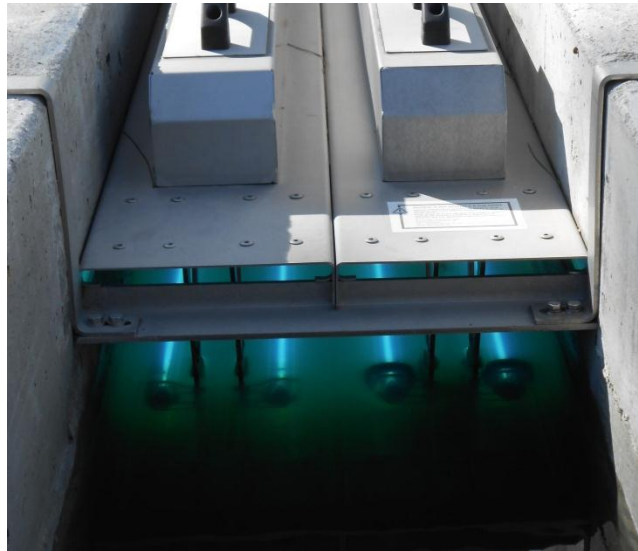




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



Influência dos Sólidos em Suspensão Sobre a Eficiência de Desinfecção de Águas Residuais Tratadas por Radiação Ultravioleta

ANDRÉ DA CONCEIÇÃO GASPAR
Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil, na Área de Especialização de Hidráulica

Orientadora:

Doutora Maria Helena Ferreira Marecos do Monte, Professora Coordenadora
com Agregação

Júri:

Presidente:

Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos, Professor Coordenador

Vogais:

Doutor António João Carvalho de Albuquerque, Professor Auxiliar
Doutora Maria Helena Ferreira Marecos do Monte, Professora Coordenadora
com Agregação

Dezembro 2012

Influência dos Sólidos em Suspensão Sobre a Eficiência de Desinfecção de Águas Residuais Tratadas por Radiação Ultravioleta

ANDRÉ DA CONCEIÇÃO GASPAR

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Especialização de Hidráulica

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar cabe-me exprimir sincero reconhecimento à Doutora Helena Marecos do Monte, a minha orientadora científica, pela proposta do presente trabalho, bem como pela sua disponibilidade, espírito crítico, interesse, apoio e documentação fornecida – todos eles indispensáveis ao desenvolvimento desta dissertação.

Aos Eng.^{os} Cristina Santos e Nuno Soares da empresa SIMARSUL, S.A. pela sua disponibilidade, documentação cedida e atenção demonstrada para com o presente trabalho.

Às restantes entidades gestoras de estações de tratamento de águas residuais, bem como à ERSAR, pela informação cedida.

Quero também dirigir uma palavra de profundo apreço à minha família (pais e irmão) que sempre me incentivaram e apoiaram na persecução dos meus sonhos e ambições, tornando-os, em tudo o que deles dependia, uma realidade alcançável.

Ao resto da família agradeço a compreensão pelas minhas indisponibilidades pontuais, por todas as palavras de incentivo e interesse demonstrado.

Cabe ainda, um caloroso agradecimento a todos os meus amigos, pela compreensão nos meus momentos de ausência, e sobretudo, pela paciência e ajuda nos momentos mais difíceis, contribuindo para que encarasse o trabalho de uma forma mais “leve e descontraída”. Bem hajam por serem assim, genuínos!

Aos colegas do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, demasiados para enumerar, pelas noitadas e inúmeros fins de semana de estudo e trabalho, mas também por todas as farras, contribuindo ativamente para o meu desenvolvimento intelectual e social, fundamental no decurso do mestrado.

Por fim impõe-se um agradecimento especial e profundamente sentido à minha avó Maria do Céu que, já não estando entre nós, sempre me incutiu a frase: “Faz por seres um Homenzinho!”.

RESUMO

O volume de águas residuais tratadas tem vindo a aumentar nos últimos anos devido ao cumprimento da legislação em vigor – visando a proteção dos meios recetores das cargas poluentes rejeitas pelos aglomerados urbanos e industriais.

A maioria das estações de tratamento de águas residuais é projetada para reduzir a carga poluente de natureza química, não removendo de forma significativa a contaminação por microrganismos patogénicos.

Determinados usos dos meios recetores como a produção de água para consumo humano, águas balneares, águas para suporte de vida aquícola, bem como a reutilização dos efluentes das estações de tratamento de águas residuais para rega, entre outros, requerem a redução da carga de patogénicos, levando à inclusão de processos de desinfeção a montante da descarga. Na atualidade, o processo de desinfeção de águas residuais mais vantajoso na generalidade das situações é a radiação ultravioleta, em detrimento dos processos químicos anteriormente utilizados (como a utilização de cloro).

Este trabalho pretende documentar o desempenho das instalações de desinfeção por radiação ultravioleta em Portugal, através da avaliação da eficiência de remoção de microrganismos indicadores de contaminação fecal (coliformes fecais) e dos fatores que a podem condicionar, como o teor de sólidos em suspensão, as características dos equipamentos utilizados e suas condições de operação e manutenção.

Tendo sido identificadas as estações de tratamento de águas residuais com desinfeção por radiação ultravioleta operacional em Portugal, foi possível efetuar a escolha de 9 delas para integrarem os casos de estudo, com base num questionário remetido às respetivas entidades gestoras.

A eficiência do processo de desinfeção dos casos de estudo foi inferida através da comparação das concentrações de coliformes fecais no afluente à unidade de desinfeção e no efluente da estação de tratamento de águas residuais, a qual também permitiu efetuar uma análise relativa às diversas aptidões de reutilização da água residual tratada, à luz de diversos documentos legislativos e normativos, nacionais e europeus.

Após a análise e processamento dos dados recolhidos dos casos de estudo, concluiu-se que todos eles apresentavam processos de desinfeção eficientes, com redução efetiva de coliformes fecais e que, a reduzida concentração de partículas em suspensão no afluente às unidades de desinfeção concorreu para o seu bom

desempenho, evidenciando assim, a importância de o tratamento que precede a desinfecção assegurar a efetiva remoção de sólidos em suspensão até valores médios da ordem dos 14 mg/L.

PALAVRAS-CHAVE

Desinfecção, Radiação Ultravioleta, Sólidos Suspensos, Água Residual, ETAR.

ABSTRACT

The volume of treated wastewater has increased in the last years due to the compliance with current legislation, which aims to protect the receiving waters from all types of urban and industrial pollution.

Most of wastewater treatment plants have been designed to reduce the levels of chemical pollution, not removing significantly the pathogens contamination.

These receiving waters, which can be used to produce drinking water, bathing water, aquaculture, irrigation, among other uses, require the pathogens 'reduction, this premise lead to the inclusion of disinfection processes upstream the discharge point. Nowadays, the most advantageous process of disinfecting wastewater, in general cases, is the ultraviolet radiation instead of traditional chemical processes (e.g. chlorine).

This essay will document the ultraviolet radiation performance in Portuguese wastewater treatment plants by assessing the efficiency of indicator microorganisms' removal (fecal coliform) in wastewater treatment facilities as well as any other factors that might influence its performance, like the suspended solids concentration, characteristics of the used equipment along with its own operation and maintenance.

Having identified some fully operational wastewater treatment plants using UV radiation disinfection processes, it was possible to choose 9 of them to integrate the case studies, based on a survey submitted to the respective management entities.

The efficiency of the disinfection process on these case studies was measured by comparing fecal coliform concentration in the disinfection unit influent and the fecal coliform concentration in the wastewater treatment plant effluent. This has also allowed conducting an analysis regarding the benefits of reusing water in accordance with national and European Union legislation.

After collecting and analyzing all the data from these case studies, it was reached the conclusion that they all were efficient in the disinfection of wastewater as there was a visible reduction of fecal coliforms, the reduced concentration of suspended solids in the disinfection unit's influent has contributed for its good performance, evidencing the importance of the upstream treatment process of disinfection ensuring suspended solids effective reduction until average values near 14 mg/L.

KEYWORDS

Disinfection, Ultraviolet Radiation, Suspended Solids, Wastewater, WWTP.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e justificação do tema	1
1.2. Objetivo	4
1.3. Estrutura da dissertação	4
2. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS EM PORTUGAL	5
2.1. Legislação relativa ao tratamento de águas residuais	5
2.2. ETAR nacionais	6
3. DESINFEÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS	9
3.1. A contaminação das águas e a saúde pública	9
3.2. Indicadores de contaminação fecal	10
3.3. Processo de desinfeção	10
3.3.1. Desinfetante ideal	11
3.3.2. Processos emergentes de desinfeção	11
3.4. Desinfeção por radiação UV	13
3.4.1. Vantagens da radiação UV face a outros desinfetantes	13
3.4.2. Generalidades da radiação UV	16
3.4.3. Tipos de reatores	17
3.4.4. Componentes do sistema	18
3.4.5. Tipos de lâmpadas	20
3.4.6. Funcionamento das lâmpadas	22
3.4.7. Definição da dose	23
3.4.8. Inativação de microrganismos patogénicos	25
3.4.9. Regeneração de microrganismos patogénicos	27
3.4.10. Influência dos sólidos em suspensão	28
3.4.11. Outros fatores que afetam a eficiência	32
4. METODOLOGIA	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. ETAR nacionais com desinfeção por radiação UV operacional	39
5.2. Seleção dos casos de estudo	40
5.3. Descrição das ETAR em estudo	41
5.3.1. ETAR de Afonsoeiro	41
5.3.2. ETAR de Alcochete	43
5.3.3. ETAR de Cucena	47
5.3.4. ETAR de Fernão Ferro	49
5.3.5. ETAR do Seixalinho	51

5.4. Condições médias de funcionamento.....	52
5.5. Eficiências de remoção de microrganismos indicadores de contaminação fecal das ETAR em estudo.....	56
5.6. Fatores condicionantes da eficiência do processo de desinfecção.....	57
5.7. Análise da aptidão da AR desinfetada para diversos usos	61
5.7.1. Nota introdutória.....	61
5.7.2. Água para produção de água para consumo humano	63
5.7.3. Águas para suporte de vida aquícola	63
5.7.4. Águas balneares	64
5.7.5. Águas de rega.....	66
5.7.6. Outros tipos de reutilização	69
6. CONCLUSÕES.....	71
6.1. Conclusão do trabalho.....	71
6.2. Proposta para trabalhos futuros.....	72
7. BIBLIOGRAFIA	74
7.1. Referências bibliográficas.....	74
7.2. Legislação e documentos normativos.....	75
7.3. Documentos eletrônicos	76
7.4. Páginas web.....	79
8. ANEXOS.....	A
Anexo A. Questionário remetido às EG	A
Anexo B. Dados rececionados por via dos questionários enviados às EG	D
Anexo C. Séries de dados relativos à caracterização qualitativa das AR do ano de 2011, cedidos pela SIMARSUL, S.A.....	F
Anexo D. Séries de dados das transmitâncias, cedidos pela SIMARSUL, S.A. verificadas nas ETAR no ano de 2011 e respetivo tratamento estatístico.....	I
Anexo E. Parâmetros de qualidade da água para produção de água para consumo humano	K
Anexo F. Parâmetros de qualidade da água para suporte de vida aquícola	L
Anexo G. Parâmetros de qualidade de águas balneares	M
Anexo H. Parâmetros de qualidade de água para rega	O

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 – Ciclo urbano da água.....	1
Figura 2-1 – Localização geográfica das ETAR nacionais	7
Figura 2-2 – Distribuição do tipo de tratamento das ETAR por RH	8
Figura 3-1 – Interferência da descarga de uma ETAR em captação a jusante.....	14
Figura 3-2 – Comparação de efluentes de desinfecção com cloro e UV	15
Figura 3-3 – Custo de O&M da desinfecção por UV em comparação com processos de desinfecção química.....	16
Figura 3-4 – Localização da radiação UV e seus sub-intervalos no espectro eletromagnético	16
Figura 3-5 – Pormenor de reator de desinfecção UV em canal aberto.....	18
Figura 3-6 – Pormenor de reator de desinfecção UV em conduta fechada.....	18
Figura 3-7 – Exemplo de sistema de desinfecção.....	19
Figura 3-8 – Tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio	20
Figura 3-9 – Feixe de radiação emitido pelas LBPBI.....	21
Figura 3-10 – Radiação emitida pelas LMPEI	21
Figura 3-11 – Radiação UV gerada nas lâmpadas de vapor de mercúrio	23
Figura 3-12 – Curvas dose UV-inativação para alguns MOP	24
Figura 3-13 – Destruição do ADN de um MOP através da radiação UV.....	26
Figura 3-14 – Gráfico correspondente à relação da banda UV emitida pelas lâmpadas e a absorvância do ADN dos MOP	26
Figura 3-15 – Processo de foto-reativação	27
Figura 3-16 – Interferência dos SS na propagação da radiação UV.....	29
Figura 3-17 – Relação entre partículas em suspensão e tempo de retenção em processo de LA.....	30
Figura 3-18 – Curvas dose UV-redução de MOP em função da concentração de SST em efluentes secundários	30
Figura 3-19 – Efeito da ozonização sobre a absorvância da radiação UV.....	31
Figura 3-20 – Mangas de quartzo obstruídas.....	33
Figura 3-21 – Variação da TUV em mangas de quartzo com 1 mm de espessura e ângulo de incidência nulo	34
Figura 3-22 – Melhoramentos ao funcionamento hidráulico em reatores de canal aberto	35
Figura 3-23 – Melhoramento ao funcionamento hidráulico em reatores de tubagem fechada.....	36
Figura 5-1 – Distribuição dos dados recolhidos relativos às ETAR nacionais	39

Figura 5-2 – Fileira de tratamento da ETAR de Afonsoeiro	42
Figura 5-3 – Fileira de tratamento da ETAR de Alcochete	43
Figura 5-4 – Dispositivo de desinfecção UV da ETAR de Alcochete.....	44
Figura 5-5 – Sensor de nível do canal de desinfecção na ETAR de Alcochete	44
Figura 5-6 – Painel de controlo do sistema de desinfecção por UV da ETAR de Alcochete.....	45
Figura 5-7 – Módulos de LBPEI instalados no canal de desinfecção na ETAR de Alcochete.....	46
Figura 5-8 – Fileira de tratamento da ETAR de Cucena.....	47
Figura 5-9 – Fileira de tratamento da ETAR de Fernão Ferro	49
Figura 5-10 – Fileira de tratamento da ETAR do Seixalinho.....	51
Figura 5-11 – Variação da T e dos SST da ETAR do Afonsoeiro	59
Figura 5-12 – Variação da T e dos SST da ETAR de Alcochete	59
Figura 5-13 – Variação da T e dos SST da ETAR de Cucena.....	60
Figura 5-14 – Variação da T dos SST e da ETAR de Fernão Ferro	60
Figura 5-15 – Variação da T e dos SST da ETAR do Seixalinho	60
Figura 5-16 – Rede interna de reutilização de ART na ETAR de Alcochete.....	69

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3-1 – NMP de MOP em AR bruta e doenças associadas	9
Quadro 3-2 – Processos emergentes de desinfecção.....	12
Quadro 3-3 – Características operacionais das lâmpadas de UV	22
Quadro 3-4 – Doses de radiação UV em função do grau de inativação para diversos MOP	25
Quadro 3-5 – Sugestão de doses e transmitâncias a aplicar em efluentes filtrados....	31
Quadro 3-6 – Impactes de alguns constituintes das AR sobre a desinfecção UV	33
Quadro 5-1 – Listagem de EG e número de ETAR com dados respondidos.....	40
Quadro 5-2 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Afonsoeiro	42
Quadro 5-3 – Requisitos de descarga da ETAR de Afonsoeiro.....	43
Quadro 5-4 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Alcochete	46
Quadro 5-5 – Requisitos de descarga da ETAR de Alcochete	47
Quadro 5-6 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Cucena.....	48
Quadro 5-7 – Requisitos de descarga da ETAR de Cucena	48
Quadro 5-8 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Fernão Ferro	50
Quadro 5-9 – Requisitos de descarga da ETAR de Fernão Ferro	50
Quadro 5-10 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR do Seixalinho....	52
Quadro 5-11 – Requisitos de descarga da ETAR do Seixalinho	52
Quadro 5-12 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Afonsoeiro	53
Quadro 5-13 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Alcochete.....	53
Quadro 5-14 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Cucena	54
Quadro 5-15 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Fernão Ferro.....	54
Quadro 5-16 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR do Seixalinho	55
Quadro 5-17 – Valores médios da ETAR de Pedreiras	55
Quadro 5-18 – Valores médios da ETAR de Fátima	56
Quadro 5-19 – Valores médios da ETAR Norte	56
Quadro 5-20 – Valores médios da ETAR de Elvas	56
Quadro 5-21 – Eficiências do processo de desinfecção.....	57

Quadro 5-22 – Classes e respectivos VMA para os parâmetros microbiológicos das ART para reutilização em rega, e aptidão dos efluentes das ETAR	68
Quadro 5-23 – Valores de CF recomendados em águas de arrefecimento	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADN	Ácido Desoxirribonucleico
AdNA	Águas do Norte Alentejano, S.A.
APHA	American Public Health Association
AR	Água Residual
ARI	Águas Residuais Industriais
ARN	Ácido Ribonucleico
ART	Águas Residuais Tratadas
ARU	Águas Residuais Urbanas
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
COT	Carbono Orgânico Total
CQO	Carência Química de Oxigénio
CEA	Carta Europeia da Água
CF	Coliformes Fecais
DL	Decreto-Lei
DQA	Diretiva Quadro da Água
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EG	Entidade Gestora
e.p.	Equivalente Populacional
ETA	Estação de Tratamento de Águas
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FAO	Food and Agriculture Organization
FSC	Fossa Sética Coletiva
ID	Indicadores de Desempenho
INAG	Instituto da Água
INSAAR	Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais
LA	Lamas Ativadas
LBPBI	Lâmpadas de Baixa Pressão e Baixa Intensidade
LBPEI	Lâmpadas de Baixa Pressão e Elevada Intensidade
LMPEI	Lâmpadas de Média Pressão e Elevada Intensidade
MO	Microrganismos
MOP	Microrganismos Patogénicos
NMP	Número Mais Provável
NP	Norma Portuguesa
O&M	Operação e Manutenção

WHO	World Health Organization
®	Marca Registada
RASARP	Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal
RH	Região Hidrográfica
SBR	Sequence Batch Reactor
SD	Sólidos Dissolvidos
SS	Sólidos em Suspensão
SST	Sólidos Suspensos Totais
T	Transmitância
TUV	Transmitância Ultravioleta
UE	União Europeia
UFC	Unidades Formadoras de Colónias
US EPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultravioleta
VLE	Valor Limite de Emissão
VMA	Valor Máximo Admissível
VMR	Valor Máximo Recomendado
WEF	Water Environment Federation

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e justificação do tema

“A água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal.” (Diretiva Quadro da Água – DQA, 2000)

Através da citação anterior, integrante da Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, também denominada DQA, infere-se que a União Europeia (UE) reconhece elevada importância à temática da água, não só pelos aspetos relacionados com a quantidade, como também pela qualidade, tendo em consideração os usos a que este recurso natural se destina.

A sua disponibilidade é condicionada pelo ciclo natural da água, na medida que, em certos casos, o seu acesso efetivo é condicionado por fenómenos meteorológicos inerentes a este ciclo, como a precipitação – nas suas variadas vertentes (chuva, granizo, neve, nevoeiro e orvalho) –, a temperatura, entre outros, estando sempre associados aos principais fenómenos de transferência de água, como a evaporação, infiltração e escoamento.

Não só o ciclo hidrológico natural influencia os aspetos de disponibilidade da água. O ciclo urbano da água, esquematizado na Figura 1-1, resultante da evolução verificada nos aglomerados urbanos dotados de sistemas de abastecimento e drenagem de água, influi significativamente em questões como a alteração do percurso natural e qualidade da água verificadas no ciclo hidrológico natural.



Figura 1-1 – Ciclo urbano da água

(Fonte: www.adp.pt)

O ciclo urbano da água contribui ativamente para os aspetos de disponibilidade da água, devido a elevados tempos de percurso desde a captação de água até à sua descarga no meio recetor, associados à extensão e complexidade dos sistemas de adução e drenagem. Também a carga poluente, presente na constituição das águas rejeitadas, contribui para estes aspetos, dado que obriga ao tratamento a montante da descarga.

Desta condição decorre a crescente necessidade de rejeitar em segurança, nos diversos meios recetores, as águas residuais (AR) provenientes de aglomerados populacionais e indústrias, salvaguardando não só a saúde pública, nomeadamente pelo controlo da presença de microrganismos patogénicos (MOP) responsáveis pela disseminação de doenças, como também a proteção dos ecossistemas nos meios recetores.

Em consequência, as características qualitativas dos efluentes das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) têm obrigado a que estas tenham vindo a ser dotadas, gradualmente, de processos de tratamento mais complexos na sua fileira de tratamento.

Em alguns casos a evolução da fileira de tratamento traduziu-se pela introdução do processo de desinfecção, destinado à redução da elevada carga de MOP presentes nas AR brutas afluentes à ETAR, objetivo não assegurado pelos processos de tratamento convencionais.

Define-se tratamento terciário como a etapa de uma fileira de tratamento que permite atingir níveis de tratamento mais rigorosos, relativamente aos processos de tratamento existentes a montante – preliminar, primário e secundário, contudo não existe um consenso geral sobre o tipo de processos e operações unitárias integrantes na sua composição.

Se a nível europeu, a norma NP EN 1085:2000, relativa ao vocabulário de tratamento de AR, apresenta uma definição semelhante à anterior, Marecos do Monte e Albuquerque (2010), a nível nacional, sugerem que o tratamento terciário possa englobar a remoção de sólidos em suspensão e/ou remoção de nutrientes e/ou a desinfecção.

Na América do Norte, por exemplo, Metcalf & Eddy (2004) define tratamento terciário como a etapa da fileira de tratamento, onde para além de se poder efetuar a desinfecção, se podem incluir e combinar processos que envolvam a remoção de sólidos suspensos residuais do efluente secundário (por processos de filtração) e nutrientes, já a United States Environmental Protection Agency – US EPA (1999)

apenas contempla a remoção de nutrientes e de sólidos suspensos remanescentes do tratamento secundário, considerando a desinfecção um processo independente.

A desinfecção pode ser efetuada através de diversos processos físicos, químicos e biológicos. Entre os processos físicos citam-se os seguintes: radiação ultravioleta (UV), radiação gama, ebulição, pasteurização, diluição, filtração, processos de membrana, adsorção em carvão ativado, ultrassons. Os processos químicos incluem a cloração, ozonização e ácido per acético. Nos processos biológicos merecem destaque as lagoas de maturação e o tratamento no solo por infiltração-percolação.

Apesar dos inúmeros processos de desinfecção enumerados anteriormente, nem todos eles são igualmente utilizados. Nas últimas décadas os processos de desinfecção mais utilizados têm sido a cloração, a ozonização e a radiação UV. Contudo, na desinfecção de AR o processo mais empregue nos últimos anos tem sido a radiação UV, por apresentar mais vantagens sobre os restantes, essencialmente por não dar origem à formação de compostos organoclorados¹, como se verifica na desinfecção por cloração, devido à reação do cloro com parte da matéria orgânica presente na AR, e também por ser mais competitivo em termos de custos relativamente à ozonização.

Portugal, segundo a campanha do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais 2010 – INSAAR 2010 (dados relativos ao ano de 2009), dispunha naquele ano de 1814 ETAR, servindo 71% da população (Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal – RASARP, 2010), muitas das quais dispoem de desinfecção por radiação UV.

A escassez de documentação portuguesa relativa à eficiência deste processo de desinfecção nas ETAR nacionais, determinou o interesse e motivação para abordar este tema deveras atual, que se espera ser benéfico a todas as Entidades Gestoras (EG) de ETAR equipadas com o referido sistema de desinfecção em funcionamento, ou em vias de utilização.

¹ Compostos orgânicos cuja molécula possui um ou mais átomos de cloro associados à cadeia de carbono. São estáveis e degradam-se lentamente no meio ambiente, apresentando elevada toxicidade para todos seres vivos em geral.

1.2. Objetivo

O objetivo da presente dissertação consiste na avaliação da eficiência das instalações de desinfecção por radiação UV em ETAR portuguesas à luz dos fatores que podem afetar a eficiência do processo, como as características da qualidade da água a desinfetar, as características dos equipamentos utilizados no seu processo de tratamento e condições de operação e manutenção (O&M).

A avaliação da eficiência baseou-se na comparação entre a concentração de bactérias indicadoras de contaminação fecal (coliformes fecais – CF) no afluente à unidade de desinfecção, e na concentração das mesmas bactérias indicadas anteriormente no efluente das ETAR integrantes do caso de estudo, ao longo de um período de monitorização de um ano.

1.3. Estrutura da dissertação

O primeiro capítulo diz respeito à introdução e justificação do tema em estudo na presente dissertação, englobando ainda o seu objetivo.

No segundo capítulo é efetuado o enquadramento nacional dos sistemas de tratamento de AR, mais concretamente das ETAR em funcionamento e respetivos níveis de tratamento. Neste capítulo é ainda focada a legislação nacional subjacente às temáticas da qualidade da água e da descarga de efluentes tratados.

A teoria do processo de desinfecção é abordada no terceiro capítulo, em conjunto com o estado da arte relativo ao processo de desinfecção por radiação UV, elaborado com base na pesquisa bibliográfica.

O quarto capítulo diz respeito à metodologia seguida para o desenvolvimento da dissertação.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos e sua análise, bem como o método de seleção dos casos de estudo.

As conclusões obtidas com o término do estudo são apresentadas no sexto capítulo, onde também se efetua uma proposta para trabalhos futuros, com base no conhecimento adquirido pela presente dissertação.

As obras científicas publicadas, legislação e demais informação consultadas, contribuindo para o desenvolvimento da dissertação, estão dispostas no sétimo capítulo.

Do oitavo capítulo, fazem parte integrante os anexos, contendo informação complementar à exposta no corpo da dissertação.

2. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS EM PORTUGAL

2.1. Legislação relativa ao tratamento de águas residuais

As AR começaram a constituir uma fonte poluente bastante acentuada especialmente a partir do século XX, devido aos inúmeros desenvolvimentos técnicos e científicos em diversas áreas, como a indústria, a agricultura, a pecuária, entre outras. Como consequência a composição físico-química e microbiológica das AR sofreu alterações consideráveis pelo surgimento de novos compostos, tornando essencial o encaminhamento de efluentes urbanos e industriais para ETAR, com vista à mitigação de impactes adversos, não só para o meio ambiente, como para a saúde pública.

