,24	0,16	0,09	0,00	0,00	0,01
03/04	0,06	0,31	0,95	0,15	0,74	0,29	0,23	0,21	0,01	0,00	0,00	0,00
04/05	0,04	0,04	0,68	0,00	0,08	0,52	0,16	0,40	0,01	0,00	0,00	0,01
05/06	0,06	0,30	0,70	0,38	0,88	1,05	0,82	0,03	0,61	0,00	0,01	0,03
06/07	0,07	0,39	0,28	0,13	0,54	0,23	0,42	0,63	0,20	0,00	0,00	0,04
07/08	0,03	0,18	1,40	0,50	0,92	0,23	2,07	1,13	0,06	0,00	0,00	0,12
08/09	0,02	0,10	0,84	0,33	0,95	0,00	0,73	0,34	0,34	0,00	0,00	0,00
09/10	0,02	0,12	2,39	0,89	1,82	1,15	1,33	0,52	0,46	0,00	0,00	0,02
10/11	0,05	0,20	1,66	0,31	0,80	0,84	0,96	1,12	0,09	0,00	0,00	0,01

Tabela 5.11 - Valores obtidos de caudais para Bravura m^3/s

Odeleite	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
99/00	0,00	0,00	0,00	1,93	0,09	0,06	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
00/01	0,00	0,56	3,29	2,59	1,72	6,41	0,03	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
01/02	0,01	1,29	2,42	3,28	0,24	2,75	2,02	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
02/03	0,01	1,24	3,17	1,65	3,73	1,42	2,18	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
03/04	0,02	2,19	1,47	0,62	3,53	2,60	0,33	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00
04/05	0,01	0,24	0,52	0,05	0,95	1,93	0,08	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
05/06	0,02	2,89	2,22	2,84	1,97	3,51	1,30	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
06/07	0,01	2,90	0,75	1,38	1,60	0,63	1,20	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00
07/08	0,01	0,87	1,53	1,51	3,49	1,04	2,59	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
08/09	0,00	0,22	0,66	3,65	0,15	0,12	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
09/10	0,00	0,32	6,07	5,14	1,13	0,40	0,42	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
10/11	0,00	0,17	0,59	0,30	0,35	0,62	0,25	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 5.12 - Valores obtidos de caudais para Odeleite m^3/s

Beliche	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
99/00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,38	0,21	0,11	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
00/01	0,00	6,04	3,24	3,32	2,74	1,32	0,11	0,30	0,00	0,00	0,00	0,29
01/02	0,00	3,51	0,93	2,79	0,34	0,56	0,00	0,17	0,00	0,01	0,00	0,41
02/03	0,00	9,06	1,85	1,78	2,15	0,39	0,27	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01
03/04	0,00	13,37	0,81	0,56	2,20	0,41	0,48	0,04	0,00	0,01	0,08	0,01
04/05	0,00	0,94	0,40	0,07	1,10	0,35	0,06	0,46	0,00	0,05	0,01	0,01
05/06	0,00	16,08	0,74	2,57	1,33	0,77	0,02	0,12	0,00	0,11	0,19	0,04
06/07	0,00	12,47	0,60	0,68	1,30	0,09	0,20	0,00	0,00	0,01	0,09	0,10
07/08	0,00	5,86	0,92	0,92	1,73	0,22	0,25	0,08	0,00	0,19	0,00	0,26
08/09	0,00	1,71	0,41	2,39	0,62	0,18	0,28	0,12	0,00	0,00	0,00	0,02
09/10	0,00	0,34	2,39	4,68	4,76	0,62	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01
10/11	0,00	5,14	2,12	1,59	1,46	0,95	0,44	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02

Tabela 5.13 - Valores obtidos de caudais para Beliche m³/s

5.3. Índice de escassez

O índice de escassez usado nesta análise é o WEI+ que difere ligeiramente do índice WEI (Water Exploitation Index), uma vez que leva em consideração no cálculo da vulnerabilidade a situações de escassez, os retornos de água ao meio hídrico, bem como os caudais ambientais ecológicos. O índice é calculado através da razão entre as disponibilidades hídricas renováveis da região com volume total de água captado.

Para além de levar em consideração os caudais ecológicos no cálculo das necessidades hídricas é necessário considerar os volumes que devem estar disponíveis de forma a cumprir outros requisitos como, por exemplo, a navegação ou tratados internacionais em rios transfronteiriços. De acordo com o índice WEI+ este valor representa 10% do valor do escoamento de cada região hidrográfica. Nos cálculos do retorno considerou-se que toda a água tratada pelas estações de tratamento de águas residuais é reposta num meio hídrico (Agência Portuguesa do Ambiente, 2016).

Através da análise do Plano de gestão de região hidrográfica da bacia hidrográfica das ribeiras do Algarve foi possível obter os seguintes valores importantes para a determinação do índice de escassez WEI+ (Tabela 5.14):

Escoamento (hm^3)	622
Disponibilidades subterrâneas (hm^3)	388
Necessidades hídricas (hm^3)	232

Tabela 5.14 - Valores necessários para o cálculo das necessidades hídricas para as Ribeiras do Algarve (APA, 2016)

Para a região do Algarve não abrangida pela bacia hidrográfica das ribeiras do Algarve, devido a não haver acesso a dados mais viáveis, recorreu-se ao Sistema nacional de informação de recursos hídricos. Para o valor do escoamento considerou-se os valores do escoamento calculados para os aproveitamentos de Beliche e de Odeleite consideram os caudais ecológicos necessários e os valores da evaporação verificados na estação mais próxima (Tabela 5.15).