Apesar de as ETAR não removerem a totalidade das substâncias presentes na AR, garantem que o efluente final é compatível, em termos de qualidade, com o meio onde é descarregado, devido a inúmeros estudos, acompanhamento e intervenções, não só por parte de diversos organismos mundiais, como a World Health Organization (WHO) e a Food and Agriculture Organization (FAO), como pela UE e seus Estados-Membros – através da publicação de recomendações e diversa legislação no âmbito desta temática.

Portugal tem assistido ao longo das últimas décadas à transposição de diversa legislação comunitária na temática da água, estabelecendo um conjunto de critérios, requisitos e objetivos a cumprir e/ou alcançar, com vista à preservação dos ecossistemas e proteção da saúde pública.

Atualmente, por imposição do Decreto-Lei (DL) n.º 152/1997, de 19 de Junho – transpondo a Diretiva n.º 91/271/CEE do Conselho Europeu, de 21 de Maio – e pelas suas alterações posteriores através dos DL n.º 149/2004, de 22 de Junho e n.º 198/2008, de 8 de Outubro, o tratamento secundário é obrigatório para todos os efluentes de ETAR urbanas antes da sua descarga, assegurando as concentrações limite no efluente tratado, em função da classificação do meio recetor.

Contudo em casos específicos pode ser requerido um nível de tratamento mais rigoroso (a desinfecção por exemplo) e noutros casos pode ser admitido apenas tratamento primário, tudo depende das características de depuração do meio recetor, que se traduzem pela sua classificação em sensível ou menos sensível pelos documentos legislativos mencionados anteriormente.

A desinfecção pode ser aplicada não só nas situações previstas anteriormente, como também nos casos previstos no DL n.º 236/1998, de 1 de Agosto, sempre que a água se destine aos fins seguidamente enunciados: produção de água para

consumo humano, água para suporte de vida aquícola, águas balneares e ainda águas de rega.

Refere-se ainda, que apesar de toda a legislação supracita se focar essencialmente na temática das águas residuais urbanas (ARU), devem ser acauteladas as situações em que os afluentes às ETAR provêm de atividades industriais, dado que as águas residuais industriais (ARI) podem apresentar consequências indesejáveis, tanto a nível da eficiência das ETAR, como da preservação dos sistemas de drenagem, contribuindo para o afastamento face aos objetivos a alcançar e cumprir, mencionados anteriormente para as ARU.

Para evitar tais inconvenientes, a Portaria n.º 429/1999, de 15 de Junho, veio dotar a legislação referente a AR de valores limite de descarga de ARI, na água ou no solo, mediante os processos desenvolvidos nas mais diversas atividades industriais.

A gestão da descarga de ARI nas redes de drenagem de ARU, com base em regulamentos adequados, constitui assim, um instrumento de grande importância no bom desempenho das ETAR.

2.2. ETAR nacionais

Como referido em 1.1, de acordo com o INSAAR 2010, desenvolvido pelo Instituto da Água (INAG), constata-se que 71% da população portuguesa se encontra servida por infraestruturas de tratamento de AR (ETAR e Fossas Séticas Coletivas – FSC).

Verificando-se que o serviço assegurado por estações de tratamento corresponde a cerca de 97% dos 71% da população servida por infraestruturas de tratamento, constata-se ainda, comparativamente a anos anteriores, um aumento crescente de população servida por ETAR em detrimento das FSC.

A observação da Figura 2-1, relativa à localização das ETAR por Região Hidrográfica (RH), mostra uma elevada densidade de infraestruturas a norte e no litoral, e uma distribuição menos densa, mas mais uniforme, no centro e sul. A razão subjacente a esta distribuição é devida ao relevo mais acidentado das regiões norte, fomentando uma maior dispersão de aglomerados populacionais (dificultando a integração de sistemas de maior cobertura espacial e populacional) e ao êxodo rural verificado do interior para as regiões do litoral a partir do início dos anos 80.

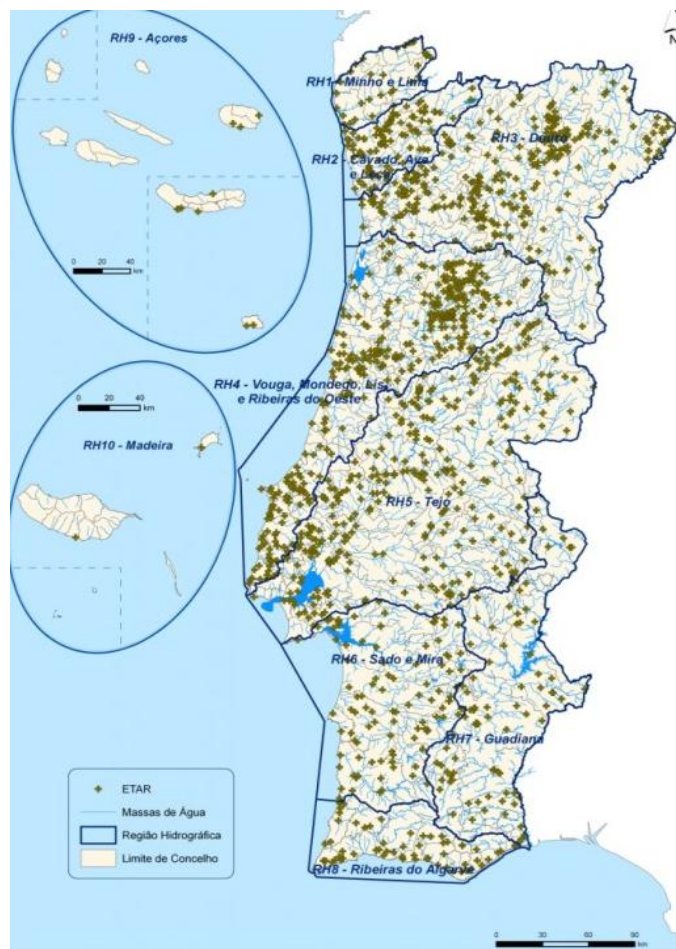


Figura 2-1 – Localização geográfica das ETAR nacionais

(Fonte: INSAAR, 2010)

As RH com maior densidade de ETAR são: Cávado, Ave e Leça (RH2), Douro (RH3) e Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste (RH4). Como consequência são aquelas em que os meios recetores mais pressões sofrem devido às descargas de efluentes de ETAR, contudo o mesmo não se verifica nas restantes regiões devido à disposição dos seus aglomerados populacionais.

Segundo o INSAAR (2010), na generalidade das regiões do continente a descarga de AR no meio recetor é efetuada após tratamento, de acordo com a respetiva licença de descarga que estipula as concentrações máximas dos poluentes nos efluentes tratados, porém nem todas as ETAR apresentam os mesmos níveis de tratamento, pois os requisitos de qualidade estabelecidos são função da dimensão dos aglomerados populacionais que servem e das características dos meios recetores em que descarregam (DL n.º 152/1997, de 19 de Junho).

Os níveis de tratamento das ETAR nacionais podem ser analisados pela Figura 2-2, onde se constata que o tratamento preliminar é pouco significativo a nível geral, bem como o primário.

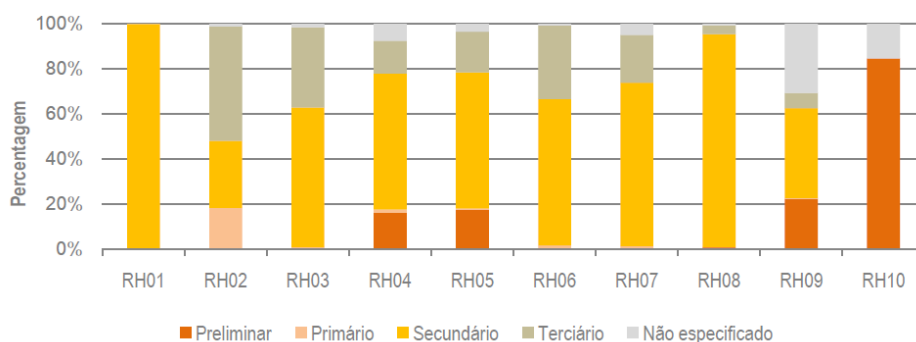


Figura 2-2 – Distribuição do tipo de tratamento das ETAR por RH

(Fonte: INSAAR, 2010)

O tratamento secundário é o mais utilizado no continente, estando presente em todas as RH, facto resultante da sua obrigatoriedade a nível legislativo (DL nº 152/1997, de 19 de Junho). Relativamente ao tratamento terciário, a sua representação começa a ser crescente ao longo do tempo, contudo não significa necessariamente que seja devido apenas a tratamento de desinfeção (ver 1.1).

Ainda dos dados integrantes do INSAAR (2010), o arquipélago da Madeira (RH10), apresenta essencialmente tratamento preliminar, constituindo cerca de 85% do tratamento de AR, devido essencialmente à maioria das massas de água recetoras desta RH serem classificadas como menos sensíveis, nomeadamente nos locais onde a descarga é efetuada diretamente no oceano.

3. DESINFECÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

3.1. A contaminação das águas e a saúde pública

A composição microbiológica da ARU é um aspeto de extrema importância para: as EG, as entidades reguladoras dos serviços de água e as entidades responsáveis pela salvaguarda da saúde pública, dado que apresentam na sua constituição uma mistura de numerosos microrganismos (MO), nomeadamente patogénicos, com capacidade de veicular inúmeras doenças pela ingestão ou contato com água contaminada.

Existem diversos MOP passíveis de integrar a constituição de AR bruta, como bactérias, vírus, protozoários, helmintas, entre outros. No Quadro 3-1 encontram-se compilados pela WHO (2003), os números mais prováveis (NMP) de alguns desses MOP em 100 mL de AR bruta, bem como algumas das doenças associadas aos mesmos, apresentando informação indispensável às considerações de qualidade da água aquando qualquer projeto de tratamento de AR.

Quadro 3-1 – NMP de MOP em AR bruta e doenças associadas

(Fonte: adaptado de WHO, 2003)

	MOP	Doença / Papel	NMP em 100 mL
Bactérias	<i>Campylobacter</i> spp.	Gastroenterite	1,0E+04 – 1,0E+05
	<i>Escherichia coli</i>	Organismo Indicador	1,0E+06 – 1,0E+07
	<i>Faecal streptococci</i>	Organismo Indicador	4,7E+03 – 4,0E+05
	<i>Salmonella</i> spp.	Gastroenterite	2,0E-01 – 8,0E+03
Vírus	Poliovirus	Poliomielite / Organismo Indicador	1,8E+02 – 5,0E+05
	Rotavirus	Diarreia, Vômitos	4,0E+02 – 8,5E+04
Protozoários	Oócitos <i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarreia	0,1 – 39
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Disenteria Amébrica	0,4
	Cistos <i>Giardia lamblia</i>	Diarreia	1,2E+01 – 2,0E+04
Helmintas	<i>Ascaris</i> spp.	Acaríase	0,5 – 11
	<i>Ancylostoma</i> spp. e <i>Necator</i> sp.	Anemia	0,6 – 19
	<i>Trichuris</i> spp.	Diarreia	1 – 4

3.2. Indicadores de contaminação fecal

Apesar de se verificar uma vasta gama de MOP presentes na constituição das AR, seria de todo incomportável, económica e tecnicamente, a monitorização de todos eles, como tal a sua monitorização é efetuada à custa de organismos indicadores de contaminação fecal.

Estes organismos devem possuir propriedades específicas como: serem excretados não só por seres humanos como por animais, não proliferar fora do trato intestinal, apresentarem-se resistentes aos produtos químicos utilizados nas fileiras de tratamento e ainda serem de fácil cultura e contagem laboratorial.

As bactérias do grupo dos coliformes têm sido as mais utilizadas como indicadores de MOP presentes na AR, sendo as mais correntes pertencentes ao subgrupo dos CF. Estas bactérias são consideradas bons indicadores de contaminação, nomeadamente quando se verifica a presença da espécie *Escherichia coli* (*E. coli*), dado que a sua presença garante a contaminação da AR podendo, portanto, ocorrer a transmissão de doenças veiculadas pela água.

3.3. Processo de desinfeção

Segundo Metcalf & Eddy (2004), a desinfeção é o processo responsável pela destruição parcial dos MOP. Efetivamente, o facto de nem todos os MOP serem destruídos diferencia este processo da esterilização, que assegura a destruição de todos eles.

Por questões de saúde pública, e sempre que a taxa de morte natural dos MOP não é suficientemente rápida para garantir determinados padrões de qualidade da água compatíveis com o uso da mesma, o processo de desinfeção a montante da descarga no meio recetor torna-se essencial.

Segundo a Water Environment Federation – WEF (1996), este processo pode mesmo sobrepor-se (em termos de saúde pública) a todos os outros integrantes da fileira de tratamento, como a remoção de matéria orgânica, inorgânica, sólidos suspensos, entre outros, por desempenhar a última fase de tratamento com vista à diminuição das concentrações de MOP compatíveis com os usos do meio recetor.

3.3.1. Desinfetante ideal

Uma pequena fração de MOP é removida através das configurações das fileiras de tratamento convencionais, sendo largamente insuficiente para assegurar a proteção da saúde pública, assim sendo a desinfecção impõe-se para a sua redução até níveis seguros (Alves, 2010).

Marecos do Monte e Albuquerque (2010) realçam que a eficiência do processo de desinfecção está relacionada com o tipo de MO que se pretende remover, dado que a desinfecção não inativa todos os MOP com a mesma eficiência, por essa razão se torna indispensável avaliar o processo de desinfecção através de MO indicadores de contaminação fecal.

Para que o processo de desinfecção seja eficaz é necessário selecionar o desinfetante ideal, tendo em consideração aspetos como a vulnerabilidade dos MOP ao seu poder desinfetante, o seu custo, a disponibilidade no mercado e a facilidade com que é operado e manuseado. O mesmo não deve ser agressivo a metais, vestuário e constituintes do sistema de tratamento, devendo ser eficaz a temperaturas normais, demonstrando-se tóxico em pequenas concentrações para os MOP, e por outro lado, não tóxico para seres humanos e animais.

3.3.2. Processos emergentes de desinfecção

Ao aplicar determinado desinfetante, deverão ser precavidos diversos aspetos que afetam os mecanismos de desinfecção, como o tempo de contato e as características químicas da AR.

A análise e controlo destes fatores é de extrema importância para que se evite o fenómeno de regeneração, ou seja, a recuperação dos MO que apenas foram parcialmente afetados pelo agente desinfetante, e que após o processo de desinfecção encontram condições propícias à sua regeneração e/ou multiplicação.

Com o objetivo de minimizar ou impedir o fenómeno de regeneração, e com outras vantagens para o tratamento, atualmente recorre-se a processos emergentes, combinando dois tipos de desinfetantes, sendo alguns exemplos dessa aplicação os indicados no Quadro 3-2.

Quadro 3-2 – Processos emergentes de desinfecção

(Fonte: Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)

<i>Desinfetantes</i>	<i>Características do Processo</i>
UV / Ácido Peracético	<ul style="list-style-type: none"> - Mais segurança na aplicação; - Não forma compostos prejudiciais; - Elevada eficiência na inativação de bactérias e fungos; - Dependente do pH.
Ozono / UV	<ul style="list-style-type: none"> - Inativação de um largo espetro de microrganismos; - Redução do ozono necessário.
UV / Peroxono (H ₂ O ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Processo avançado de oxidação mais utilizado na remoção de matéria orgânica dissolvida, do que na desinfecção.

As combinações sinérgicas anteriores ainda não se demonstram correntes na desinfecção de AR em Portugal, porém em Estações de Tratamento de Água (ETA), aquando da desinfecção da água para consumo humano, é usual combinar a radiação UV com outro desinfetante (como o cloro), devido ao facto da radiação UV não apresentar valores residuais com o término do tratamento – indispensáveis ao transporte da mesma até aos consumidores, assegurando os seus parâmetros de qualidade microbiológica.

De facto a desinfecção de água para produção de água para consumo humano demonstra-se distinta do processo análogo para as AR. Na primeira situação é usual a combinação da radiação UV com outro desinfetante, especialmente com o cloro, como referido anteriormente, o que não se verifica com tanta frequência nas AR devido à combinação do cloro com matéria orgânica presente na AR, dando origem a subprodutos com potencial cancerígeno que permanecem com o término da desinfecção.

Quando delineada a estratégia para a instalação e método de desinfecção, devem ser acauteladas questões como a eficácia do desinfetante na remoção dos MOP presentes na AR, bem como a eventual geração de subprodutos resultantes do processo que possam ter influência negativa na O&M da unidade de desinfecção e na qualidade da água.

3.4. Desinfecção por radiação UV

Em 1910, a primeira aplicação da desinfecção por radiação UV foi efetuada na ETA de Marselha, em França.

Contudo o advento da cloragem destronou a aplicação da radiação UV na desinfecção de água, que apenas voltou a ser retomada na segunda metade dos anos 70, após a descoberta do potencial cancerígeno dos compostos organoclorados produzidos pela combinação do cloro com a matéria orgânica (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Desde então a sua aplicação aos processos de desinfecção tanto em ETA como em ETAR na Europa e América do Norte, apenas se tornou possível pela evolução dos conhecimentos associados ao processo em si e pelas numerosas evoluções científicas e tecnológicas ao nível do tipo de lâmpadas utilizadas, seus geradores, equipamentos e materiais acessórios.

A desinfecção de AR por radiação UV tem vindo a substituir os métodos convencionais de desinfecção, como a cloragem (de aplicação muito generalizada) e a ozonização (aplicada em ETAR de grande dimensão) à escala global, em todo o tipo de ETAR independentemente do seu tamanho.

Segundo a empresa Trojan Technologies Inc., as ETAR de Nova Iorque, Las Vegas, Hong Kong, Shangai e Atlanta, são apenas algumas do vasto rol que já integram este tipo de desinfecção nas suas fileiras de tratamento. Também no território nacional se encontram em operação diversas ETAR, recorrendo a este processo de desinfecção nos últimos anos, são exemplos a ETAR de Alcochete, de Alcântara (Lisboa), de Lagos, de Elvas, de Fátima, entre outras.

3.4.1. Vantagens da radiação UV face a outros desinfetantes

Ao reduzir o número de MOP descarregados pelas ETAR, a desinfecção minimiza a sua disseminação nos meios recetores, contribuindo para que a carga de MO nas massas de água tenda a diminuir.

Efetivamente o processo de desinfecção por radiação UV apresenta-se com vantagens a nível da preservação dos ecossistemas existentes e não só, uma vez que o meio recetor de uma ETAR, pode ter a jusante um ponto de captação de água para produção de água para consumo humano, como se representa na Figura 3-1, ou pode ser usada para qualquer outro fim mencionado em 2.1, exigindo composição físico-química e microbiológica mais rigorosa.

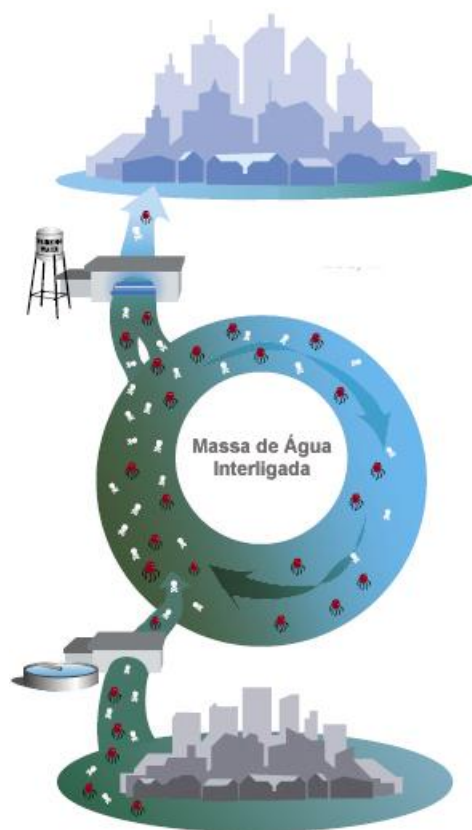


Figura 3-1 – Interferência da descarga de uma ETAR em captação a jusante

(Fonte: adaptado de Trojan, 2005)

Até à data, a radiação UV demonstra-se vantajosa por não dar origem a subprodutos da desinfecção com propriedades tóxicas e/ou cancerígenas, ao contrário da coragem (elucidado na Figura 3-2), e também pelo facto de este processo se demonstrar mais eficaz na remoção de determinados MOP resistentes ao cloro, como os protozoários *Giardia* e *Cryptosporidium*, não apresentando impacte ambiental significativo sobre o meio ambiente e seus ecossistemas.

A desinfecção por radiação UV constitui um tratamento de elevado investimento inicial, contudo de difícil contabilização, dado que depende essencialmente da dimensão da ETAR, aliando a este fator o tipo de soluções adotadas a nível de lâmpadas, balastros e material acessório.

Em determinadas situações o custo de primeiro investimento pode revelar-se mais oneroso, devido à exigência de baixas concentrações de partículas em suspensão no afluente à desinfecção, requerendo instalações de filtração a montante.



Figura 3-2 – Comparação de efluentes de desinfecção com cloro e UV

(Fonte: Trojan, 2005)

A nível de custos de O&M a radiação UV apresenta vantagens, nomeadamente em relação ao ozono e ao cloro, uma vez que o principal custo associado a este processo reside na troca de lâmpadas e balastros, bem como nos consumos energéticos.

Dada a contínua evolução nas tecnologias utilizadas e às inúmeras ofertas de soluções por várias empresas, os custos de O&M têm vindo a decrescer, resultado da concorrência verificada no mercado atual, e do aperfeiçoamento contínuo das lâmpadas, balastros e demais acessórios complementares, que cada vez se demonstram mais duradouros, não exigindo substituições frequentes.

Pelos fatores mencionados anteriormente, o processo de desinfecção por radiação UV pode tornar-se mais vantajoso economicamente quando comparado à manutenção, custo e armazenagem de stocks de reagentes, utilizados na desinfecção química.

Através da Figura 3-3, referente a um estudo de viabilidade económica de diversos processos de desinfecção efetuado para uma ETAR brasileira, refere-se um exemplo em particular do baixo custo da desinfecção por radiação UV nas suas atividades de O&M comparado com outros desinfetantes químicos.

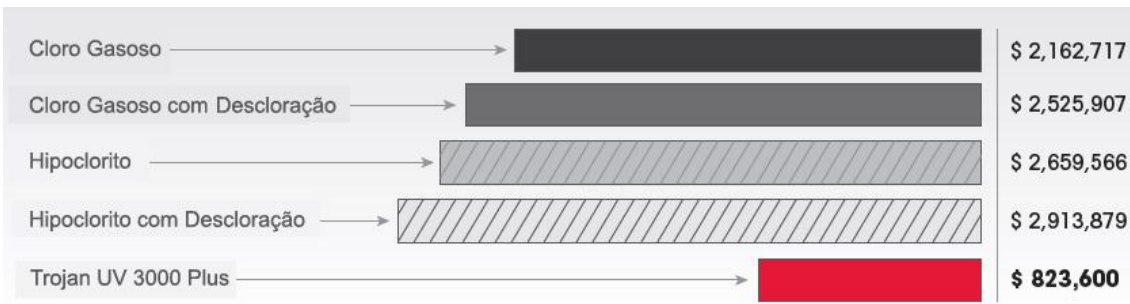


Figura 3-3 – Custo de O&M da desinfecção por UV em comparação com processos de desinfecção química

(Fonte: Trojan, 2012)

Desta forma a radiação UV demonstra ser o desinfetante mais adequado à maioria das situações que requerem a inclusão do processo de desinfecção na cadeia de tratamento para cumprimento das exigências regulamentares de qualidade da água.

3.4.2. Generalidades da radiação UV

Apresentando-se como parte integrante do espectro eletromagnético, a radiação UV corresponde à banda com comprimento de onda entre 100 e 400 nm, entre a radiação dos raios X e a radiação visível.

A banda de comprimentos de onda da radiação UV encontra-se compartimentada em quatro sub-intervalos como se indica na Figura 3-4, o UV Vácuo (100 nm a 200 nm), UV-C (200 nm a 280 nm), UV- B (280 nm a 315 nm) e UV-A (315 nm a 400 nm).

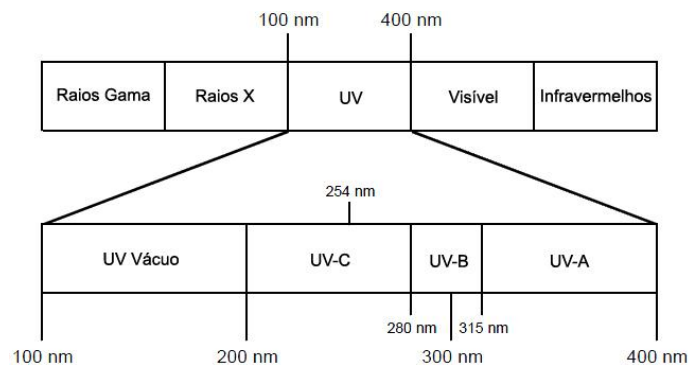


Figura 3-4 – Localização da radiação UV e seus sub-intervalos no espectro eletromagnético

(Fonte: United States Environmental Protection Agency – US EPA, 2006)

Segundo Metcalf & Eddy (2004), a porção de radiação com características germicidas mais eficazes localiza-se entre os comprimentos de onda de 225 nm e 265 nm, correspondente ao sub-intervalo UV-C.

Contudo a desinfecção também ocorre devido à ação da radiação UV-B, embora com menos eficiência do que o anterior, sendo usual estender o intervalo germicida aos valores entre 200 nm e 300 nm (adaptado de US EPA, 2006 e Trojan, 2012).

A ação germicida do sub-intervalo UV-A é desprezada, idem para o sub-intervalo UV Vácuo. O primeiro devido ao seu baixo poder germicida – para o mesmo ser tido em conta teria de ser aumentado o tempo de contato da radiação com a AR, o que não se demonstra adequado dado os tempos de contato serem normalmente na ordem de décimos de segundo – e no segundo sub-intervalo devido à rápida dissipação da radiação a curtas distâncias na água (US EPA, 2006).

3.4.3. Tipos de reatores

O objetivo do dimensionamento dos reatores UV é transmitir de forma eficaz a dose necessária de radiação para inativação dos MOP (US EPA, 2006).

A solução construtiva adotada para alojar os reatores da desinfecção, em conjunto com o tipo de componentes do sistema, são fatores que afetam o grau de desinfecção da AR.

De acordo com as características hidráulicas do escoamento, os reatores encontram-se generalizados em dois tipos:

- Em canal aberto, como representado na Figura 3-5, onde o escoamento se processa em superfície livre, podendo apresentar uma configuração de lâmpadas em módulos perpendiculares, paralelos ou diagonais ao escoamento. Esta solução é usualmente aplicada a sistemas de desinfecção em ETAR, e segundo WEF (1998), a disposição mais usual dos módulos de lâmpadas é paralela ao escoamento;

- Em condutas fechadas, exemplo observado na Figura 3-6, onde a água escoar sob pressão, normalmente em tubagens circulares, apresentando uma configuração das lâmpadas paralela, perpendicular ou diagonal ao escoamento. Este tipo de reator é usualmente aplicado na desinfecção de água em ETA.

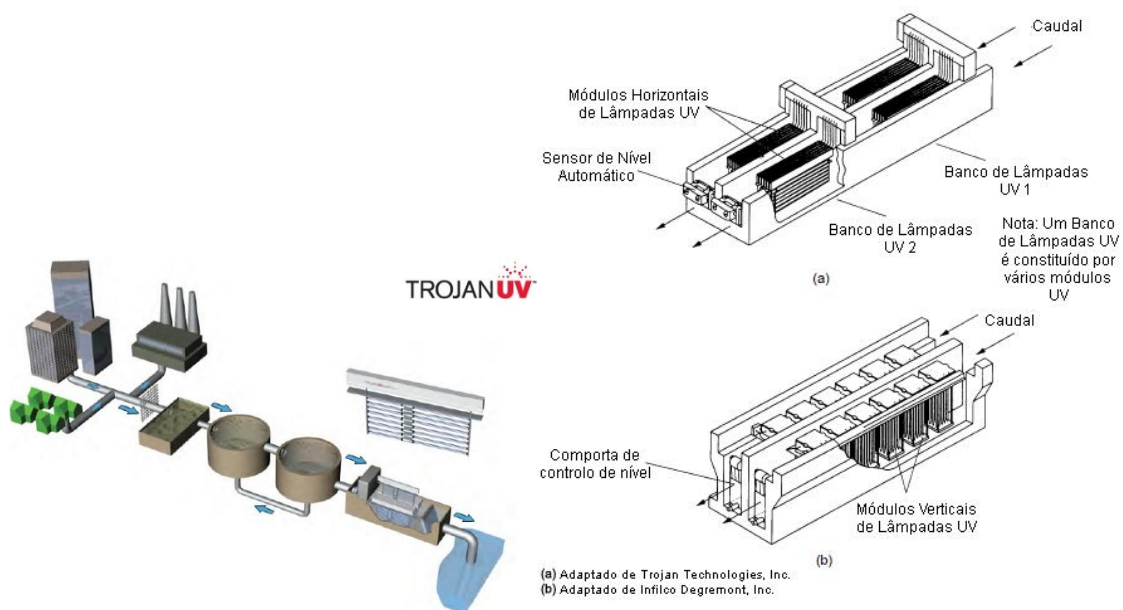


Figura 3-5 – Pormenor de reator de desinfecção UV em canal aberto

(Fontes: Trojan, 2012 e Metcalf & Eddy, 2004)

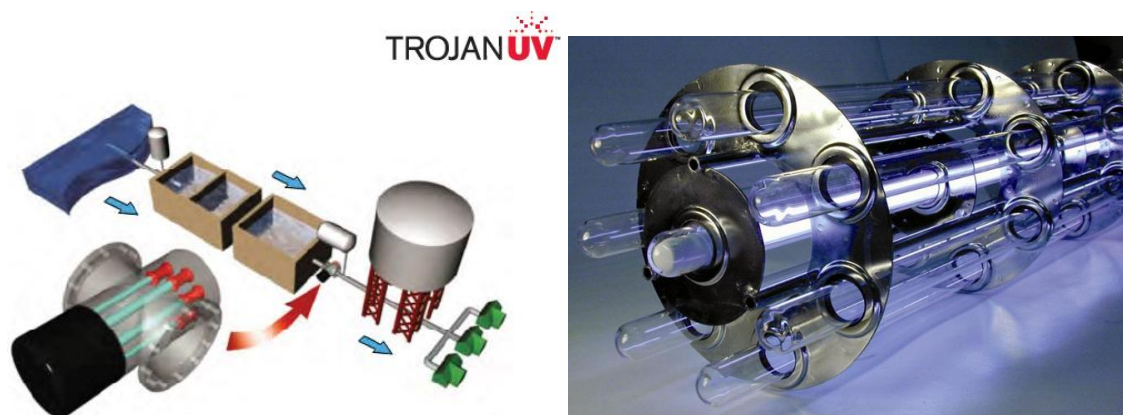


Figura 3-6 – Pormenor de reator de desinfecção UV em conduta fechada

(Fontes: Trojan, 2012 e www.severntrentservices.com)

3.4.4. Componentes do sistema

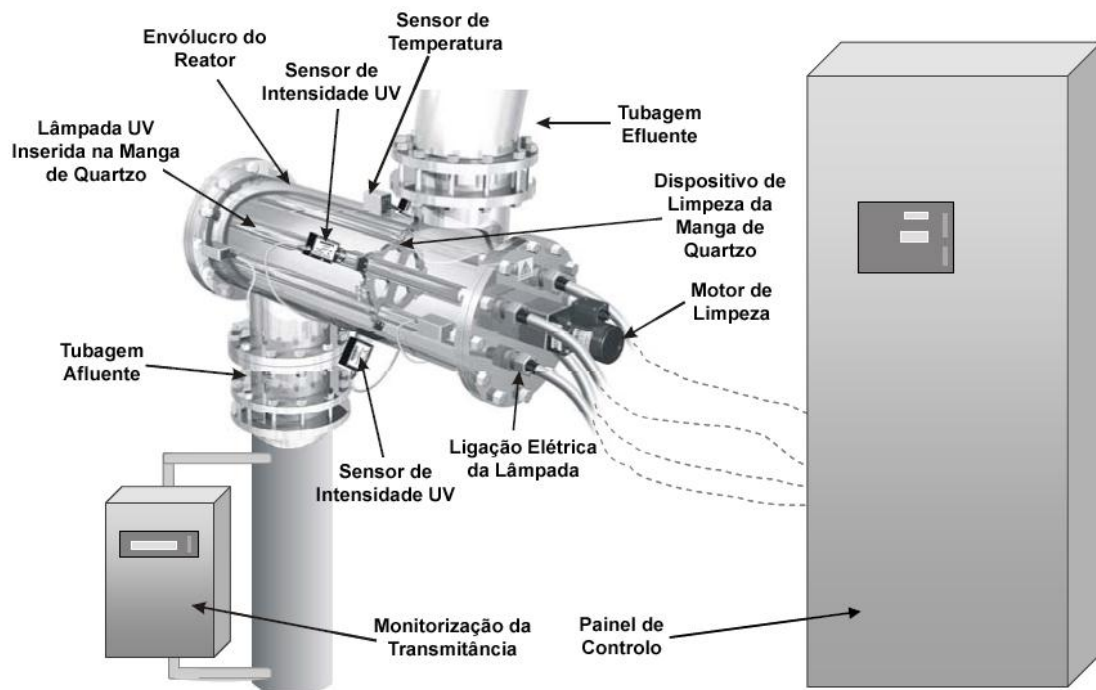
Os principais componentes de um sistema de desinfecção por radiação UV são as lâmpadas UV, constituídas por mangas de quartzo – responsáveis pelo seu isolamento relativamente ao contacto direto com a AR e com vista ao controlo da sua temperatura garantindo o fornecimento de radiação constante –, o balastro – responsável pela limitação de corrente elétrica que atravessa as lâmpadas durante o

seu funcionamento –, os geradores – responsáveis pelo fornecimento regular e constante de energia às lâmpadas – e ainda a fonte energética de alimentação aos geradores.

Complementarmente aos componentes apresentados anteriormente, poderão ser instalados aparelhos de monitorização de propriedades físicas da AR com intuito de auxiliar a definição da dose de radiação a aplicar. São exemplos dessas propriedades monitorizadas: a transmitância, a intensidade da radiação UV e a temperatura.

O funcionamento do sistema de desinfecção é assegurado por um painel de controlo, que monitoriza e fornece informação relativa ao desempenho do processo de desinfecção, bem como dos componentes do sistema.

Um exemplo possível para a constituição do sistema descrito é esquematizado na Figura 3-7.



Fonte: Cortesia e adaptado de Severn Trent Services

Figura 3-7 – Exemplo de sistema de desinfecção

(Fonte: US EPA, 2006)

3.4.5. Tipos de lâmpadas

Desde a primeira utilização da radiação UV como desinfetante, até à atualidade, uma das prioridades das empresas fornecedoras destes sistemas tem sido o desenvolvimento contínuo das lâmpadas² utilizadas, com o objetivo de diminuir a sua quantidade requerida no processo de desinfecção, tornando-as mais eficazes e sustentáveis, não comprometendo as exigências do processo.

Existem numerosas alternativas no mercado respeitantes a lâmpadas para produção de radiação UV, as mais usuais são constituídas por vapor de mercúrio combinado com gases nobres, como o cripton e o árgon, contudo existem outras soluções, que também utilizam xénon, iodetos metálicos, entre outros constituintes.

As lâmpadas constituídas por vapor de mercúrio, de acordo com os seus parâmetros internos de operação, são classificadas em: lâmpadas de baixa pressão e baixa intensidade (LBPBI), lâmpadas de baixa pressão e elevada intensidade (LBPEI) e lâmpadas de média pressão e elevada intensidade (LMPEI), esquematizadas na Figura 3-8.

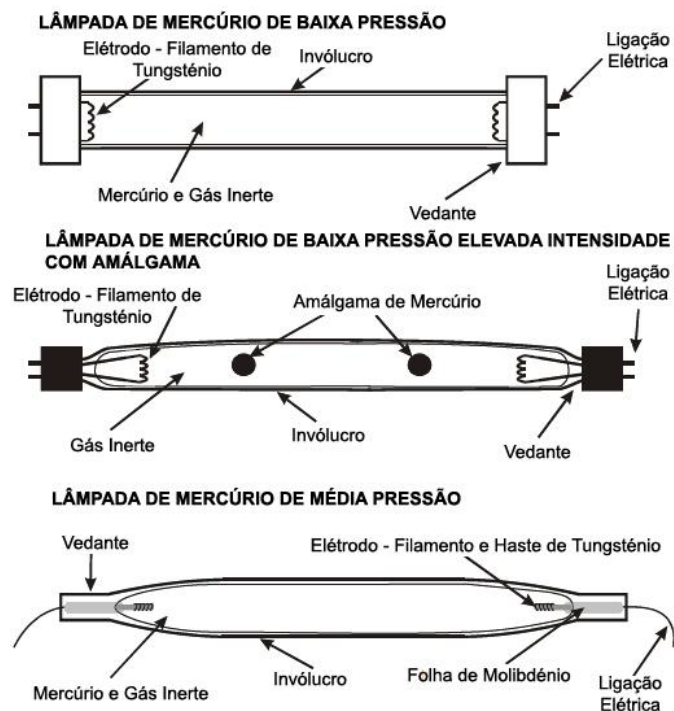


Figura 3-8 – Tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio

(Fonte: US EPA, 2006)

² A par do desenvolvimento tecnológico das lâmpadas, também os balastos têm sido alvo de aperfeiçoamento significativo.

As LBPBI são de utilização comum em sistemas de desinfecção de AR, emitindo um feixe de radiação monocromática no sub-intervalo UV-C (254 nm), como se verifica na Figura 3-9. Já as LBPEI apresentam-se semelhantes às anteriores, contudo para além do vapor de mercúrio, contêm amálgamas de metais na fase sólida como o mercúrio, índio, gálio, entre outros, responsáveis pelo aumento da intensidade da radiação.

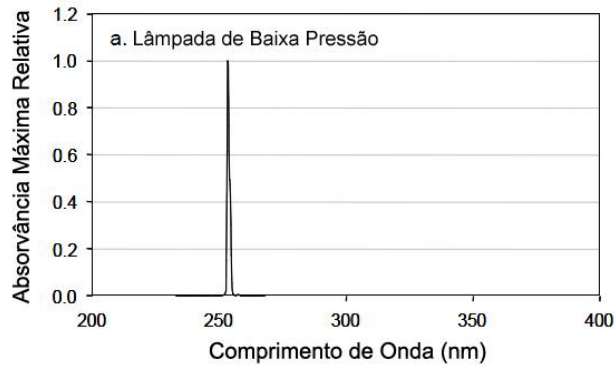


Figura 3-9 – Feixe de radiação emitido pelas LBPBI

(Fonte: Sharpless and Linden, 2001 citado em USA EPA, 2006)

As LMPEI são as únicas das três referidas que emitem radiação policromática, entre os 200 nm e os 400 nm, como se comprova pela Figura 3-10, com maior intensidade do que qualquer uma das anteriores.

Segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010) a sua instalação demonstra-se vantajosa em locais de espaço diminuto, ou para desinfecção de caudais elevados, como a descarga de excesso de caudal de tempestades.

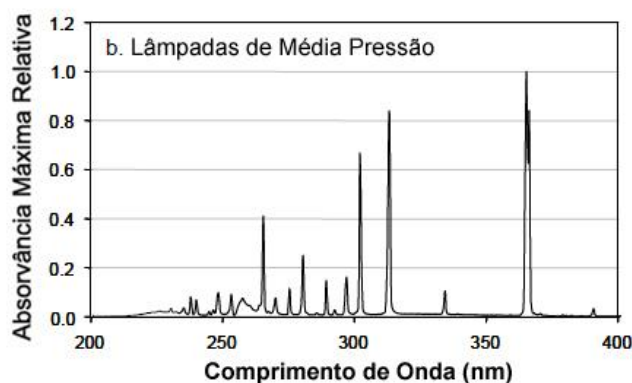


Figura 3-10 – Radiação emitida pelas LMPEI

(Fonte: Sharpless and Linden, 2001 citado em USA EPA, 2006)

Como complemento à informação anterior, apresentam-se no Quadro 3-3 algumas características operacionais das lâmpadas de vapor de mercúrio.

Quadro 3-3 – Características operacionais das lâmpadas de UV

(Fontes: adaptado de US EPA, 2006 e de Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)

Características	Unidades	LBPBI	LBPEI	LMPEI
Banda UV emitida	nm	Monocromática 254	Monocromática 254	Policromática 200 – 300
Pressão de Vapor de Mercúrio	mbar Hg	0,007	0,001 – 0,01	1000 – 2000
Temperatura	°C	35 – 50	60 – 150	500 – 900
Consumo de Energia	W	15 – 100	120 – 500	400 – 20 000
Intensidade da Corrente Elétrica	mA	350 – 550	Variável	Variável
Voltagem da Lâmpada	V	220	Variável	Variável
Eficiência de emissão de UV-C	%	30 – 40	25 – 38	5 – 22
Diâmetro das Lâmpadas	mm	15 – 20	Variável	Variável
Comprimento do Arco de Mercúrio	cm	10 – 150	10 – 150	5 – 120
Perda de Carga na Instalação	-	Elevada	Média	Baixa
Número Relativo de Lâmpadas	-	Elevado	Médio	Baixo
Duração das Lâmpadas	h	8000 – 16000	8000 – 16000	4000 – 10000
Duração do Balastro	ano	10 – 15	10 – 15	1 – 3
Substituição das Lâmpadas	-	Elevada	Média	Baixa
Ocupação de Área	-	Elevada	Média	Baixa

3.4.6. Funcionamento das lâmpadas

A geração da radiação UV, nomeadamente o arco de mercúrio característico em tons de azul (observado na Figura 3-11), processa-se de acordo com uma série de fases que seguidamente se descrevem.

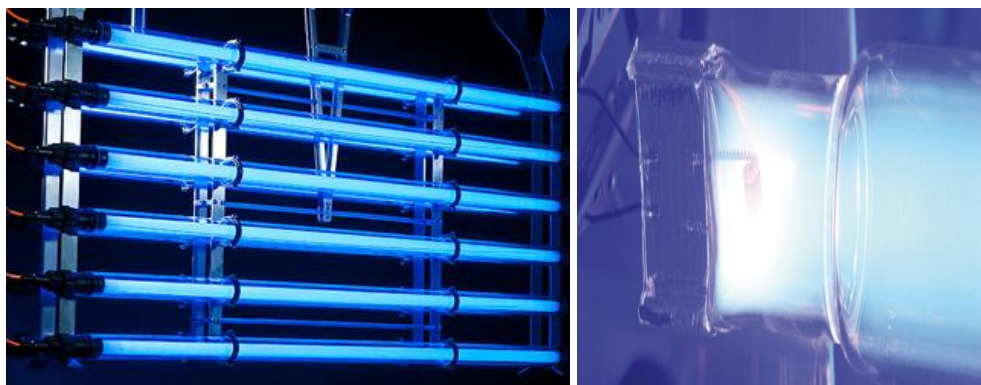


Figura 3-11 – Radiação UV gerada nas lâmpadas de vapor de mercúrio

(Fonte: www.wedeco.com)

Em primeiro lugar, ao acionar o dispositivo de desinfecção, os elétrodos das lâmpadas emitem elétrons que colidem com os átomos de gás inerte, causando a sua ionização, como consequência dá-se a formação de um plasma³, que permite a passagem da corrente elétrica, aquecendo o gás.

O mercúrio ao ser aquecido vaporiza, provocando a colisão dos seus átomos com os elétrons da corrente elétrica transmitida pelo plasma, dando-se a sua excitação. A passagem do mercúrio do estado excitado ao estado fundamental (estado de energia mínima) provoca a libertação de energia com o comprimento de onda da radiação UV no espectro eletromagnético; contudo as lâmpadas UV emitem também radiação visível, que podem ter consequências indesejáveis, como se focará mais a frente.

3.4.7. Definição da dose

A eficácia do processo de desinfecção por radiação UV está diretamente associada à dose de radiação a que os diversos MOP são expostos, sendo definida pelo produto da intensidade da radiação pelo tempo de contato, como se demonstra na equação 01.

$$D = I \times t \qquad \text{Eq.01}$$

³ É considerado um estado da matéria, atingido quando um gás sofre ionização (ganho ou perda de elétrons) devido a aquecimento.

Em que:

D – Dose de radiação UV ($\text{mJ}/\text{cm}^2 = \text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$);

I – Intensidade da radiação UV (mW/cm^2);

t – tempo de contato (s).

Pela equação 01, constata-se que a dose pode ser ajustada, tanto por alteração na intensidade da radiação como do tempo de contato.

A resposta dos MOP às doses aplicadas é expressa por meio da equação 02.

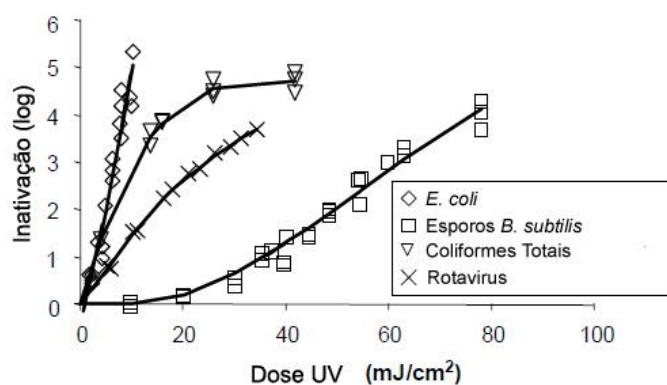
$$\text{Inativação Log} = \log_{10} \frac{N_0}{N} \quad \text{Eq.02}$$

Em que:

N_0 – concentração de MOP antes da exposição à radiação UV (NMP/100 mL)⁴;

N – concentração de MOP depois da exposição à radiação UV (NMP/100 mL).

Através da relação entre a dose aplicada e a inativação verificada surgem curvas de dose UV-inativação, como a indicada na Figura 3-12, para diversos MOP.



Fonte: Adaptado de Chang *et al.* (1985)

Figura 3-12 – Curvas dose UV-inativação para alguns MOP

(Fonte: US EPA, 2006)

⁴ A estimativa dos números de MOP depende do método analítico utilizado para a sua determinação, o caso do número mais provável (NMP) de MOP em 100 mL de água é relativo ao método dos Tubos Múltiplos, em alternativa poderá ser utilizado o método das Membranas Filtrantes, apresentando a unidade de unidades formadoras de colónias (UFC) em 100 mL de água.

Relativamente à eficiência do poder desinfetante da radiação UV, Asano *et al.* (2007) e Metcalf & Eddy (2004) propõem, a título de referência, as doses indicadas no Quadro 3-4, para efluentes secundários.

Por questões de segurança, US EPA (2006) sugere um incremento de 10 a 20% de doses tabeladas para a remoção dos MOP.

Quadro 3-4 – Doses de radiação UV em função do grau de inativação para diversos MOP

(Fonte: adaptado de Asano *et al.*, 2007 e de Metcalf & Eddy, 2004)

<i>MOP</i>	<i>Inativação (mJ/cm²)</i>			
	<i>1-log</i>	<i>2-log</i>	<i>3-log</i>	<i>4-log</i>
Bactérias	-	30 – 60	60 – 80	80 – 100
Vírus	-	30 – 40	50 – 70	70 – 90
Protozoários	5 – 10	10 – 20	20 – 30	-

3.4.8. Inativação de microrganismos patogénicos

Como já referido, o objetivo do dimensionamento dos sistemas UV é a redução do número de MOP até determinados valores compatíveis com o meio recetor. Aliado a este objetivo, pretende-se que o processo não altere significativamente as características físicas e químicas da AR.

A ação da radiação UV na redução do número de MOP é conseguida através da inativação ou eliminação (morte), através da inibição da sua capacidade de replicação, pela destruição dos seus constituintes celulares – ácido desoxirribonucleico (ADN) e ácido ribonucleico (ARN) –, devido à sua capacidade de absorção da radiação UV, como esquematizado na Figura 3-13.

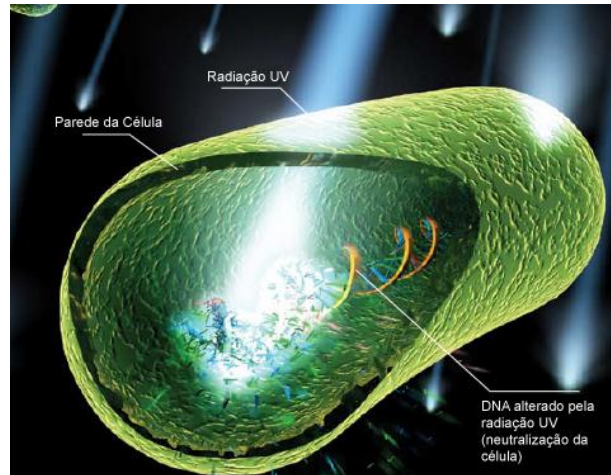
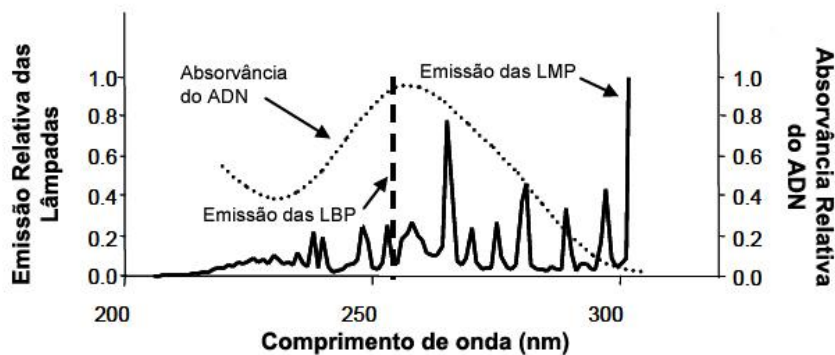


Figura 3-13 – Destruição do ADN de um MOP através da radiação UV

(Fonte: www.trojanuv.com)

Apesar das proteínas e ácidos nucleicos absorverem radiação UV, WEF (1998) indica que apenas o ADN sofre danos severos, efetivamente verifica-se que o comprimento de onda que causa maiores danos na cadeia de ADN dos MOP é o de 260 nm (sub-intervalo UV-C) pelo pico na curva de absorvância do gráfico da Figura 3-14, estando muito perto da banda UV emitida pelas LBPBI e LBPEI.



Fonte: Cortesia de Bolton Photosciences, Inc.

Figura 3-14 – Gráfico correspondente à relação da banda UV emitida pelas lâmpadas e a absorvância do ADN dos MOP

(Fonte: US EPA, 2006)

3.4.9. Regeneração de microrganismos patogénicos

Alguns MOP são efetivamente eliminados pela exposição à radiação UV no tempo de contato definido em projeto, contudo a carga dos remanescentes pode não sofrer qualquer ação devido a agentes externos ao processo, ou ainda, existe a possibilidade da porção dos que ficam inativados repararem os danos causados pela radiação, devido a enzimas específicas na sua constituição.

Existem essencialmente dois mecanismos de regeneração associados ao processo de desinfecção por radiação UV que seguidamente se descrevem:

- Foto-reativação – é o processo que se verifica quando as enzimas responsáveis pela regeneração dos MOP são expostas a comprimentos de onda entre os 310 e 490 nm, parte das bandas UV e visível do espectro eletromagnético, responsável pela regeneração dos dímeros dos ácidos nucleicos (ADN e ARN), como se esquematiza na Figura 3-15.

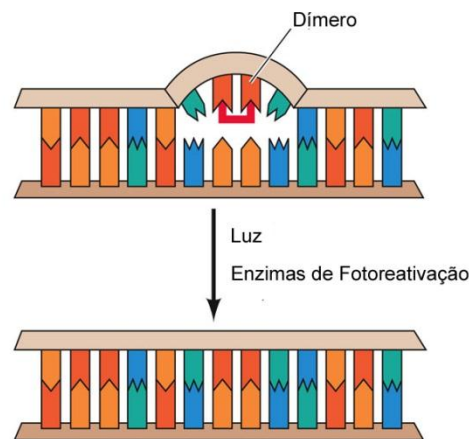


Figura 3-15 – Processo de foto-reativação

(Fonte: <http://oregonstate.edu/instruction/bi314/summer09/fig-06-19-0.jpg>)

A foto-reativação está dependente de diversos fatores como a qualidade da água, a profundidade a que a radiação penetra, bem como eventuais condições de caris ambiental.