Escoamento (hm^3)	73
Caudais ecológicos (hm^3)	18
Evaporação (hm^3)	6
Necessidades hídricas (hm^3)	25

Tabela 5.15 - Valores necessários para o cálculo das necessidades hídricas para a zona da bacia hidrográfica do Guadiana (APA, 2016)

Os valores totais para o cálculo das disponibilidades hídrica renováveis são apresentados na Tabela 5.11:

Escoamento (hm^3)	695
Disponibilidades subterrâneas disponíveis (hm^3)	393
Necessidades hídricas (hm^3)	257
Retornos (hm^3)	43
Disponibilidades hídricas renováveis (hm^3)	874

Tabela 5.11 - Dados para cálculo do índice de escassez (APA, 2016)

Para a determinação dos consumos relativos ao abastecimento público considerou-se a média de dos volumes de água fornecida por ano pelas Águas do Algarve nos últimos anos, que corresponde a $68hm^3$. Os consumos relativos a outros sectores foram já apresentados anteriormente. Na Tabela 5.12 é então apresentado o valor final do índice calculado:

Disponibilidades hídricas renováveis (hm³)	874
Total de água captado (hm³)	243
Índice WEI+ (%)	27,8

Tabela 5.12 - Cálculo do índice de escassez

O critério da ONU (1997) para avaliação da escassez com o cálculo do WEI baseia-se na parcela de recursos consumidos e divide-se em quatro categorias:

- Sem escassez – países que consomem menos de 10% dos seus recursos renováveis;
- Escassez reduzida – países que consomem entre 10% e 20% dos seus recursos renováveis;
- Escassez moderada – países que consomem entre 20% e 40% dos seus recursos renováveis;
- Escassez severa – países que consomem mais de 40% dos seus recursos renováveis.

Utilizando estes intervalos verificamos que região em estudo é classificada com uma escassez moderada, de forma a obter uma exploração mais sustentável dos recursos hídricos é então necessário o estudo de diferentes alternativas que podem ajudar a melhorar a situação

Como críticas a aplicar ao cálculo deste índice é importante realçar que não foram consideradas outros escoamentos relativos à bacia hidrográfica do Guadiana devido à falta de acesso a estes dados. Numa avaliação futura poderá também ser considerada a capacidade de armazenamento da região de forma a obter um valor mais viável relativamente as disponibilidades hídricas.

5.4. Resultados

5.4.1. Período (2000-2009)

Depois de determinar os dados necessários para a utilização do software (neste caso utilizou-se o software LabSid AcquaNet 2013) realizou-se os cálculos de forma a obter problemas de déficit de abastecimento de água nos vários municípios (Fig. 5.23), sendo possível avaliar a quantidade de água em falta e os meses em que isso acontece.

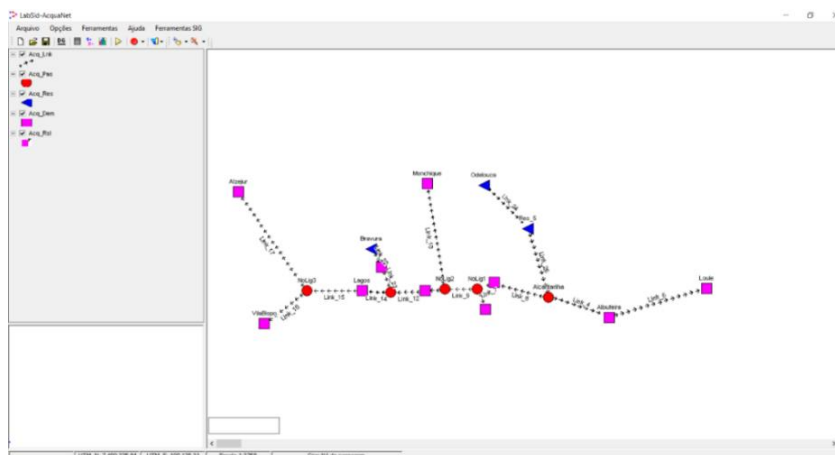


Fig. 5.23 - Interface do programa LabSid-Aquanet

Para obter uma maior variedade de resultados recorreu-se a dois cenários diferentes. No primeiro cenário o sistema de abastecimento de barlavento é desconectado do sistema de abastecimento de sotavento. No segundo cenário é estabelecida uma ligação entre os dois sistemas, o que acontece na realidade, pois existe a possibilidade de trocas entre os dois sistemas através de duas estações elevatórias reversíveis.

Para o caso de barlavento em separado verificaram-se os seguintes resultados (Tabela 5.13):

Concelhos	Tempo máximo abaixo do abastecimento necessário (mês(es))	Frequência abaixo do abastecimento necessária (%)	Volume acumulado dos défices (hm³)	Abastecimento média necessário (m³/s)	Vazão média fornecida (m³/s)
Agrícola	0	0,00	0,000	0,049	0,049
Albufeira	4	3,33	2,470	0,271	0,264
Aljezur	0	0,00	0,000	0,009	0,009
Lagoa	4	3,33	2,570	0,131	0,123
Lagos	0	0,00	0,000	0,174	0,174
Loulé	4	3,33	6,310	0,383	0,363
Monchique	0	0,00	0,000	0,000	0,000
Portimão	6	5,00	4,115	0,228	0,215
Silves	4	3,33	2,210	0,058	0,051
Vila do Bispo	0	0,00	0,000	0,009	0,009

Tabela 5.13 - Tabela com os resultados para barlavento em separado

Pode-se verificar que existe um défice de água em cinco diferentes concelhos (Albufeira, Lagoa, Loulé, Portimão e Silves), sendo que o concelho que verifica um maior défice é o concelho de Loulé com um défice igual a 6,31hm³. Estes défices ocorrem no ano de 2009 nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, tal como previsto uma vez que este foi um dos anos onde se verificaram os menores valores de precipitação. O volume total de défice verificado foi 17,675hm³.