Vários autores efetuaram estudos deste processo até à data, concluindo que as bactérias e alguns protozoários como a *Giardia* e *Cryptosporidium* possuem este tipo de enzimas, ao contrário dos vírus que não possuem, desencadeando o referido processo através de hospedeiros.

Contudo, US EPA (2006) salvaguarda que mesmo que o ADN seja reparado, os MOP não recuperam as suas propriedades infecciosas.

- “Reativação no escuro” – é um processo que não requer a presença de luz para manifestar a sua ocorrência, porém segundo US EPA (2006) o mesmo pode ocorrer na presença da mesma.

Neste processo os segmentos de ADN danificados são removidos e regenerados usando segmentos de ADN complementares. No caso de bactérias e protozoários este processo é iniciado imediatamente após a exposição à radiação UV, à semelhança do processo anterior, os vírus não possuem enzimas responsáveis pela reativação embora possam desencadear o processo através de hospedeiros.

3.4.10. Influência dos sólidos em suspensão

Um dos principais problemas associados aos constituintes do afluente à unidade de desinfecção UV é a variação acentuada na transmitância, ou seja, a propriedade que a AR apresenta em deixar-se atravessar pela radiação, resultado de níveis elevados de turvação, normalmente devidos à presença de sólidos em suspensão (SS) e dissolvidos (SD).

Por sua vez, a transmitância está relacionada com a absorvância, que é a quantidade de luz, de determinado comprimento de onda, que é absorvida pela água e substâncias nela dissolvidas. A transmitância UV (TUV) mede a percentagem de radiação UV que se perde quando o feixe de radiação UV atravessa a AR (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Qualquer afluente ao sistema de desinfecção possui partículas de muito reduzida dimensão em suspensão, razão pela qual sempre que a radiação UV se propaga no reator interage com este tipo de partículas através de processos físicos de absorção, reflexão, refração ou mesmo dissipação, como ilustrado na Figura 3-16.

O facto de a transmitância variar sazonalmente, por causas como a afluência de caudais pluviais carregados de material húmico, ou pontualmente, devido a descargas de efluentes industriais sem pré-tratamento, influencia diretamente o valor verificado da transmitância e conseqüentemente, a dose de radiação UV induzida no reator: quanto menor for a transmitância, menor será a intensidade da radiação incidente (diminuição da dose), razão pela qual, normalmente, é acoplado um

aparelho para monitorizar esta propriedade a montante do reator, contribuindo para um acerto eficaz da dose aplicada.

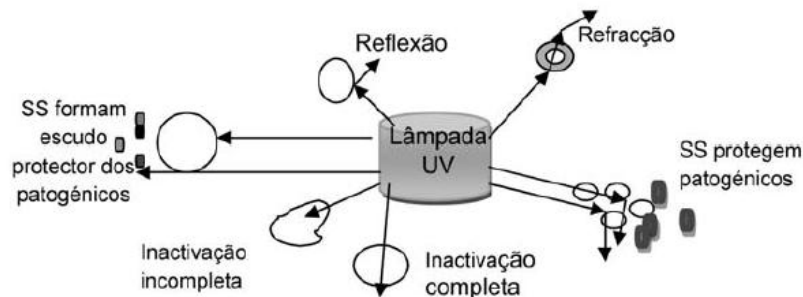


Figura 3-16 – Interferência dos SS na propagação da radiação UV

(Fonte: Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)

As dimensões dos SS são muito variáveis e dependentes dos materiais descarregados nos sistemas de drenagem, podendo provir de: MO, matéria orgânica, argilas, algas, moléculas de estrutura complexa, flocos de operações anteriores, entre outras.

Segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010), a distribuição da dimensão das partículas também influencia a eficiência da desinfecção por radiação UV, dado que partículas de dimensão superior a 10 μm podem formar escudos protetores dos MOP, e de tamanhos superiores a 40 μm absorverem a totalidade da radiação nelas incidente.

Metcalf & Eddy (2004), refere que a eficiência da desinfecção por radiação UV em efluentes não filtrados é função das operações e processos da fileira de tratamento imediatamente a montante. A título exemplificativo refere que em efluentes de processos de Lamas Ativadas (LA), a associação de MOP (avaliados em CF) é função do tempo de retenção nos tanques de arejamento.

Pela Figura 3-17 constata-se que longos tempos de retenção resultam no decréscimo de CF associados aos SS.

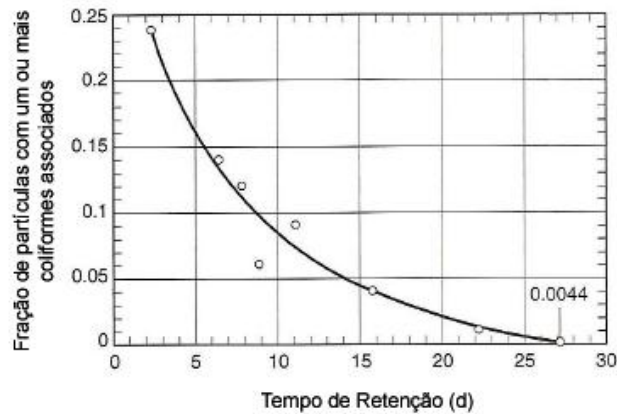


Figura 3-17 – Relação entre partículas em suspensão e tempo de retenção em processo de LA
(Fonte: Metcalf & Eddy, 2004)

Conclui-se portanto que os MOP associados a SS afetam significativamente a eficiência da desinfecção UV, interferindo na intensidade da radiação incidente e conseqüentemente na dose transmitida. Metcalf & Eddy (2004) sugere que este fenómeno seja avaliado recorrendo a curvas dose UV-inativação, mediante a concentração típica de sólidos suspensos totais (SST) de efluentes secundários, representadas na Figura 3-18.

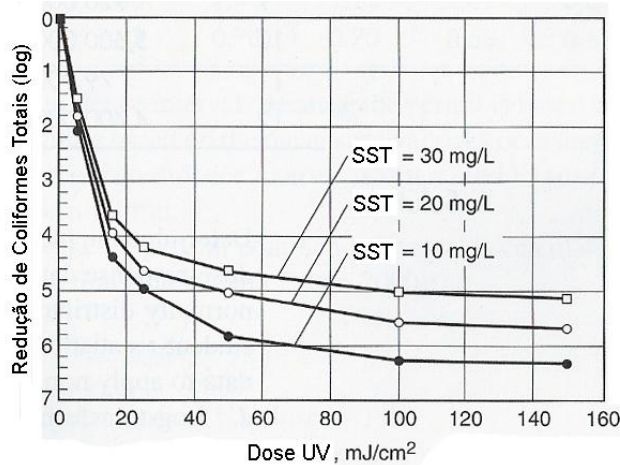


Figura 3-18 – Curvas dose UV-redução de MOP em função da concentração de SST em efluentes secundários
(Fonte: Metcalf & Eddy, 2004)

O aumento da intensidade UV não se demonstra suficiente para superar o problema da proteção dos MOP, devido à maior absorvância verificada nos SS em detrimento da verificada na AR, através desse facto, podem ser requeridos processos complementares a montante da desinfecção para redução da quantidade de SST,

como a coagulação-floculação, adsorção em carvão ativado ou instalação de uma unidade de filtração (leito granular, membranas filtrantes, osmose inversa, entre outras).

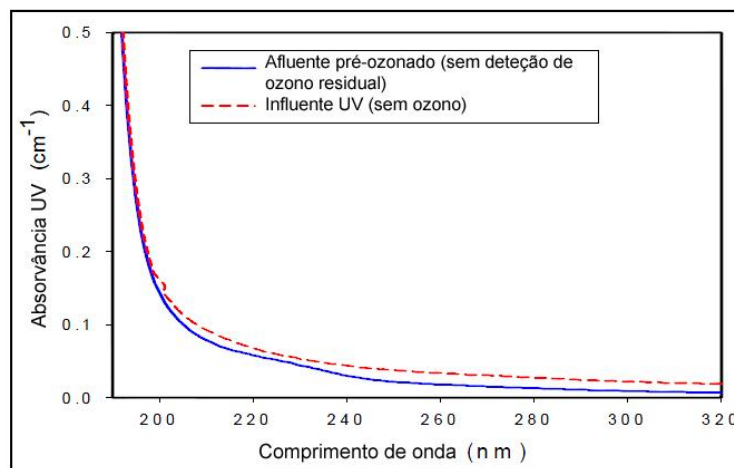
Para o caso de instalações de filtração a montante, Metcalf & Eddy (2004) sugere os valores de doses e transmitâncias indicados no Quadro 3-5.

Quadro 3-5 – Sugestão de doses e transmitâncias a aplicar em efluentes filtrados

(Fonte: Metcalf & Eddy, 2004)

<i>Tipo de Filtração</i>	<i>Dose (mJ/cm²)</i>	<i>Transmitância (%)</i>
Granular Média	100	55
Membranas Filtrantes	80	65
Osmose Inversa	50	90

A combinação sinérgica com outro desinfetante, como o ozono (ver 3.3.2) pode também demonstrar-se viável, devido ao seu poder oxidante, influenciando para o aumento da transmitância, verificado na Figura 3-19, e degradação da matéria orgânica natural, contribuindo para a redução do material dissolvido e precipitando metais (American Public Health Association – APHA, 1998), contudo o ozono deve ser operado com as devidas precauções, dado que as suas doses residuais podem afetar a absorvância.



Fonte: Malley (2002)

Figura 3-19 – Efeito da ozonização sobre a absorvância da radiação UV

(Fonte: US EPA, 2006)

Em suma, no decorrer da operação deste tipo de processo é fundamental o controlo da dose de desinfetante efetivamente transmitida à AR, condicionada pelas características típicas de efluentes secundários como a transmitância, que segundo WEF (1998) deve apresentar um valor entre 50 e 65% em efluente não filtrado, e a concentração dos SST, que de acordo com o DL n.º 152/1997, não deve ser superior a 35 mg/L.

3.4.11. Outros fatores que afetam a eficiência

Para além dos SS, existem outros fatores específicos que interferem ativamente no processo de desinfecção UV, os quais devem ser alvo de estudo a nível de projeto e de monitorização no decorrer das atividades de O&M do sistema, como por exemplo:

a) Composição química da AR afluyente ao sistema de desinfecção UV:

A presença de compostos dissolvidos nas AR, em presença de condições e concentrações específicas, pode afetar a eficiência do processo por duas vias: atenuando a penetração da radiação pelo aumento da absorvância, ou pela obstrução das mangas de quartzo à transmissão da radiação UV, provocada pela precipitação de compostos.

No Quadro 3-6 resumem-se alguns impactes dos constituintes de AR sobre a desinfecção UV.

US EPA (2006) refere também que relacionadas com a composição química da AR, podem ocorrer reações fotoquímicas que contribuem para a obstrução e aumento da absorvância dos sistemas de desinfecção UV.

A obstrução das mangas de quartzo, visível na Figura 3-20, é independente do tempo, depende apenas da qualidade da AR e do tipo de lâmpada. Porém, sempre que se verifique este fenómeno, deverá proceder-se à limpeza das lâmpadas, por imersão em soluções de ácido cítrico, ácido fosfórico, soluções fornecidas pelos fabricantes do equipamento, ou mesmo, segundo WEF (1998), recorrendo a produtos de higienização e desinfecção de casas de banho, caso o sistema de desinfecção não seja dotado de limpeza automatizada *in situ*.

Quadro 3-6 – Impactes de alguns constituintes das AR sobre a desinfecção UV

(Fonte: adaptado de Metcalf & Eddy, 2004 e Fenner, 2005)

Constituinte	Impactes
CBO ⁵ , CQO ⁶ , COT ⁷	Não afetam, caso a matéria orgânica não contenha componentes húmicos.
Ácidos húmicos e flúvicos	Absorção elevada de radiação.
Óleos e gorduras	Acumulação nas mangas de quartzo, podem absorver radiação.
SST	Absorção da radiação, podem servir de escudo aos MOP.
Alcalinidade	Afeta a solubilidade de metais que absorvem a radiação.
Dureza	Sais como o cálcio e magnésio podem dar origem a depósitos nas mangas de quartzo, especialmente a temperaturas elevadas e concentrações superiores a 140 mg/L.
Amónia, Nitratos e Nitritos	Não afetam.
Manganês	Absorção elevada de radiação.
pH	Afeta a solubilidade dos metais e carbonatos.
Ferro	Aumenta a absorvância e precipita sobre as mangas de quartzo, para concentrações superiores a 0,1 mg/L
Hidróxidos	Podem precipitar nas mangas de quartzo devido à baixa solubilidade.
Compostos inorgânicos	Podem oxidar e precipitar nas mangas de quartzo.

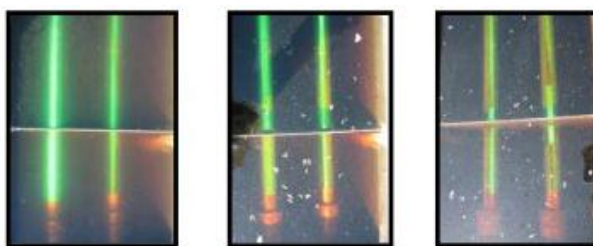


Figura 3-20 – Mangas de quartzo obstruídas

(Fonte: Naddeo *et al.*, 2009)

⁵ Carência Bioquímica de Oxigénio

⁶ Carência Química de Oxigénio

⁷ Carbono Orgânico Total

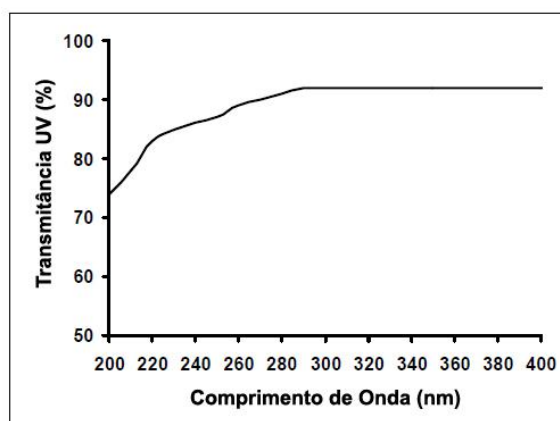
b) Características do sistema de desinfecção:

Fatores como o tempo de contato e a intensidade de radiação emitida são alguns dos problemas frequentemente associados à eficiência dos sistemas de desinfecção.

O tempo de contato, normalmente de poucos segundos, não deve ser demasiado baixo, para que a dose efetivamente transmitida à AR, através da radiação, seja eficaz na redução dos MOP no tempo estipulado em projeto, contribuindo para a aplicação de dose coerente com o caudal a tratar, por via do sensor de monitorização da mesma, evitando o consumo excessivo de energia na operação de desinfecção.

O facto de se adotarem espaçamentos entre as lâmpadas e as paredes do reator inadequados tem influência na dose efetivamente transmitida à AR, pois verifica-se que se espaçamentos demasiado pequenos, contribuem para que as paredes do reator e lâmpadas adjacentes absorvem a radiação, e no caso de espaçamentos demasiado grandes, a AR passa por regiões de baixa intensidade de radiação não recebendo a dose necessária à irradiação dos MOP, contribuindo para os fenómenos de foto-reativação.

As mangas de quartzo também absorvem parte da radiação UV, comprovado pela curva no gráfico da Figura 3-21, que relaciona a TUV da manga de quartzo com a radiação emitida pela lâmpada. Esta situação deve ser acutelada, uma vez que interfere diretamente na transmitância verificada no reator, bem como na dose transmitida. Segundo US EPA (2006), algumas mangas de quartzo podem ser constituídas também por Teflon®, que induz alterações significativas à transmitância.



Fonte: GE Quartz (2004a)

Figura 3-21 – Variação da TUV em mangas de quartzo com 1 mm de espessura e ângulo de incidência nulo

(Fonte: US EPA, 2006)

Outro fator relacionado com a dose é a questão da idade das lâmpadas e balastros, provocando decréscimo (não uniforme) das doses ao longo da sua vida útil, devendo ser tido em conta aquando o dimensionamento da instalação.

c) Funcionamento hidráulico do reator:

A forma como o escoamento se processa no reator não deve dar origem a uma perda de carga excessiva, segundo WEF (1998) esta não deve superior a 100 mm.

O fenómeno anterior traduz-se em canais pela queda da superfície livre do escoamento, fazendo com que as lâmpadas experimentem alternadamente condições de imersão e secagem, levando à ocorrência de fenómenos de obstrução, crescimento de algas (uma vez que as lâmpadas UV também emitem radiação visível), sobreaquecimento e degradação da sua vida útil, influyendo para perda de eficiência do processo de desinfecção.

À perda de eficiência deste processo está também associado outro inconveniente – a velocidade. Para minimizar a sua contribuição adversa, deve ser assegurado um valor uniforme na aproximação e saída do reator, evitando que se deem ressaltos hidráulicos (em canais), remoinhos ou curto-circuitos hidráulicos.

Várias soluções podem ser adotadas para que seja garantida a velocidade uniforme em reatores de canal aberto, como a introdução de um descarregador em labirinto à saída, defletores laterais ou filetes de canto, mediante a configuração dos módulos de lâmpadas se verificar perpendicular ou paralela ao escoamento respetivamente, como verificado na Figura 3-22.

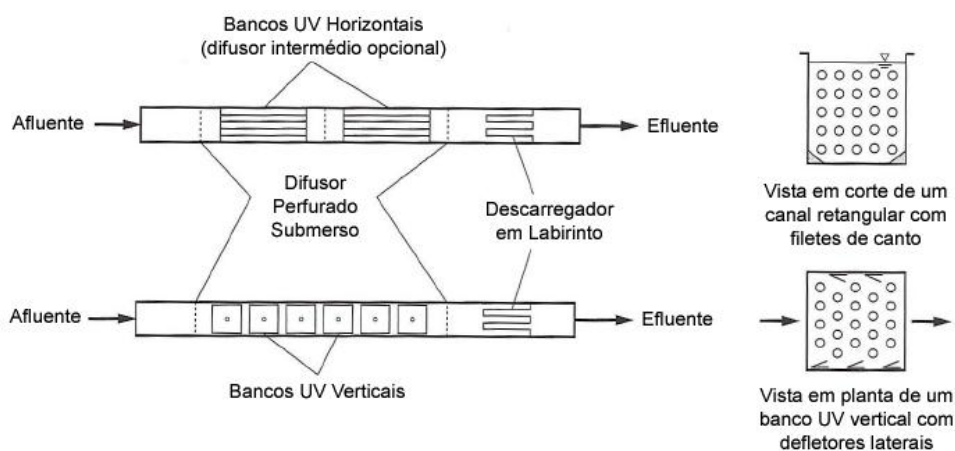


Figura 3-22 – Melhoramentos ao funcionamento hidráulico em reatores de canal aberto

(Fonte: Metcalf & Eddy, 2004)

Em reatores de conduta fechada podem ser adotados difusores perfurados⁸, à entrada e saída, como indicado na Figura 3-23, evitando a ocorrência de zonas mortas de escoamento, permitindo uma distribuição mais uniforme das velocidades do escoamento.

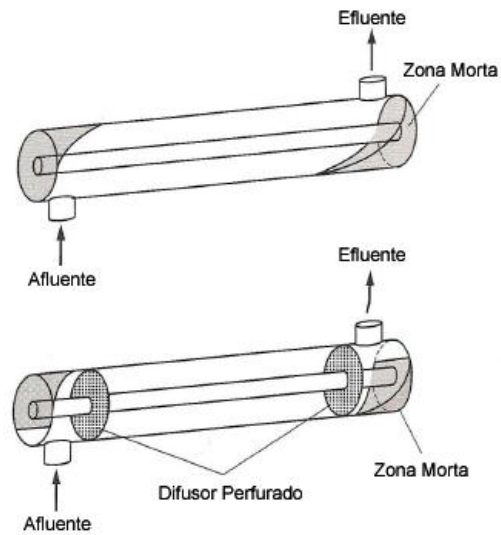


Figura 3-23 – Melhoria ao funcionamento hidráulico em reatores de tubagem fechada

(Fonte: Metcalf & Eddy, 2004)

⁸ Nos canais abertos poderão também aplicar-se dispositivos deste tipo, mas apenas à entrada.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento da presente dissertação assentou nos seguintes pontos:

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Identificação das ETAR com desinfecção por radiação UV em operação em Portugal;
- c) Definição da amostra para o estudo;
- d) Recolha de resultados analíticos para caracterização da eficiência da instalação de desinfecção;
- e) Recolha de informação sobre a instalação de tratamento UV de cada ETAR definida para o estudo;
- f) Análise e processamento dos dados recolhidos;
- g) Elaboração de conclusões e recomendações.

De acordo com a metodologia indicada anteriormente, foram recolhidos dados quantitativos e qualitativos do afluente à ETAR, do afluente e do efluente das instalações de desinfecção UV, com destaque para os teores de SST e CF.

Para além dos dados anteriores, foram ainda recolhidas informações sobre a caracterização física da cada instalação de UV, quer da parte relativa às soluções construtivas adotadas, quer do tipo de equipamento utilizado, data de construção, data de arranque de funcionamento, entre outros.

Também com relevância para o trabalho a desenvolver, foram obtidas informações relativas à operação e manutenção das unidades de UV, nomeadamente quantidade de avarias e suas causas, frequência das mesmas, tempo despendido na reparação, existência de material de reserva, e em caso afirmativo com que capacidade.

Foi verificada a existência de caudais industriais afluentes às ETAR, e em caso afirmativo, se os mesmos cumpriam o regime de descargas de ARI disposto na Portaria n.º 429/1999, de 15 de Junho, e caso não cumprissem, quais os procedimentos adotados nas ETAR perante essas situações.

A informação anteriormente enunciada foi recolhida por via de um questionário e complementada com uma visita presencial a uma das ETAR em estudo.

Após receção dos questionários, procedeu-se ao tratamento dos seus dados. Posteriormente analisou-se a informação recolhida para cada ETAR em estudo, de forma a procurar definir as condições médias de funcionamento, recorrendo a gráficos, fluxogramas e imagens para auxílio neste processo.

A discussão dos resultados obtidos com o presente trabalho foi efetuada relacionando-os com os fatores que eventualmente os pudessem condicionar, tendo sido posteriormente efetuada a conclusão com o término do estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ETAR nacionais com desinfecção por radiação UV operacional

Como referido em 4, procurou-se quantificar as ETAR nacionais com processos de desinfecção por radiação UV em operação.

A recolha da referida informação foi obtida através das páginas web das diversas EG, nomeadamente das empresas do grupo Águas de Portugal, empresas de serviços municipalizados, empresas privadas e câmaras municipais. Nos casos em que não foi possível obter informações diretamente das páginas web, foram enviados e-mails requerendo informações sobre o assunto.

Contudo, não foi possível identificar todas as ETAR com desinfecção por radiação UV operacional no país, resultado de dados incompletos nas suas páginas web e por falta de resposta de algumas EG inquiridas. A ausência de respostas demonstrou-se significativa, e portanto a causa principal de não ter sido possível identificar todas as ETAR nacionais com dispositivos de desinfecção por radiação UV operacionais.

Do total de 1814 ETAR indicadas pelo INSAAR (2010) foram identificadas 1038 através dos processos mencionados anteriormente, ou seja, cerca de 57% do total de ETAR existentes no país àquela data.

Das 1038 ETAR referidas anteriormente, identificaram-se os números indicados no gráfico da Figura 5-1, referentes a instalações com desinfecção, sem desinfecção e ainda instalações em que apenas se conseguiu constatar a sua existência, sem qualquer outro dado.

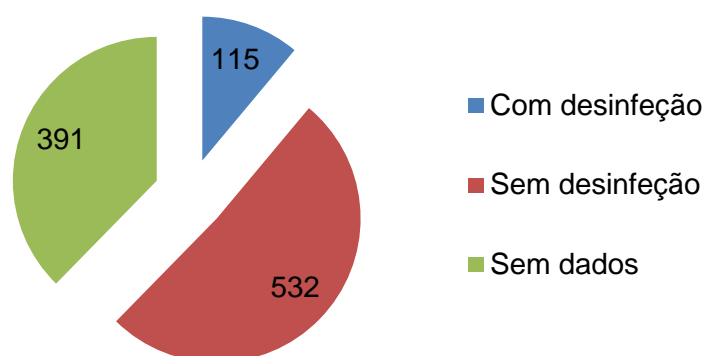


Figura 5-1 – Distribuição dos dados recolhidos relativos às ETAR nacionais

Das 115 ETAR identificadas com desinfecção, confirmou-se a existência de processos por radiação UV em 82, correspondendo a 18 EG.

5.2. Seleção dos casos de estudo

Com vista à seleção dos casos de estudo, foi enviada uma carta por e-mail para as 18 EG identificadas anteriormente com possuindo ETAR com sistemas de desinfecção por radiação UV.

À referida carta foi anexado um questionário, disposto no Anexo A, com vista à caracterização dos parâmetros quantitativos e qualitativos da AR (afluente à ETAR, bem como do afluente e efluente da unidade de desinfecção), da fileira de tratamento e ainda das características do equipamento e da instalação de desinfecção por radiação UV.

Das 18 EG contatadas, apenas se obteve resposta de um terço, dispondo-se no Quadro 5-1, a listagem das EG com o número de ETAR para as quais estas responderam ao questionário solicitado.

Quadro 5-1 – Listagem de EG e número de ETAR com dados respondidos

<i>Entidade Gestora</i>	<i>Número de ETAR com dados</i>
SIMARSUL, S.A.	5
Águas do Algarve, S.A.	17
SIMLIS	3
Águas do Norte Alentejano, S.A. (AdNA)	1
Águas do Zêzere e Coa	13
Águas da Figueira	1

Os casos de estudo foram selecionados exclusivamente através do número de dados relativos à caracterização quantitativa e qualitativa das AR, e às informações relativas à constituição e operação do sistema de desinfecção por UV com significância relevante ao desenvolvimento da presente dissertação.

As informações cedidas pelas 6 EG, mencionadas anteriormente, encontram-se dispostas no Anexo B.

Desta forma, foram selecionadas as 5 ETAR da SIMARSUL, S.A. como principais casos de estudo, apesar de as 3 ETAR da SIMLIS e a ETAR das AdNA

também terem sido consideradas neste estudo, embora com menos relevância, dado que os dados fornecidos não se demonstraram tão rigorosos e completos como os da primeira EG (SIMARSUL, S.A.).

5.3. Descrição das ETAR em estudo

As 5 ETAR da SIMARSAUL, S.A., são caracterizadas seguidamente, as quais como referido anteriormente, integram os principais casos de estudo.

Refere-se ainda o facto de a ETAR de Alcochete ser a que apresenta maior detalhe, visto ter sido alvo de uma visita ao local, porém dado as ETAR da SIMARSUL, S.A. se apresentarem com características técnicas e construtivas semelhantes entre si, a informação referida para a ETAR de Alcochete pode ser extrapolada para as restantes.

5.3.1. ETAR de Afonsoeiro

De acordo com a informação prestada pela SIMARSUL, S.A. a empreitada de conceção-construção da ETAR de Afonsoeiro foi iniciada em Junho de 2006, tendo entrado em funcionamento em Dezembro de 2008, recebendo exclusivamente ARU.

Servindo os concelhos do Montijo, Palmela e Moita, no ano horizonte de projeto a infraestrutura apresenta uma capacidade para tratar 11500 m³/d de AR, correspondentes a 48000 equivalentes populacionais (e.p.), apesar de no ano de 2011 ter tratado apenas 5053 m³/d.

A referida ETAR é composta por duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida, às quais diz respeito a fileira de tratamento indicada na Figura 5-2, uma linha de tratamento de fase sólida e outra de tratamento de odores.

Relativamente ao dispositivo de desinfeção UV, apresenta um sistema instalado em canal (comum às duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida), composto por 4 módulos com 8 LBPEI cada, da marca Trojan UV 3000 Plus, modelo GA56T6 Amalgama.

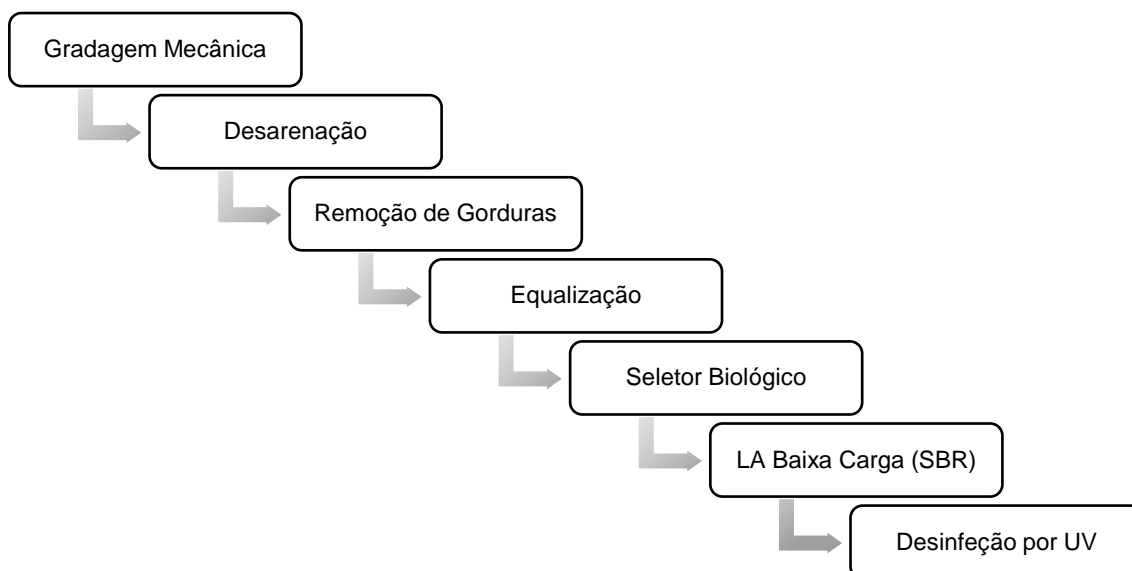


Figura 5-2 – Fileira de tratamento da ETAR de Afonsoeiro

Outras características operacionais das LBPEI foram fornecidas pela EG, as quais se indicam no Quadro 5-2.

Quadro 5-2 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Afonsoeiro

Consumo de energia (W)	250
Voltagem da lâmpada (V)	230
Diâmetro da lâmpada (mm)	19
Perda de carga da instalação	Baixa
Duração das lâmpadas (h)	12000
Duração do balastro (ano)	2
Substituição das lâmpadas	Baixa
Limpeza das lâmpadas	Automática
Ocupação da área (m ²)	6

A descarga do efluente da desinfecção correspondente à parcela de águas residuais tratadas (ART) não reutilizadas internamente e é efetuada no Estuário do Tejo.

Os requisitos que integram a sua licença de descarga relativa ao ano de 2011 apresentam-se seguidamente no Quadro 5-3.

Quadro 5-3 – Requisitos de descarga da ETAR de Afonsoeiro

Parâmetros	SST	CBO₅	CQO	Azoto Amoniacal	Fenóis	CF
<i>Unidades</i>	<i>(mg/L)</i>				<i>(mg/L O₂)</i>	<i>(NMP/100 mL)</i>
VLE ⁹	35	25	125	MM	MM	2000

Legenda: MM – não é VLE, apenas é exigida monitorização mensal.

5.3.2. ETAR de Alcochete

De acordo com a informação prestada pela SIMARSUL, S.A. a ETAR de Alcochete entrou em funcionamento em Novembro de 2008, recebendo exclusivamente ARU.

Servindo o concelho de Alcochete, no ano horizonte de projeto a infraestrutura apresenta uma capacidade para tratar 8350 m³/d de AR, correspondentes a 27750 e.p., apesar de no ano de 2011 ter tratado apenas 2455 m³/d.

A referida ETAR é composta por duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida, às quais diz respeito a fileira de tratamento indicada na Figura 5-3, uma linha de tratamento de fase sólida e outra de tratamento de odores.

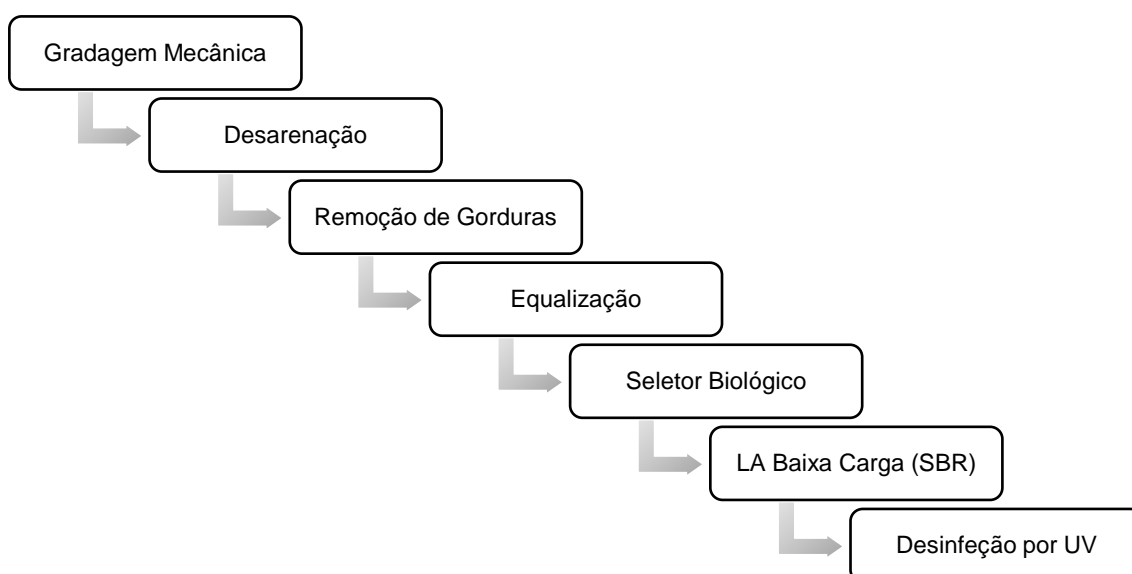


Figura 5-3 – Fileira de tratamento da ETAR de Alcochete

⁹ Valor Limite de Emissão

Relativamente ao dispositivo de desinfecção UV, apresenta um sistema instalado em canal (comum às duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida), devidamente protegido através de tampas, para que se evite a deposição de partículas transportadas pelo vento afetando a eficiência do processo de desinfecção, como se observa na Figura 5-4.



Figura 5-4 – Dispositivo de desinfecção UV da ETAR de Alcochete

O dispositivo de desinfecção desta ETAR é constituído por um sensor de nível à saída do canal, com o objetivo de manter o nível de água constante no mesmo (ver 3.4.11 c)), como se observa na Figura 5-5.

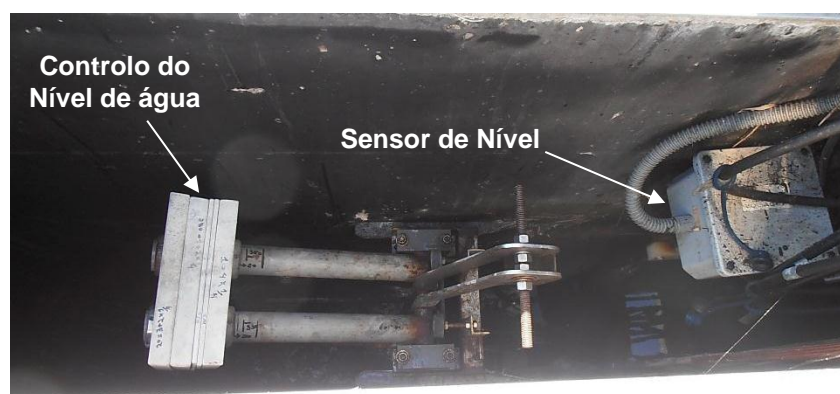


Figura 5-5 – Sensor de nível do canal de desinfecção na ETAR de Alcochete

Como referido anteriormente, a ETAR é dotada apenas de um dispositivo de desinfeção por radiação UV, razão pela qual sempre que é necessário proceder a operações de manutenção o mesmo é desligado, para que sejam desempenhas as ações necessárias a seco.

Os processos de manutenção, bem como a reparação de eventuais avarias, associadas a anomalias nas lâmpadas e/ou balastros, nunca demoram mais de um dia, pelo que o caudal é retido até ao término destas atividades, não se verificando descarga de efluente no meio recetor sem previamente ser submetido à desinfeção.

As lâmpadas utilizadas são da marca Trojan UV 3000 Plus, modelo GA56T6 Amalgama, apresentando sistema de limpeza automático, monitorizado no painel de controlo do sistema, apresentado na Figura 5-6.



Figura 5-6 – Painel de controlo do sistema de desinfeção por UV da ETAR de Alcochete

A desinfeção da AR é efetuada através de três módulos paralelos ao escoamento (contendo 8 LBPEI cada), como se observa na Figura 5-7. A dose efetivamente transmitida à AR é definida automaticamente, através de um sensor do sistema de desinfeção, que mede a penetração dos feixes da radiação UV na AR a tratar, sendo também controlada pelo referido painel de controlo.



Figura 5-7 – Módulos de LBPEI instalados no canal de desinfecção na ETAR de Alcochete

Outras características operacionais das LBPEI foram fornecidas pela EG, as quais se indicam no Quadro 5-4.

Quadro 5-4 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Alcochete

Consumo de energia (W)	250
Voltagem da lâmpada (V)	230
Diâmetro da lâmpada (mm)	19
Perda de carga da instalação	Baixa
Duração das lâmpadas (h)	12000
Duração do balastro (ano)	2
Substituição das lâmpadas	Baixa
Limpeza das lâmpadas	Automática
Ocupação da área (m ²)	6

A descarga do efluente da desinfecção, correspondente à parcela de ART não reutilizadas internamente e é efetuada no Estuário do Tejo.

Os requisitos que integram a sua licença de descarga relativa ao ano de 2011 apresentam-se seguidamente no Quadro 5-5.

Quadro 5-5 – Requisitos de descarga da ETAR de Alcochete

Parâmetros	pH	SST	CBO₅	CQO	Azoto e Fósforo Totais	CF
<i>Unidades</i>	-		(mg/L)		(mg/L N) e (mg/L P)	(NMP/100 mL)
VLE	Entre 6 e 9	35	25	125	MM	2000

Legenda: MM – não é VLE, apenas é exigida monitorização mensal.

5.3.3. ETAR de Cucena

De acordo com a informação prestada pela SIMARSUL, S.A. a ETAR de Cucena entrou em funcionamento em Julho de 2009, recebendo exclusivamente ARU.

Servindo o concelho do Seixal, no ano horizonte de projeto a infraestrutura apresenta uma capacidade para tratar 3360 m³/d de AR, correspondentes a 24000 e.p., apesar de no ano de 2011 ter tratado apenas 656 m³/d.

A referida ETAR é composta por duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida, às quais diz respeito a fileira de tratamento indicada na Figura 5-8, uma linha de tratamento de fase sólida e outra de tratamento de odores.

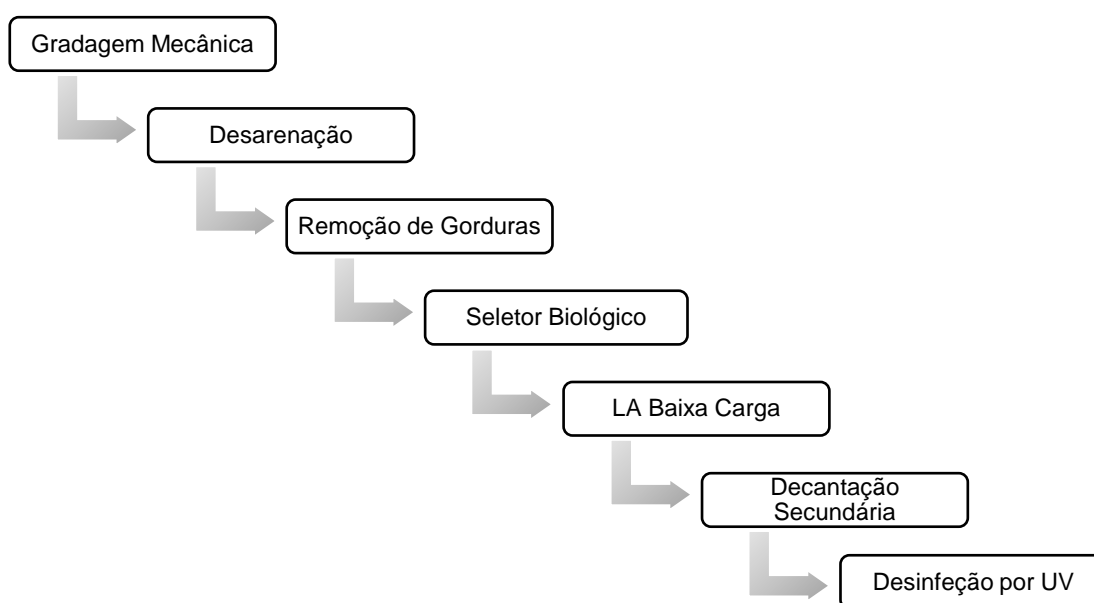


Figura 5-8 – Fileira de tratamento da ETAR de Cucena

Relativamente ao dispositivo de desinfecção UV, apresenta um sistema instalado em canal (comum às duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida), composto por 2 módulos com 8 LBPEI cada, da marca Trojan UV 3000 Plus, modelo GA56T6 Amalgama.

Outras características operacionais das LBPEI foram fornecidas pela EG, as quais se indicam no Quadro 5-4.

Quadro 5-6 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Cucena

Consumo de energia (W)	250
Voltagem da lâmpada (V)	230
Diâmetro da lâmpada (mm)	19
Perda de carga da instalação	Baixa
Duração das lâmpadas (h)	12000
Duração do balastro (ano)	5
Substituição das lâmpadas	Elevada
Limpeza das lâmpadas	Automática
Ocupação da área (m ²)	2

A descarga do efluente da desinfecção correspondente à parcela de ART não reutilizadas internamente e é efetuada no Estuário do Tejo.

Os requisitos que integram a sua licença de descarga relativa ao ano de 2011 apresentam-se seguidamente no Quadro 5-7.

Quadro 5-7 – Requisitos de descarga da ETAR de Cucena

Parâmetros	SST	CBO₅	CQO	CF
<i>Unidades</i>		<i>(mg/L)</i>		<i>(NMP/100 mL)</i>
VLE	35	25	125	2000

5.3.4. ETAR de Fernão Ferro

De acordo com a informação prestada pela SIMARSUL, S.A. a ETAR de Fernão Ferro entrou em funcionamento em Maio de 2010, recebendo exclusivamente ARU.

Servindo o concelho do Seixal, no ano horizonte de projeto a infraestrutura apresenta uma capacidade para tratar 5890 m³/d de AR, correspondentes a 32700 e.p., apesar de no ano de 2011 ter tratado apenas 1097 m³/d.

A referida ETAR é composta por duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida, às quais diz respeito a fileira de tratamento indicada na Figura 5-9, uma linha de tratamento de fase sólida e outra de tratamento de odores.

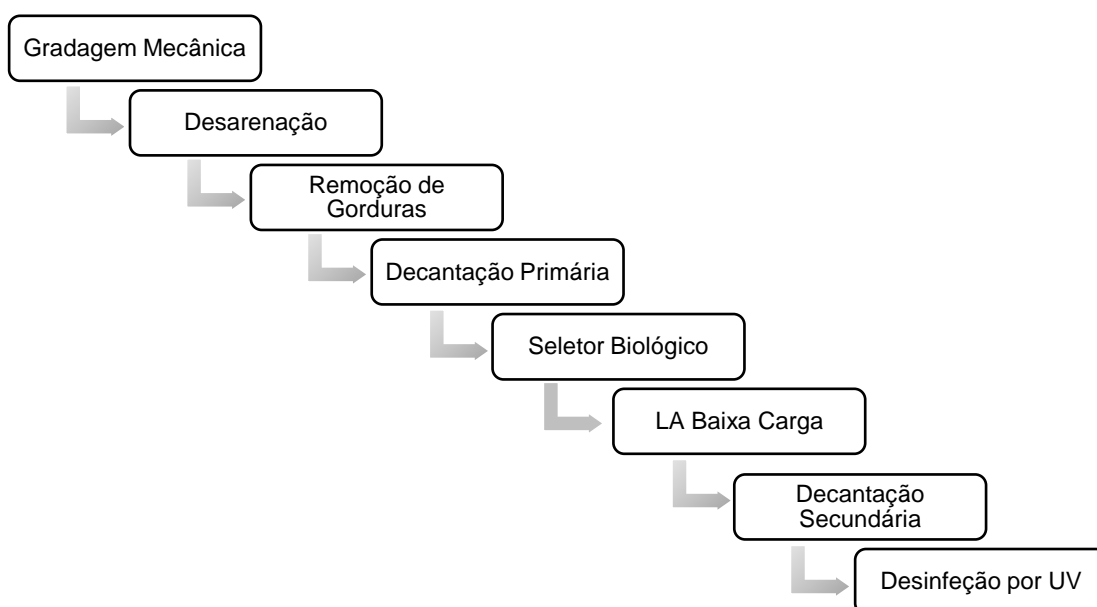


Figura 5-9 – Fileira de tratamento da ETAR de Fernão Ferro

Relativamente ao dispositivo de desinfeção UV, apresenta um sistema instalado em canal (comum às duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida), composto por 4 módulos, com 8 LBPEI cada, da marca Trojan UV 3000 Plus, modelo GA56T6 Amalgama.

Outras características operacionais das LBPEI foram fornecidas pela EG, as quais se indicam no Quadro 5-8.

Quadro 5-8 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR de Fernão Ferro

Consumo de energia (W)	250
Voltagem da lâmpada (V)	230
Diâmetro da lâmpada (mm)	19
Perda de carga da instalação	Baixa
Duração das lâmpadas (h)	12000
Duração do balastro (ano)	5
Substituição das lâmpadas	Elevada
Limpeza das lâmpadas	Automática
Ocupação da área (m ²)	4

A descarga do efluente da desinfecção correspondente à parcela de ART não reutilizadas internamente e é efetuada no Estuário do Tejo.

Os requisitos que integram a sua licença de descarga relativa ao ano de 2011 apresentam-se seguidamente no Quadro 5-9.

Quadro 5-9 – Requisitos de descarga da ETAR de Fernão Ferro

Parâmetros	pH	SST	CBO₅	CQO	Azoto e Fósforo Totais	CF
<i>Unidades</i>	-	<i>(mg/L)</i>			<i>(mg /L N) e (mg/L P)</i>	<i>(NMP/100 mL)</i>
VLE ¹⁰	Entre 6 e 9	35	25	125	MM	2000
VLE ¹¹	N/A	35	25	125	MT	2000

Legenda: MM – não é VLE, apenas é exigida monitorização mensal ; N/A – deixou de ser requisito de descarga; MT – não é VLE, apenas é exigida monitorização trimestral.

¹⁰ A cumprir no mês de Janeiro de 2011

¹¹ A cumprir a partir do mês de Fevereiro de 2011

5.3.5. ETAR do Seixalinho

De acordo com a informação prestada pela SIMARSUL, S.A. a empreitada de conceção-construção da ETAR do Seixalinho foi iniciada em Junho de 2006, tendo entrado em funcionamento em Dezembro de 2008, recebendo exclusivamente ARU.

Servindo o concelho do Montijo, no ano horizonte de projeto a infraestrutura apresenta uma capacidade para tratar 14400 m³/d de AR, correspondentes a 65000 e.p., apesar de no ano de 2011 ter tratado apenas 4579 m³/d.

A referida ETAR é composta por duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida, às quais diz respeito a fileira de tratamento indicada na Figura 5-10, uma linha de tratamento de fase sólida e outra de tratamento de odores.

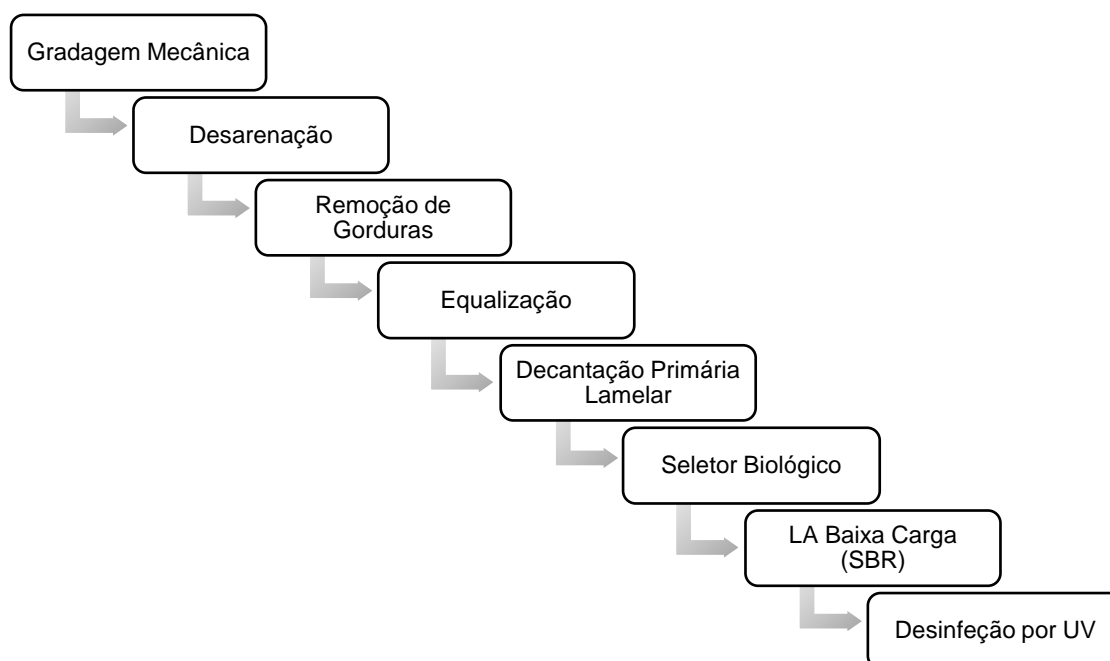


Figura 5-10 – Fileira de tratamento da ETAR do Seixalinho

Relativamente ao dispositivo de desinfecção UV, apresenta um sistema instalado em canal (comum às duas linhas paralelas de tratamento da fase líquida), composto por 4 módulos com 8 LBPEI cada, da marca Trojan UV 3000 Plus, modelo GA56T6 Amalgama.

Outras características operacionais das LBPEI foram fornecidas pela EG, as quais se indicam no Quadro 5-10.

Quadro 5-10 – Características operacionais das lâmpadas da ETAR do Seixalinho

Consumo de energia (W)	250
Voltagem da lâmpada (V)	230
Diâmetro da lâmpada (mm)	19
Perda de carga da instalação	Baixa
Duração das lâmpadas (h)	12000
Duração do balastro (ano)	2
Substituição das lâmpadas	Baixa
Limpeza das lâmpadas	Automática
Ocupação da área (m ²)	6

A descarga do efluente da desinfecção correspondente à parcela de ART não reutilizadas internamente e é efetuada no Estuário do Tejo.

Os requisitos que integram a licença de descarga relativa ao ano de 2011 apresentam-se seguidamente no Quadro 5-11.

Quadro 5-11 – Requisitos de descarga da ETAR do Seixalinho

<i>Parâmetros</i>	<i>pH</i>	<i>SST</i>	<i>CBO₅</i>	<i>CQO</i>	<i>Azoto e Fósforo Totais</i>	<i>CF</i>
<i>Unidades</i>	-	<i>(mg/L)</i>			<i>(mg/L N) e (mg/L P)</i>	<i>(NMP/100 mL)</i>
VLE	Entre 6 e 9	35	25	125	MT	2000

Legenda: MT – não é VLE, apenas é exigida monitorização trimestral.

5.4. Condições médias de funcionamento

Para que fosse possível avaliar as condições médias de funcionamento das ETAR da SIMARSUL, S.A. com alguma margem de confiança, tornou-se essencial proceder ao cálculo dos valores médios das séries de dados dos parâmetros disponibilizados por aquela EG para o ano de 2011, bem como o desvio padrão associado, para um intervalo de confiança de 95%.

Os cálculos anteriormente referidos foram efetuados através de uma folha de cálculo no programa Microsoft Excel, tendo por base os valores disponibilizados por aquela EG, dispostos no Anexo C.

Os valores resultantes dos cálculos mencionados anteriormente, para cada uma das ETAR, apresentam-se do Quadro 5-12 ao Quadro 5-16.