Para o caso de sotavento em separado verificaram-se os seguintes resultados (Tabela 5.14):

Concelhos	Tempo máximo abaixo do abastecimento necessário (mês(es))	Frequência abaixo do abastecimento necessária (%)	Volume acumulado dos défices (hm^3)	Abastecimento média necessário (m^3/s)	Vazão média fornecida (m^3/s)
Agrícola	2	3,33	6,654	1,061	1,207
Alcoutim	0	0,00	0,000	0,002	0,002
Alportel	0	0,00	0,000	0,000	0,000
Castro Marim	1	0,83	0,071	0,048	0,048
Faro	1	0,83	0,215	0,205	0,204
Olhão	1	0,83	0,158	0,132	0,131
Tavira	1	0,83	0,213	0,097	0,096
Vila Real de Santo António	1	0,83	0,210	0,097	0,097

Tabela 5.14 - Tabela com os resultados para sotavento em separado

Pode-se verificar que existe um défice de abastecimento em cinco diferentes concelhos (Castro Marim, Faro, Olhão, Tavira e Vila Real de Santo António), tendo também se verificado um défice no abastecimento para o sector agrícola em dois meses do período de análise. O conselho com um volume maior de défice foi o conselho de Faro com um défice de $0,215hm^3$. O valor total de défice é igual a $7,521hm^3$.

Estes défices ocorreram no mês de outubro do ano de 2005, como este período é bastante pequeno não se deve considerar que a região de sotavento apresenta grandes défices, ao contrário do verificado em Barlavento.

Para o caso da existência de uma ligação entre barlavento e sotavento verificaram-se os seguintes resultados (Tabela 5.15):

Concelhos	Tempo máximo abaixo do abastecimento necessário (mês(es))	Frequência abaixo do abastecimento necessária (%)	Volume acumulado dos défices (hm^3)	Abastecimento média necessário (m^3/s)	Vazão média fornecida (m^3/s)
Agrícola Bravura	0	0,00	0,000	0,049	0,049
Agrícola Beliche-Odeleite	3	3,33	7,356	1,061	1,169
Albufeira	2	1,67	0,568	0,271	0,270
Alcoutim	3	3,33	0,058	0,002	0,002
Alportel	0	0,00	0,000	0,000	0,000
Aljezur	0	0,00	0,000	0,009	0,009
Castro Marim	3	3,33	0,570	0,048	0,046
Faro	3	4,17	1,924	0,205	0,198
Lagoa	2	1,67	1,051	0,131	0,128
Lagos	0	0,00	0,000	0,174	0,174
Loulé	2	1,67	2,520	0,383	0,375
Monchique	0	0,00	0,000	0,000	0,000
Olhão	3	3,33	1,390	0,132	0,127
Portimão	3	2,50	1,664	0,228	0,222
Silves	2	1,67	0,888	0,058	0,056
Tavira	3	3,33	0,930	0,097	0,094
Vila do Bispo	0	0,00	0,000	0,009	0,009
Vila Real de Santo António	3	3,33	0,991	0,097	0,094

Tabela 5.15 - Tabela com os resultados para ligação entre barlavento e sotavento

Pode-se verificar que existe um défice de abastecimento em onze diferentes concelhos (Albufeira, Castro Marim, Faro, Lagoa, Loulé, Olhão, Portimão, Silves, Tavira e Vila Real de Santo António), tendo também se verificado um défice de abastecimento para o sector da agricultura de $7,356 hm^3$. O concelho que apresenta um maior défice é Loulé com um valor de $2,52hm^3$. O valor total de défice de abastecimento é de $19,91hm^3$.

O período em que estes défices aconteceram foi em agosto, setembro e outubro de 2009.

Esta análise revela a importância da existência da estação elevatória reversível capaz de transportar a água entre as zonas de barlavento e sotavento. O valor máximo do caudal transportado verificado entre as duas zonas é de $1,968\text{m}^3$. A utilização da estação permitiu uma redução dos défices em 21%.

5.4.2. Cenário RCP 8.5 (2071-2100)

Para além da análise anterior considerou-se um futuro cenário climático (RCP 8.5 (2071-2100)) analisado anteriormente. Foi utilizado este cenário uma vez que este era o que apresentava as decidas das precipitações mais acentuadas. Para a determinação de caudais considera-se o valor de uma precipitação média anual para o período de 2071 a 2100, utilizando uma distribuição anual obtida através do portal do clima referido no capítulo 3. Os valores de precipitação usados foram (Tabela 5.16):

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
(mm)	71,4	59,3	57,7	32,1	14,1	3,9	1,5	4,7	14,9	38,5	70,9	84,1

Tabela 5.16 - Precipitações anuais para o cenário climático adotado

Obteve-se os seguintes resultados para o cenário referido (Tabela 5.17):

Concelhos	Tempo máximo abaixo do abastecimento necessário (mês(es))	Frequência abaixo do abastecimento necessária (%)	Volume acumulado dos défices (hm ³)	Abastecimento média necessário (m ³ /s)	Vazão média fornecida (m ³ /s)
Agrícola Barlavento	0	0,00	0,000	0,049	0,049
Agrícola Sotavento	6	8,33	29,686	1,061	1,134
Albufeira	3	2,50	2,465	0,271	0,264
Alcoutim	6	8,33	0,147	0,002	0,002
Alportel	0	0,00	0,000	0,000	0,000
Aljezur	0	0,00	0,000	0,009	0,009
Castro Marim	6	8,33	1,813	0,048	0,042
Faro	6	9,17	4,683	0,205	0,190
Lagoa	4	4,17	2,975	0,131	0,122

Lagos	0	0,00	0,000	0,174	0,174
Loulé	4	4,17	7,332	0,383	0,360
Monchique	0	0,00	0,000	0,000	0,000
Olhão	6	8,33	3,766	0,132	0,120
Portimão	5	5,00	4,242	0,228	0,214
Silves	4	4,17	2,476	0,058	0,051
Tavira	6	8,33	2,851	0,097	0,088
Vila do Bispo	0	0,00	0,000	0,009	0,009
Vila Real de Santo António	6	8,33	3,109	0,097	0,087

Tabela 5.17 - Tabela com os resultados para o cenário climático adotado

Pode-se verificar um défice de abastecimento em quase todos os concelhos, exceto Alportel, Aljezur, Monchique e Vila do Bispo, tendo também se verificado um défice de abastecimento para o sector da agricultura em Barlavento de 7,356 hm³. O concelho que apresenta um maior défice é Loulé com um valor de 7,332hm³. O valor total de défice é de 65,545hm³, o que representa um aumento na ordem dos 320% relativamente ao estudo do período de tempo mais atual. Este valor revela o risco a que esta zona está sujeita na ocorrência do cenário climático analisado. Apesar de este cenário ser o mais crítico em termos de diminuições de temperaturas os resultados não devem ser ignorados a procura de diferentes alternativas de obtenção de água para abastecimento deve ser considerada.

5.5. Tratamentos disponíveis nas ETARs

De forma a poder analisar as diferentes alternativas de reutilização de águas residuais é necessário conhecer os tipos de tratamentos verificados nas diferentes ETARs da região de Algarve.

ETAR da Boavista:

O afluente bruto à ETAR é submetido a um tratamento preliminar, que inclui uma gradagem dos sólidos de maiores dimensões e o desarenamento/ desengorduramento das areias e gorduras. De seguida, as águas residuais são enviadas, para uma ou duas linhas de tratamento biológico, consoante o caudal afluente à ETAR, que contemplam dois reatores biológicos e dois decantadores secundários. Cada reator biológico encontra-se subdividido em três zonas distintas, uma anaeróbia, anóxica e aeróbia, permitindo assim, a remoção biológica da matéria orgânica e de nutrientes (azoto e fósforo). A remoção do fósforo é ainda coadjuvada através da adição de um coagulante, o sulfato de alumínio. Nos decantadores secundários são removidos os sólidos provenientes do tratamento biológico, obtendo-se um efluente tratado, o qual é descarregado para a vala da Lameira. De forma a, reutilizar internamente o efluente tratado no interior da ETAR, parte deste é filtrado, em filtros de areia e desinfetado no canal UV, para a remoção dos microrganismos.

ETAR de Albufeira Poente:

A ETAR contempla na fase líquida as etapas de tratamento preliminar, biológico, físico-químico e desinfecção, possuindo ainda uma etapa de filtração e desinfecção adicional para produção de água de

serviço. O tratamento preliminar possui as seguintes operações unitárias: Gradagem mecânica e desarenamento/desengorduramento. O tratamento biológico é efetuado através de sistema de lamas ativadas em regime de arejamento prolongado com nitrificação/desnitrificação, materializado através de três reatores biológicos com zonas anóxicas e aeróbias e três decantadores secundários, constituindo três linhas de tratamento. O fósforo é removido através da via química mediante adição de um agente coagulante nos reatores biológicos.

ETAR de Almargem:

A ETAR é constituída por duas linhas para a fase líquida, uma linha para a fase sólida e uma linha de tratamento de odores, sendo o processo de tratamento constituído, por:

- Tratamento preliminar realizado em órgão compacto (gradagem/tamisação, desarenação e desengorduramento), em duas linhas independentes;
- Tratamento biológico em sistema de lamas ativadas (com seletores biológicos), em regime de arejamento prolongado, efetuado em reatores do tipo *vala de oxidação* e decantação secundária. Este tratamento biológico, é realizado em duas linhas independentes;
- Desinfecção final do efluente por radiação Ultravioleta;
- Espessamento mecânico das lamas e desidratação mecânica por centrífuga;
- Desodorização do ar contaminado por biofiltração.

A ETAR está dotada de um sistema de filtração e de um sistema de desinfecção adicional por Ultravioletas, para produção de água com qualidade adequada à utilização como água de serviço, na rega de espaços verdes, lavagens e preparação de reagentes (Águas do Algarve, 2017).

ETAR de Faro Noroeste:

A solução adotada é constituída por um esquema de tratamento com as seguintes etapas:

- Obra de entrada, equipada por tamisadores de tambor rotativo, para a remoção dos sólidos mais grosseiros;
- Sistema de desarenamento/desengorduramento, para remoção de areias, óleos e gorduras;
- Receção de lamas de fossas sépticas;
- Tanques de contacto (seletores) e reatores biológicos, tipo *vala de oxidação*, onde tem lugar o tratamento biológico;
- Decantadores secundários para remoção da biomassa do efluente, sendo uma parte recirculada ao processo;
- Microfiltração em microtamisadores de tambor rotativo;
- Desinfecção do efluente final da ETAR por radiação ultravioleta;
- Desinfecção adicional, de parte do efluente, com vista à sua utilização, como água de serviço, no recinto da ETAR (Águas do Algarve, 2017).

ETAR de Lagos:

O tratamento preliminar consiste na remoção de areias e gorduras realizada por intermédio de dois desarenadores/desengorduradores. Após esta etapa, o efluente é encaminhado para o tratamento primário, que consiste na decantação primária.

O tratamento biológico contempla duas linhas de tratamento, estando prevista em projeto a seguinte repartição:

- 40% do caudal seria encaminhado para a linha dos leitos percoladores e posteriormente para os decantadores secundários. As lamas biológicas juntamente com as lamas primárias seriam enviadas para a digestão anaeróbia;
- 60% do caudal seria enviado para a vala de oxidação operada em regime de média carga, sendo posteriormente encaminhado para a decantação secundária.

O efluente, após tratamento biológico, é sujeito a desinfecção por ultravioletas (UV), estando a ETAR dotada de duas linhas independentes (Águas do Algarve, 2017).