Quadro 5-12 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Afonsoeiro

	Afluente à ETAR			Afluente à desinfeção		Efluente da desinfeção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Tamanho Amostra	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Valor Médio	338,3	283,6	731,9	8,4E+04	18,0	4,2E+02	10,2	3,6	38,7
Desvio Padrão	169,7	120,5	274,8	1,1E+05	7,6	7,6E+02	0,6	1,5	11,5
Nível de Significância	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
Margem de Erro	67,9	48,2	109,9	4,6E+04	3,0	3,0E+02	0,2	0,6	4,6
Limite Superior	406,2	331,8	841,8	1,3E+05	21,0	7,2E+02	10,4	4,2	43,3
Limite Inferior	270,4	235,4	622,0	3,8E+04	15,0	1,1E+02	9,9	3,0	34,1

Quadro 5-13 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Alcochete

	Afluente à ETAR			Afluente à desinfeção		Efluente da desinfeção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Tamanho Amostra	12	12	12	12	4	12	12	12	12
Valor Médio	285,8	318,1	716,0	1,2E+04	10,0	1,2E+03	13,1	5,3	43,5
Desvio Padrão	85,1	90,3	153,4	4,8E+04	2,8	1,5E+03	5,8	3,7	11,8
Nível de Significância	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Margem de Erro	48,1	51,1	86,8	2,7E+04	2,8	8,3E+02	3,3	2,1	6,7
Limite Superior	333,9	369,2	802,8	4,0E+04	12,8	2,1E+03	16,4	7,4	50,2
Limite Inferior	237,6	267,0	629,2	0,0E+00	7,2	4,0E+02	9,8	3,3	36,8

Quadro 5-14 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Cucena

	Afluentes à ETAR			Afluentes à desinfecção		Efluentes da desinfecção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Tamanho Amostra	12	12	12	5	5	12	12	12	12
Valor Médio	656,0	203,5	850,2	7,1E+03	9,4	1,8E+02	10,8	3,0	23,8
Desvio Padrão	320,2	69,8	385,3	2,2E+05	1,7	2,9E+02	1,1	0,0	7,1
Nível de Significância	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Margem de Erro	181,2	39,5	218,0	1,9E+05	1,5	1,6E+02	0,6	0,0	4,0
Limite Superior	837,2	243,0	1068	2,0E+05	10,9	3,4E+02	11,4	3,0	27,8
Limite Inferior	474,8	164,0	632,2	0,0E+00	7,9	1,5E+01	10,1	3,0	19,8

Quadro 5-15 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR de Fernão Ferro

	Afluentes à ETAR			Afluentes à desinfecção		Efluentes da desinfecção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Tamanho Amostra	12	12	12	5	-	12	12	12	12
Valor Médio	244,1	168,2	441,1	5,2E+04	-	4,0E+02	12,6	7,5	42,8
Desvio Padrão	161,2	85,5	288,9	5,0E+04	-	9,6E+02	7,2	11,0	12,0
Nível de Significância	0,05	0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,05	0,05	0,05
Margem de Erro	91,2	48,4	163,5	4,4E+04	-	5,5E+02	4,1	6,2	6,8
Limite Superior	335,3	216,6	604,6	9,6E+04	-	9,5E+02	16,7	13,7	49,6
Limite Inferior	152,9	119,8	277,6	7,8E+03	-	0,0E+00	8,5	1,3	36,0

Legenda: - Parâmetro sem dados.

Quadro 5-16 – Valores médios e intervalos de confiança das séries de dados da ETAR do Seixalinho

	Afluente à ETAR			Afluente à desinfeção		Efluente da desinfeção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Tamanho Amostra	12	12	12	11	5	12	12	12	12
Valor Médio	322,8	306,1	755,0	7,2E+04	13,2	5,2E+02	13,1	8,0	52,6
Desvio Padrão	241,4	173,1	487,8	1,0E+05	4,0	7,1E+02	3,7	4,5	18,4
Nível de Significância	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Margem de Erro	136,6	98,0	276,0	6,2E+04	3,5	4,0E+02	2,1	2,6	10,4
Limite Superior	459,3	404,0	1031	1,3E+05	16,7	9,2E+02	15,2	10,6	63,0
Limite Inferior	186,2	208,1	479,0	1,0E+04	9,7	1,2E+02	11,0	5,5	42,2

Para as restantes EG não foi possível efetuar o mesmo procedimento, dado a SIMLIS ter fornecido exclusivamente valores médios do ano de 2011, idem para as AdNA relativamente ao ano de 2007, sem qualquer tipo de séries que permitissem efetuar considerações estatísticas, como no caso anterior.

Do Quadro 5-17 ao Quadro 5-19 são apresentados os valores médios das ETAR da EG SIMLIS, enquanto no Quadro 5-20 os valores são referentes à ETAR das AdNA.

Quadro 5-17 – Valores médios da ETAR de Pedreiras

	Afluente à ETAR			Afluente à desinfeção		Efluente da desinfeção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Valor Médio	-	-	-	1,3E+05	-	2,0E+02	6	10	31

Legenda: - Parâmetro sem dados.

Quadro 5-18 – Valores médios da ETAR de Fátima

	Afluentes à ETAR			Afluentes à desinfecção		Efluentes da desinfecção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Valor Médio	-	-	-	4,6E+04	-	0,0E+00	10	11	46

Legenda: - Parâmetro sem dados.

Quadro 5-19 – Valores médios da ETAR Norte

	Afluentes à ETAR			Afluentes à desinfecção		Efluentes da desinfecção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Valor Médio	-	-	-	1,2E+05	-	4,0E+03	11	10	41

Legenda: - Parâmetro sem dados.

Quadro 5-20 – Valores médios da ETAR de Elvas

	Afluentes à ETAR			Afluentes à desinfecção		Efluentes da desinfecção			
	SST	CBO	CQO	CF	SST	CF	SST	CBO	CQO
Valor Médio	186	159	474	9,5E+04	5	2,7E+02	5	9	20

Legenda: - Parâmetro sem dados.

5.5. Eficiências de remoção de microrganismos indicadores de contaminação fecal das ETAR em estudo

A eficiência do processo de desinfecção das 3 EG, reportadas à taxa de remoção de CF, foi calculada por aplicação da Eq. 02 (ver 3.4.7) e Eq. 03, traduzindo-se em unidades logarítmicas e percentagem de MO indicadores de contaminação fecal efetivamente removidos, respetivamente.

$$Eficiência (\%) = \left(\frac{CF_0 - CF_f}{CF_0} \right) \times 100 \quad \text{Eq.03}$$

Em que:

CF₀ – CF no afluentes da desinfecção (NMP/100 mL);

CF_f – CF no efluente da desinfecção (NMP/100 mL).

Os valores obtidos por ambas as equações, encontram-se dispostos no Quadro 5-21.

Quadro 5-21 – Eficiências do processo de desinfecção

<i>Designação da ETAR</i>	CF_0	CF_f	<i>Eficiência</i>	
	(NMP/100 mL)	(NMP/100 mL)	(%)	(log)
SIMARSUL, S.A.				
Afonsoeiro	8,4E+04	4,2E+02	99,504	2,30
Alcochete	1,2E+04	1,2E+03	89,963	1,00
Cucena	7,1E+03	1,8E+02	97,469	1,60
Fernão Ferro	5,2E+04	4,0E+02	99,227	2,11
Seixalinho	7,2E+04	5,2E+02	99,283	2,14
SIMLIS				
Pedreiras	1,3E+05	2,0E+02	99,848	2,82
Fátima	4,6E+04	0,0E+00	100,000	-
Norte	1,2E+05	4,0E+03	96,661	1,48
ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO, S.A.				
Elvas	9,5E+04	2,7E+02	99,718	2,55

5.6. Fatores condicionantes da eficiência do processo de desinfecção

Comparando as características qualitativas dos efluentes das ETAR da SIMARSUL, S.A com os respetivos valores integrantes das licenças de descarga, comprova-se a eficiência de todas as ETAR em estudo, com alguma margem de segurança, nomeadamente reportada às concentrações de SST e CF.

Contudo apesar da eficiência verificada, algumas ETAR (como a de Alcochete e Cucena) não apresentam necessariamente um bom nível de redução de CF (reduzindo apenas duas potências de 10 de CF), embora essa redução seja a suficiente para alcançar os requisitos das suas licenças de descarga, definidos como os principais requisitos de qualidade do efluente final em projeto.

A sua eficiência é também atribuída ao tipo de lâmpadas utilizadas, uma vez que as LBPEI emitem um feixe de radiação UV bastante intenso para comprimentos de onda de 254 nm, muito próximo do comprimento de onda mais germicida (260 nm), trazendo benefícios aos períodos em que se verificam valores elevados da transmitância, dado que nestas alturas são requeridas intensidades de radiação mais elevadas com vista à remoção de eventuais MOP associados a partículas em suspensão, e ainda devido às lâmpadas utilizadas disporem de dispositivo automatizado de limpeza, mitigando a formação de depósitos e eventuais problemas relacionados com a sua O&M.

Os SS influenciam significativamente o processo de desinfecção por radiação UV, como tal torna-se imperativo assegurar uma concentração adequada dos mesmos a montante dos dispositivos de desinfecção, para que o efluente final apresente composição adequada, ao meio recetor onde é rejeitado.

Visto as ETAR da SIMARSUL, S.A. não disporem de dispositivos de filtração a montante da desinfecção, a eficiência deste processo encontra-se intimamente relacionada com as operações e processos imediatamente a montante, mais concretamente do tratamento biológico.

De facto comprova-se que o tratamento biológico das ETAR em estudo daquela EG são bastante eficientes na remoção de SST devido ao facto de em alguns tanques do tratamento biológico (Sequence Batch Reactor – SBR) a decantação se efetuar sem a interferência de cargas hidráulicas afluentes, e ainda às operações de baixa carga que incorrem em elevados tempos de retenção (entre 1 e 2 dias), contribuindo para uma melhor sedimentabilidade das partículas em suspensão devido à mineralização de parte do material suspenso e incorrendo ainda no decréscimo de CF associados aos SS.

Aliada ao tratamento biológico, a existência de seletores biológicos a montante dos processos de LA permite limitar o crescimento de MO filamentosos¹² e de outros que não apresentem boas capacidades de sedimentação.

¹² Tipo de MO que dão origem aos fenómenos de bulking nas lamas provenientes do tratamento biológico, e formação de escumas.

A operação destes reatores baseia-se na recirculação de lamas provenientes do tratamento biológico, contribuindo para uma elevada concentração de substrato, traduzindo-se na proliferação de bactérias formadoras de flocos em detrimento das filamentosas, assim o processo de sedimentação de SS e eventuais MO a eles associados é assegurado de uma forma mais eficaz, garantindo ainda lamas mais espessas.

Nos gráficos seguintes (Figura 5-11 a Figura 5-15) são apresentadas as variações da transmitância (T) e dos SST para comprimentos de onda de 254 nm, verificadas no ano de 2011, nas ETAR da SIMARSUL, S.A.

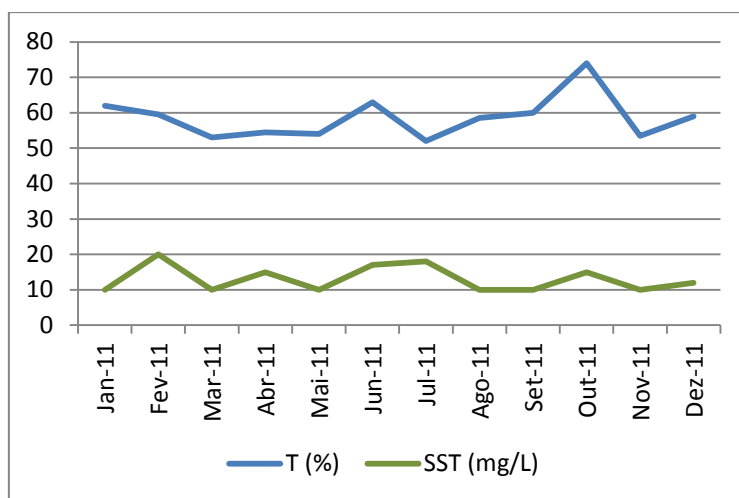


Figura 5-11 – Variação da T e dos SST da ETAR do Afonsoeiro

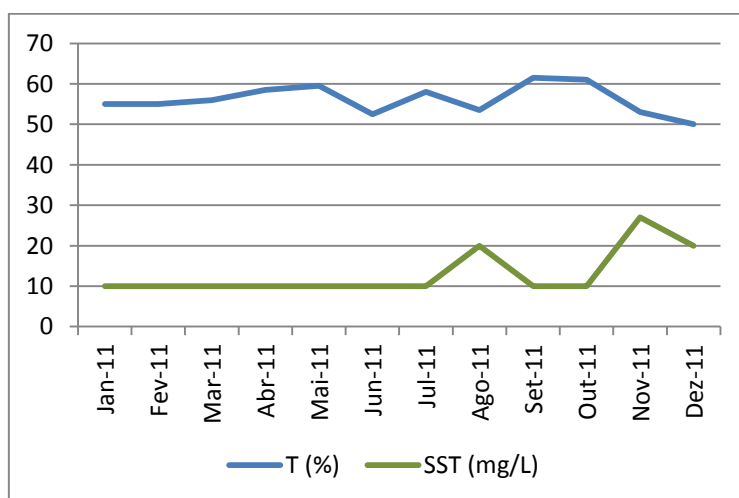


Figura 5-12 – Variação da T e dos SST da ETAR de Alcochete

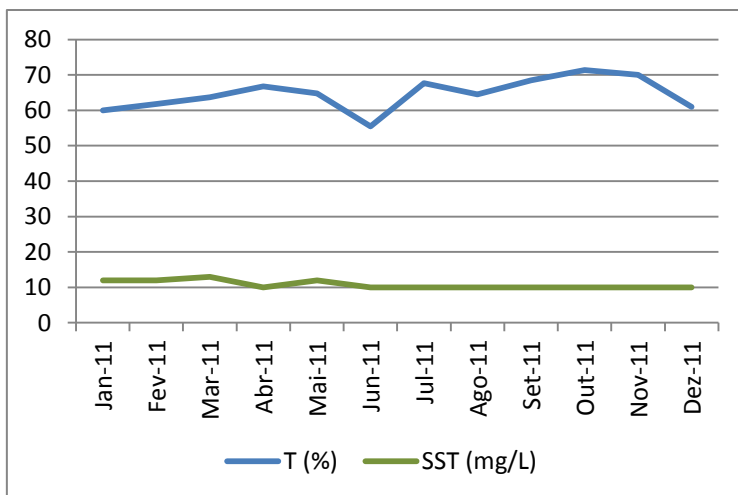


Figura 5-13 – Variação da T e dos SST da ETAR de Cucena

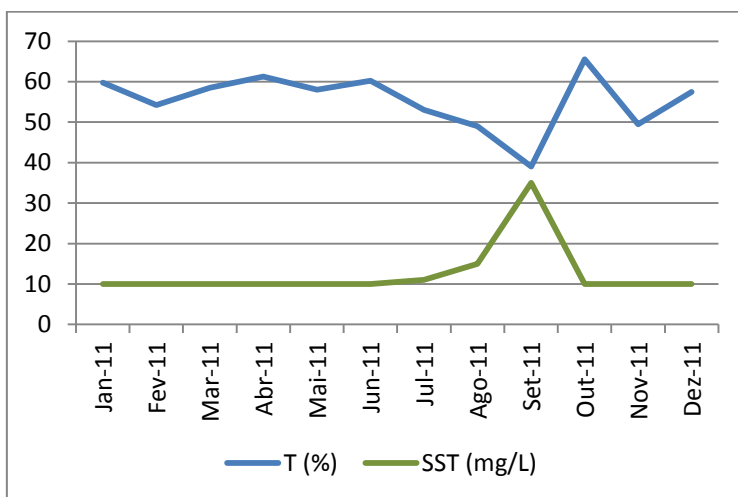


Figura 5-14 – Variação da T dos SST e da ETAR de Fernão Ferro

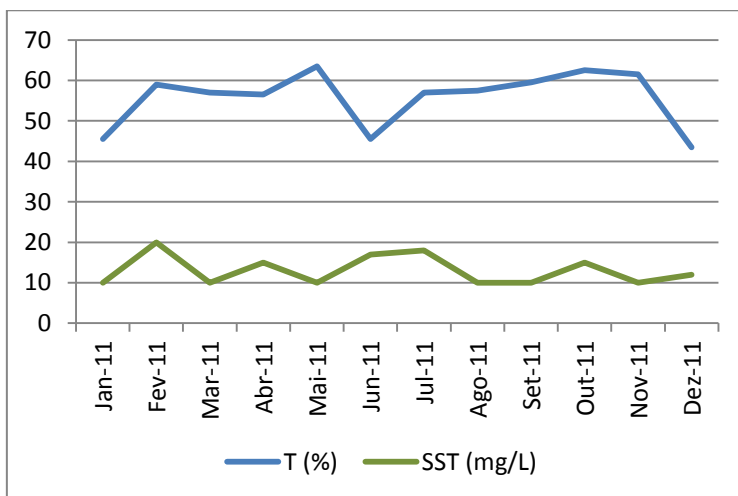


Figura 5-15 – Variação da T e dos SST da ETAR do Seixalinho

Pela análise dos gráficos anteriores constata-se que a concentração de SST influencia a transmitância verificada no afluente à unidade de desinfecção, mais concretamente na Figura 5-11, Figura 5-14 e na Figura 5-15.

Nomeadamente quando se verifica o aumento da concentração de SST, a transmitância tem tendência a diminuir, resultado de elevados níveis de turvação que interferem na penetração da radiação UV incidente, provocando maiores perdas aquando do atravessamento da AR pelo feixe de radiação.

Ao detetar valores crescentes de SST, o sistema de controlo da desinfecção ajusta automaticamente a dose transmitida, aumentando a radiação incidente provocando um aumento na transmitância.

Segundo EU (2006), para que a dose ótima de radiação UV seja eficaz na remoção de MOP, devem ser verificados valores de transmitância superiores a 60% e de SST inferiores a 5 mg/L.

No caso das ETAR da SIMARSUL, S.A. a concentração de SST no afluente à desinfecção encontra-se bastante aquém da recomendação anterior (variando entre 9,4 e 18 mg/L), enquanto na ETAR das AdNA, o valor de referência é respeitado no limite (5 mg/L).

A transmitância, nas ETAR da SIMARSUL, S.A., verifica-se perto do valor proposto, quer pela EU, quer pela WEF (ver 3.4.10), oscilando entre os valores médios de 56 e 64%, dispostos no Anexo D.

Contudo comprova-se que o processo de desinfecção, mesmo não respeitando na íntegra as recomendações anteriores, é eficiente.

5.7. Análise da aptidão da AR desinfetada para diversos usos

5.7.1. Nota introdutória

A avaliação da qualidade da água para qualquer uso é geralmente efetuada através da consideração de critérios de qualidade, nomeadamente pela concentração de substâncias químicas e de indicadores microbiológicos.

Dada a importância destas concentrações na composição da água, a EU tem vindo a desenvolver com base na Carta Europeia da Água (CEA), um conjunto vasto e notável de estudos com vista à elaboração de legislação e recomendações técnicas para os diversos usos da água e sua qualidade.

Em Portugal, a partir dos anos oitenta, tem-se assistido a um esforço considerável no sentido de implementar um pacote legislativo que dê suporte a uma

política nacional da água, enquadrada numa política de ambiente, de âmbito mais vasto (Marecos, 2008), com base nas diretivas europeias. Apesar da existência de inúmeras diretivas no âmbito da água transpostas para o direito nacional, existe ainda um número considerável não transposto.

Dos diversos parâmetros de monitorização da qualidade da água, o que se demonstra mais importante, devido a questões relacionadas com a saúde pública são os MO suscetíveis de causar impactes negativos tanto à saúde pública como aos ecossistemas relacionados com a água, razão pela qual os parâmetros microbiológicos aquando a descarga no meio recetor devem ser compatíveis com a qualidade ecológica desse meio e com os usos subsequentes.

Desta forma, através da qualidade microbiológica, física e química da ART dos efluentes das ETAR, nomeadamente dos valores de CF indicados no Quadro 5-21 (ver 5.5), bem como dos parâmetros SST, CBO e CQO (dispostos em 5.4), foi possível inferir sobre a sua aptidão, para os diversos usos mencionados em 2.1 (produção de água para consumo humano, água para suporte de vida aquícola, águas balneares e ainda águas de rega), de acordo com um conjunto de requisitos estipulados pelo DL n.º 236/1998, de 1 de Agosto, norma portuguesa (NP) 4434:2005 entre outros documentos legislativos, como diretivas comunitárias.

Salvaguarda-se o facto de não se disporem de todos os parâmetros de avaliação da qualidade dos efluentes das ETAR em estudo, razão pela qual apenas se inferiu a aptidão das ART através dos parâmetros cedidos pelas 3 EG.

Porém presume-se que as concentrações dos parâmetros em falta para avaliação da qualidade dos efluentes não se demonstram muito elevadas, nomeadamente se o efluente das ETAR for descarregado em massas de água ou infiltrado no solo, sofrendo diluição e tratamento adicional respetivamente, contribuindo para a diminuição das concentrações dos parâmetros de avaliação da sua qualidade.

Foram também considerados outros casos passíveis de reutilização das ART, de acordo com recomendações técnicas resultantes de estudos internacionais.

5.7.2. Água para produção de água para consumo humano

De acordo com o DL n.º 236/1998, de 1 de Agosto, que transpõe a Diretiva n.º 74/440/CEE, do Conselho de 16 de Junho, a qualidade da água captada para produção de água para consumo humano apresenta diversos valores máximos recomendados (VMR) para os parâmetros microbiológicos (ver Anexo E), de acordo com o tipo de tratamento efetuado nas estações de tratamento.

Através das concentrações de CF nos efluentes das ETAR em estudo, comprova-se que todas as ART seriam propícias à captação de água para produção de água para consumo humano. Porém os efluentes das ETAR Norte e Fátima da SIMLIS teriam de ser submetidos a ETA com esquemas de tratamento das classes A3 e A1 respetivamente, enquanto os restantes seriam suscetíveis de tratamentos da classe A2.

Relativamente aos parâmetros de qualidade química (CBO e CQO), comprova-se que a ETAR de Cucena é a única a respeitar todos os VMR dispostos naquele documento legislativo, para um esquema de tratamento da classe A3.

As ETAR de Afonsoeiro e Alcochete apenas cumprem o VMR para o CBO de acordo com um esquema de tratamento da classe A3, enquanto a ETAR de Elvas respeita apenas o VMR do parâmetro CQO também para um esquema de tratamento da classe A3.

O VMR de SST é respeitado por todas as ETAR em estudo, correspondendo a um esquema de tratamento da classe A1.

5.7.3. Águas para suporte de vida aquícola

Os parâmetros de qualidade referentes às águas doces para suporte de vida aquícola são também estabelecidos no DL n.º 236/1998, de 1 de Agosto – ver Anexo F.

Este tipo de águas encontra-se subdividido em dois grupos – águas piscícolas e conquícolas – de acordo com o fim a que se destinam, transpondo duas Diretivas comunitárias que seguidamente se referem.

As águas piscícolas, transpostas da Diretiva n.º 78/659/CEE¹³, do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de Julho, encontram-se divididas em três tipos: águas

¹³ A referida Diretiva encontra-se revogada pela Diretiva n.º 2006/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de Setembro de 2006, embora ainda não tenha sido transposta

de salmonídeos (salmão e truta), águas de ciprinídeos (escalo, barbo, boga e espécies não pertencentes à família salmonídea) e águas onde ocorrem simultaneamente salmonídeos e ciprinídeos.

Os três tipos referidos anteriormente não apresentam quaisquer requisitos de qualidade microbiológica, concluindo-se que todos os efluentes das ETAR em estudo se demonstram aptos para descarga em massas de água que sirvam de suporte a espécies piscícolas.

O único parâmetro de qualidade química exigido pela legislação de que se dispõem dados é o CBO. O seu VMR, para águas salmonídeas apenas é respeitado pela ETAR de Cucena, enquanto relativamente às águas ciprinídeas é respeitado pelas ETAR de Afonsoseiro, Alcochete e Cucena.

Os SST dos efluentes de todas as ETAR em estudo respeitam os VMR para todos os tipos de águas piscícolas.

A transposição da Diretiva n.º 79/923/CEE¹⁴, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de Outubro, relativa às águas conquícolas, estabelece como parâmetro de qualidade microbiológico, o teor de CF.

As únicas ETAR aptas para descarga de ART em meios recetores de culturas conquícolas são as de Cucena, Pedreiras e Fátima, de acordo com as suas concentrações de CF.

Os parâmetros químicos, CBO e CQO, não são requisito de qualidade integrante desta diretiva. Contudo os SST apresentam um requisito relativo ao valor máximo admissível (VMA) aquando a descarga do efluente das ETAR, não devendo exceder em mais de 30% o teor medido nas águas conquícolas afetadas pela respetiva descarga.

5.7.4. Águas balneares

Os requisitos de qualidade das águas balneares encontram-se definidos no DL n.º 236/1998, de 1 de Agosto (ver Anexo G), tendo sido transpostos da Diretiva n.º 76/160/CEE, do Conselho Europeu, de 8 de Dezembro.

para o direito nacional. Contudo mantêm-se os requisitos de qualidade analisados para a Diretiva revogada.

¹⁴ A referida Diretiva encontra-se revogada pela Diretiva n.º 2006/113/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de Dezembro de 2006, embora ainda não tenha sido transposta para o direito nacional. Contudo mantêm-se os requisitos de qualidade analisados para a Diretiva revogada.

Refere-se que os requisitos anteriormente mencionados apenas se encontram em vigor até ao final da época balnear do ano 2014, correspondendo ao período de transição para que todos os estados-membros reúnam todas as condições para a aplicação plena da Diretiva n.º 2006/7/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de Fevereiro de 2006, que revogou a anteriormente mencionada para o domínio das águas balneares.

O facto de todas as ETAR da SIMARSUL, S.A., apresentarem como requisito da licença de descarga o VLE de 2,0E+03 (NMP/100 mL) para os CF, indica que todas elas produzem um efluente compatível com a qualidade microbiológica definida para as zonas balneares, pelo DL n.º 236/1998.

Das restantes EG, apenas o efluente da ETAR Norte, da SIMLIS não se demonstra compatível com rejeição em zonas balneares.

A Diretiva mais recente no âmbito das águas balneares encontra-se transposta para o direito nacional através do DL n.º 135/2009 de 3 de Junho, alterado pelo DL n.º 113/2012 de 23 de Maio.