ETAR de Vale de Faro:

A ETAR contempla na fase líquida as etapas de tratamento preliminar, biológico e desinfecção, possuindo ainda uma etapa de filtração em areia e desinfecção adicional para produção de água de serviço. O tratamento preliminar possui as seguintes operações unitárias:

- Poço de receção do afluente bruto;
- Gradagem mecânica de grossos;
- Elevação do afluente bruto;
- Gradagem mecânica de finos e Desarenamento/desengorduramento;

O tratamento biológico é efetuado através de sistema de lamas ativadas em regime de arejamento prolongado com nitrificação/desnitrificação, materializado através de duas valas de oxidação (com zonas anóxicas e aeróbias) e três decantadores secundários retangulares.

O efluente, após tratamento biológico, é sujeito a desinfecção por ultravioletas (UV), estando para o efeito dotada de duas linhas independentes.

Parte do efluente tratado é encaminhado para o sistema de filtração, por filtros de areia, sendo posteriormente sujeito a desinfecção por cloragem e armazenado em reservatório, com vista à produção de água de serviço, para rega dos espaços verdes e lavagens (Águas do Algarve, 2017).

ETAR de Vila Real de Santo António:

A ETAR de Vila Real de Santo António foi dimensionada para incluir genericamente as seguintes operações e, ou processos unitários:

- Tratamento preliminar, em obra de entrada constituída por crivagem fina e desarenamento/desengorduramento;
- Tratamento biológico secundário em lagoas arejadas com recirculação operada em regime de arejamento prolongado, precedidas de lagoas anóxicas para desnitrificação;
- Sedimentação em decantadores de planta circular;
- Desinfecção em sistema por radiação ultravioleta.

A ETAR está dotada de um sistema de filtração e de um sistema de desinfecção adicional por Ultravioletas, para produção de água com qualidade adequada à utilização como água de serviço, na rega de espaços verdes, lavagens e preparação de reagentes (Águas do Algarve, 2017).

ETAR de Vilamoura:

Fases de tratamento:

- Gradagem;
- Desarenamento/Desengorduramento;
- Tratamento biológico composto de 2 linhas paralelas, com capacidade de tratamento de 50 % do caudal em cada uma delas;
- Linha de Leitos Percoladores. Prevista funcionar somente em época alta;
- Linha de Lamas Ativadas: durante todo o ano, a qual garante remoção de matéria orgânica, de N e P, sendo constituído por 3 zonas: anaeróbia, anóxica e aeróbia;
- Desinfecção por UV (Águas do Algarve, 2017).

5.6. Hipótese reutilização de águas residuais

Através da análise dos resultados pode-se verificar um défice considerável de água principalmente nos meses de agosto e julho, atualmente combatido com o armazenamento de água nas albufeiras nos meses onde os recursos hídricos são mais abundantes e pela extração de água dos aquíferos subterrâneos. No entanto, isto contribui para um fraco aproveitamento sustentável dos recursos existentes e impactos ambientais negativos. Estes factos potencializam o recurso a alternativas ao abastecimento de água, como por exemplo a reutilização de águas residuais.

5.6.1. Recarga da massa de água subterrânea Querença-Silves

Uma das hipóteses consideradas é a recarga da massa de água subterrânea Querença-Silves, permitindo um valor de extração maior de forma a combater défices verificados.

De acordo com os resultados verificados será necessária uma recarga na ordem dos $43200m^3$ /dia de forma a combater os défices verificados nos períodos de maior consumo, no entanto este valor poderá ser potencialmente menor, uma vez que esta necessidade apenas se verificou durante um mês no período de estudo. Atualmente não existe uma única estação de tratamento de águas residuais capaz de satisfazer esta procura, no entanto este não deve ser considerado um grande problema uma vez que recorrer a várias estações pode ser uma boa alternativa de forma obter a quantidade de água necessário.

As ETARs mais indicadas para esta recarga são a ETAR de Lagos, com uma capacidade de tratamento de $41.812 m^3$ /dia, e a ETAR de Vilamoura, com uma capacidade de tratamento de $31.537 m^3$ /dia uma vez que estas estações se localizam a distância aceitável da recarga. Em conjunto, estas possuem a capacidade suficiente para atingir as quantidades necessárias. De forma a obter a qualidade necessária para a recarga será necessário um investimento em infraestruturas de tratamento (principalmente de desinfecção), de forma a aumentar a capacidade de remoção de compostos como pesticidas, compostos disruptores endócrinos e produtos farmacêuticos.

Outro setor que poderá beneficiar desta solução é a agricultura que uso a maior quantidade de águas subterrâneas da região.

Um bom exemplo da reutilização de águas residuais desta forma é o projeto Montebello em Los Angeles, Califórnia. Neste projeto foi recarregado com sucesso as águas subterrâneas com água reciclada desde 20 de agosto 1962. Esta é a recarga de águas subterrâneas planejada mais antiga usando água reciclada na Califórnia e fornece 40% do abastecimento total de água para o município de Los Angeles.

A água é percolada para as águas subterrâneas usando dois conjuntos de espalhamento o *Rio Hondo Coastal Spreading Grounds* (Fig.5.24), que possui uma área de 235 ha e o *San Gabriel Coastal Spreading Grounds* que possui uma área de 52 ha (Gasca, 2012).



Fig. 5.24 - Imagem aérea Rio Hondo (EPA, 2016)

A principal vantagem deste projeto é que ele evita custos significativos de construção e requisitos energéticos de um sistema de distribuição dupla para entrega de água reciclada a utilizadores de água não potável, aproveitando as vias de água existentes para transportar a água. Além disso, maiores quantidades de água podem ser conservadas utilizando a substancial capacidade de armazenamento subterrâneo dos aquíferos locais, e não existe um período diário, ou mesmo sazonal, em que a recarga deve ocorrer, pode ocorrer sempre que os recursos de água reciclados estejam disponíveis.

O reabastecimento das águas subterrâneas com água reciclada no Montebello é regulado pelo Departamento de Saúde Pública da Califórnia (CDPH) e pelo Conselho Regional de Controle de Qualidade da Água de Los Angeles (RWQCB) para a proteção da saúde humana e de usos benéficos das águas subterrâneas. A água reciclada utilizada recebe um tratamento terciário rigoroso que garante a satisfação dos altos padrões de qualidade da água.

O projeto fornece um novo abastecimento de água, aproximadamente equivalente ao consumo de um quarto de milhão de pessoas. Após cinquenta anos de operação este sistema continua a operar de forma consistente, produzindo um efluente de alta qualidade e o monitoramento continua a indicar que a qualidade da água subterrânea não foi afetada negativamente. Além disso, o uso de água reciclada em vez de água importada para reabastecimento das águas subterrâneas economizou dezenas de milhões de dólares por ano em compras de água.

Por estas e outras razões já existem outros projetos para aumentar a capacidade da utilização de águas residuais nesta zona (Gasca, 2012).

Um projeto deste tipo na região do Algarve levaria a um impacto grande sobre os recursos hídricos subterrâneos, aumento consideravelmente a capacidade de extração tanto para o abastecimento público como para a rega agrícola. Devido à grande variação de consumos que a região apresenta em épocas altas, esta solução apresenta outra vantagem, pois permite a recarga dos aquíferos apenas nos períodos necessários.

Usando os valores anteriormente referidos o novo índice de escassez seria (Tabela 5.18):

Disponibilidades hídricas renováveis (hm³)	1031
Total de água captado (hm³)	243
Índice WEI+ (%)	23,6

Tabela 5.16 - Índice de escassez com recarga de aquífero

Apesar do grande investimento um projeto deste tipo, mesmo assim não era suficiente de forma a obter uma classificação mais reduzida no que diz respeito à escassez.

5.6.2. Rega de campos de golfe

A região do Algarve dispõe de mais de 44% dos campos de golfe do País o que por si só realça a importância desta modalidade, tanto em termos regionais como nacionais. Acresce ainda que o Algarve figura entre os locais considerados pelos operadores turísticos como um dos melhores destinos turísticos de golfe a nível mundial (Fig. 5.25). Existe então o receio de que esta procura possa conduzir a médio prazo a desequilíbrios hídricos em determinadas zonas. Estes campos de golfe localizam-se maioritariamente na zona de barlavento.

No ano de 2015 verificou-se a existência de 40 campos de golfe na região, com 7 campos com 9 buracos, 29 de 18 buracos e 4 de 27 buracos. O consumo anual médio por campo de golfe de 18 buracos (aproximadamente 28,5 campos de golfe) é de 0,3 hm³. O caudal do mês de ponta necessário para rega de um campo de golfe de 18 buracos varia entre 900 e 2.500 m³/d, sendo o valor médio de 1.650 m³/d (Turismo de Portugal, 2015).

O consumo anual de água deste sector foi definido em 15,30hm³, sendo que 9,90hm³ são obtidos através de águas subterrâneas e 5,40hm³ obtidos em massas superficiais. Estes valores correspondem apenas a cerca de 30% do volume de águas residuais tratadas na região.

Origem	Percentagem (%)
Água Subterrânea	69,2
Água Superficial	42,3
Rede Pública	7,7
Reutilização de águas domésticas (ETAR)	5,8

Tabela 5.17 - Origem da água usada para rega de campos de golfe (Turismo de Portugal, 2015)

Pode-se verificar a reutilização de águas residuais é, portanto, residual, apesar de terem existido vários incentivos para que esta situação se reverta (APA, 2016).

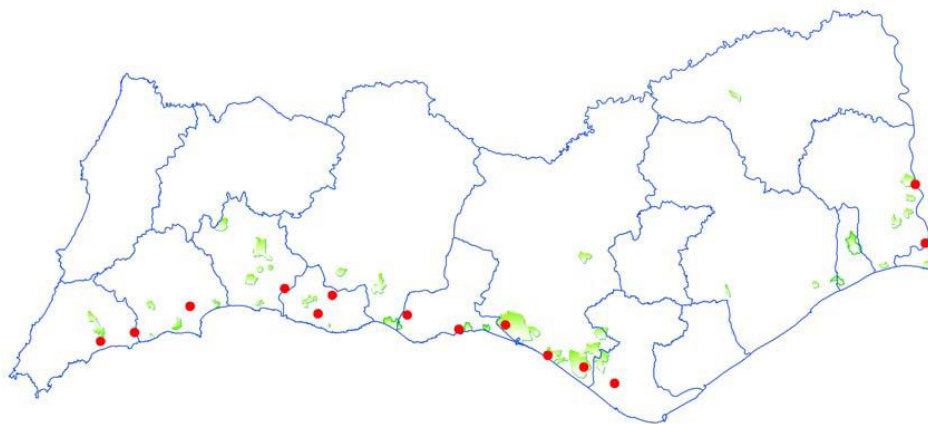


Fig. 5.25 - Distribuição dos principais campos de golfe no Algarve

Devido à dispersão dos campos, de forma a obter de forma eficiente as quantidades necessárias é necessário o recurso a várias ETARs de forma a cobrir a maior área possível. Tal como referido anteriormente algumas destas estações já apresentam a capacidade de fornecer águas residuais tratadas para a rega, sendo necessário apenas algum investimento em infraestruturas de tratamento em algumas como a ETAR de Albufeira Poente. A generalidade das ETAR abrangidas disponibiliza caudal suficiente para fazer face às necessidades de rega dos campos de golfe existentes

Relativamente à qualidade da água necessária para a reutilização na rega de campos de golfe e espaços verdes as ETAR necessitam de remodelações mais ou menos significativas, sendo geralmente necessário implementar sistemas adicionais de remoção de sólidos e de desinfecção. O esquema de tratamento adicional preconizado consiste numa filtração, precedida de elevação e de uma desinfecção por cloragem, por radiação ultravioleta ou por ozonização.