As novas diretrizes europeias para a qualidade microbiológica das águas balneares afastam-se claramente das definidas pela Diretiva anterior (ver Anexo G), não só pelos parâmetros microbiológicos a analisar, que passaram a ser exclusivamente os enterococos intestinais e a *E. coli* (sendo a respetiva análise inferida através padrões estatísticos), mas também pela diferenciação dos tipos de massas de água balneares e sua qualidade.

De acordo com a Diretiva mais recente de águas balneares pode-se inferir-se que os efluentes das ETAR da SIMARSUL, S.A. se demonstram aptos para rejeição em águas de transição (como é o Estuário do Tejo) de qualidade boa, sendo que o efluente da ETAR de Cucena é apto para rejeição em águas de transição de qualidade excelente.

Relativamente às ETAR das restantes EG não é possível inferir a sua aptidão para rejeição em zonas balneares pelo facto de não se disporem de intervalos de confiança para os parâmetros microbiológicos (como referido em 5.4).

A análise da possibilidade de rejeição de ART indicada anteriormente é salvaguardada pelo facto de a *E. coli* integrar o grupo dos CF, e portanto integrar parte da concentração dos CF verificados nos efluentes finais, desta forma fica garantida a premissa de qualidade microbiológica aquando da descarga sempre que

se verifique um valor de CF inferior ao daquela bactéria indicadora de contaminação fecal.

Apesar das unidades dos parâmetros microbiológicos da Diretiva mais recente serem expressas em UFC, e os resultados provenientes do Quadro 5-21 serem indicados em NMP, ambos podem ser alvo de comparação uma vez que o ensaio laboratorial subjacente ao NMP é mais fiável à presença efetiva de CF, dado ser realizado com base em fórmulas probabilísticas, sendo a precisão do mesmo definida pelo número de tubos ensaiados, mediante critério do operador.

Por sua vez os valores obtidos em UFC (através do ensaio das membranas filtrantes) apenas apresentam valores para a cultura da amostra analisada, que em certos casos pode não ser representativa do caso de estudo devido a anomalias ocorridas durante o procedimento experimental – quer por erros cometidos pelo operador quer pelo material utilizado –, tornando-o portanto menos fiável que o dos tubos múltiplos.

Segundo a APHA (1998), o método dos tubos múltiplos é considerado como a melhor avaliação da eficácia de tratamento de água e qualidade sanitária relativa aos MO do grupo coliforme.

5.7.5. Águas de rega

Na atualidade, a rega é a aplicação que utiliza maior volume de ART, tanto nos países de agricultura mais desenvolvida, como nos países em desenvolvimento (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A qualidade das ART para rega deve obedecer a determinados parâmetros de qualidade química e agronómica, salvaguardando impactes negativos sobre a saúde pública e ecossistemas que dela dependem, nomeadamente através da sua composição microbiológica.

Do ponto de vista químico e agronómico devem ser acauteladas situações em que a ART possa veicular substâncias prejudiciais às culturas de regadio, como metais pesados, entre outros. Por outro lado, a sua composição química pode desempenhar um fator benéfico ao crescimento quando incorporada de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas, como compostos de azoto e fósforo, entre outros.

A proteção da saúde pública e ecossistemas interligados à ART utilizada na rega é conseguida através da compatibilização do número de MO indicadores de

contaminação fecal com o tipo de exposição humana e animal, tanto à rega como aos produtos regados (adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

O DL n.º 236/1998 estabelece parâmetros de qualidade para reutilização de ART na rega, bem como respetivos métodos analíticos de referência e frequência mínima de amostragem (à semelhança dos demais usos previstos naquele documento legislativo).

Este documento legislativo é contudo extremamente conservativo ao nível dos parâmetros microbiológicos (ver Anexo H), requerendo ART com qualidade superior a diversas fontes onde é captada água para rega, razão pela qual não deve constituir uma referência a nível microbiológico.

Uma alternativa ao DL n.º 236/1998 é a NP 4434:2005, relativa à reutilização de ARU tratadas para rega. Ao contrário do DL, o documento normativo estabelece os requisitos microbiológicos a que a ART deve obedecer em função de diversas classes, enumeradas seguidamente, mediante o tipo de cultura.

- Classe A – culturas hortícolas para consumo em cru;
- Classe B – relvados, parques e jardins públicos e relvados para prática de desportos, zonas florestadas com fácil acesso ao público;
- Classe C – culturas hortícolas para consumir cozinhadas, culturas forrageiras e pratenses, vinha e pomares;
- Classe D – culturas cerealíferas (com exclusão do arroz), culturas hortícolas para laboração industrial, culturas destinadas à produção de matérias-primas para as indústrias têxtil, de extração de óleos e essências vegetais e similares, culturas florestais e relvados situados em locais de difícil acesso para o público ou com acesso controlado.

Para cada uma das classes, indica-se no Quadro 5-22 os VMA para os parâmetros microbiológicos das ART (segundo a referida NP), bem como a aptidão de cada ETAR para a rega das referidas classes.

Quadro 5-22 – Classes e respetivos VMA para os parâmetros microbiológicos das ART para reutilização em rega, e aptidão dos efluentes das ETAR

Designação da ETAR	CF no efluente tratado (NMP/100 mL)	Classes e respetivos VMA de CF (NMP/100 mL)			
		A (1,0E+02)	B (2,0E+02)	C (1,0E+03)	D (1,0E+04)
SIMARSUL, S.A.					
Afonsoeiro	4,2E+02	x	x	✓	✓
Alcochete	1,2E+03	x	x	x	✓
Cucena	1,8E+02	x	✓	✓	✓
Fernão Ferro	4,0E+02	x	x	✓	✓
Seixalinho	5,2E+02	x	x	✓	✓
SIMLIS					
Pedreiras	2,0E+02	x	✓	✓	✓
Fátima	0,0E+00	✓	✓	✓	✓
Norte	4,0E+03	x	x	x	✓
ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO, S.A.					
Elvas	2,7E+02	x	x	✓	✓

Legenda: ✓ – Apto para rega da classe x – Inapto para rega da classe.

Pela análise dos dados do Quadro 5-22 verifica-se que todos os efluentes das ETAR em estudo se demonstram aptos para rega da classe D, nomeadamente por disporem de relvados situados em locais de difícil acesso para o público ou com acesso controlado.

O facto anterior é comprovado pela reutilização interna de ART nas ETAR da SIMARSUL, S.A., que dispõem de uma rede interna própria para rega de espaços verdes, constituída por reservatório de armazenamento e condutas, como se observa na Figura 5-16, reutilizando também parte da ART armazenada para lavagens internas.



Figura 5-16 – Rede interna de reutilização de ART na ETAR de Alcochete

Das restantes EG não foi possível inferir se reutilizam ART para rega, à exceção da ETAR Norte da SIMLIS, que segundo informação na sua página web reutiliza ART para rega agrícola.

Os efluentes da desinfecção demonstram-se na maioria aptos para rega da classe C, mas inaptos para as classes A e B. Por sua vez, a ETAR de Fátima é a única que se pensa permitir a reutilização de ART em rega para todas as classes de cultura dada a elevada eficiência do seu processo de desinfecção.

5.7.6. Outros tipos de reutilização

Embora se tenha demonstrado anteriormente que as ART provenientes dos efluentes de ETAR se podem verificar aptas para reutilização naqueles fins, existem atualmente outros usos para os quais se tem vindo a elaborar diversos estudos e recomendações com vista à comprovação da sua viabilidade noutras áreas.

Segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010), a utilização de ART na indústria tem vindo a ser expandida nas últimas duas décadas, trazendo vantagens a nível ambiental e económico, nomeadamente em centrais geradoras de energia, refinarias de petróleo, siderurgias, indústrias de papel e têxteis, entre outras, devido à necessidade de grandes volumes de água para arrefecimento.

A qualidade da água reutilizada pelas indústrias supracitadas é dependente do tipo de processos envolvidos, porém alguns requisitos de qualidade são transversais a qualquer indústria, pois correspondem à prevenção de consequências indesejáveis, como corrosão de materiais, incrustações dos materiais, incrustações

de algas e/ou biofilmes, induzidos pela presença de teores residuais de constituintes usuais das AR (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Para além dos requisitos anteriores torna-se fundamental salvaguardar a saúde pública, devido à exposição a que são sujeitos todos os intervenientes que contactam com a ART reutilizada, pelo controlo de eventuais MOP presentes na sua constituição, através dos parâmetros microbiológicos.

Embora não exista um consenso entre estados relativo aos parâmetros anteriores, através do Quadro 5-23, constata-se que grande parte dos efluentes das ETAR em estudo se demonstram aptos para reutilização em águas de arrefecimento, (ressalvando a questão das unidades NMP/100 mL e UFC/100 mL – ver 5.7.4).

Quadro 5-23 – Valores de CF recomendados em águas de arrefecimento

(fonte: adaptado de EU, 2006)

<i>Estados</i>	<i>CF (UFC/100 mL)</i>
Havai	2,0E+02
Nova Jérсия	4,0E+02
Panamá	2,0E+02
Texas	8,0 E+02
Utah	8,0 E+02

Face aos valores extremamente conservativos da ETAR de Fátima pensa-se que o seu efluente é apto para outros tipos de reutilização sugeridos por Marecos do Monte e Albuquerque (2010), como:

- Recarga de aquíferos (valor médio de coliformes totais de 2,2/100 mL);
- Aplicações recreativas como a produção de neve artificial e alimentação de lagos e lagoas (ausência de CF ou no máximo 75, expressos em UFC/100 mL);
- Reutilização em usos urbanos não potáveis como a lavagem de ruas e descarga de autoclismos (CF <10 e CF não detetáveis, respetivamente, em UFC/100 mL).

6. CONCLUSÕES

6.1. Conclusão do trabalho

A integração de sistemas de desinfecção nas fileiras de tratamento das ETAR nacionais não se apresenta generalizada, dado a legislação relativa às descargas de efluentes de ART em meios recetores (DL n.º 152/1997) apenas referir o tratamento secundário (biológico) como obrigatório.

A desinfecção apenas é contemplada em situações específicas, nomeadamente quando a utilização do meio recetor não apresenta características de qualidade compatíveis com as do efluente descarregado e ainda sempre que o efluente seja reutilizado para fins como: produção de água para consumo humano, águas para suporte de vida aquícola, águas balneares, águas de rega, entre outros casos, razão pela qual a sua diminuta presença nas fileira de tratamento das ETAR nacionais.

Através da pesquisa de ETAR nacionais com processos de desinfecção em operação foram identificadas 115 ETAR, das quais apenas uma parcela de 82 incluía desinfecção por radiação UV. Desta forma constatou-se que este processo ainda se encontra aquém de se revelar o sistema de desinfecção de utilização generalizada, uma vez que ainda operam no país ETAR com processos de desinfecção por via de reagentes químicos englobando, pelo menos, cloro na sua constituição.

Apesar da gradual substituição do cloro pela radiação UV, o processo tem-se processado a um ritmo dependente de questões relacionadas com o seu financiamento e com a formação necessária aos operadores de sistemas de desinfecção por radiação UV.

Da avaliação da eficiência do processo de desinfecção por radiação UV através da remoção de CF presentes no afluente às respetivas unidades de desinfecção (nas 9 ETAR em estudo), demonstrou-se que os mesmos eram eficientes através da remoção efetiva de CF em todos eles.

No caso da SIMARSUL, S.A. os requisitos das licenças de descarga foram cumpridos com margens de segurança, relativamente às concentrações máximas dos constituintes da ART definidos em projeto, apesar de a taxa de redução de algumas ETAR relativamente às concentrações dos CF se ter demonstrado um pouco aquém do que seria espectável alcançar.

O facto de as AR afluentes às ETAR daquela EG serem de características predominantemente urbanas, com reduzida ou mesmo nula incidência de ARI, constituiu um fator importante relativamente à eficiência da desinfecção, pelo facto de

minimizar a deposição/precipitação de compostos químicos (normalmente integrantes das ARI) nas lâmpadas, afetando a operação do sistema, nomeadamente através da diminuição da transmitância.

O seletor biológico incorporado nas fileiras de tratamento das ETAR da SIMARSUL, S.A., e os tempos de retenção nos processos de LA, contribuíram de forma bastante vantajosa para o decréscimo das concentrações de SST no afluente à desinfecção, que poderiam ser um potencial fator condicionante da eficiência do processo de desinfecção, contudo a carga de sólidos poderia ser ainda mais baixa se fossem previstos mecanismos de filtração a montante dos canais de desinfecção.

Dado o teor de SST no afluente às unidades de desinfecção se ter verificado dentro dos valores recomendados pela bibliografia de referência, a transmitância nos reatores encontrou-se, da mesma forma, dentro dos valores ótimos de operação, contribuindo para uma disseminação eficaz da dose desinfetante e consequente redução dos CF para valores compatíveis com diversos usos de ART, como a produção de água para consumo humano, suporte de vida aquícola, zonas balneares, rega, lavagem de pavimentos, entre outros.

Dos usos mencionados anteriormente apenas se tomou conhecimento da reutilização da ART nas ETAR da SIMARSUL, S.A (para rega de espaços verdes internos e lavagem de pavimentos) e em uma das ETAR da SIMLIS (para rega agrícola), questão que deveria ser estudada de futuro uma vez que a utilização de ART apresenta diversos benefícios ambientais e económicos em algumas utilizações de água menos nobres.

Em suma concluiu-se que os processos de desinfecção por radiação UV das 9 ETAR em estudo se demonstraram eficientes, resultado de baixos valores dos SST afluentes às unidades de desinfecção, que minimizaram a associação de MOP a partículas em suspensão, tornando mais eficaz a penetração da radiação (pelo aumento da transmitância) e subsequente destruição dos mesmos, permitindo em alguns casos a reutilização da ART.

6.2. Proposta para trabalhos futuros

Através do desenvolvimento do presente trabalho foi possível inferir sobre a eficiência de processos de desinfecção por radiação UV de um determinado conjunto de ETAR, bem como a aptidão dos seus efluentes para reutilização. Contudo constatou-se a ausência de documentação relativa ao desempenho desse tipo de unidades de desinfecção de AR.

No sentido de contrariar essa lacuna, e com o intuito de contribuir para uma gestão mais expedita por parte das EG, responsáveis por sistemas de tratamento de AR, propõe-se como trabalho futuro, um estudo com vista ao desenvolvimento de um sistema de indicadores de desempenho (ID), relativos à operação de unidades de desinfecção por radiação UV.

O estudo mencionado anteriormente deve constituir um instrumento de apoio à monitorização do processo de desinfecção por radiação UV, nomeadamente através da definição de ID que permitam indagar a eficiência e eficácia do processo, e posteriormente relacioná-las com possíveis reutilizações futuras do efluente tratado, à luz dos diversos parâmetros de qualidade previstos na legislação para esses fins.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1. Referências bibliográficas

ALVES, Célia – **Tratamento de águas para abastecimento**. 3ª Ed. Porto: Publindústria, 2010. ISBN 978-972-8953-46-1.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) – **Standard methods: for the examination of water and wastewater**. Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton. 20th Ed. Washington: APHA, 1998. ISBN 0-87553-235-7.

ASANO, Takashi *et al.* – **Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications**. New York: McGraw-Hill, 2007. ISBN-13: 978-0-07-145927-3.

DAVIS, Mackenzie L. – **Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice**. McGraw-Hill, 2010. 1301 p. ISBN 978-0-07-171384-9.

EUROPEAN UNION (EU) – **Water Reuse System Management Manual: AQUAREC**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. 676 p. ISBN 92-79-01934-1.

LIN, Shun Dar – **Water and Wastewater Calculations Manual**. 2nd Ed. McGraw-Hill, 2007. ISBN 0-07-147624-5.

MARECOS, Helena – **Qualidade da água e controlo de poluição**. Lisboa: ISEL, 2008.

MARECOS DO MONTE, Helena e ALBUQUERQUE, António – **Reutilização de Águas Residuais: Série Guias Técnicos 14**. Lisboa: ERSAR e ISEL, Janeiro 2010. ISBN 978-989-8360-01-4.

METCALF & EDDY – **Wastewater engineering: treatment and reuse**. George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. 4th Ed. Boston: McGraw-Hill, 2004. ISBN 007-124140-X.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) – **Design of municipal treatment plants: Manual of Practice n.º 8.** 4th Ed. Alexandria: WEF, 1998. 2nd Vol. ISBN 0-7844-0342-2.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) – **Wastewater disinfection.** Alexandria: WEF, 1996. 299 p. ISBN 1-57278-036-3.

7.2. Legislação e documentos normativos

DECRETO-LEI n.º 152/1997. **Diário da República I Série.** 139 (1997-06-19) 2959 – 2966.

DECRETO-LEI n.º 236/1998. **Diário da República I Série.** 176 (1998-08-01) 1784 – 1794.

DECRETO-LEI n.º 135/2009. **Diário da República I Série.** 107 (2009-06-03) 3460 – 3468.

DECRETO-LEI n.º 113/2012. **Diário da República I Série.** 100 (2012-05-23) 2715 – 2726.

DIRECTIVA 2000/60/CE. **Jornal Oficial da União Europeia, Série L.** 327 (2000-10-23) 01 – 72.

DIRECTIVA 2006/7/CE. **Jornal Oficial da União Europeia, Série L.** 64 (2006-02-15) 37 – 51.

DIRECTIVA 2006/44/CE. **Jornal Oficial da União Europeia, Série L.** 264 (2006-09-06) 20 – 31.

DIRECTIVA 2006/113/CE. **Jornal Oficial da União Europeia, Série L.** 376 (2006-12-12) 14 – 20.

NP 4434. 2005. **Reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega**. IPQ. 28p.

NP EN 1085. 2000. **Tratamento de águas residuais. Vocabulário**. IPQ. 37p.

PORTARIA n.º 429/1999. **Diário da República I Série**. 137 (1999-06-15) 3431 – 3432.

7.3. Documentos eletrónicos

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS (ERSAR) – **Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP)** [Em linha]. ERSAR, 2010. [Consult. 23 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <URL:

<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cDocumentacao%5cPublicacoesIRAR&Section=MenuPrincipal&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cDocumentacao&BookTypeID=3&BookCategoryID=1>>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) – **Water at a Glance: The relationship between water, agriculture, food security and poverty** [Em linha]. [Consult. 17 Abr. 2012]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.fao.org/nr/water/docs/waterataglance.pdf>>.

FENNER, Richard and KOMVUSCHARA, Kanyarat – **A New Kinetic Model for Ultraviolet Disinfection of Greywater** [Em linha]. 2005. [Consult. 4 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/Projects/greendorm/water/GraywaterCD/graywater08/Research%20Articles/JEE05GryWtrUVDIs.pdf>>.

INFOPÉDIA – **Carta Europeia da Água** [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2 mar. 2012]. Disponível em WWW: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$carta-europeia-da-agua](http://www.infopedia.pt/$carta-europeia-da-agua)>.

INSTITUTO DA ÁGUA, I. P. (INAG) – **Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais 2010 (INSAAR)** [Em linha]. Julho, 2011. [Consult. 23 Abr. 2012]. Disponível em WWW: <URL:<http://insaar.inag.pt/bo/contents/resultadosrelatorios/13130611416235.pdf>>.

NADDEO, V. *et al.* – Wastewater disinfection by combination of ultrasound and ultraviolet irradiation. **Journal of Hazardous Materials**, 168 (2009), 925 – 929. Disponível em WWW: <URL:http://ac.els-cdn.com/S030438940900329X/1-s2.0-S030438940900329X-main.pdf?_tid=ca3f2cade295b3ac5848617c16906bd0&acdnat=1338219656_dd6dad6ff804c78544295b0ce44fa22e>.

NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER (NESC) – **Tech Brief 15: Ultraviolet Disinfection (Fact sheet)** [Em linha]. 2005. [Consult. 5 Mar. 2012]. Disponível em WWW: <http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/ot/tb/ot_tb_f00.pdf>.

NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER (NESC) – **Ultraviolet Disinfection: A technical overview** [Em linha]. 1998. [Consult. 3 Mar. 2012]. Disponível em WWW: <http://www.nesc.wvu.edu/pdf/WWW/publications/eti/UV_Dis_tech.pdf>.

ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT – **Design Guidelines for Sewage Work** [Em linha]. 2008. [Consult. 5 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@ene/@resources/documents/resource/std01_079496.pdf> ISBN 978-1-4249-8438-1.

SALCEDO, I. *et al.* – **Photoreactivation and Dark Repair in UV-treated microorganisms: effect of temperature** [Em linha]. 2007. [Consult. 16 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <URL: <http://aem.asm.org/content/73/5/1594.full.pdf>>.

TROJAN UV – **Environmental Advantages** [Em linha]. Ontario: 2005. [Consult. 30 Jan. 2012]. Disponível em WWW: <URL:http://trojanuv.com/resources/trojanuv/casestudies/MWW/Environmental_Advantages.pdf>.

TROJAN UV – **Introduction to Trojan UV Wastewater and Drinking Water Disinfection** [Em linha]. Ontario: 2012. [Consult. 11 Mai. 2012]. Disponível em WWW:

<URL:http://trojanuv.com/resources/trojanuv/Introduction_to_TrojanUV_Wastewater__Drinking_Water_Disinfection.pdf>.

TROJAN UV – **Introduction to Trojan UV Disinfection for Drinking Water: European Focus** [Em linha]. Ontario: 2010. [Consult. 16 Mai. 2012]. Disponível em WWW:

<URL:http://trojanuv.com/resources/trojanuv/casestudies/MDW/Introduction_to_UV_Disinfection_for_Drinking_Water__European_Focus_.pdf>.

TROJAN UV – **UV treatment technology for water and wastewater (Fact Sheet)** [Em linha]. Ontario. [Consult. 16 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <URL: http://trojanuv.com/resources/trojanuv/casestudies/UV_Treatment_Technology_for_Water_and_Wastewater_Fact_Sheet.pdf>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) – **Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule** [Em linha]. Washington: 2006. [Consult. 6 Fev. 2012]. Disponível em WWW: <URL: http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_uvguidance.pdf>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) – **Protocol for Developing Sediment TMDLs** [Em linha]. Washington: 1999. [Consult. 12 Set. 2012]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.epa.gov/owow/tmdl/sediment/pdf/sediment.pdf>>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) – **Guidelines for safe recreational water environments** [Em linha]. Geneva: 2003. [Consult. 7 Mai. 2012] Vol.1, Chap. 4 – Water pollution-analysis. Disponível em WWW: <URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2full.pdf>. ISBN 9241545801.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) and ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) – **Assesing Microbial**

Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods [Em linha]. London: 2003. [Consult. 7 Mai. 2012] Chap. 5 – Treatment Efficiency. Disponível em WWW: <URL:http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/9241546301full.pdf>. ISBN 9241546301.

7.4. Páginas web

ÁGUAS DE PORTUGAL – **AdP, Águas de Portugal**. [Em linha]. [Consult. 13 Set. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.adp.pt/>>.

ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO – **Águas do Norte Alentejano**. [Em linha]. [Consult. 11 Jul. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.adna.com.pt/>>.

AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOBIOLOGY – **Photobiological Sciences Online**. [Em linha]. [Consult. 16 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.photobiology.info>> .

DARO UV SYSTEMS LTD – **UV Water Treatment**. [Em linha]. [Consult. 23 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.uvwatertreatment.co.uk>>.

DEGRÉMONT – **Water Treatment**. [Em linha]. [Consult. 17 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.degremont.com>>.

INTERNATIONAL ULTRAVIOLET ASSOCIATION (IUVA) – **International Ultraviolet Association**. [Em linha]. [Consult. 4 Abr. 2012]. Disponível em WWW: <<http://iuva.org>>.

OREGON STATE UNIVERSITY – **Oregon State University**. [Em linha]. [Consult. 16 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <<http://oregonstate.edu>>.

SEVERN TRENT SERVICES – **Ballast Water Wastewater Treatment Services On Site Hypochlorite Generators**. [Em linha]. [Consult. 10 Mai. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.severntrentservices.com>>.

SIMARSUL – **Simarsul**. [Em linha]. [Consult. 11 Jul. 2012] Disponível em WWW: <<http://www.simarsul.pt/>>.

SIMLIS – **SimLis**. [Em linha]. [Consult. 11 Jul. 2012] Disponível em WWW: <<http://www.simlis.pt/>>.

TROJAN TECHNOLOGIES, INC. – **UV disinfection and Oxidation Treatment Systems** [Em linha]. [Consult. 4 Jun. 2012]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.trojanuv.com>>.

WEDECO – **WEDECO, a Xylem brand**. [Em linha]. [Consult. 4 Abr. 2012] Disponível em WWW: <<http://www.wedeco.com>>.