A irrigação de campos de golfe é geralmente efetuada durante a noite num período de 6 a 8 horas, com taxas de aplicação irregulares. De modo a reduzir o impacto desta operação no tratamento de afinação da ETAR, deve ser preconizada, sempre que possível, uma bacia de equalização, permitindo assim o funcionamento durante 24 horas desta(s) etapa(s) de tratamento e, consequentemente, unidades de tratamento mais pequenas. O armazenamento da água residual depurada, a efetuar predominantemente sob responsabilidade dos campos de golfe, deve ser bem avaliada, tendo em vista evitar o aparecimento de algas e odores.

Relativamente ao investimento a ser efetuado, os componentes onde é necessário um valor maior será no transporte e na elevação, sendo o transporte o elemento mais dispendioso.

Todos estes factos revelam que a reutilização de águas residuais tratadas neste campo é bastante promissora, podendo-se tirar as seguintes conclusões:

- As generalidades das ETAR verificadas disponibilizam caudal suficiente para fazer face às necessidades de rega quer dos campos de golfe existentes;
- Os campos de golfe que apresentem critérios de qualidade mais restritivos, por exemplo a nível dos nutrientes, serão responsáveis pelas etapas complementares de afinação do efluente tratado, que poderão, eventualmente, ser implementadas na própria ETAR;
- As águas residuais possuem na sua generalidade níveis de salinidade adequados para poderem ser utilizadas na rega da relva de campos de golfe, sendo a sua qualidade em termos salinos

significativamente superior à da água subterrânea que é utilizada atualmente para rega de alguns campos de golfe;

- Para produzir água residual depurada com qualidade suficiente para rega as ETAR necessitam na generalidade de implementar sistemas adicionais de remoção de sólidos (filtração) e de desinfecção;
- O armazenamento da água residual purificada, a efetuar predominantemente sob responsabilidade dos campos de golfe, deve ser bem avaliada, tendo em vista evitar o aparecimento de algas e odores.

Numa situação ideal onde toda a água usada para rega dos campos de golfe deriva de águas residuais tratadas irá provocar um impacto positivo no índice de escassez, diminuindo o valor de água captada.

Disponibilidades hídricas renováveis (hm³)	874
Total de água captado (hm³)	227
Índice WEI+ (%)	26,0

Tabela 5.18 - Índice de escassez com reutilização em campos de golfe

A reutilização de águas residuais neste campo levará, principalmente, a uma diminuição significativa no impacto sobre as massas de água subterrâneas. Apesar de este ser um destino para a água bastante específico, pode-se verificar que o uso de rega para campos de golfe tem uma grande influência sobre a região, o que leva a concluir que reutilização nesta área poderá dar uma contribuição adicional a nível da gestão do ciclo urbano da água, e, conseqüentemente, na sustentabilidade da utilização dos recursos hídricos da região.

5.6.3. Rega de campos agrícolas

A localização das ETAR relativamente aos terrenos suscetíveis de serem regados com efluentes tratados, assume uma importância primordial, já que, em termos económicos, ao progressivo afastamento dos mesmos corresponderá, naturalmente, ao agravamento dos custos da adução da água (DRARN, 1993).

Na região do Algarve esta situação é particularmente relevante, uma vez que os locais geradores de caudais mais volumosos, os centros urbanos e as zonas de habitação turística, desenvolvem-se na orla marítima, enquanto que as zonas de maior valor agrícola estão situadas mais para o interior, entre o litoral e as serras, a cotas topográficas superiores. Este facto traduz-se pela inviabilidade de adução gravítica de águas residuais, sendo por isso necessário elevar os caudais dessas águas residuais, de modo a possibilitar a rega das culturas instaladas. Isto significa que para além dos encargos inerentes à adução das águas residuais tratadas, função da distância entre as ETAR e os terrenos agrícolas, na grande maioria dos casos e em particular nas ETAR mais importantes, em termos de caudal tratado, haverá que contabilizar os encargos inerentes à elevação dos efluentes.

O uso de água para rega agrícola representa, na zona das ribeiras do Algarve, um total de 148,81hm³, sendo que 101,80hm³ são obtidos através de captações subterrâneas e 47,01hm³ através de captações superficiais. Será impossível cobrir estas necessidades apenas com águas residuais tratadas, no entanto como se verifica que algumas ETARs já apresentam uma qualidade de água capaz de satisfazer as necessidades do sector, esta pode ser uma alternativa viável para a reutilização de águas residuais.

O uso desta água para rega permite uma poupança no que diz respeito a fertilizantes e outras fontes de nutrientes usados pelos agricultores, o que poderá levar a uma melhor aceitação por parte destes utilizadores. Para além disto, o uso de águas residuais tratadas permite uma diminuição das pressões

sobre os corpos de água superficiais e subterrâneas, podendo estas águas ser usadas para outros fins com necessidades.

Podemos concluir então que a utilização de águas residuais tratadas para fins agrícolas na região do Algarve é de uma dificuldade agravada de à localização afastada das estações de tratamento e os campos agrícolas de maiores dimensões. No entanto, devido à existência de estações que já possuem a capacidade de fornecer águas residuais tratadas com a qualidade suficiente, estas águas poderão potencialmente ser usadas para a rega de jardins e relvados. Devido à insuficiência de dados relativos à quantidade de água usada na rega urbana, não é possível efetuar uma avaliação do impacto que a reutilização neste campo teria na região.

No entanto, uma possível reutilização de águas residuais tratadas para rega urbana levaria a uma diminuição dos impactos negativos sobre o sistema de abastecimento público.

6

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. Conclusões

Concluindo todas as análises necessárias, verifica-se que o investimento na reutilização de águas residuais na região do Algarve é de facto uma hipótese não só viável como indicada para a zona.

De acordo com os futuros cenários climáticos analisados, conclui-se que o Algarve é uma região com um potencial de ocorrência de fenómenos climatéricos extremos, como é o caso de secas. A previsão realizada conclui que o valor total da precipitação na região pode vir a diminuir drasticamente pondo em causa os poucos recursos hídricos existentes se o desenvolvimento dos consumos se mantiver.

Portugal, e em especial o Algarve, tem atualmente, e de acordo com o Instituto Nacional de Estatística, verificado um aumento considerável de visitas por parte de turistas, principalmente na época alta. Isto contribui para um aumento da sazonalidade da zona, mas por outro lado leva também a um aumento da produção de águas residuais na altura onde os recursos hídricos são mais escassos.

Com a ajuda de um sistema de suporte à decisão e depois de análise de estudos realizados na zona verifica-se que o nível atual de stress hídrico da região é já considerável, podendo vir-se a agravar se os cenários climáticos previstos se confirmarem, o que leva à procura de alternativas aos recursos atuais de forma a obter um aproveitamento mais sustentável e uma proteção do futuro da região.

O recurso à reutilização de águas residuais é, portanto, uma alternativa a considerar uma vez que se adapta perfeitamente à região. Entre as alternativas dos vários sectores que poderão beneficiar da reutilização destaca-se o turismo, a agricultura, a indústria e o abastecimento de água potável indireta planeada. O turismo, pois a quantidade de campos de golfe presentes na região é bastante grande, tendo já sido restringidas construções de novos campos devido à atual disponibilidade de recursos hídricos. A agricultura, uma vez que este setor representa cerca de 68% do consumo de água da região, apesar do Algarve ser uma zona onde os recursos hídricos não são tão abundantes como em outras zonas do país, podendo levar a desenvolvimento do sector e consecutivamente um desenvolvimento económico. O mesmo acontece no sector da indústria que representa uma percentagem pequena de consumos de água na região, mas com a vinda da reutilização poderá levar a um futuro investimento na zona. O aproveitamento de águas subterrâneas está bastante presente no Algarve, por vezes não regulado da melhor forma, e como estes aquíferos localizam-se maioritariamente em zonas costeiras estão bastante sujeitos à salinização, de forma a combater estes problemas poderão ser usadas as águas residuais

reutilizadas para a recarga destes aquíferos, contribuindo para a diminuição dos impactes ambientais que resultam do aproveitamento de águas subterrâneas.

Depois de uma análise das estações de tratamento de águas residuais chega-se à conclusão de que algumas delas (por exemplo ETAR de Vale de Faro e a ETAR de Vila Real de Santo António), já apresentam sistemas de tratamentos adequados para a reutilização de águas residuais em certos sectores, o que leva a que o investimento inicial em infraestruturas, contribuindo para a viabilidade deste tipo de reutilização.

Concluindo, a reutilização de águas residuais é de facto uma alternativa interessante para a região do Algarve.

6.2. Desenvolvimentos Futuros

A análise deste trabalho pode ser considerada bem sucedida, no entanto a probabilidade da ocorrência de erros é de uma grande probabilidade, uma vez que os dados obtidos previamente não apresentam a consistência necessária.

Os resultados deste trabalho estão completamente dependentes dos dados obtidos inicialmente. Estes dados, principalmente dos caudais, não são os mais indicados para esta análise uma vez que foram deduzidos utilizando valores antigos de caudais e precipitações. É por isso importante que no futuro se obtenha de uma forma mais viável os caudais das massas de água superficiais através da utilização de equipamentos de medição em um período de tempo mais atual.

Referências Bibliográficas

Afsaneh Janbakhsh, MSc, Cchem, MRSC, Csci - *Langford Recycling Scheme*, 2012.

APA. *Plano de Gestão de Região Hidrográfica, Região hidrográfica do Guadiana(RH7)*, 2016;

APA. *Plano de Gestão de Região Hidrográfica, Região hidrográfica das ribeiras do Algarve(RH8)*, 2016.

ASANO T. Wastewater reclamation and reuse. Water Quality Management Library – volume 10. Technomic Publishing Co., Inc., USA, 1998.

Australian Guidelines for water recycling.

Correia, M., *Reutilização de Águas Residuais – Reserva e Distribuição, Curso sobre Reutilização de Águas Residuais*, ABOUTBLUE, 2007.

Decreto Lei n.º 152/97. Diário da República – I Série A, nº 139, 2959-2966.

Decreto Lei n.º 236/98. Diário da República – I Série A, nº 176, 3676-3722.

Indirect Potable Reuse via Groundwater Recharge in Belgium, 2010.

IPCC. *Climate Changes 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, 2014.

LAZAROVA V, BAHRI A. Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass. CRC Press, 2005.

Mano, António P, Pombo, Sónia C., Barros, Lúcia C., *Reutilização de Água Residual Urbana Tratada para Rega*, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2005.

Martins, Freire, Sousa, Ribeiro. Potencialidades de reutilização de águas residuais para rega de campos de golfe na região do Algarve, 2015.

Norma Portuguesa NP 4434. “Reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega”. IPQ, 2005.

US EPA. *Guidelines for Water Reuse* – US Agency for International Development, Technical Report, 2012.

Water Reuse for Florida: Strategies for Effective Use of Reclaimed Water, 2003.

Water Reuse in Texas, Vol. XI, No. 2 - A quarterly publication of the Texas Water Development Board, 2001.

WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, 2006.

<http://www.apambiente.pt>. 2016/2017.

<https://www3.epa.gov/region9/water/recycling>. 2016/2017.

<http://www.aguasdoalgarve.pt>. 2016/2017.

<https://www.infopedia.pt>. 2017.