8. ANEXOS

Anexo A. Questionário remetido às EG

ETAR de _____

ENTIDADE GESTORA _____

Ano de arranque _____

CAPACIDADE:

Caudal de dimensionamento	Caudal tratado
m ³ /d	m ³ /d

CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS RESIDUAIS:

	Afluente à ETAR	Afluente à Unidade de Desinfecção	Efluente da Unidade de Desinfecção
Coliformes Fecais			
SST (mg/L)			
SDT (mg/L)			
CBO5 (mg/L O ₂)			
CQO (mg/L O ₂)			
Fe (mg/L)			
Dureza (mg/L CaCO ₃)			
SO ₄ ²⁻ (mg/L)			
Ca ²⁺ (mg/L)			
Mg ²⁺ (mg/L)			
CO ₃ ²⁻ (mg/L)			
PO ₄ ³⁻ (mg/L)			

FILEIRA DE TRATAMENTO:

- 1. TRATAMENTO PRELIMINAR
 - 1.1. Gradagem Mecânica
 - 1.2. Desarenação
 - 1.3. Remoção de Gorduras
 - 1.4. Equalização

- 2. TRATAMENTO PRIMÁRIO
 - 2.1. Decantação Primária
 - 2.1.1. Simples
 - 2.1.2. Assistida por Coagulação
 - 2.1.3. Lamelar
 - 2.2. Flotação

- 3. TRATAMENTO SECUNDÁRIO
 - 3.1. Físico-Químico
 - 3.2. Biológico
 - 3.2.1. Lamas Ativas
 - 3.2.2. Leitos Percoladores
 - 3.2.3. Biofiltros
 - 3.2.4. Vala de Oxidação
 - 3.2.5. Lagunagem
 - 3.3. Decantação Secundária
 - 3.4. Flotação

- 4. TRATAMENTO TERCIÁRIO
 - 4.1. Filtração
 - 4.1.1. Em Leito Granular
 - 4.1.2. Superficial
 - 4.1.3. Por Membranas
 - 4.2. Remoção de Nutrientes

- 5. DESINFEÇÃO
 - 5.1. Agente desinfetante
 - 5.1.1. UV
 - 5.1.2. Cloro
 - 5.1.3. Ozono

- 6. DESINFEÇÃO POR UV
 - 6.1. Tipo de Lâmpadas
 - 6.1.1. Baixa Pressão e Baixa Intensidade
 - 6.1.2. Baixa Pressão e Alta Intensidade
 - 6.1.3. Média Pressão e Alta Intensidade
 - 6.2. Instalação das Lâmpadas
 - 6.2.1. Em Canal
 - 6.2.2. Em Conduta

Tipo de Operação: _____

6.3. Marca e Modelo das Lâmpadas: _____

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DAS LÂMPADAS UV	UNIDADES	VALOR
Pressão de Vapor de Mercúrio	mbar Hg	
Temperatura	°C	
Consumo de Energia	W	
Intensidade da Corrente da Lâmpada	mA	
Voltagem da Lâmpada	V	
Eficiência de emissão de UV-C	%	
Diâmetro das Lâmpadas	mm	
Perda de Carga da Instalação *	-	
Duração das Lâmpadas	h	
Duração do Balastro	ano	
Substituição das Lâmpadas*	-	
Ocupação da Área	m ²	

* Responder: Elevada, Média ou Baixa

Anexo B. Dados rececionados por via dos questionários enviados às EG

Entidade Gestora	Designação da ETAR	Q _{trat.} (m ³ /d)	Água Residual Bruta - Afluente à ETAR				Afluente à desinfeção		Água Residual Tratada - Efluente da Desinfeção			
			CF (NMP/ 100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)	CF (NMP/ 100 mL)	SST (mg/L)	CF (NMP/ 100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)
SIMARSUL, S.A.	Afonsoeiro	5053	*	338,3	283,6	731,9	8,4E+04	18,0	4,2E+02	10,2	3,6	38,7
SIMARSUL, S.A.	Alcochete	2455	*	285,8	318,1	716,0	1,2E+04	10,0	1,2E+03	13,1	5,3	43,5
SIMARSUL, S.A.	Cucena	656	*	656,0	203,5	850,2	7,1E+03	9,4	1,8E+02	10,8	3,0	23,8
SIMARSUL, S.A.	Fernão Ferro	1097	*	244,1	168,2	441,1	5,2E+04	-	4,0E+02	12,6	7,5	42,8
SIMARSUL, S.A.	Seixalinho	4579	*	322,8	306,1	755,0	7,2E+04	13,2	5,2E+02	13,1	8,0	52,6
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Almargem	2326	1,5E+07	220,0	214,0	516,0	-	-	2,8E+02	7,0	4,0	29,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Vila Real de Sto. António	4798	-	228,0	192,0	455,0	-	-	2,3E+02	9,0	8,0	40,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Faro Noroeste	4041	-	167,0	150,0	386,0	-	-	2,4E+01	2,0	2,0	18,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Salir	90	-	177,0	115,0	362,0	-	-	8,7E+01	6,0	3,0	18,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Loulé	2247	-	242,0	269,0	575,0	-	-	1,0E+02	8,0	8,0	36,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Querença	21	-	235,0	274,0	617,0	-	-	1,0E+01	1,0	2,0	14,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Quinta do Lago	2595	-	185,0	191,0	431,0	-	-	1,3E+02	4,0	3,0	29,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Vale do Lobo	405	-	189,0	170,0	405,0	-	-	7,7E+01	9,0	6,0	29,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Vilamoura	6632	-	214,0	251,0	540,0	-	-	3,7E+02	11,0	6,0	39,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Olhão Nascente	1098	-	291,0	260,0	607,0	-	-	4,2E+01	6,0	3,0	34,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Alte	88	-	258,0	214,0	484,0	-	-	5,3E+01	11,0	9,0	44,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Albufeira Poente	2607	-	337,0	270,0	642,0	-	-	4,5E+01	4,0	3,0	20,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Ferreiras	1144	-	148,0	203,0	459,0	-	-	1,3E+02	8,0	3,0	24,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Vale Faro	5430	-	256,0	314,0	666,0	-	-	6,0E+01	6,0	4,0	29,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Aljezur	317	-	333,0	278,0	711,0	-	-	2,0E+02	4,0	3,0	22,0

Entidade Gestora	Designação da ETAR	Q _{trat.} (m ³ /d)	Água Residual Bruta - Afluente à ETAR				Afluente à desinfecção		Água Residual Tratada - Efluente da Desinfecção			
			CF (NMP/ 100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)	CF (NMP/ 100 mL)	SST (mg/L)	CF (NMP/ 100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Odeceixe	251	-	112,0	156,0	351,0	-	-	8,5E+01	12,0	13,0	76,0
ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.	Lagos	9463	-	243,0	164,0	374,0	-	-	1,6E+02	27,0	11,0	78,0
SIMLIS	Pedreiras	144	-	-	-	-	1,3E+05	-	2,0E+02	6,0	10,0	31,0
SIMLIS	Fátima	2000	-	-	-	-	4,6E+04	-	0,0E+00	10,0	11,0	46,0
SIMLIS	Norte	20310	-	-	-	-	1,2E+05	-	4,0E+03	11,0	10,0	41,0
ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO, S.A.	Elvas	-	7,2E+06	186,0	159,0	474,0	9,5E+04	5,0	2,7E+02	5,0	9,0	20,0
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Fundão	1988	-	1150	-	-	-	*	-	17,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Barroca	129	-	303,0	-	-	-	*	-	11,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Silvares	189	-	198,0	-	-	-	*	-	17,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Valhelhas	2596	-	338,0	-	-	-	*	-	19,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Quadrazais	85	-	409,0	-	-	-	*	-	8,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	S. Romão	671	-	256,0	-	-	-	*	-	4,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Seia	2174	-	470,0	-	-	-	*	-	6,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Oliveira do Hospital	1167	-	442,0	-	-	-	*	-	12,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Lamegal	2	-	189,0	-	-	-	*	-	15,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Foios	93	-	225,0	-	-	-	*	-	16,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Vale Espinho	147	-	729,0	-	-	-	*	-	14,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Malcata	124	-	223,0	-	-	-	*	-	21,0	-	-
ÁGUAS DO ZÊZERE E COA	Meimão	75	-	614,0	-	-	-	*	-	16,0	-	-
ÁGUAS DA FIGUEIRA	Figueira da Foz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: - Parâmetro sem dados * Parâmetro não monitorizado pela EG

Anexo C. Séries de dados relativos à caracterização qualitativa das AR do ano de 2011, cedidos pela SIMARSUL, S.A.

Afluente à ETAR			Afluente à desinfecção		Efluente da desinfecção			
SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)	CF (NMP /100 mL)	SST (mg/L)	CF (NMP /100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)

ETAR DE AFONSOEIRO

4-Jan	233	251	574	4,8E+04	< 8	4,0E+00	10	3	26
18-Jan	256	280	678	7,9E+04	< 8	5,0E+00	10	3	25
1-Fev	214	267	583	2,3E+04	< 8	2,0E+00	10	4,7	30
15-Fev	384	200	560	1,7E+03	< 8	6,0E+00	10	3	31
1-Mar	574	467	1140	3,5E+05	17	4,3E+02	13	19	49
15-Mar	258	232	580	7,9E+04	< 8	2,6E+01	10	4,4	28
5-Abr	480	380	971	4,6E+05	10	6,3E+02	10	4,1	47
19-Abr	204	251	509	1,3E+05	< 8	2,1E+01	17	11	67
3-Mai	250	156	354	3,1E+04	< 8	9,4E+02	10	3	37
17-Mai	382	290	1015	1,4E+05	9	4,3E+02	10	3	31
6-Jun	186	293	464	2,7E+04	< 9	4,9E+01	10	3	19
21-Jun	186	245	564	6,3E+04	< 9	3,5E+02	10	3	30
5-Jul	360	196	898	2,4E+05	20	1,7E+03	12	8,3	54
19-Jul	830	460	1345	1,7E+04	28	3,1E+02	10	3	29
2-Ago	130	157	448	7,9E+04	< 9	0,0E+00	10	3	31
16-Ago	350	467	952	1,4E+04	< 9	2,3E+01	10	3	33
6-Set	282	435	830	7,9E+04	< 9	2,7E+01	10	3	24
20-Set	644	296	696	4,3E+04	< 9	0,0E+00	10	3	30
4-Out	162	277	560	1,3E+05	< 9	7,0E+00	10	3	29
18-Out	366	261	764	3,4E+05	12	2,6E+02	10	4,1	39
2-Nov	330	174	577	6,3E+04	21	2,3E+03	10	3	57
15-Nov	156	113	286	3,3E+05	< 8	1,8E+02	10	3,8	42
6-Dez	280	341	842	7,9E+04	9	7,9E+01	10	3	40
20-Dez	170	226	585	1,1E+05	< 8	1,1E+02	10	3	56

Legenda: - Parâmetro sem dados

Afluente à ETAR			Afluente à desinfecção		Efluente da desinfecção			
SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)	CF (NMP /100 mL)	SST (mg/L)	CF (NMP /100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)

ETAR DE ALCOCHETE

11-Jan	220	257	531	2,7E+03	8	1,8E+03	10	3	33
8-Fev	382	424	838	7,9E+03	10	9,4E+02	10	4,6	52
9-Mar	218	290	611	1,2E+05	14	4,6E+02	10	4,6	50
12-Abr	277	396	832	5,4E+03	-	2,2E+02	10	5,2	38
10-Mai	118	280	511	1,7E+04	8	2,7E+03	10	16	63
14-Jun	322	315	703	2,6E+04	-	1,7E+02	10	3	35
12-Jul	314	480	961	1,4E+04	-	4,3E+03	10	4,9	39
9-Ago	362	180	825	1,1E+04	-	2,0E+00	20	8	50
13-Set	426	246	884	9,4E+04	-	3,4E+01	10	3	34
11-Out	312	412	740	1,1E+04	-	3,3E+03	10	3	23
8-Nov	256	302	625	1,3E+05	-	7,9E+02	27	5,8	59
13-Dez	222	235	531	9,0E+01	-	3,4E+01	20	3	46

ETAR DE CUCENA

18-Jan	873	183	1126	3,4E+03	10	2,3E+02	12	3	23
15-Fev	606	274	632	6,3E+02	8	3,4E+02	12	3	15
15-Mar	846	119	392	4,9E+05	12	1,0E+03	13	3	20
26-Abr	470	157	688	3,9E+03	8	5,0E+00	10	3	27
17-Mai	1170	183	1215	4,3E+03	9	6,0E+00	12	3	33
21-Jun	1020	235	1366	-	-	1,1E+02	10	3	20
19-Jul	652	183	1000	-	-	0,0E+00	10	3	19
16-Ago	110	164	367	-	-	2,3E+01	10	3	28
20-Set	334	167	677	-	-	6,3E+01	10	3	31
18-Out	896	388	1490	-	-	3,5E+02	10	3	20
15-Nov	627	190	820	-	-	1,7E+01	10	3	36
20-Dez	268	199	429	-	-	2,0E+00	10	3	14

Legenda: - Parâmetro sem dados

Afluente à ETAR			Afluente à desinfecção		Efluente da desinfecção			
SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)	CF (NMP /100 mL)	SST (mg/L)	CF (NMP /100 mL)	SST (mg/L)	CBO (mg/L)	CQO (mg/L)

ETAR DE FERNÃO FERRO

11-Jan	232	95	312	4,3E+04	-	1,7E+02	10	3,1	29
8-Fev	206	139	313	9,4E+04	-	2,5E+02	10	5,5	25
9-Mar	116	26	179	1,4E+05	-	3,4E+03	10	6	44
12-Abr	194	238	548	2,1E+04	-	7,0E+01	10	6,5	42
10-Mai	76	56	203	3,1E+04	-	7,0E+02	10	3,5	39
14-Jun	262	219	388	-	-	7,0E+01	10	3	33
12-Jul	264	212	525	-	-	4,0E+00	11	3	42
9-Ago	700	306	1175	-	-	1,0E+00	15	8,4	54
13-Set	198	207	207	-	-	7,0E+01	35	42	71
11-Out	350	244	784	-	-	2,6E+01	10	3	47
8-Nov	204	183	366	-	-	3,2E+01	10	3	40
13-Dez	127	93	293	-	-	2,0E+00	10	3	48

ETAR DO SEIXALINHO

13-Jan	897	422	1551	7,1E+04	10	1,4E+02	10	5,9	33
10-Fev	308	203	622	2,1E+05	19	2,6E+02	20	19	52
11-Mar	203	267	620	3,1E+04	15	1,2E+01	10	5,3	48
14-Abr	88	174	324	9,2E+04	13	0,0E+00	15	3	67
12-Mai	360	290	982	4,9E+04	9	3,1E+01	10	8,8	50
16-Jun	124	145	332	1,7E+05	-	1,4E+03	17	9,2	59
14-Jul	254	675	710	-	-	9,4E+01	18	9,7	90
11-Ago	134	214	423	2,2E+04	-	4,6E+01	10	3	24
16-Set	683	580	1859	2,2E+05	-	2,1E+03	10	10	49
13-Out	188	159	475	2,1E+04	-	5,0E+02	15	8,3	73
10-Nov	238	180	406	2,3E+04	-	2,2E+02	10	3	32
15-Dez	396	364	756	3,3E+05	-	1,4E+03	12	11	54

Legenda: - Parâmetro sem dados

**Anexo D. Séries de dados das transmitâncias, cedidos pela SIMARSUL, S.A.
verificadas nas ETAR no ano de 2011 e respetivo tratamento estatístico**

Afonsoeiro		Alcochete		Cucena		Fernão Ferro		Seixalinho	
Data	T (%)	Data	T (%)	Data	T (%)	Data	T (%)	Data	T (%)
4-Jan	62	11-Jan	51	6-Jan	61	6-Jan	59	13-Jan	57
1-Fev	59	27-Jan	59	13-Jan	60	11-Jan	59	25-Jan	34
15-Fev	60	8-Fev	58	18-Jan	60	20-Jan	59	10-Fev	59
1-Mar	46	24-Fev	52	25-Jan	59	27-Jan	62	22-Fev	59
15-Mar	60	9-Mar	55	3-Fev	58	3-Fev	55	11-Mar	52
5-Abr	57	24-Mar	57	10-Fev	65	8-Fev	60	22-Mar	62
19-Abr	52	12-Abr	56	15-Fev	64	17-Fev	56	14-Abr	54
3-Mai	49	28-Abr	61	22-Fev	60	24-Fev	46	26-Abr	59
17-Mai	59	10-Mai	58	3-Mar	64	3-Mar	59	12-Mai	63
6-Jun	60	26-Mai	61	15-Mar	64	9-Mar	67	24-Mai	64
21-Jun	66	14-Jun	57	22-Mar	63	17-Mar	51	16-Jun	31
5-Jul	45	30-Jun	48	7-Abr	65	24-Mar	57	30-Jun	60
19-Jul	59	12-Jul	57	14-Abr	64	7-Abr	59	14-Jul	57
2-Ago	58	28-Jul	59	19-Abr	66	12-Abr	59	11-Ago	55
16-Ago	59	9-Ago	50	26-Abr	72	21-Abr	66	25-Ago	60
6-Set	58	25-Ago	57	5-Mai	63	28-Abr	61	16-Set	59
20-Set	62	13-Set	58	12-Mai	66	5-Mai	55	29-Set	60
4-Out	64	29-Set	65	17-Mai	62	10-Mai	61	13-Out	60
18-Out	73	11-Out	61	24-Mai	68	19-Mai	58	27-Out	65
25-Out	85	8-Nov	54	9-Jun	32	9-Jun	60	10-Nov	59
2-Nov	55	23-Nov	52	16-Jun	59	14-Jun	71	23-Nov	64
15-Nov	52	13-Dez	45	21-Jun	65	24-Jun	57	15-Dez	39
6-Dez	59	29-Dez	55	28-Jun	66	30-Jun	53	29-Dez	48
20-Dez	59			7-Jul	67	7-Jul	56		
				14-Jul	68	12-Jul	56		
				19-Jul	68	21-Jul	45		
				4-Ago	64	28-Jul	55		
				16-Ago	65	9-Ago	51		
				8-Set	62	25-Ago	47		
				20-Set	75	13-Set	27		
				6-Out	67	29-Set	51		
				18-Out	74	11-Out	69		
				25-Out	73	27-Out	62		
				4-Nov	73	8-Nov	58		
				15-Nov	67	23-Nov	41		
				9-Dez	61	13-Dez	68		
						29-Dez	47		

**TRATAMENTO ESTATÍSTICO DAS SÉRIES DE DADOS DAS TRANSMITÂNCIAS, PARA UM
INTERVALO DE CONFIANÇA A 95%**

ETAR				
Afonsoeiro	Alcochete	Cucena	Fernão Ferro	Seixalinho

Média	59	56	64	56	56
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Desvio Padrão	8,2	4,6	7,0	8,3	9,3
Tamanho da Amostra	24	23	36	37	23
Nível de significância	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Margem de Erro	3,3	1,9	2,3	2,7	3,8
Limite Superior	62	58	66	59	59
Limite Inferior	56	54	62	54	52

Anexo E. Parâmetros de qualidade da água para produção de água para consumo humano

DL n.º 236/1998

ANEXO I

Qualidade das águas doces superficiais destinadas a produção de água para consumo humano

Parâmetros	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
<i>pH</i> , 25°C	Escala de Sorensen	6,5-8,5	-	5,5-9,0	-	5,5-9,0	-
Cor (após filtração simples)	mg/l, escala <i>P-Co</i>	10	(O) 20	50	(O) 100	50	(O) 200
Sólidos suspensos totais	mg/l	25	-	-	-	-	-
Carência química de oxigénio (CQO) (*)	mg/l <i>O₂</i>	-	-	-	-	30	-
Oxigénio dissolvido (*) (2)	% saturação de <i>O₂</i>	70	-	50	-	30	-
Carência bioquímica de oxigénio a (CBO ₅ , 20°C) (*)	mg/l <i>O₂</i>	3	-	5	-	7	-
Azoto Kjeldahl (excluindo o azoto de <i>NO₂</i> e <i>NO₃</i>)	mg/l <i>N</i>	1	-	2	-	3	-
Azoto amoniacal	mg/l <i>NH₄</i>	0,05	-	1,00	1,50	2,00	(O) 4,00
Substâncias extraíveis com clorofórmio	mg/l	0,1	-	0,2	-	0,5	-
Carbono orgânico total (COT)	mg/l <i>C</i>	-	-	-	-	-	-
Carbono orgânico residual após floculação e filtração através de membrana (5µm)	mg/l <i>C</i>	-	-	-	-	-	-
Coliformes totais	/100 ml	50	-	5 000	-	50 000	-
Coliformes fecais	/100 ml	20	-	2 000	-	20 000	-
Estreptococos fecais	/100 ml	20	-	1 000	-	10 000	-
Salmonelas		Ausência em 5 000 ml	-	Ausência em 1 000 ml	-	-	-

(O) Os limites podem ser excedidos em caso de condições geográficas ou meteorológicas excecionais (n.º 1 do artigo 10.º).

(*) Os limites podem ser excedidos para os parâmetros marcados com * em lagos de pouca profundidade e baixa taxa de renovação.

(2) Refere-se a um VMR.

VMR — valor máximo recomendado.

VMA — valor máximo admissível.

Anexo F. Parâmetros de qualidade da água para suporte de vida aquícola

■ Águas Piscícolas – DL n.º 236/1998

ANEXO X

Qualidade das águas doces para fins aquícolas — águas piscícolas

Parâmetros	Águas de salmonídeos		Águas de ciprinídeos		Expressão dos resultados	Métodos analíticos de referência	Observações
	VMR	VMA	VMR	VMA			
<i>pH</i>		6-9 (O) (¹)		6-9 (O) (¹)	Escala de Sorensen	Electrometria: avaliação por meio de duas soluções tampão de <i>pH</i> conhecidos vizinhos e de preferência situados acima e abaixo do valor de <i>pH</i> a medir.	
Sólidos suspensos totais.	25 (O)		25 (O)		mg/l	Por filtração através de membrana filtrante de 0,45 µm, ou por centrifugação (tempo mínimo de cinco minutos, aceleração média de 2 800, a 3 200 g), secagem a 105°C e pesagem.	Os valores indicados referem-se a concentrações e não se aplicam às matérias em suspensão que tenham propriedades químicas nocivas. As inundações são susceptíveis de provocar concentrações muito elevadas.
<i>CBC</i> ₅ (20)	3		6		mg/l O ₂	Determinação de O ₂ pelo método de Winkler antes e após cinco dias de incubação na obscuridade total, a 20°C ± 1°C (sem impedir a nitrificação).	

(¹) As variações artificiais do *pH* em relação aos valores constantes não devem ultrapassar 0,5 unidades do *pH* nos limites compreendidos entre 6 e 9, desde que essas variações não aumentem a nocividade de outras substâncias presentes na água.

VMR — valor máximo recomendado.

VMA — valor máximo admissível.

(O) — derrogações possíveis.

Nota. — Os valores destes parâmetros foram fixados considerando que não há sinergia pela presença de outras substâncias nocivas (não enumeradas).

■ Águas Conquícolas – DL n.º 236/1998

ANEXO XIII

Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas — águas conquícolas

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Método analítico de referência
<i>pH</i>	Escala de Sorensen		7-9	Electrometria (a medição efectua-se <i>in situ</i> ao mesmo tempo que a amostragem).
Sólidos suspensos totais	mg/l			O aumento do teor em sólidos em suspensão provocado por uma descarga não deve, nas águas conquícolas afectadas por essa descarga, exceder em mais de 30% o teor medido nas águas não afectadas. Filtração através de membrana filtrante com uma porosidade de 0,45 µm, secagem a 105 °C e pesagem. Centrifugação (tempo mínimo cinco minutos, aceleração média de 2800 g a 3200 g), secagem a 105°C e pesagem.
Coliformes fecais	NMP/100 ml	≤ 300 na polpa do molusco e no líquido intervalar (²).		Método de diluição, com fermentação em substratos líquidos, em pelo menos três tubos com três diluições. Subcultura dos tubos positivos em meio de confirmação. Contagem segundo NMP (número mais provável). Temperatura de incubação: 44°C ± 0,5°C.

VMR — valor máximo recomendado.

VMA — valor máximo admissível.

Anexo G. Parâmetros de qualidade de águas balneares

- DL n.º 236/1998

ANEXO XV
Qualidade das águas balneares

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Frequência mínima de amostragem	Métodos analíticos de referência
Microbiológicos					
Coliformes totais	/100 ml	500	10 000	Quinzenal ⁽¹⁾	Fermentação em tubos múltiplos. Subcultura dos tubos positivos em meios de confirmação. Determinação por NMP (número mais provável). Ou Filtração através de membrana e cultura em meio apropriado, tal como ágar de lactose e tergitol, ágar de endo, caldo com <i>teepol</i> a 0,4 %, subcultura e identificação de colónias suspeitas. A temperatura de incubação é variável, consoante se pretenda determinar os coliformes totais ou os coliformes fecais.
Coliformes fecais	/100 ml	100	2 000	Quinzenal ⁽¹⁾	Filtração através de membrana e cultura em meio apropriado.
Estreptococos fecais	/100 ml	100	—	⁽²⁾	Método de Litsky. Determinação por NMP. Ou Filtração através de membrana e cultura em meio apropriado.
Salmonelas	/1 l	—	0	⁽²⁾	Concentração por filtração em membrana. Inoculação em meio tipo. Enriquecimento, subcultura em ágar de isolamento e identificação.
Enterovírus	PFU/10 l	—	0	⁽²⁾	Concentração por floculação, filtração ou centrifugação e confirmação.

⁽¹⁾ Quando a amostragem efectuada em anos anteriores tenha dado resultados sensivelmente melhores que os especificados neste anexo e não se verificando qualquer fenómeno susceptível de provocar uma degradação da qualidade da água, as autoridades competentes podem reduzir a frequência de amostragem de um factor 2.

⁽²⁾ Este valor deve ser verificado pelas autoridades competentes quando um inquérito local na zona balnear revele a sua presença ou que a qualidade da água se deteriorou.

VMR — valor máximo recomendado.

VMA — valor máximo admissível.

▪ DL n.º 113/2012

ANEXO I
Norma de qualidade
Águas interiores

	A	B	C	D	E
	Parâmetro	Qualidade excelente	Qualidade boa	Qualidade aceitável	Métodos de análise de referência
1	<i>Enterococos</i> intestinais em ufc/100ml	(*) 200	(*) 400	(**) 330	ISSO 7899 1 ou ISSO 7899 2
2	<i>Escherichia coli</i> em ufc/100 ml	(*) 500	(*) 1000	(**) 900	ISSO 9308 3 ou ISSO 9308 1

(*) Com base numa avaliação de percentil 95. V. anexo III.
(**) Com base numa avaliação de percentil 90. V. anexo III.
ufc — unidades formadoras de colónias.

Águas costeiras e de transição

	A	B	C	D	E
	Parâmetro	Qualidade excelente	Qualidade boa	Qualidade aceitável	Métodos de análise de referência
1	<i>Enterococos</i> intestinais em ufc/100ml	(*) 100	(*) 200	(**) 185	ISSO 7899 1 ou ISSO 7899-2
2	<i>Escherichia coli</i> em ufc/100 ml	(*) 250	(*) 500	(**) 500	ISSO 9308 3 ou ISSO 9308 1

(*) Com base numa avaliação de percentil 95. V. anexo III.
(**) Com base numa avaliação de percentil 90. V. anexo III.
ufc — unidades formadoras de colónias.

Anexo H. Parâmetros de qualidade de água para rega

- DL n.º 236/1998

ANEXO XVI

Qualidade das águas destinadas à rega

Parâmetro S	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Sólidos suspensos totais (SST)	mg/l	60		Concentrações elevadas poderão ocasionar colmatagem em solos e assoreamento nas redes de rega, bem como entupimentos nos sistemas de rega gota-a-gota e aspersão, bem como neste último sistema a água poderá provocar depósitos sobre as folhas e frutos.
Coliformes fecais	/100 ml	100		
Ovos de parasitas Intestinais	N/A		1	